

Pro Gradu -tutkielma

Lahopuu - pelinappula Suomen biodiversiteetti- ja energiapuupolitiikassa

Sara Keränen



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Ekologia ja evoluutiobiologia

19.4.2019

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
 Bio- ja ympäristötieteiden laitos
 Ekologia ja evoluutiobiologia

Keränen, S.: Lahopuu - pelinappula Suomen biodiversiteetti- ja energiapuupolitiikassa
 Pro Gradu –tutkielma: 98 s., 6 liitettä (6 s.)
 Työn ohjaajat: Dos. Jari Haimi, Dos. Panu Halme, FT Saana Kataja-aho, Prof. Janne Kotiaho
 Tarkastajat: Dos. Leena Lindström, Dos. Elisa Vallius
 Huhtikuu 2019

Hakusanat: energiapuu, metsähake, poliittinen ohjaus, resurssiteoria, saproksyyli, uhanalaisuus

Lahopuun määrän väheneminen ja sen laadussa tapahtuneet muutokset ovat johtaneet monien siitä riippuvaisten lajien uhanalaistumiseen. Puuston korjuun lisääminen edistää tätä kehitystä. 2000-luvun alusta lähtien Suomen talousmetsistä on korjattu energiapuuta. Energiapuunkorjuutavoitteita ohjataan poliittisilla strategioilla. Tämän tutkielman aineistona olivat Kansallinen metsästrategia 2025, Kansallinen energia- ja ilmastostrategia sekä Kansallinen biodiversiteettistrategia, jotka kukin vaikuttavat metsien käyttöön. Tämän tutkielman tavoitteena oli selvittää, millaisia todennäköisiä vaikutuksia näillä strategioilla on lahopuun määrään. Lisäksi selvitettiin, onko strategioiden välillä ristiriitoja ja mihin mahdolliset ristiriidat voivat johtaa lahopuun määrässä, energiapuun käytössä sekä metsäekosysteemin rakenteessa ja tilassa. Hakkuutavoitteet ovat kasvamassa muun muassa energiapuun osalta. Samanaikaisesti Suomen pitäisi noudattaa ilmastotavoitteita, jotta se osaltaan hillitsisi ilmastomuutosta. Tässä yhteydessä metsien hiilivarastolla on merkittävä rooli. Kasvavat hakkuumäärät ja ilmastotavoitteet sopivat huonosti yhteen, eikä Suomi kykene tulevilla vuosikymmenellä täyttämään ilmastovelvoitteitaan metsien käytön osalta. Myös biodiversiteettistrategian toteutuminen on uhattuna. Kasvavien hakkuumäärien myötä metsäluonnon biodiversiteetti tulee vähenemään ja metsälajien uhanalaistuminen jatkumaan. Biodiversiteetin ylläpito ja metsänkäytön tavoitteet voidaan kuitenkin yhdistää: maisemien jako eri tavoin käsiteltäviin kolmanneksiin tarjoavat yhden vartenotettavan vaihtoehdon tähän. Keskittämällä metsien suojele ja metsätalous omille riittävän suurille alueilleen, voidaan turvata metsälajeille riittävä määrä sopivaa elinympäristöä ja lahopuuta. Nykyisellään poliittisista strategioista ainoastaan metsätalouden tavoitteet täyttyvät, kun taas ilmasto- ja biodiversiteettitavoitteet jäävät täyttymättä. Nykyisessä metsätaloudessa lahopuu tulee edelleen vähenemään ja laatu heikkenemään koko Suomessa.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Mathematics and Science
 Department of Biological and Environmental Science
 Ecology and Evolutionary Biology

Keränen, S.: Dead wood – a pawn in biodiversity and energy wood politics
 MSc Thesis: 98 p., 6 appendices (6p.)
 Supervisors: Doc. Jari Haimi, Doc. Panu Halme, PhD Saana Katajaho, Prof. Janne Kotiaho
 Inspectors: Doc. Leena Lindström, Doc. Elisa Vallius
 April 2019

Key Words: energy wood, wood chips, political control, resource theory, saproxy, endangerment

The decline in the volume of dead wood and the changes in its quality have led to endangerment of many species relying on it. Increasing wood harvesting promotes this development. Since the beginning of the 21st century, Finnish forests have been harvested for bioenergy. Energy wood harvesting goals are guided by political strategies. This thesis is based on Kansallinen metsästrategia 2025 (National forest strategy 2025), Kansallinen energia- ja ilmastostrategia (National energy and climate strategy) and Kansallinen biodiversiteettistrategia (National biodiversity strategy) which all affect the use of forests. The aim of this study was to find out what consequences these strategies have on the amount of decayed wood. In addition, it was studied whether there was any contradiction between the strategies and where these possible contradictions could lead to in the cases of the amount of decayed wood, the use of energy wood and the structure and state of the forest ecosystem. Harvesting goals are rising, ie. in the case of harvesting energy wood. At the same time, Finland should abide by the climate goals so that it will contribute to constraining climate change. In this context, the carbon stored in the forests plays an important role. The increasing volume of felling and climate targets are poorly matched, and Finland will not be able to fulfil its climate commitments in forest use in the coming decade. The implementation of the biodiversity strategy is under threat. With increasing volume of felling, biodiversity in forests will decrease and the threat of forest species' endangerment will continue. The maintenance of biodiversity and the objectives of forest use could be combined: differently managed thirds of the landscape offer one alternative to this. By focusing forest conservation and forestry on its own sufficiently large areas, a sufficient number of suitable habitats and dead wood can be secured for forest species. At present, only the forestry related targets are met by political strategies, while the climate and biodiversity targets are not fulfilled. In current forestry, the volume of dead wood will still decrease and the quality of it will deteriorate throughout Finland.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	5
1.1 Resurssiteoria	5
1.2 Lahopuu	9
1.3 Energiapuu	15
1.4 Metsätalous Suomessa	18
1.5 Poliittiset strategiat ja niiden suhde lahopuun säilymiseen	21
1.6 Tutkielman tavoitteet ja tutkimuskysymykset	23
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	24
2.1 Aineisto	24
2.1.1 Kansallinen biodiversiteettistrategia	24
2.1.2 Kansallinen energia- ja ilmastostrategia	31
2.1.3 Kansallinen metsästrategia	38
2.2 Menetelmät	43
3. TULOKSET	46
3.1 Strategioiden yhteensovittamisen haasteet	46
3.2 Kestävä hakkuupotentiaali ja energiapuunkorjuu	47
3.3 Lahopuun määrän kehitys Etelä- ja Pohjois-Suomen talousmetsissä ja luonnonsuojelualueilla.....	54
3.4 Todennäköisiä vaikutuksia metsäekosysteemin rakenteeseen ja tilaan.....	57
3.4.1 Lahopuun määrä talousmetsissä ja luonnonsuojelualueilla.....	57
3.4.2 Puuston ikärakenteen ja hiilivaraston muutos	62
4. POHDINTA	63
4.1 Poliittisten strategioiden yhteensovittaminen	63
4.2 Ratkaisuvaihtoehtoja	68
4.3 Loppupäätelmät	74
KIITOKSET	76
KIRJALLISUUS	77
LIITTEET	93

1. JOHDANTO

1.1 Resurssiteoria

On pitkään ollut tiedossa, että lajistollinen monimuotoisuus on riippuvainen kohdealueen pinta-alasta (MacArthur ja Wilson 1963, Honkanen ym. 2010). Resurssiteoria on olennainen työväline, kun mietitään tietyn kohdealueen suojelua ja metsätaloudellista käyttöä. Wright (1983) pohjasi luomansa resurssiteorian jo olemassa olevaan laji-pinta-ala -teoriaan ("*species-area theory*"), jonka hän laajensi sisältämään tutkittavien alueiden tuottavuuden ("*per-unit-area productivity*"). Tutkimuksessa käytetty aineisto koostui olosuhteiltaan ja tuottavuudeltaan toisistaan suuresti eroavista saarista ja teorian avulla pystyttiin selittämään jopa 70–80 % tutkittujen kohdealueiden välisistä lajistollisen monimuotoisuuden eroista. Teoriaa voidaan soveltaa myös muihin maa-alueisiin kuin saariin. Alueen pinta-alan lisäksi onkin tärkeä ottaa huomioon myös toinen olennainen seikka: alueen tarjoamat resurssit. On tärkeää huomioida paljonko kohdealue tuottaa eli paljonko kyseisen alueen eliöillä on käytettävissään resursseja, kuten ravintoa. Alueen lajirunsautta voidaan siten tarkastella lajisto-energia-suhteen ("*species-energy relationship*" eli SER) näkökulmasta. Honkanen ym. (2010) totesivat tutkimuksessaan, että tietyn kohdealueen lajistollinen monimuotoisuus on riippuvainen kyseisen alueen tuottavuudesta. Tuottavuudella tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, paljonko biomassaa syntyy vuodessa pinta-alayksikköä kohti. Tiedetään, että saatavilla oleva energia/resurssit vaikuttaa populaatiokokoihin, lajin riskiin ajautua sukupuuttoon sekä alueen lajistolliseen monimuotoisuuteen (Carrara ja Vázquez 2010). Lisäksi on osoitettu, että aluekohtaisen energiamäärän ohella energian jakautumisella alueen sisällä on merkittävä vaikutus lajistoon. Lahopuukontekstiin sidottuna voisi ajatella, että lahopuun määrällä, laadulla ja

sen sijoittumisella maisematasolla on olennaisesti merkitystä sitä resurssinaan hyödyntävälle lajistolle.

Edellä esitellyn resurssiteorian mukaisesti lahopuun määrä sen laatu ovat resurssitekijöitä, jotka rajoittavat saproksyytilajiston monimuotoisuutta (Verkerk ym. 2011, Kajava ja Silver 2016). Ensinnäkin lahopuusta riippuvaiset lajit ovat yleensä erikoistuneet hyödyntämään vain tiettytyypistä lahopuuta (Siitonen 2011, Kajava ja Silver 2016). Toisekseen monille uhanalaisille saproksyytilajeille on tyypillistä heikko leviämiskyky (Siitonen ja Ollikainen 2006). Tähän liittyy merkittäväällä tavalla lajin elinympäristössä sijaitsevan sopivan lahopuun määrä. Heikon leviämiskykynsä takia nämä lajit kykenevät leviämään ainoastaan suhteellisen lähellä alkuperäistä isäntäpuuta olevalle kyseiselle lajille sopivalle lahopuuainekselle. Edellä mainitut syyt johtavat siihen, että pelkkä lahopuun määrä ei takaa monimuotoista eliöyhteisöä. Tämä edellyttää tarjolla olevan lahopuun riittävää laadullista monipuolisuutta. Tiedetään, että uhanalaisten lajien esiintymistodennäköisyys kasvaa vasta, kun lahopuuta on keskimäärin noin 10–20 m³/ha (Junninen ja Komonen 2011). Suomalaisissa talousmetsissä lahopuun määrä vaihtelee välillä 3,5–15,9 m³/ha (Siitonen 2001). Koko maassa metsä- ja kitumailla on järeää, eli yli 10 cm vahvuista, kuollutta runkopuuta keskimäärin 5,4 m³/ha (Metsäntutkimuslaitos 2009). Keskimäärin lahopuuta on siten huomattavasti vähemmän kuin saproksyytilajiston diversiteetin kannalta olisi suotuista. Tämä on huomattavasti vähemmän kuin Fennoskandian alueen boreaalisisissa luonnontilaisissa metsissä, joissa lahopuun määrä voi olla noin 41–170 m³/ha (Aakala 2010).

Suomen metsät ovat ajan saatossa kokeneet paljon muutoksia ihmistoiminnan vaikutuksesta. Tällä hetkellä suurin osa maamme metsäalueista on talousmetsiä (Luonnonvarakeskus 2012a). Suurien luonnontilaisten metsäalueiden sijaan jäljellä on kooltaan vaihtelevia suojelualueita ja -kohteita, joita erityisesti eteläisessä Suomessa on vähän. Näistäkin suurella osalla on takanaan ihmisvaikutteita, eikä koskemattomia metsäalueita Suomessa ole jäljellä kuin 4 % (Luonnonvarakeskus

2012b). Koskemattomista metsäalueista eli aarniometsistä vain hieman yli puolet on suojelun piirissä. Esimerkiksi Etelä-Suomessa suojeltua metsäpinta-alaa on noin 0,5 milj. ha (Luonnonvarakeskus 2016a). Tämä on noin 4,8 % eteläisen Suomen metsäpinta-alasta. Koskemattonta metsää siitä on joitain promilleja. Aarniometsille tyypillinen piirre on muun muassa lahoppuun runsas määrä.

Se, miten elinympäristön muutokset ja elinalueiden pirstaloituminen pitkällä aikavälillä vaikuttavat lajistoon ja niiden uhanalaistumiseen, on monesta syystä vaikeasti ennustettavissa. Lajistolliset vaikutukset eivät yleensä tapahdu lineaarisesti (Hanski 2011). Lisäksi tästä voi seurata niin kutsuttu "uhanalaisuusvelka" ("*extinction debt*"), eli lajisto reagoi muutoksiin viiveellä (Bagaria ym. 2018). Uhanalaistuminen ei siten tapahdu aina välittömänä seurauksena, vaan kukin eliölaji reagoi muutoksiin lajikohtaisesti. Osa lajeista voi reagoida muutoksiin verraten pitkällä aikavälillä (Hanski ja Ovaskainen 2002). Tästä seuraa se, että biodiversiteettiä uhkaavia vaikutuksia saatetaan vähätellä eikä pitkäaikaisvaikutuksia ymmärretä.

Uhanalaisuuden kynnyks (*"extinction thresholds"*) saavutetaan, kun on menetetty se vähimmäismäärä elinympäristöä, jonka eliölaji tarvitsee voidakseen ylläpitää elinkelpoisia metapopulaatioita (Hanski 2011). Erityisen vakavasti tämä koskettaa niitä eliöyhteisöjä, joissa useampi eri laji on uhanalaistumassa elinympäristön menettämisen vuoksi (Hanski ja Ovaskainen 2002). Pirstaloituneet elinalueet voivat riittää lajin säilymiseen, mikäli niiden yhteenlaskettu määrä ja laatu ovat riittäviä (Hanski 2011). Niiden maantieteellinen sijainti toisiinsa nähden on tässä yhteydessä tärkeä tekijä (Hanski ja Ovaskainen 2002). Mikäli sopivaa elinympäristöä on liian vähän tai se on pirstoutunut liikaa, ei laji kykene enää uudelleen kolonisoimaan niitä alueita joilta se on syystä tai toisesta hävinnyt (Hanski 2011).

On esitetty, ettei 10 m³/ha lahoppuuta ole ainut lahoppuulajistolle suotuisa tapa parantaa biodiversiteettiä. Hanskin (2011) mukaan keskittämällä pienemmälle

alueelle riittävän määrän sopivia elinympäristötekijöitä ja resursseja, kuten lahoppuuta, voidaan kyseisestä alueesta tehdä elinkelpoinen uhanalaistumisvaarassa olevalle lajistolle. Esimerkiksi, jos vaikkapa sadalla hehtaarella on lahoppuuta keskimäärin 1 m³/ha, ei se riitä vaateliaalle lahoppuulajistolle. Mutta jos sama määrä lahoppuuta on keskitetty pienemmälle alueelle, voidaan tämän pienemmän alueen lahoppuuston määrä kasvattaa lajiston kannalta riittävän korkealle tasolle. Hanskin esittämässä mallissa maiseman kolmanneksen kolmannes (*“third-of-third”*), eli noin 10 % maapinta-alasta, on varsinaisesti suojeltua. Maiseman pinta-alasta kolmannes on niin sanotusti monikäyttömaisemaa ja tästä kolmannes on varsinaista suojeltua aluetta. Mittakaavaltaan näiden monikäyttösuojelumaisemien tulee kuitenkin olla verraten suuria, vähintään kymmeniätuhansia hehtaareita. Riittävän suuret alueet takaavat, etteivät esimerkiksi reunavaikutus tai liian pienestä ja eristäytyneestä populaatiokoosta johtuva sisäsiittoisuus uhkaa merkittävästi suojeltujen alueiden lajistoa. Maiseman kolmanneksien sisällä suojeltujen alueiden ei tarvitsisi olla yhtä yhtenäistä aluetta, vaan se voisi koostua useista suojelluista alueista. Hanskin oman esimerkin mukaan maiseman kolmanneksen ollessa kooltaan 20 000 ha suojeltua aluetta olisi tästä kolmannes, 6 500 ha, mikä puolestaan voisi koostua sadasta yhteenlasketusta suojelukohteesta. Hän painottaa, että nämä suojelualueet tulee muodostaa jo olemassa olevien suojeltujen alueiden, kuten kansallispuistojen, lisäksi eikä niiden sijaan.

Lahoppuun määrään ja säilymiseen vaikuttavat metsäalueiden käyttö- ja hoitotavat (Päivinen ym. 2011, Verkerk ym. 2011). Ne vaikuttavat siten lajistolle suotuisaan resurssimäärään. Lainsäädäntö puolestaan vaikuttaa siihen, mitä toimia kullakin metsäalueella tehdään. Suomi on EU-maana sitoutunut noudattamaan ja ratifioimaan EU-maiden kanssa yhdessä tehtyjä sopimuksia (Ulkoasiainministeriö 2018). Sekä unioni että jäsenmaat itse voivat vaikuttaa muun muassa ympäristöön liittyviin säädöksiin ja poliittisiin strategioihin.

1.2 Lahopuu

Puut ovat tärkeä osa useimpia terrestrisiä ekosysteemejä ja niiden merkitys elinympäristönä jatkuu puun kuoltua lahopuun muodossa (Franklin 1987, Siitonen ja Ollikainen 2006). Kuollut, lahoava puuainees on merkittävä resurssi metsäekosysteemeissä ja siten tärkeä tekijä metsäluonnon monimuotoisuudessa eli biodiversiteetissä (Siitonen 1998, Stenlid ym. 2008, Metsäntutkimuslaitos 2009, Rassi ym. 2010, Varsinais-Suomen ELY-keskus 2014). Lahopuu muodostuu kuolleesta puuaineksesta, kuten oksista, kokonaisista rungoista, kannoista ja juuristoista. Järeäksi lahopuuksi kutsutaan sellaista puuainesta, jonka läpimitta on yli 10 cm (esim. Päivinen ym. 2011). Lahopuun luonnollisia syntytapoja ovat muun muassa tuulenkaadot, hyönteistuhot sekä puuston normaali ikääntyminen ja kuoleminen. (Franklin ym. 1987, Verkerk ym. 2011) Ihmistoiminnan seurauksena lahopuuta muodostuu pääasiassa metsätaloudellisten toimenpiteiden, kuten harvennushakkuiden seurauksena (Siitonen ja Ollikainen 2006). Lahopuuta on kahta eri päätyyppiä: maanpinnan ylä- ja alapuolista (Russell ym. 2015). Kantojen ja juurien osuus elävän havupuun biomassasta on arviolta yhtä suuri kuin sen latvuksen oksien ja neulasten (Repola 2009). Lahopuuta on siten normaalioloissa runsaasti sekä maanpinnan ylä- että alapuolella.

Puuaines sisältää runsaasti orgaanista ainesta sekä ravinteita ja tarjoaa siten oivallisen resurssin eliöille, jotka kykenevät sitä hyödyntämään (Siitonen 2001). Lahoaminen voi joissain tapauksissa kestää jopa useita satoja vuosia, jolloin lahopuun vaikutus ympäristössä jatkuu verraten pitkään (Franklin 1987). Suomen oloissa lahoaminen ei kuitenkaan tyypillisesti vie näin kauan (Mäkinen ym. 2006). Lahoamisnopeuteen vaikuttavat muun muassa puulaji sekä onko kyseessä pysty- vai maapuu. Esimerkiksi koivu lahoaa tyypillisesti kokonaan 25–40 vuodessa, kuusi ja mänty 60–80 vuodessa.

Monet lajit ovat suoraan tai välillisesti riippuvaisia lahopuusta (Rassi ym 2010, Kajava ja Silver 2016). Lahopuu onkin merkittävimpiä metsälajiston

monimuotoisuuden vaikuttavia tekijöitä, sillä noin neljänneksen, eli 4000–5000, Suomen metsälajeista arvioidaan olevan siitä riippuvaisia (Siitonen 2001, Ympäristöministeriö 2013, Kajava ja Silver 2016). Tutkielman kirjoitushetkellä tuoreimman Suomen lajien punaisen listan (Rassi ym. 2010) mukaan uhanalaisia ja silmälläpidettäviä metsälajeja on maassamme 1880. Niistä noin puolelle (hieman yli 900:llä) uhanalaistumisen tärkeimpänä syynä on lahopuun vähentyminen. Ensimmäisessä metsissä eläviä uhanalaisia lajeja oli selvityksen mukaan 814. Niistä valtaosa, noin 47,1 %, elää lehtometsissä, 35 % vanhoissa kangasmetsissä, 13,8 % harjumetsissä sekä paloalueilla 1,2 % (Ympäristöministeriö 2013). Tämä tarkoittaa, että noin 82 % uhanalaisista metsälajeista elää lehdoissa tai vanhoissa kangasmetsissä.

Metsäekosysteemissä lahoava puuaines toimii paitsi orgaanisen aineen, ravinteiden ja hiilen varastona, stabiloit se myös ravinnekiertoa ja on mykorrhitsa- eli sienijuurten kasvualusta. Se on, kuten edellä mainittua, elintärkeä resurssi lahoppuusta riippuvaisille eli saproksyytililajeille (Siitonen 1998, Salo ym. 2006, Litton ym. 2007). Esimerkiksi sieniä, jotka elävät kuolleella orgaanisella aineksella, kutsutaan saprotrofeiksi (Tirri 2006). Ne ovat tärkeitä lahottajia, sillä ilman niiden vaikutusta puuaines ei voisi lahota, eivätkä sen sisältämät ravintoaineet voisi mineralisoida takaisin ravinnekiertoon (Stokland 2012). Saproksyytililajit ovat suurimmaksi osaksi sieniä ja selkärangattomia (Rassi ym. 2010, Siitonen 2011), erityisesti kovakuoriaisia ja kääpiä (Kajava ja Silver 2016). Joukossa on lajeja myös muista eliöryhmistä, kuten kasveja ja lintuja (Rassi ym. 2010). Esimerkiksi valkoselkätikka tarvitsee tiettyntyyppistä lahoppuuta saadakseen ravintoa ja pesäpaikan. Alueen lahoppuulajiston monimuotoisuus on suoraan riippuvainen tarjolla olevien resurssien, tässä tapauksessa lahoppuun, määrästä ja laadusta (Stenlid ym. 2008).

Lahoppuun muodostumisen nopeuteen ja määrään vaikuttavat monet tekijät (Jonsson ja Siitonen 2012a). Luonnontilaisissa metsissä jokin häiriötila, kuten myrsky, voi hyvin lyhyessä ajassa tuottaa valtavasti lahoppuuta esimerkiksi

kaatamalla isolta alueelta suuren osan puustosta. Normaaleissa oloissa lahopuun muodostumisnopeus on vahvasti yhteydessä puuston kasvun määrään. Lahopuun määrä on kuitenkin suurimmillaan vasta optimaalisen hakkuuian jälkeen (Jonsson ja Siitonen 2012b). Optimaalinen hakkuuikä määräytyy avohakkuun jälkeisessä metsänhoidossa sen mukaan, milloin puuston vuotuinen kasvu alittaa 1. vuoden kasvunopeuden. Voimakkain vuotuinen kasvu on tapahtunut tässä välissä ja tähän kulunut aika riippuu muun muassa puulajista sekä alueellisista olosuhteista. Pääsääntöisesti metsätaloudellisesti optimaalisen hakkuuian saavuttaneessa metsikössä puusto ei vielä ole saavuttanut pistettä jonka jälkeen puiden kuolleisuus olisi merkittävää. Samaan aikaan edellisestä hakkuusta jäljelle jäänyt lahopuusto on jo pääasiassa lahonnut (katso Mäkinen ym. 2006 esittämät puulajikohtaiset lahoamisnopeudet). Lahopuun määrä ei ole tässä vaiheessa suuri, sillä uutta lahopuuta ei ole ehtinyt muodostumaan. Lahopuun määrä kasvaa vasta puuston ikääntyessä ja tapahtuessa luontaista puuston uusiutumista. Tämän vuoksi ilman erillisiä toimenpiteitä talousmetsissä, erityisesti käytettäessä avohakkuumenetelmää, ei ole mahdollista saavuttaa suuria lahopuumääriä tai niiden tasausta jatkumoa.

Suomessa on pitkät perinteet valtakunnan mittakaavassa tapahtuvasta tilastolliseen otantaan perustuvasta metsien inventoinnista (Metsäntutkimuslaitos 2010a). Metsien inventointi aloitettiin ensimmäisten maiden joukossa lähes sata vuotta sitten vuonna 1921 (Stokland ym. 2003). Suomessa ei kuitenkaan perinteisesti ole kiinnitetty riittävästi huomiota lahopuun merkitykseen metsäekosysteemille (Siitonen 1998). Lahopuututkimus on Suomen osalta sangen nuori tieteenhaara. Ennen vuotta 1990 aihetta ei ollut juurikaan tutkittu Fennoskandian boreaalisten metsien osalta. 90-luvulta alkaen lahopuuhun liittyvien tutkimusten määrä on kuitenkin kasvanut huomattavasti (Siitonen 2001, Stokland ym. 2012). Tähän voidaan pitää yhtenä syynä sitä, että tuolloin alettiin aiheesta kerätä järjestelmällisesti aineistoa. Se liitettiin osaksi valtakunnan metsien inventointia (VMI) vuonna 1996 VMI9:n yhteydessä (Ihalainen ja Mäkelä 2009,

Metsäntutkimuslaitos 2009). Sittenkin lahoppuun määrän seurannasta on tullut vakiintunut osa VMI:a. Esimerkiksi VMI10:n aineisto koostui 10 959 koealasta, jotka olivat halkaisijaltaan 14 metrisiä ympyröitä (Metsäntutkimuslaitos 2010a). Ympyrän alan kaikki vähintään 10 cm läpimittaiset pystyssä tai maassa olevat lahoppuut otettiin laskentaan mukaan. VMI:n inventoinneissa ovat olleet mukana kaikki Suomen metsät, joten mukana oli myös luonnontilaisia suojelualueen metsiä (Tonteri ja Siitonen 2001). Etelä-Suomessa suojelualueiden osuus oli kuitenkin niin pieni, että tulosten voidaan katsoa olevan tältä osin käytännössä talousmetsien keskiarvoja.

Seuraavaksi esitetyt Suomen metsä- ja kitumaa-alueitten lahoppuun määriä koskevat tiedot ovat pääosin peräisin vuosina 2004–2008 toteutetusta kymmenennestä valtakunnan metsien inventoinnista eli VMI10:stä (Ihalainen ja Mäkelä 2009, Metsäntutkimuslaitos 2009). VMI10:n tulosten mukaan koko maassa metsä- ja kitumailla oli järeää, eli yli 10 cm vahvuista, kuollutta runkopuuta keskimäärin 5,4 m³/ha (Metsäntutkimuslaitos 2009). Järeän lahoppuun määrä koko maassa oli yhteensä noin 123 miljoonaa m³ (Ihalainen ja Mäkelä 2009, Metsäntutkimuslaitos 2009). Vaihtelu oli verraten suurta Suomen eri osien välillä, sillä Etelä-Suomessa keskiarvo oli 3,2 m³/ha ja Pohjois-Suomessa 7,6 m³/ha. Eroja oli myös näiden alueiden sisällä, sillä esimerkiksi Lounais-Suomessa talousmetsissä lahoppuuta oli VMI10:n mukaan vain 2,7 m³/ha (Varsinais-Suomen ELY-keskus 2014). Keski-Suomi edusti eteläsuomalaista keskiarvoa, eli lahoppuuta oli 3,2 m³/ha (Suomen metsäkeskus 2016a).

Vuonna 2015 Suomen metsistä noin 60,1 % oli yksityisten omistamia, valtiolle kuului noin 24,5 ja loput 13,6 % kuuluivat yhtiöille ja yhteisöille (Maa- ja metsätalousministeriö ja Luonnonvarakeskus 2015a). Keskimääräisen lahoppuunmäärän kannalta merkitystä oli (yllättäen) sillä, olivatko kyseessä yksityisomistuksessa olevat vai valtion hallinnassa olevat talousmetsäalueet. Metsähallituksen vastuulla olevissa valtion talousmetsissä runkolahoppuuta oli valtakunnallista keskiarvoa enemmän: Etelä-Suomessa 6 m³/ha, Oulun alueella 7

m³/ha ja Lapissa 11 m³/ha (Päivinen ym. 2011). Metsähallituksen metsätalouden ympäristöoppaassa (Päivinen ym. 2011) arvioidaan, että sen hallinnassa olevissa talousmetsissä olevan järeän lahoppuun määrä tulee kasvamaan tulevaisuudessa sitä mukaa kuin säästöpuut alkavat kuolla. Arvion mukaan järeän runkolahoppuun kokonaismäärä tulee olemaan talousmetsissä noin 10 m³/ha.

Luonnontilaisissa metsissä metsän tuottavuus ja lahoppuun määrä korreloivat keskenään (Aakala 2010). Myös alueen historia vaikuttaa, eli mahdolliset myrskyt ja maastopalot vaikuttavat pitkällä aikavälillä lahoppuun määrään. Yhden arvion mukaan näiden tekijöiden vaikutuksesta boreaalisisissa luonnontilaisissa metsissä Suomen alueella lahoppuun määrä voi vaihdella 41–170 m³:n välillä per hehtaari. Toisen arvion mukaan suomalaisissa luonnontilaisissa metsissä kuolleita puita on yleensä 60–120 m³/ha, kun mukaan lasketaan halkaisijaltaan yli 10 senttimetriä paksut rungot (Jonsson ja Siitonen 2012a). Molemmat edellä esitetyt arviot luonnontilaisten metsien lahoppuunmääristä ovat määriltään huomattavasti suurempia kuin Suomen metsä- ja kitumaiden nykyinen keskiarvo edellä esitettyjen lukujen mukaan.

Kuten aiemmin on jo mainittu, uhanalaisten saproksyyililajien esiintymistodennäköisyyden tiedetään kasvavan vasta kun lahoppuun määrä on vähintään 10–20 m³/ha (Junninen ja Komonen 2011). Varsinkaan nuorissa talousmetsissä ei siten ole nykyisellään riittävästi lahoavaa puuainesta uhanalaisia lajeja ajatellen. Hakkuutähteiden ja kantojen kerääminen biopolttoaineeksi vaikuttaa lahoppuun määrään negatiivisesti (Rassi ym. 2010, Päivinen ym. 2011, Kajava ja Silver 2016). Metsätalouden tiedetään vähentäneen kokonaislahoppuun määrän jopa alle kymmenesosaan siitä mitä se luonnontilaisessa metsässä olisi (Siitonen 2001). Rassi ym. (2010) toteavat Suomen lajien uhanalaisuus -teoksessaan, että *”lahoppuun väheneminen on tavallisin metsälajien uhanalaisuuden syy ja uhkatekijä”*. Se on heidän mukaansa lisäksi *”tärkein silmälläpidettävöiden lajien luokittelun syy ja uhkatekijä sekä toiseksi tärkein lajien häviämisen syy”*. Lahoppuun määrän lisäksi sen laadun tiedetään olevan olennainen tekijä saproksyyililajien

kannalta. Lahopuuatkumo edellyttää, että myös esimerkiksi järeitä, sopivan lahoasteen runkoja on saatavilla (Similä ym. 2003, Siitonen ja Ollikainen 2006). Tiedetään, että muun muassa lahoavan puun lajilla, lahoasteella ja lahopuukappaleen ympäristöllä on merkitystä. Näillä ominaisuuksilla on merkitystä erityisesti pitkälle erikoistuneille specialistilajeille, sillä ne ovat riippuvaisia aivan tiettytyyppisistä olosuhteista ja ovat siten erityisen vaateliaita lajeja (Jonsell ym. 1997). Myös elinympäristön lahopuun kokonaistilavuudella (m^3/ha) tiedetään olevan merkitystä (Siitonen ja Ollikainen 2006, Siitonen ym. 2006, Junninen ja Komonen 2011).

Esimerkiksi Martikainen (2000) on arvostellut kovin sanoin sitä, miten uhanalaisesta lahopuulajistosta keskusteltaessa on keskitytty lähinnä puhumaan vanhojen metsien suojeluarvoista. Hänen mukaansa esimerkiksi säästöpuiksi jätetyillä haavoilla (*Populus tremula*) olisi merkitystä saproksyylikovakuoriaislajien säilymisen kannalta. Tämä edellyttäisi sitä, että säästöpuuryhmä olisi riittävän suuri. Martikainen kuvaa säästöpuuryhmiä eräänlaisiksi pelastuslautoiksi, joiden avulla lajit kykenevät säilymään hakkuista huolimatta hengissä. Lahopuun määrän lisäys korreloi positiivisesti saproksyylikovakuoriaisten lajimäärän kanssa. Säästöpuut ovat yksi harvoja keinoja säilyttää ja edistää vanhojen haapojen olemassaoloa talousmetsissä. Monet saproksyyllilajit tarvitsevat elääkseen nimenomaan vanhoja, järeitä haapoja. Toisaalta myös pienemmällä, läpimitaltaan ohuemmalla (110 cm) lahopuumateriaalla on oma tärkeä roolinsa saproksyyllilajien kannalta. Esimerkiksi jotkin lajit ja lajiryhmät, kuten orvakassienet, ovat vahvasti erikoistuneita hyödyntämään pientä puuainesta (Miettinen 2012). Orvakkaat ovat lehtipuiden tärkeimpiin kuuluvia lahottajia ja kelpuuttavat elinpaikakseen esimerkiksi näiden kuolleet oksat. Sekä edellä kuvatun tyyppisille, pieniläpimittaiseen lahopuuhun erikoistuneelle lajistolle, että monille muille saproksyyllilajeille on ongelmallista se, että suuri osa lahosta maapuusta menetetään hakkuiden ja maanmuokkauksen yhteydessä (Siitonen ja Ollikainen 2006).

1.3 Energiapuu

Puun käyttö raaka-aineena on kokenut Suomessa suuria muutoksia viimeisen sadan vuoden aikana (Hakkila 2004). Ennen teollistumista sen pääasialliset käyttökohteet olivat muun muassa tervantuotanto, kaskenpoltto sekä käyttö polttopuuna. Sitten puuta on alettu korjata enenevässä määrin metsäteollisuuden tarpeisiin kuitu- ja tukkipuiksi. Käyttö energianlähteenä polttopuun muodossa ehti vähentyä merkittävästi. Nyttemmin metsäteollisuuden tarve raakapuulle on huippuvuosiinsa nähden vähentynyt, mutta samanaikaisesti energiapuun käytön määrä on kasvanut (Metsäntutkimuslaitos 2014a). Suomessa käytettävän raakapuun määrä on ollut viime vuosina jälleen kasvussa. Vuonna 2013 se oli 73,9 miljoonaa m³, josta 64,5 miljoonaa kuutiometriä (eli noin 87 %) kului teollisuuden raaka-aineeksi ja loput, eli 9,4 miljoonaa m³ (eli noin 13 %) käytettiin energian- ja lämmöntuotantoon. Raakapuun ohella metsä- ja energiateollisuus hyödyntää metsäteollisuuden sivutuotteita ja jätettä. Niidenkin käyttömäärät olivat vuonna 2013 kasvussa. Tuolloin niiden kokonaismäärä oli noin 24,6 miljoonaa m³, josta metsäteollisuuden tarpeisiin kului noin 8,6 miljoonaa m³ (noin 35 %) ja 16,0 miljoonaa m³ (noin 65 %) energiankäyttöön. Energiaksi käytettävää puuainesta hyödynnettiin paitsi lämpö- ja voimalaitoksissa metsähakkeena (14,7 milj. m³), myös pientaloissa polttopuun (1,3 milj. m³) muodossa.

Energiapuiksi sopii monentyypinen puuaines. Muun muassa hakkuutähteitä ja kantoja kerätään Suomessa bioenergiaksi (Rassi ym. 2010). Suomen metsäkeskus (2016b) linjaa, että energiapuiksi kelpuutetaan monipuolisesti metsänhoidollisissa toimenpiteissä poistettavaa puuainesta. Kansallisen energia- ja ilmastostrategian taustaraportin (Työ ja elinkeinoministeriö 2013a) mukaan energiapuiksi on tarkoitus käyttää ”*energiarunko, oksat ja juuret*”. Maa- ja metsätalousministeriön (2011) määritelmän mukaan metsistä korjattava metsähake koostetaan uudistushakkuualoilta korjattavasta oksa- ja latvusmassasta, kannoista sekä nuorten metsien harvennuksen yhteydessä saatavasta pienpuuhakkeesta.

Ministeriö arvioi hakkeen saatavuuden riippuvan vahvasti markkinahakkuiden määrästä.

Metsähakkeella tarkoitetaan koneellisesti hakettua puuta (Koljonen ym. 2017). Metsähaketta käytetään niin kutsuttuna energiapuuna (Maa- ja metsätalousministeriö 2015, Koljonen ym. 2017). Metsähakkeeksi käytetään pieniläpimittaista puuta (korjuu esimerkiksi nuorten metsien hoidon yhteydessä), uudistusaloilta korjattavaa latvus- ja oksamassaa ja kantoja sekä runkopuuta, jonka laatu ei riitä puunjalostusteollisuuden käyttötarpeisiin (Koljonen ym. 2017). Sitä voidaan hyödyntää muun muassa yksityisten kiinteistöjen lämmitysjärjestelmissä sekä teollisesti lämpö- ja voimalaitoksissa.

Nykytuotoinen energiapuunkorjuu aloitettiin vuonna 2000 (Hakkila 2004). Tähän saakka talousmetsissä olevan lahopuun määrän oli todettu korreloivan metsikön iän kanssa (Siitonen 2001). Alle 40-vuotiaissa talousmetsissä lahopuun määrä oli keskimäärin 3,5 m³/ha. Lahopuuta esiintyi eniten yli 140-vuotiaissa metsissä, joissa sitä oli keskimäärin 15,9 m³/ha. Verrattain suuren, eli halkaisijaltaan yli 30 senttimetrinen lahopuun osuus kokonaismäärästä oli noin 19 %. Energiapuunkorjuu vaikuttaa näihin määriin, sillä yhteiskunnalliset paineet (ks. laho- ja energiapuun poliittinen ohjaus) ovat kasvattaneet tarvetta hakkuutähteiden ja kantojen korjaamiseksi metsäenergian lähteeksi (Siitonen ja Ollikainen 2006). Tämä heikentää saproksyytilajien tilannetta ja niiden elinmahdollisuuksia talousmetsissä. On myös mahdollista, että lajien uhanalaistuminen kiihtyy entisestään. Lahopuun määrän muutos heikentää myös tällä hetkellä elinvoimaisten ja yksilömääriltään runsaiden lajien elinmahdollisuuksia. Uhanalaistuminen voi kohdata lajia, jota metsätaloudelliset toimet eivät aiemmin ole uhanneet. Siitonen ja Ollikainen (2006) arvelevat että säästöpuiden avulla on mahdollista kasvattaa uudistusalojen lahopuuston määrää 0,5 miljoonaa kuutiota vuodessa. Toisaalta heidän mukaansa on mahdollista, että energiapuunkorjuun vuoksi menetetään vuosittain vähintään 5 m³/ha lahopuuta.

Energiapuun käyttöä on tällä hetkellä tarkoitus lisätä tulevaisuudessa, joskin markkinatilanne vaikuttaa sen tuotantoon ja käyttöön. Metsähakkeen käyttö energiantuotantoon on kymmenkertaistunut Suomessa 2000-luvulla (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Lisäyksen taustalla on velvoite täyttää Suomelle EU:ssa asetettu uusiutuvan energian käytön lisäämistavoite. Lyhyellä tähtämellä tavoitteena on vuoteen 2020 mennessä hyödyntää metsähaketta energiantuotannossa vähintään 13 miljoonaa m³. Tämä vastaa energiaksi muutettuna 25 terawattituntia. Vuonna 2013 metsähaketta hyödynnettiin noin 8,7 miljoonaa m³ (=17,4 TWh). Tilastokeskuksen (2016) mukaan Suomen vuotuinen energiantarve oli vuonna 2014 noin 374 TWh (=1 346 418 TJ). Metsähakkeen käytön tavoite vastaisi vuoden 2014 kulutuksesta noin 6,7 %:a. Voidaan siis sanoa, että metsähakkeen osuuden tavoite on noin 6–7 % Suomen kokonaisenergiankulutuksesta.

Puubiomassan kokonaisvaltaisen poiston on osoitettu vaikuttavan negatiivisesti seuraavan puusukupolven kasvuun (Egnell 2010). Syyksi on esitetty ravinteiden, erityisesti typen, vähenemistä. Energiapuunkorjuun myötä tapahtuvan ravinnetasapainon heikkenemisen myötä saatetaan joutua erikseen lannoittamaan uudistusalaa (Koistinen ym. 2016). Tämä ei ole mielekäästä, sillä siitä koituu luonnollisesti taloudellisia kustannuksia. Kaikilla metsäaloilla energiapuun korjuu ei onnistu ilman seuraavan puusukupolven kasvun häiriintymistä, joten sitä ei suositella tehtäväksi kuivahkoa kangasta karummilla alueilla. Ongelmaa pyritään ratkaisemaan muun muassa kehitteillä olevilla kannonnostomenetelmillä, joiden yhteydessä osa juurakosta jäisi maaperään. Myös ravinnehuuhtoumaa yritetään vähentää, eikä kannonnostoa suositella tehtäväksi pohjavesialueilla. Kyseisillä alueilla on sallittua korjata hakkuutähteet, eli puiden latvat, oksat, neulaset sekä lehdet. Käytännössä metsänomistaja itse päättää, miten viime kädessä toimii energiapuunkorjuun suhteen. Kannonnoston rikkoo laajalti maanpintaa (Kataja-aho ym. 2011, Koistinen ym. 2016). Paljastunut mineraalimaa on suurimmalle osalle hajottajaeliöstöä ehjää maaperää huonompi elinympäristö, joten hajottajien

runsaus on alempi mineraalimaassa kuin ehjässä metsämaassa (Kataja-aho ym. 2011). Toisaalta kasvillisuus hyötyy paljastuneesta maaperästä, sillä kyseisillä kohdilla kasvilajisto on monimuotoisempi ja kasvusto rehevämpi kuin ehjän maanperän alueilla. Hajottajayhteisö ja siten ravinnekierto vaihtelevat suuresti kannonnostokohdissa ja niiden ympäristössä. Tällä on todennäköisesti vaikutuksia kyseisen metsäalueen ravinnekiertoon.

1.4 Metsätalous Suomessa

VMI:n tiedot kootaan yhteen Metsätilastolliseen vuosikirjaan (Metsäntutkimuslaitos 2014a). Vuoden 2014 Metsätilastollisen vuosikirjan mukaan Suomen metsätalousmaan pinta-ala on noin 26,2 miljoonaa hehtaaria. Suomen maapinta-ala on noin 30,4 miljoonaa hehtaaria, eli metsätalousmaan osuus siitä on noin 86 %. Metsätalousmaasta suurin osa (noin 20 miljoonaa ha) on luokiteltu metsämaaksi (Hotanen ym. 2013). Toiseksi eniten, noin 3 miljoonaa ha, on joutomaata. Kitumaan osuus on alle 3 miljoonaa ha. Muihin, edellä mainittujen luokitusten ulkopuolelle jääviin niin kutsuttuihin muihin metsätalousmaihin lukeutuu noin 0,2 miljoonaa hehtaaria. Metsämaalla tarkoitetaan sellaista maata, joka soveltuu erityisen hyvin puiden kasvattamiseen vuosittaisen keskimääräisen kasvun ollessa vähintään 1 m³/ha/v. Kitumailla puuston kasvu kuoret mukaan luettuina on keskimäärin noin 0,1-0,99 m³/ha/v. Joutomaat ovat luonnostaan lähes tai täysin puuttomia alueita, joilla vuosittaisen kasvu jää alle 0,1 m³/ha/v. Muihin, puuta tuottamattomiin metsätalousmaihin luokitellaan kuuluviksi muun muassa metsäautotiet ja siemenviljelykset.

Metsien hoitoa, käyttöä, suojelua ja kestävästä kehitystä koskevat kansainväliset linjaukset ovat verraten nuoria. YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssi UNCED (eli UN Conference on Environment and Development) hyväksyi edellä mainittuja metsätaloudellisia tekijöitä koskevat metsäperiaatteet ja toimintaohjelman (toimintaohjelma agenda 21, ks. Hemilä 1998 s 76) Rion ympäristökokouksessa

vuonna 1992 (Hemilä 1998, YK 2016). Yhdistyneet kansakunnat eli YK (2016) linjasi tuolloin ensi kertaa kestävän kehityksen periaatteet, jotka se jaotteli kolmeen kategoriaan: sosiaaliseen, taloudelliseen ja ekologiseen kehitykseen. Tuolloin hyväksyttiin kansainväliset sopimukset, jotka koskivat ilmastoa, luonnon monimuotoisuutta ja aavikoitumista. Nämä kolme muodostavat yhdessä kestävän kehityksen periaatteiden kokonaisuuden, joiden tavoitteina on paitsi hillitä ja ehkäistä ilmastonmuutosta, myös vähentää köyhyyttä, tasoittaa tuloeroja sekä lisätä teollisuuden ja maatalouden tehokkuutta ympäristö ja sosiaaliset tekijät huomioon ottaen. Sittemmin sopimusta on täydennetty ja tavoitteita päivitetty vuonna 1997 laaditun Kioton ilmastopimuksen (YK 2016, UNFCCC 2018) myötä. Metsien kyky varastoida hiiltä enemmän kuin metsät sitä vapauttavat, eli kyky toimia hiilinieluna, otettiin Kioton ilmastopimuksessa yhdeksi keinoksi hillitä ilmastonmuutosta (Lehtonen ym. 2004).

Suomella on ollut aktiivinen rooli kestävän kehityksen edistämässä. Kun vuonna 1992 järjestettiin YK:n ympäristö- ja kehityskongressi UNCED Rio de Janeirossa, osallistui Suomi aktiivisesti erityisesti ilmastonmuutoksen hidastamiseen ja energian säästämiseen tähtäävien sopimusten valmisteluun (YK 2016). Suomi perusti oman kestävän kehityksen toimikuntansa seuraavana vuonna, eli 1993. Juuri kestävän kehityksen periaate on se punainen lanka, joka vaikuttaa laho- ja energiapuun määrien poliittisen ohjauksen taustalla.

Metsäteollisuus on merkittävä tekijä Suomen talouden ja kansantuotteen kannalta (Suomen metsäkeskus 2016b). Suomi on edelläkävijämaa metsätalousmaana, sillä sen metsävarantoja on seurattu järjestelmällisesti inventointien avulla valtion perustamisen alkua ajoista lähtien, eli jo lähes sadan vuoden ajan (Luonnonvarakeskus 2015a). VMI on uusittu säännöllisesti 5–10 vuoden välein. Tämän tutkielman kirjoitushetkellä tuorein, järjestyksessään 11., inventointi on toteutettu vuosina 2009–2013. Sittemmin, tutkielman viimeistelyvaiheessa, on julkaistu VMI12 vuosilta 2014–2017 (Luonnonvarakeskus 2018a) Järjestelmällisen ja säännöllisesti toteutettavan metsien sekä metsävarojen seurantarjestelmän

avulla tuotetaan niin alueellista kuin valtakunnallista tietoa seuraavista muuttujista:

- *"metsävaroista - puuston määrästä, kasvusta ja laadusta,*
- *maankäytöstä ja metsien omistussuhteista,*
- *metsien terveydentilasta,*
- *metsien monimuotoisuudesta ja*
- *metsien hiilivaroista ja niiden muutoksista"* (Luonnonvarakeskus 2015a).

Saatuja tietoja hyödynnetään muun muassa metsäpoliittisessa päätöksenteossa, laadittaessa alueellisia ja kansallisia metsätaloudellisia suunnitelmia, metsätalouden kestävyden arvioinnissa, metsien sertifiointissa (ks. FSC-sertifikaatti) sekä tieteellisissä tutkimuksissa (Luonnonvarakeskus 2015a).

Suomessa talousmetsän hoitoa ja käyttöä ohjataan lainsäädännöllä. Metsien hoitoa ja sen toteutusta valvovat alueellisesti metsäkeskuksen yksiköt (Suomen metsäkeskus 2016b ja 2016c). Paikallistasolla ohjeistusta ja metsänhoidollisia palveluita tarjoavat metsänhoitoyhdistykset (MTK 2015). Metsälaissa (1093/1996) määrätään metsänomistajia tekemään metsäsuunnitelma ja ohjeistetaan, millaisia metsänhoidollisia toimenpiteitä omistajan on metsilleen tehtävä.

Metsien käyttöä ja taloudellista hyödyntämistä ohjataan lainsäädännön lisäksi muun muassa metsäsertifikaateilla. Metsäsertifikaatit vaikuttavat myös lahopuun määrään, sillä metsäsertifiointin standardit antavat ohjeet uudistettaville alueille jätettävien kuolleiden tai elävien pystypuiden määrälle (Luonnonvarakeskus 2012a). Hakkuiden jälkeen läpimitaltaan vähintään 10 cm olevia eläviä tai kuolleita pystypuita tulee jättää vähintään keskimäärin 5–10 kappaletta hehtaarille. Merkittävässä roolissa on PEFC-järjestelmä (Programme for the Endorsement of Forest Certification), jonka piiriin kuuluu noin 90 % Suomen talousmetsistä (PEFC 2018a). Kyseessä on sertifikaatti, jonka tavoitteena on edistää

kestävän kehityksen mukaista metsätaloutta. PEFC-merkin saaminen edellyttää, että metsien hoito toteutetaan kestävän kehityksen periaatteita noudattaen ja että puun alkuperä on mahdollista jäljittää puun alkuperän seurantajärjestelmän avulla (PEFC 2018b). On olemassa myös muita metsäsertifikaatteja, kuten FSC (FSC 2018a). FSC (Forest Stewardship Council, suomeksi ”Hyvän metsänhoidon neuvosto”) on kansainvälinen organisaation, jonka tavoitteena on edistää kestävän kehityksen mukaista metsien käyttöä (FSC 2018a, WWF 2018). Sen jäseniin kuuluu monia merkittäviä kansalaisjärjestöjä, kuten WWF, sekä yrityksiä, kuten UPM-Kymmene, Stora Enso ja Metsäliitto (FSC 2018a). Suomi on 80 muun maan ohella mukana sertifiointin täytäntöönpanossa (FSC 2018b). Toukokuussa 2015 Suomen metsistä hieman yli miljoona hehtaaria oli FSC-sertifioitua. Tämä vastaa noin 4 % Suomen metsätalousmaasta. Sertifiointin suosio on kasvussa, sillä vuoden 2013 tammikuussa vastaava määrä oli vain 430 419 hehtaaria. FSC-sertifikaatin saadakseen metsänomistajan tulee muun muassa varmistaa metsäluonnon monimuotoisuuden säilyminen, laatia metsäsuunnitelma metsien käytöstä sekä *”ylläpitää tai edistää metsästä saatavia pitkäaikaisia taloudellisia, sosiaalisia ja ekologisia hyötyjä”* (FSC 2018c). Esimerkiksi WWF (2011) kuvaa metsäsertifikaattia toteamalla, että *”FSC-merkki on puolueeton laatutakuu luonnon ja ihmisen huomioon ottavasta metsänhoidosta”*. FSC-sertifikaatti eroaa PEFC-sertifikaatista siten, että se edellyttää säästöpuilta 20 cm:n minimiläpimittaa (Korhonen ym. 2016). Lisäksi kaikkien säästöpuiden tulee olla eläviä ja niitä on oltava vähintään kymmenen hehtaaria kohden (PEFC 2014). FSC-sertifioiduissa metsissä on siten huomattavasti suurempi määrä säästöpuuta kuin PEFC-sertifioiduissa.

1.5 Poliittiset strategiat ja niiden suhde lahopuun säilymiseen

Suomella on käytössään kolmea poliittista strategiaa, jotka ohjaavat merkittävästi talousmetsien (sisältäen kitumaa-alueet) hoitoa sekä käyttöä ja siten lahopuun määrää sekä laatua: kansallista biodiversiteettistrategiaa, kansallista energia- ja ilmastostrategiaa sekä kansallinen metsästrategia 2025:ttä. EU laati vuonna 2011

kaikkia jäsenmaitaan koskevan biodiversiteettistrategian (Valtioneuvosto 2012, European Commission 2016). Suomi hyväksyi oman kansallisen biodiversiteettistrategiansa vuoden 2012 lopulla (Ympäristöministeriö 2013). Sen päätavoitteita ovat luonnon monimuotoisuuden edelleen jatkuvan köyhtymisen estäminen ja kestävä kehityksen edistäminen. Samanaikaisesti voimaan on tullut EU:n vuonna 2008 alullepanema ja Suomessa vuonna 2013 päivitetty kansallinen energia- ja ilmastostrategia (Kouki 2008, Maa- ja metsätalousministeriö 2011). Sen päätavoitteita ovat paitsi lisätä uusiutuvan energian käyttöä, myös hillitä kasvihuonekaasujen, kuten hiilidioksidin, päästöjä (Maa- ja metsätalousministeriö 2011, Työ- ja elinkeinoministeriö 2013a). Yksi keskeisistä välineistä on energiapuun käytön kasvattaminen merkittävästi. Lisäksi Suomea koskee vuonna 2015 julkaistu uudistettu kansallinen metsäohjelma eli kansallinen metsästrategia 2025 (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Uudistettu metsästrategia tähtää paitsi metsien kestäväan ja monipuoliseen käyttöön, myös metsiin liittyvän liiketoiminnan, kuten puuhun pohjautuvan energiateollisuuden, kehittämiseen.

Kaikkia kolmea edellä mainittua strategiaa yhdistää se, että ne kaikki vaikuttavat Suomen metsien lahopuun määrään. Yhdistävä tekijä on energiapuu. Nykyisenlainen energiapuunkorjuu, joka hyödyntää muun muassa kantoja, alkoi vuonna 2000 (Hakkila 2004). Energiapuuksi korjataan sellaista puuainesta, joka tätä ennen jäi metsiin lahoamaan. Energiapuunkäytön ympäristövaikutuksista ei ole vielä paljon tutkittua tietoa, mutta esimerkiksi Rassi ym. (2010), Lassauce ym. (2011), Verkerk ym. (2011), Work ja Hibbert (2011) sekä Kajava ja Silver (2016) ovat kaikki tulleet siihen tulokseen että paitsi lahopuun määrän väheneminen, myös sen laadussa tapahtuneet muutokset ovat johtaneet monien saproksyyililajien uhanalaistumiseen. On huomattava, että puuntuotannollisesti kestävä hakkuukertymä ei ole sitä biodiversiteetin säilymisen kannalta.

Kansallinen metsästrategia 2025, Kansallinen energia- ja ilmastostrategia sekä Kansallinen biodiversiteettistrategia ovat vahvasti kytkeytyneet toisiinsa (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Strategioiden laadinnassa on pyritty välttämään

niiden välisiä ristiriitoja. Metsästrategia nousee kahdessa muussa strategiassa vahvasti esille ja sen avulla ohjataan kaikkea metsänhoitoon liittyvä toimintaa. Tämän on osaltaan tarkoitus ehkäistä päällekkäisyyksiä ja yhtenäistää strategioiden linjauksia. Strategioiden ristiriidat eivät tämän vuoksi liity niinkään strategioiden sisältöön, vaan siihen voidaanko ne toteuttaa samanaikaisesti sellaisinaan. Saproksyytilajiston diversiteetin kannalta tilanne on huolestuttava, mikäli strategioiden toteutuksen pääpaino on metsä- ja energiatalouden toteuttamisessa. Resurssiteorian mukaan lajiversiteetti on yhteydessä alueen tarjoamiin resursseihin (Honkanen ym. 2010). Mikäli metsänhoidollisilla toimenpiteillä poistuu liikaa saproksyytilajiston elinvoimaisuudelle ja monimuotoisuudelle tärkeitä resursseja, on saproksyytilajiston diversiteetti uhattuna. Metsäekosysteemi on monimutkainen verkosto, jonka jokainen osatekijä vaikuttaa moneen muuhun tekijään ja siten koko metsäekosysteemiin (Pohjamies ym. 2017). Puuaineksen poisto vaikuttaa suoraan maaperän fysikaalisiin ominaisuuksiin, maaperän eliöyhteisöön, hiilen kiertoon ja monien lajien elinympäristöön sekä saatavilla oleviin resursseihin. Nämä tekijät puolestaan vaikuttavat moneen ekosysteemipalveluun, kuten maaperän tuottavuuteen, ilmakehään, metsän kykyyn kestää ympäristön bioottisia ja abioottisia muutoksia tai luonnonkatastrofeja sekä metsän puuntuotantokykyyn. Biodiversiteettistrategian tavoite luonnon monimuotoisuuden köyhtymisestä vuoteen 2020 mennessä (katso Ympäristöministeriö 2017) on vähintäänkin kunnianhimoinen.

1.6 Tutkielman tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tässä pro Gradu -tutkielmassa tarkastellaan, millaisia vaikutuksia biodiversiteettistrategialla, Kansallisella energia- ja ilmastostrategialla sekä Kansallinen metsästrategia 2025:llä on lahopuun määrälle ja tätä kautta lahopuulla elävän lajiston monimuotoisuudelle. Tavoitteena on selvittää, onko strategioiden välillä ristiriitoja vai voidaanko niitä toteuttaa ongelmitta samanaikaisesti. Jos

ristiriitoja on, arvioidaan niiden vaikutuksia lahopuun määrälle sekä mahdollisuuksille hyödyntää energiapuuta suunnitellusti. Aiemmin ei ole tehty selkeitä ja kattavia selvityksiä siitä, voidaanko kaikkien strategioiden tavoitteet saavuttaa kestävän kehityksen mukaisesti samanaikaisesti. Koska kyseessä ovat sekä kansallisesti että kansainvälisesti merkittävät hankkeet, on tärkeää selvittää niiden suhteutuminen toisiinsa ja miten ne toimivat samanaikaisesti.

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Millaisia todennäköisiä vaikutuksia biodiversiteettistrategian, kansallisen energia- ja ilmastostrategian sekä kansallisen metsästrategian mukaisella toiminnalla olisi lahopuun määrään, mikäli niitä noudatettaisiin?
2. Onko näiden strategioiden välillä ristiriitoja? Jos on, mihin nämä ristiriidat voivat johtaa lahopuun määrässä, energiapuun käytössä sekä metsäekosysteemin rakenteessa ja tilassa?

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Aineisto

2.1.1 Kansallinen biodiversiteettistrategia

Euroopan unioni on vuonna 2011 laatinut jäsenmaitaan koskeva biodiversiteettistrategian (European Commission 2016, Valtioneuvosto 2012). Ympäristöministeriön (2017) mukaan tämän noudattamiseksi joulukuussa 2012 Suomessa hyväksyttiin valtioneuvoston toimesta luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestävän käytön strategia. Nimellä ”*Luonnon puolesta – ihmisen hyöäksi*” kulkeva ympäristöpoliittinen strategia tähtää siihen, että Suomessa saataisiin

vuoteen 2020 mennessä pysäytettyä luonnon monimuotoisuuden köyhtyminen. Ministeriön mukaan strategia pyrkii saattamaan *”luonnon monimuotoisuuden taloudelliset ja kulttuuriset arvot luonnonvarojen käyttöä koskevan päätöksenteon keskiöön”*.

Valtioneuvoston periaatepäätöksessä (Valtioneuvosto 2012) todetaan, että biodiversiteettistrategialle on asetettu seuraavat viisi päämäärää:

1. Luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestävän käytön valtavirtaistaminen hallinnossa ja yhteiskunnassa
2. Luonnon monimuotoisuuteen kohdistuvien välittömien paineiden vähentäminen ja sen kestävän käytön edistäminen
3. Luonnon monimuotoisuuden tilan parantaminen ekosysteemien, lajien ja perinnöllisen monimuotoisuuden turvaamisella
4. Luonnon monimuotoisuudesta ja ekosysteemipalveluista saatavien hyötyjen turvaaminen kaikille
5. Luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestävän käytön toimeenpanon parantaminen osallistavalla suunnittelulla, tietojen hallinnalla ja toimintamahdollisuuksien sekä -kykyjen kehittämisellä

Kullekin biodiversiteettistrategian päämäärälle on asetettu omat tavoitteensa, joiden avulla päämäärä pyritään saavuttamaan (Valtioneuvosto 2012). Esimerkiksi ensimmäiseen tavoitteeseen, eli luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestävän käytön valtavirtaistamiseen, pyritään muu muassa siten, että kansalaisten perustietämystä aiheesta ja sen merkityksestä sekä omista vaikutusmahdollisuuksista pyritään kasvattamaan. Samassa yhteydessä otetaan bruttokansantuotteen (BKT) rinnalle vaihtoehtoisia mittareita, joilla mitataan esimerkiksi kestävä kehitys ja sen toteutumista. Kaiken kaikkiaan yhteiskunnassa pyritään saamaan kaikki mukaan kestäväan kehitykseen ja

ekologisempaan kulutukseen. Toiseen päämäärään, eli luonnon monimuotoisuutta uhkaavien paineiden vähentämiseen ja kestävän käytön edistämiseen, pyritään puolestaan muun muassa metsätalouden kestäväillä hoito- ja käyttötoimenpiteillä. Päämäärään lukeutuu myös pyrkimys vähentää ihmisen aiheuttamia paineita, jotka kohdistuvat ilmastonmuutoksen vaikutuksista kärsiviin uhanalaisiin ekosysteemeihin. Kolmannen tavoitteen saavuttaminen edellyttää puolestaan esimerkiksi suojelualueiden ja niitä tukevien alueiden pinta-alan kasvattamista maa- ja sisävesialueiden osalta 17 prosenttiin ja rannikko- sekä merialueilla 10 prosenttiin. Esimerkkinä tämän päämäärän edistämisestä perustettiin Suomi100-juhlavuoden kunniaksi vuonna 2017 Hossan kansallispuisto (Metsähallitus 2018a). Valtioneuvosto (2012) linjaa, että neljäs päämäärä, eli luonnon monimuotoisuudesta ja ekosysteemipalveluista saatavat hyödyt, pyritään saavuttamaan esimerkiksi kehittämällä ekosysteemien merkitystä hiilivarastona. Tähän sisältyy myös se, että selvitetään bioenergian käytön lisäämisen vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen sekä metsien ravinne- ja hiilitaseeseen. Lisäksi tulee laatia ohjeistus sille, millä keinoin monimuotoisuus tullaan turvaamaan. Viides, viimeinen päämäärä koskee luonnon monimuotoisuuden suojelun parantamista ja kestävän käytön toimeenpanoa. Sen toteuttaminen edellyttää muun muassa monimuotoisuuteen liittyvän tietouden, tutkimusten ja teknologian parantamista ja saattamista käyttöön laajasti.

Strategian päämäärien toteuttamiseksi on ministeriön asettaman työryhmän toimesta luotu luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestävän käytön toimintaohjelma 2013–2020 (Ympäristöministeriö 2013). Sen mukaan metsiä koskevia toimia ohjataan seuraavilla kolmella välineellä/ohjauskeinolla: kansallinen metsäohjelma 2025, METSO-ohjelma (eli Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelma) sekä Metsähallituksen ympäristöopas. Toimintaohjelma itsessään ei ota kantaa tarkkoihin yksityiskohtiin, kuten luonnon monimuotoisuuden eli biodiversiteetin kannalta riittäviin toimenpiteisiin metsälajiston kannalta. Toimintaohje ei esimerkiksi ota kantaa siihen, paljonko

lahopuuta tulee jättää metsiin biodiversiteetin säilyttämiseksi ja edistämiseksi. Tarkempia yksityiskohtia löytyy edellä luetelluista kolmesta työvälisestä, joiden avulla biodiversiteettistrategia toteutetaan. Näistä ensimmäinen, Kansallinen metsäohjelma 2025, esitellään jäljempänä. METSO-ohjelma puolestaan otettiin käyttöön vuonna 2008 (Valtioneuvosto 2008). Tuolloin sen tavoitteeksi asetettiin metsäisten luontotyyppien ja metsälajien taantumisen pysäyttäminen sekä luonnon monimuotoisuuden suotuisan kehityksen vakiinnuttaminen vuoteen 2016 mennessä.

METSO-ohjelmaa on päätetty jatkaa ainakin vuoteen 2025 saakka (Ympäristöministeriö 2014a). METSO-ohjelman tavoitteena on parantaa suojelualueverkostoa, ylläpitää ja kehittää talousmetsien luonnonhoitoa, kasvattaa toimenpiteiden ja kehittämisen pohjalla olevaa tietopohjaa, lisätä metsänomistajien ja metsäalan ammattilaisten tietämystä neuvonnan ja koulutusten avulla sekä edistää metsä- ja ympäristöorganisaatioiden välistä yhteistoimintaa (Valtioneuvosto 2008). Ohjelman mukaan lahopuu, kuten pökkelöt, tuulenkaadot ja pystypuut, ovat *”metsäluonnon monimuotoisuuden kannalta erityisiä rakennepiirteitä”*. Ohjelma ei ota tarkemmin kantaa tavoiteltaviin lahopuumääriin. Vuoteen 2015 mennessä METSO:n kokonaissuojelutavoitteista oli saavutettu noin 58 % (Koskela ym. 2016). Vastuu METSO-ohjelmaan kuuluvien pysyvien ja määräaikaisten suojelualueiden sekä valtiolle lunastettavien suojelukohteiden hankkimisesta kuuluu elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksille eli ELY-keskuksille. Vuonna 2015 uusia suojelukohteita oli yhteensä 5953 ha. Vuosina 2008–2015 METSO:n piirissä oli yhteensä 42848 ha. Vain pieni osa on suojeltu määräaikaisesti. Luonnonvarakeskus Luken vuosittain tekemissä tilannekatsausraporteissa ei esitetä laskelmia kohteiden lahopuumääristä. METSO-kohteet luokitellaan kolmeen luokkaan (I-III) ja ohjeistuksen mukaan *”valintaperusteissa esitettyjä ikä- ja lahopuuarvoja tulee tarkastella tapauskohtaisesti suuntaa-antavina suosituksina eikä ehdottomina raja-arvoina”* (Ympäristöministeriö 2008).

Kolmas ohjauskeino on Metsähallituksen metsätalouden ympäristöopas, joka pureutuu tarkemmin muun muassa energiapuun korjuuseen (Leskinen ym. 2011). Oppaassa esitetään, että energiapuun korjuu vähentää pieniläpimittaisen kuolleen puun ja kantojen määrää. Energiapuun korjuu ei saisi oppaan mukaan *"aiheuttaa haittoja ympäristölle, puuston kehitykselle eikä viivästyttää metsänuudistamista"*. Metsähallituksen metsätalouden ympäristöoppaassa kerrotaan, kuinka tähän tavoitteeseen pyritään. Energiapuuksi tulisi käyttää nuorten metsien hoitotoimenpiteistä saatavaa harvennuspuuta, hakkuutähteitä, kantoja sekä muiden hakkuiden yhteydessä sellaista puuta, joka ei kelpaa ainespuuksi. Aines- ja energiapuun korjuu tulisi suorittaa mahdollisuuksien mukaan samanaikaisesti. Hakkuutähteitä tulee jättää niin nuorten metsien hoitotoimenpiteiden kuin uudistushakkuidenkin yhteydessä. Nuorissa metsissä korjataan etupäässä karsittuja rankoja, jolloin oksat ja neulaset jäävät metsään. Tuoreilla kankailla ja tätä rehevämmillä alueilla koivu- sekä kuusivaltaisten metsien uudistushakkuiden yhteydessä voidaan korjata hakkuutähteitä. Tällaisille kohteille tulee kuitenkin jättää takaisesti jakautuen noin 30 % hakkuutähteistä, jotta alueella on myös jatkoa ajatellen riittävästi ravinteita. Energiapuunkorjuussa tulee myös huomioida maasto siten, ettei turhaan aiheuteta maastoon vaurioita. Kantojen korjuuta voidaan oppaan mukaan harjoittaa kuusi- ja mäntyvaltaisten kuivahkojen sekä tätä ravinteikkaampien kasvupaikkojen uudistushakkuiden yhteydessä. Lehtipuiden kantoja ei saa sisällyttää mukaan. Seikkaperäisessä ohjeistuksessa mainitaan muun muassa eri keinoja huomioida vesistöt, suojata säästöpuuryhmät sekä kannonnostosta vapaat kohteet. Ohjeistuksen mukaan kantoja on myös tarkoituksellisesti jätettävä maastoon. Niin kutsuttuja säästöpuukantoja yli 15 cm leveitä eri puulajien kantoja tulee jättää vähintään 25 kpl/ha. Hienojakoisilla maa-alueilla (kuten hiesu ja savi), turvemailla sekä soistuneilla kivennäismailla määrä on kaksinkertainen, eli 50 kpl/ha.

Myös varsinaisten säästöpuiden osalta on Metsähallituksen metsätalouden ympäristöoppaassa annettu ohjeistuksia (Leskinen ym. 2011). Kun säästöpuun

määrä ylittää 10 m³/ha, voidaan alueelta korjata vastikään kuollutta 20–30 cm:n läpimittaista havupuuta, alle 20 cm:n läpimittaisia keloja sekä keinotekoisia keloja. Niin kutsutuilta tukialueilta säästöpuuta voidaan korjata, kun sen määrä ylittää 20 m³/ha. Tukialueita ovat muun muassa erityisiä ympäristöarvoja sisältävät talousmetsäalueet, suojelualueiden reunavyöhykkeet Etelä-Suomessa, lajiesiintymät sekä metsojen soidinalueet. Ainespuuksi sopimatonta maapuuta ei saa korjata. Biodiversiteettistrategiassa todetaan, että *”lahopuun lisääminen säästöpuiden avulla ja kulutuksen suosiminen ovat lupaavimpia toimenpiteitä, joiden myönteiset vaikutukset luonnon monimuotoisuudelle tutkimus on jo todentanut”* (Ympäristöministeriö 2013). Kuten aiemmin todettua, PEFC-metsäsertifioinnin piiriin kuuluvissa metsissä säästö- ja lahopuiden määrässä pyritään saavuttamaan keskimäärin vähintään 10 kpl/ha (PEFC 2014). Esimerkiksi vuonna 2015 Metsähallituksen uudistushakkuualueilla jätettiin tavoitteen ylittävä määrä (keskimäärin 11 kpl) säästöpuuta hehtaaria kohden (Metsähallitus 2016).

Suomen talousmetsien biodiversiteetistä on vastuussa maa- ja metsätalousministeriö (METI-työryhmä 2015). Suomen metsäkeskus ja Metsähallitus hoitavat aihealuetta ministeriön alaisuudessa. Käytännössä tämä tapahtuu Metsähallituksen metsätalouden tulosohjauksella, informaatio-ohjauksella sekä METSO-ohjelman avulla. Lainsäädännöllisesti suojelua ohjaa metsälaki (1996/1093), jonka 10 §:n mukaan tavoitellaan monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeiden elinympäristöjen säilyttämistä.

Suomen talousmetsissä sallitun lahopuuaineksen määrää säännellään myös lainsäädännöllä. Metsätuhojen torjuntaa koskevassa laissa (1087/2013) annetaan määräyksiä, jotka koskevat metsätuhoille, kuten eräiden hyönteislajien aiheuttamille vahingoille, alttiita puulajeja mäntyä ja kuusta. Kyseisen lain 6 §:n 1 momentissa säädetään, että *”jos taimikkovaiheen ohittaneessa metsikössä on hehtaaria kohden enemmän kuin 10 kiintokuutiometriä vahingoittuneita kuusipuita, joiden työiläpimitta on yli 10 senttimetriä, puiden omistaja on velvollinen poistamaan metsiköstä ja välivarastosta 10 kiintokuutiometriä ylittävän osan vahingoittuneista puista*

viimeistään 3 §:n 2 momentin 1 ja 3 kohdassa säädettyihin määräaikoihin mennessä”. Edellä mainitut määräajat koskevat pelkästään kuusipuutavaraa. Lain 6 §:n 2 momentissa määrätään mäntypuun osalta, että *”jos taimikkovaiheen ohittaneessa metsikössä on hehtaaria kohden enemmän kuin 20 kiintokuutiometriä vahingoittuneita kaarnoittuneita mäntypuita, joiden tyoiläpimitta on yli 10 senttimetriä, puiden omistaja on velvollinen poistamaan metsiköstä ja välivarastosta 20 kiintokuutiometriä ylittävään osan vahingoittuneista puista viimeistään 3 §:n 2 momentin 2 kohdassa säädettyyn määräaikaan mennessä”*. 6 momentissa tarkennetaan, että *”poiketen siitä, mitä 1–3 momentissa säädetään, maanomistaja voi metsälain 10 §:ssä tarkoitetulla erityisen tärkeällä elinympäristöllä ja metsälain soveltamisalaan kuuluvalla Natura 2000 -verkostoon kuuluvalla alueella, jolla lahopuun lisääminen voi olla tarkoituksenmukaista, jättää alueelle vahingoittuneita puita enemmän kuin mainittujen lainkohtien mukaan on sallittu”*. Toisaalta Metsähallituksen metsätalouden ympäristöoppaassa todetaan, että *”kuivat, pystyyn kuolleet havupuut, lahot lehtipuut ja pökelöt sekä maapuut voi huoletta jättää metsään lisäämään lahopuun määrää, sillä metsätuhojen kannalta ne ovat vaarattomia”* (Leskinen ym. 2011).

Metsälain (1093/1996) 1. §:ssä määritellään kyseisen lain tarkoituksena olevan *”edistää metsien taloudellisesti, ekologisesti ja sosiaalisesti kestävää hoitoa ja käyttöä siten, että metsät antavat kestävästi hyvän tuoton samalla, kun niiden biologinen monimuotoisuus säilytetään”*. Metsälain 2. §:n 3. momentissa säädetään, että *”sen estämättä mitä tässä laissa säädetään, vahingoittuneet puut on poistettava siten kuin metsätuhojen torjunnasta annetussa laissa (1087/2013) säädetään”*. Metsälain 3. luvun 10 a §:n 1. momentissa säädetään, että samassa laissa määritellyissä erityisen tärkeissä elinympäristöissä tulee säilyttää niille erityiset lahot ja kuolleet puut.

Kansallisen biodiversiteettistrategian mukaan *”metsien rakennepiirteistä erityisesti lahopuun määrän lisääminen on monimuotoisuuden turvaamisen kannalta tärkeää”* (Ympäristöministeriö 2012). Erityisen tärkeäksi biodiversiteetin kannalta nostetaan talousmetsien käsittely, sillä strategian mukaan noin 90 % Suomen metsistä on talousmetsiä. Käytännön työvälineitä ovat METSO-ohjelmaa

koskevat pinta-alatavoitteet, sillä biodiversiteettistrategian mukaan metsien monimuotoisuuden suojelussa tulisi keskittyä lähinnä Suomen eteläosiin (Ympäristöministeriö 2012 ja 2013). METSO-ohjelman tavoitteiden mukaan vuoteen 2025 mennessä on tarkoitus saada maanomistajien vapaaehtoisesti tarjoamia alueita suojeluun pysyvästi tai määräaikaisesti yhteensä 96 000 ha ja metsähallituksen hallinnoimia valtion maita pysyvästi 13 000 ha (Ympäristöministeriö 2014b). Biodiversiteettistrategian mukaan biodiversiteetti pyritään turvaamaan myös erityisen tärkeiden elinympäristöjen avulla. Tarkemmat määritelmät näistä elinympäristöistä on lueteltu metsälain (1093/1996) 3. luvun 10 §:n 2. momentissa. Biodiversiteettistrategia, METSO-ohjelma tai metsälaki eivät yksikään mainitse mitään tarkkoja tavoitteita lahopuun määrille talousmetsissä.

2.1.2 Kansallinen energia- ja ilmastostrategia

Ilmastonmuutos on yksi nykypäivän puhuttavimmista ympäristöongelmista. IPCC:n (Intergovernmental Panel on Climate Change) mukaan niin kutsuttujen kasvihuonekaasujen, kuten hiilidioksidin ja metaanin, pitoisuudet ilmakehässä ovat kasvussa (IPCC 2013). Sekä ilmakehä että meret ovat 1950-luvulta lähtien lämmenneet, merenpinnan taso on nousussa ja lumen sekä jään määrät ovat laskussa. Vuosien 1983–2012 arvioidaan olleen lämpimin 30-vuotisjakso 1400 vuoteen. Nämä vuosikymmenet ovat lämpimimpiä sitten säännöllisen seurannan aloituksen 1850-luvulla. Tätä tutkielmaa viimeisteltäessä, lokakuussa 2018, julkaistiin IPCC tuorein raportti (IPCC 2018). Sen sanoma on, että mikäli ilmaston lämpeneminen saadaan jäämään 1,5 °C:een, on tilanne merkittävästi parempi kuin että ilmasto lämpenee 2,0 °C:een verran. Molemmissa tapauksissa vaikutukset ympäristölle ovat merkittäviä, mutta voimakkaampi lämpeneminen johtaa esimerkiksi suurempaan merenpinnan tason nousuun, jopa täydelliseen koralliriuttojen tuhoutumiseen ja pohjoisen napajäätikön täydelliseen sulamiseen kerran vuosikymmenessä. Puolen celsiusasteen muutoksella osa koralliriutoista arviolta 10–30 % selviää, merenpinnan tason nousu on 10 cm matalampi ja

pohjoinen napajätikkö sulaa kokonaan keskimäärin kerran sadassa vuodessa. Raportissa todetaan, että jo nyt on nähtävillä merkittäviä muutoksia ympäristössä sen seurauksena, että ilmasto on lämmennyt yhden celsiusasteen. Jotta lämpeneminen saadaan aisoihin, vaaditaan pikaisia, pitkän tähtäimen toimia.

Koska ilmastonmuutos koskee koko maapalloa, on sen torjumiseksi pyritty tekemään kattavia sopimuksia. YK:n ilmastonmuutoksen yleissopimus eli ilmastopöytäkirja UNFCCC (eli UN Framework Convention on Climate Change) laadittiin Rion konferenssissa vuonna 1992 (Stokland ym. 2003, YK 2016). Se ratifioitiin Suomessa vuonna 1994 (YK 2016). Ilmastopöytäkirjan myötä Suomi on velvoitettu vuosittain raportoimaan toimistaan ja tilanteestaan YK:lle. Sopimus ja raportointivelvollisuus täydentyivät vuonna 1997 laaditulla Kioton pöytäkirjalla, joka astui kansainvälisesti voimaan vuonna 2005 (YK 2016, UNFCCC 2018). Kioton sopimuksessa määritettiin jäsenmaita sitovat päästövähennyskohteet (UNFCCC 2018). Koska tiedostettiin että ilmastonmuutoksen pääsyyinä ovat teollistumisesta seuranneet ihmisen aikaansaamat kasvihuonekaasupäästöt, asetettiin Kioton sopimuksessa kehittyneille maille raskaammat päästöraajat. Teollistuminen on jatkunut yli 150 vuotta ja kehittyneillä mailla on pisin historia saastuttajina. Kehittyvät maat saivat siten kompensoitua omaa lyhyempää päästöhistoriaansa sekä aikaa nousta kehittyneempien maiden teknologialle tasolle.

Kioton ilmastopöytäkirja määritteli päästövähennykset osatavoitteisiin (UNFCCC 2018). Ensimmäisessä osatavoitteessa jäsenmaiden tuli vuoteen 2013 mennessä pyrkiä vähentämään päästöjä viisi prosenttia vuoden 1990 tasosta. Toinen, edellistä tiukempi osatavoite sijoittuu vuosille 2013-2020, jolloin tavoitteena on alittaa vuoden 1990 päästömäärät 18 prosentilla. Muun muassa EU on sitoutunut noudattamaan näitä tavoitteita. Tavoitteet koskevat siten Suomeakin. Suomi täytti Kioton sopimuksen ensimmäisen velvoitekauden päästörajoitevelvoitteensa (Metsäntutkimuslaitos 2014a). Vuonna 2013 Suomen kasvihuonekaasupäästöt olivat hieman alle 61 miljoonaa hiilidioksiditonnia. Ilmastopöytäkirjia

täydennettiin viimeksi vuonna 2015 järjestetyssä YK:n ilmastopöytäkirjan 21. osapuolikokouksessa (Ympäristöministeriö 2016a). Tämän niin kutsutun Pariisin ilmastopöytäkirjan tavoitteisiin kuuluu muun muassa ”*saavuttaa maailmanlaajuisen kasvihuonekaasujen päästöjen huippu mahdollisimman pian sekä vähentää päästöjä nopeasti sen jälkeen siten, että ihmisen aiheuttamat kasvihuonekaasujen päästöt ja nielut ovat tasapainossa tämän vuosisadan jälkipuoliskolla*”. Pariisin ilmastopöytäkirja ratifioitiin Suomessa 14.11.2016 (Ympäristöministeriö 2016b).

Kokonaisuutena metsäekosysteemi on merkittävä hiilenkierron kannalta (Siitonen 1998, Litton ym. 2007). Tässä yhteydessä puhutaan niin kutsutuista hiilinieluista, joilla tarkoitetaan prosesseja joissa ilmakehän hiilidioksidia varastoituu kasvimassaan ja maaperään enemmän kuin sitä vapautuu esimerkiksi hakkuiden myötä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013a). Puut varastoivat suuret määrät ilman hiilidioksidista ja käyttävät siitä saamansa hiilen omaksi rakennusmateriaaliksi. Ilmastonmuutoksen kannalta tämä on merkittävä seikka, sillä puun biomassa on sitoutunut kasvihuonekaasuna tunnettu (esim. Ma 1998 ja IPCC 2013) hiilidioksidi on poissa hiilenkierrosta niin kauan kuin puuainesta säilyy muodossa tai toisessa. On esitetty, että ilmastonmuutoksen myötä Suomen puuston kasvu lisääntyy ja puun määrä kasvaa (esim. Päivinen ym. 2011). Metsät toimivat hiilinieluinä ja tämän hiilinielun odotetaan olevan kasvussa. Puuainesta käsitellään poliittisessa päätöksenteossa niin kutsuttuna 0-päästöisenä energianlähteenä (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Syynä tähän on, että puuaineksen ajatellaan varastoivan itseensä se määrä hiiltä minkä vastaava määrä puupolttoainetta käytettäessä tuottaa hiilidioksidipäästöinä. Suomi on valinnut, että se toteuttaa osan Kioton ilmastotavoitteista metsänhoidollisten toimenpiteiden muodossa (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013a).

Metsien roolia ilmastonmuutoksen torjunnassa ja hidastamisessa ei voi kyllin korostaa. Maailman luonnonsäätiö WWF (2012 ja 2015) on jakanut metsien roolin ilmastonmuutoksen torjunnassa neljään eri osaan:

1. Metsät ovat merkittävä hiilen varasto (hiili varastoituu elävään ja kuolleeseen biomassaan)
2. Puustoon sitoutuu hiiltä ilmakehän hiilidioksidista, mikä kasvattaa metsien hiilivarastoja, jolloin metsä toimii hiilinieluna
3. Puuenergia tarjoaa monia vaihtoehtoja fossiilisille polttoaineille, kuten öljylle ja kivihiihelle, biopolttoaineiden raaka-aineena
4. Puujalosteita on mahdollista käyttää korvaamaan monia tuotannoltaan runsaasti energiaa vaativia eli energiaintensiivisiä raaka-aineita ja rakennusmateriaaleja.

Suomen metsien hiilinielun kooksi on vuosina 2001–2010 arvioitu noin 36,4 miljoonaa tonnia (WWF 2012). Hiilinielun kokoon vaikuttaa se, kuinka paljon hiiltä (C) varastoituu elävään ja kuolleeseen biomassaan vuoden aikana. Hiilidioksidi on merkittävimpiä kasvihuonekaasuja (esim. Ma 1998 ja IPCC 2013), mistä kertoo myös se, että esimerkiksi Kioton ilmastotavoitteet ilmoitetaan hiilidioksiditonneina. On myös muita kasvihuonekaasuja, kuten metaani (CH₄) (Hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli (IPCC) 2013). Se on vaikutukseltaan hiilidioksidia voimakkaampi, mutta lyhytikäisempi kasvihuonekaasu. Tässä tutkielmassa tarkastellaan kasvihuonekaasuista hiilidioksidia.

Euroopan unioni on antanut jäsenmaitaan koskevia energia- ja ilmastopoliittisia osatavoitteita (Euroopan unioni 2018). Niiden mukaan vuoteen 2020 mennessä jäsenmaiden pitää vähentää kasvihuonekaasupäästöjään 20 % vuoden 1990 tasosta, nostaa uusiutuvien energialähteiden osuutta 20 %:iin energiankulutuksesta sekä parantaa energiatehokkuutta 20 %. Tavoitteita kiristetään vuoteen 2030 mennessä, jolloin muun muassa kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoite on 40 % ja uusiutuvien energialähteiden osuus olisi 27 %. Suomi noudattaa näitä energiapoliittisia tavoitteita ja pyrkii lisäämään bioenergian käyttöä ilmastomuutoksen

hillitsemiseksi (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013b). Suomessa päädyttiin asettamaan EU-linjausta korkeampia tavoitteita koskien esimerkiksi uusiutuvan energian osuutta loppukulutuksesta. Vuoden 2013 aikana laaditun kansallisen energia- ja ilmastostrategian yhdeksi tavoitteeksi tuli saada nostettua uusiutuvien energialähteiden osuus 38 %:iin, mikä on lähes kaksinkertainen määrä verrattuna yleiseen EU-tavoitetasoon. Tavoite on toteutumassa, sillä se saavutettiin ensimmäisen kerran jo vuonna 2014 (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016a). Vuonna 2015 uusiutuvien energialähteiden osuus kokonaisenergiankulutuksesta oli hieman tätä pienempi, 35 %. Käyttöasteen uskotaan olevan kasvussa samalla kun fossiilisten polttoaineitten osuus laskee. Vuonna 2015 fossiilisten polttoaineitten osuus oli 37 %. Kyseisenä vuonna metsähaketta käytettiin energiantuotannossa 8 milj. m³. Vuonna 2020 tavoitteena on nostaa käytettävän metsähakkeen määrä 13,5 miljoonaan kuutiometriin, mikä tarkoittaa noin 69 prosenttiyksikön lisäystä vuoden 2015 tasosta. Tuoreimmassa, syksyllä 2016 julkaistussa uusiutuvan energian toimialaraportissa, esitellään tilastoja koskien alan kehitystä ja toteutuneita lukuja (Alm 2015). Raportin mukaan vuonna 2015 uusiutuvasta energiasta 73 % tuotettiin puuperäisillä raaka-aineilla. Pienpuun osuus oli 13 %, teollisuuden ja energiantuotannon puunkäytön osuus 29 % ja metsäteollisuuden jätealiemien osuus 31 % uusiutuvista energiamuodoista.

Energia- ja ilmastostrategiaa varten on laadittu arviot suurimmista kestävästä aines- ja energiapuunkorjuun määristä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013a). Laskelmat ulottuvat vuoteen 2038 saakka. Niiden pohjana toimii VMI:n eli valtakunnan metsien inventoinnin perusteella kerätty aineisto. VMI11:n mukaan vuosina 2009–2010 Suomen puuston vuotuinen kasvu oli noin 103,7 milj. m³ ja puuston kokonaismäärä oli noin 2,3 miljardia m³. Vuosille 2019–2028 suurin kestävä ainespuun hakkuupotentiaaliksi arvioidaan 73 miljoonaa m³, minkä lisäksi energiapuuta voidaan korjata enintään 26,4 miljoonaa m³ (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013a). Vuosille 2019–2038, eli edellistä pidemmälle aikavälille, vastaavat luvut ovat 73,5 miljoonaa m³ ja 26,5 miljoonaa m³. Täten

molempien määrien odotetaan kasvavan hieman. Yhteensä aines- ja energiapuuta voidaan energia- ja ilmastostrategian pohjalla olevien laskelmien mukaan korjata vuosina 2019–2028 enintään 99,4 milj. m³ ja vuosina 2019–2038 enintään 100 milj. m³. Nämä tavoitteet edellyttävät hakkuiden määrän korottamista nykyisestä. Vuonna 2015 Suomessa hakatun runkopuun kokonaismäärä oli yhteensä noin 68 miljoonaa m³, josta 9,2 milj. m³ oli energiapuuta (Luonnonvarakeskus 2016b). Vuoden 2015 hakkuutaso on huomattavasti pienempi kuin energia- ja ilmastostrategiassa esitetty laskennallinen kestävä hakkuun maksimi. Tuoreimman tilaston mukaan hakkuumäärät ovat tästäkin kasvaneet ja vuonna 2017 Suomessa hakattiin runkopuuta 72,4 milj. m³, josta energiapuuta oli noin 9,2 milj. m³ (Luonnonvarakeskus 2018b). Laskennallinen kestävä hakkuun maksimi on lähes yhtä suuri kuin Suomen puuston vuotuinen kasvu vuonna 2015, 103,7 milj. m³. Kansallinen energia- ja ilmastostrategian uusittu, vuoteen 2030 ulotettu versio valmistui loppuvuodesta 2016 (Maa- ja metsätalousministeriö 2018). Sen valmistelussa on tarkoitus sovittaa yhteen Suomen hallitusohjelman mukaiset energia- ja ilmastopoliittiset linjaukset, ilmastolain mukaiset pitkän ja keskipitkän aikavälin suunnitelmat sekä EU:n vuoteen 2030 ulottamat energia- ja ilmastotavoitteet. Vuotuiset puunkorjuunmäärät on tarkoitus saada kasvamaan nykyisestä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016b). Ne on tarkoitus korottaa kansallisen metsästrategia 2025:n mukaisille tasoille. Kansallisen energia- ja ilmastostrategian uudistusta on tarkoitus jatkaa tulevaisuudessa siten, että nykyisen strategian jälkeen luodaan vuoteen 2050 tähtäävä uusi strategia (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017). Sen tavoitteeksi on aiemmin asetettu muun muassa kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen 80 % vuoden 1990 tasosta. Nyt vireillä olevassa strategiapäivityksessä esitetään tavoitteiden korottamista 80-95 %:iin. Tavoitteena on tehdä Suomesta hiilineutraali yhteiskunta Energia- ja ilmastostrategiansa avulla Suomi tekee parhaansa saadakseen EU-tasoa korkeammat energiatavoitteensa täytettyä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013a). Tätä tavoitetta tukevat myös EU-tasoa korkeammat päästörajoitteet.

Maa- ja metsätalousministeriön (2018) mukaan puuperäistä energiaa saadaan kahta eri reittiä: puunjalostusteollisuuden sivutuotteina esimerkiksi selluteollisuuden jäteliemistä ja sahateollisuuden jätetuusta sekä metsähakkeena metsätalouden hoitotoimien yhteydessä haketetuista latvuksista, oksista, rangoista ja kannoista. Puusta saadaan tuotettua paitsi lämpöä ja sähköä, myös nestemäisiä biopolttoaineita. Puun merkitys energiamuotona on kasvanut vuoden 2012 jälkeen suuremmaksi kuin öljyn, hiilen tai maakaasun. Metsähakkeen kannattavuutta suhteessa kilpaileviin tuotteisiin, kuten turpeeseen ja fossiilisiin polttoaineisiin, on pyritty vaikuttamaan esimerkiksi tuotantotuilla, verotuksella ja päästökauppajärjestelmällä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c).

Maa- ja metsätalousministeriön tilastojen mukaan vuonna 2015 puulla tuotettiin energiaa yhteensä 93 TWh (Maa- ja metsätalousministeriö 2018). Tästä 35 TWh:n osuus oli lämpö- ja voimalaitosten kiinteitä puupolttoaineita, 39 TWh mustalipeää, 16 TWh puun pienpolttoa sekä 2 TWh muita puupolttoaineita. Metsähaketta poltettiin vuonna 2015 energiaksi 8,0 milj. m³, mikä vastaa energiasisällöltään noin 16 TWh:a. Merkittävin osuus, 7,3 milj. m³, kului lämpö- ja sähkölaitosten tarpeisiin. Niiden tarvitsemasta metsähakkeesta 3,9 milj. m³ tuotettiin pienpuusta (eli karsituista ja karsimattomista rangoista), 2,4 milj. m³ hakkuutähteistä ja 0,8 milj. m³ kannoista. Tuotantotukijärjestelmän tavoitteena on, että vuoteen 2020 mennessä metsähakkeen kilpailukykyisyys ja käyttö vaihtoehtoihin polttoaineisiin verrattuna paranisi niin paljon että sen vuosittainen käyttö kasvaisi 25 TWh:iin.

Kansallisen energia- ja ilmastostrategian käytännön toimeenpanoon liittyy niin kutsuttu tuotantotukijärjestelmä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016b). Sen tarkoituksena on *”lisätä uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantokapasiteettia ja parantaa metsähakkeen kilpailukykyä fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna”*. Tukijärjestelmään hyväksytään huhtikuuhun 2021 saakka muun muassa puupolttoaine- sekä metsähakevoimaloita. Toukokuussa 2016 tuotantotukijärjestelmässä oli mukana yksi puupolttoainevoimala ja 53

metsähakevoimalaa. Tavoitteena on vuoteen 2020 mennessä tuottaa puupolttoainevoimaloilla sähköä 0,05 TWh ja metsähakevoimaloilla 3 TWh. Metsähaketta ohjataan käytettäväksi myös muussa teollisuudessa, lämpölaitoksissa ja maataloudessa. Näiden osalta vuoden 2020 tavoitteena on tuottaa metsähakkeella noin 25 TWh (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c). Kun vertaa tätä energiasisältöä ylempänä esitettyyn maa- ja metsätalousministeriön (2018) laskelmaan, vastaa 25 TWh noin 12,5 milj. m³ metsähaketta.

2.1.3 Kansallinen metsästrategia

Maa- ja metsätalousministeriö julkisti kesäkuussa 2015 uudistetun kansallisen metsästrategian (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Uuden ohjeistuksen nimeksi annettiin kansallinen metsästrategia 2025. Uudistettu strategia korvasi edeltäjänsä kansallisen metsäohjelma 2015:n (Maa- ja metsätalousministeriö 2008). Molempien taustalla ovat vuonna 2003 Euroopan metsäministerikokouksessa sovitut kansallisten metsäohjelmien eurooppalaiset periaatteet (Forest Europe 2003). Taustalla vaikuttaa vuonna 1992 YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssissa (UNCED) Rio de Janeirossa hyväksytyt metsäperiaatteet, jotka koskivat kestävänsä kehityksen mukaista metsien käyttöä, suojelua ja hoitoa (Hemilä 1998, United Nations 2000). Kansallinen metsästrategia 2025 pyrkii muun muassa edistämään metsäalan kilpailukykyä sekä metsien kestävä ja monipuolista käyttöä (Maa- ja metsätalousministeriö 2015 ja 2016). Tässä tutkielmassa käytetty aineisto on kerätty pääosin vuosien 2014–2016 aikana. Metsästrategian päivitystyö jatkuu edelleen, mutta tuoreimpia muutoksia ei tutkielman viimeistelyhetkellä ollut vielä julkaistu.

Kansallinen metsästrategia 2025 pohjaa metsiä koskevat laskelmansa valtakunnan metsien inventointiin, eli VMI:iin (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Tässä tutkielmassa pääasiassa käytetty, järjestyksessään 11., inventointi on toteutettu vuosina 2009–2013 (Luonnonvarakeskus 2015a). Tämä oli metsästrategian laadintahetkellä tuorein VMI. VMI11:n mukaan Suomen metsien vuotuisiksi

kasvuksi arvioitiin 104,5 milj. m³. Tästä suurin osa, noin 99 milj. m³, sijoittui talousmetsiin (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Tämän jälkeen, VMI12:n perusteella, vuotuinen kasvu on lisääntynyt 107 milj. m³/vuosi (Luonnonvarakeskus 2018a). Vuonna 2013 puuston kokonaistilavuuden arvioitiin Suomessa olevan 2 357 milj. m³ (Metsäntutkimuslaitos 2014a). VMI12:n mukaan määrä on vuosina 2014–2017 kasvanut ollen nyt noin 2 500 milj. m³ (Luonnonvarakeskus 2018a). Vuonna 2015 runkopuuta oli noin 2 100 milj. m³ puuntuotannon metsämailla (Luonnonvarakeskus 2016b). Mänty on yleisin puulaji Suomessa ja sen osuus vuoden 2013 kokonaispuumäärän tilavuudesta oli noin 50 % (Metsäntutkimuslaitos 2014a). Kuusen osuus oli 30 % ja koivun 17 %. Muiden puulajien osuus oli huomattavasti vähäisempi, noin 4 %.

Järjestelmällinen ja tavoitteellinen metsänhoito on 1970-luvulta lähtien johtanut metsien kasvun lisääntymiseen (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Puuston määrän ja kasvun lisäyksen taustalla ovat tällä hetkellä muun muassa nuorten metsien osuuden kasvu sekä metsänhoidon kehittyminen. Maa- ja metsätalousministeriö arvioi, että ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan suotuisasti puuston kasvuun ja lisää metsien kasvua. Hakkuumahdollisuuksien odotetaan olevan kasvussa.

Puuston vuotuinen poistuma oli vuonna 2013 79 milj. m³, josta hakkuukertymän osuus oli 65 milj. m³ (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Tästä suurin osa, 56 milj. m³, meni teollisuuspuuksi. Hakkuukertymä kasvaa; esimerkiksi vuonna 2015 metsistä hakatun runkopuun kokonaismäärä oli noin 68 milj. m³ (Luonnonvarakeskus 2016b). Tästä noin 58,5 milj. m³ (eli 86 %) kului teollisuuden ja viennin tarpeisiin. Noin 9,2 milj. m³ käytettiin energiapuuksi pientalojen polttopuuna tai lämpö- ja voimalaitosten metsähakkeena.

Maa- ja metsätalousministeriö (2016) kertoo ottaneensa metsästrategian kehityksessä huomioon muun muassa biodiversiteetti- sekä energia- ja ilmastostrategiat. Metsästrategian yksi päälinjaus on, että *"metsät ovat aktiivisessa,*

taloudellisesti, ekologisesti ja sosiaalisesti kestävässä ja monipuolisessa käytössä” (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Ministeriö myöntää, että aines- ja energiapuun hakkuu ja korjuu aiheuttavat ympäristövaikutuksia ja voivat vaikuttaa lajien uhanalaisuuteen. Ministeriö pyrkii METSO-ohjelman avulla estämään ongelmia ja edesauttamaan lajiston ja luonnon monimuotoisuuden säilymistä. METSO on vapaaehtoisuuteen perustuva suojeleohjelma, jonka puitteissa metsänomistajat voivat suojella omistamansa metsäalueen joko pysyvästi tai määräaikaaisesti tai toteuttaa tiettyjä luonnonhoitotöitä (Maa- ja metsätalousministeriö 2016, METSO 2016). Vapaaehtoisten suojeletoimien lisäksi ongelmia torjutaan myös kouluttamalla metsäalan ammattilaisia ja antamaan asiantuntijaneuvontaa metsänomistajille (Maa- ja metsätalousministeriö 2015).

Kansallinen metsästrategia 2025 linjaa, että metsähakkeen käyttöä kasvatetaan vuoden 2013 8,7 miljoonasta kuutiometrillä 15 miljoonaan kuutiometriin vuoteen 2025 mennessä eli noin 72 % (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Kompensoidakseen tästä aiheutuva lahoavan puuaineksen ja ravinteiden poistumaa, on Maa- ja metsätalousministeriö esittänyt tavoitteiksi vuoteen 2025 mennessä pienentää kunnostusojitusten yhteydessä ympäristölle tapahtuvaa kiintoainekuormitusta sekä tietoisesti lisätä kuolleen puuston keskitilavuutta metsä- ja kitumailla. Näille toimenpiteille on tarvetta, sillä kiintoainekuormitus vaikuttaa vesistöjen kuntoon ja vesieliöstiin (esim. Bilotta ja Brazier 2008 ja Suurkuukka ym. 2014) ja metsissä lahoava puuaines ehkäisee lajistollisen monimuotoisuuden heikkenemistä (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Maa- ja metsätalousministeriö esittää metsästrategia 2025:ssä, että vaikka kasvavat hakkuumäärät heikentävät metsien kykyä toimia hiilinieluinä, tulee puupolttaineita käsitellä niin sanottuinä 0-päästöisinä energianlähteinä. Tämä tarkoittaa, että puuaineksen energiakäytöstä vapautuva hiilidioksidimäärä sitoutuu uudelleen kasvavien puiden biomassaan. Ministeriössä tiedostetaan, ettei tämä näkemys ole ongelmaton ja että esimerkiksi tarkastelujakson pituus vaikuttaa hiilidioksidipäästöjä koskeviin laskelmien antamiin tuloksiin.

Kansallisen metsästrategian toteutuksen ja tavoitteiden saavuttamisen parantamiseksi laadittiin vuoden 2015 aikana alueelliset metsäohjelmat (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Suomen metsäkeskus (2016b) on laatinut nämä vuosille 2016–2020 sijoittuvat ohjelmat yhteistyössä maakunnallisten metsäneuvostojen kanssa. Alueellisia metsäohjelmia on laadittu neljälletoista maakuntajaon mukaiselle alueelle, kuten Keski-Suomelle, Kainuulle, Pohjois-Savolle ja Hämeelle. Esimerkiksi Keski-Suomen metsäohjelma korostaa biotalouden merkitystä alueella ja muistuttaa Suomen tavoitteesta pyrkiä olemaan Euroopan unionin alueen johtava biotalouden maa vuoteen 2030 mennessä (Suomen metsäkeskus 2016a). Lisäksi korostetaan metsien ekologista ja sosiaalista käyttöä. Ohjelmassa esitetään, että metsien uusiutuminen sekä kasvukyky ovat erinomaiset. Tavoitteena on hyödyntää metsävarat täydellisesti, eli korjata aines- ja energiapuuta suurimman kestävän hakkuumäärän verran. Keski-Suomen tapauksessa suurimmaksi kestäväksi hakkuumääräksi esitetään 6,7 milj. m³ vuodessa, eli hakkuita lisättäisiin noin 2 milj. m³/vuosi.

Aiempana esitettyjen lukujen perusteella voidaan laskea, että esimerkiksi VMI11:n perusteella vuotuisen kasvun ja poistuman erotus on 25 milj. m³. Tämä on se määrä, joka maksimissaan voidaan tällä hetkellä entisten lisäksi ohjata johonkin tiettyyn käyttöön, kuten suojeleun tai teollisuuden raaka-aineeksi. Maa- ja metsätalousministeriö (2015) on sisällyttänyt metsästrategia 2025:een tavoitteen lisätä hakkuita. Sen mukaan vuosille 2010–2019 suurin mahdollinen kestävä ainespuun hakkuumahdollisuus on 73 milj. m³ vuodessa. Ministeriön mukaan energiapuun vastaava määrä on 21 miljoonaa m³ vuodessa, josta runkokuun osuudeksi tulisi 7,3 milj. m³. Energiapuun korjuun määrä on sidoksissa ainespuuhun, sillä siitä noin 66 % muodostuu ainespuuhakkuiden sivutuotteena hakkuutähteiden ja kantojen muodossa metsähakkeeksi soveltuvaa puuainesta. Ministeriön mukaan ainespuun hakkuupotentiaali on ollut kasvussa ja esimerkiksi vuonna 2015 sen taso oli 78 milj. m³. Vuonna 2025 energiapuun korjuupotentiaalin

arvioitiin olevan 22 milj. m³, josta energiapuurunkojen osuus 10 milj. m³ ja metsähakkeen 12 milj. m³.

Suomen metsätalousmaan pinta-ala on noin 26,2 miljoonaa hehtaaria (Metsäntutkimuslaitos 2014a). Luonnonvarakeskuksen (Luonnonvarakeskus 2016a) mukaan Suomen metsä- ja kitumaiden pinta-alasta noin 2,7 milj. ha eli noin 12 % on suojeltu. Näistä suuri osa on kitumailla. Noin 7,7 % kaikista maamme metsämaista on suojeltu lakisääteisten suojelualueiden sekä talousmetsien monimuotoisuuden suojelukohteina. Merkittävin suojelun muoto ovat lakisääteiset suojelualueet, joiden yhteispinta-ala on 2,4 milj. ha. Loput 0,3 milj. ha ovat monimuotoisuuden suojelukohteita. Suojeltujen alueiden jakautuminen on epätasaista, sillä niistä 2,2 milj. ha sijaitsee Pohjois-Suomessa (Lappi, Kainuu ja Pohjois-Pohjanmaa) ja vain 0,7 milj. ha Etelä-Suomessa.

Valtion omistamien maa- ja vesialueiden hoidosta ja käytöstä vastaa Suomessa Metsähallitus (Metsähallitus 2018b). Lehtonen ym. (2011) toteavat Metsähallituksen metsätalouden ympäristöoppaassa, että lahoppuuston määrätavoitteet ovat Metsähallituksen hallinnoimissa talousmetsissä vähintään 10 m³/ha, yhteys- ja tukialueilla 20 m³/ha ja ydinalueilla 30 m³/ha. Määrätavoitteet ovat osittain korkeammat kuin Suomen talousmetsissä keskimäärin. Yhteysalueilla tarkoitetaan niin sanottuna ekologisia käytäviä ja askelkiviä, joiden tarkoituksena on helpottaa eliöpopulaatioiden siirtymistä alueelta toiseen. Tukialueet ovat kohteita, joiden luontoarvot ovat erityisiä tai jotka tukevat luonnon monimuotoisuuden ylläpitämistä. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi metsojen soidinalueet, erityisiä ympäristöarvoja sisältävät talousmetsiköt ja tietynlaiset lajiesiintymät. Ytimillä puolestaan Lehtonen kumppaneineen kertoo tarkoitettavan kohteita, jotka on määrätty jäämään normaalien metsätaloustoimien, kuten harvennushakkuiden, ulkopuolelle. Näitä ovat esimerkiksi lakisääteiset suojelualueet. Metsähallituksen hallinnoimien maa- ja vesialueiden yhteenlaskettu pinta-ala on noin 12 miljoonaa hehtaaria. Tähän

kuuluvat edellä mainittujen talousmetsien lisäksi muun muassa kansallis- ja luonnonpuistoja sekä muita valtiollisia luonnonsuojelualueita.

2.2 Menetelmät

Tämän tutkielman aineistona käytettiin kolmea edellä esiteltyä poliittista strategiaa, eli kansallista biodiversiteettistrategiaa, kansallista energia- ja ilmastostrategiaa sekä kansallista metsästrategiaa. Strategioiden valinnan jälkeen etsittiin aihepiiriä syventävää tieteellistä tutkimustietoa sekä muita aihetta tukevia lähteitä, kuten hallituksen esityksiä ja valtiollisten tutkimuslaitosten (muun muassa LUKE ja SYKE) raportteja.

Tutkielmassa keskityttiin niihin strategioiden osiin, jotka voivat potentiaalisesti vaikuttaa lahopuun määrään ja laatuun metsissämme. Tieteellistä tutkimustietoa lahopuun ja lahopuulajiston ekologiasta käytettiin tukena aiheen käsittelylle, mutta se ei ole työn pääpainopisteenä. Sen sijaan tutkielmassa keskityttiin muun muassa lahopuun määrään ja sen kehitykseen, toteutuneeseen ja suunniteltuun hakkuukertymään, metsätaloudellisesti ja biodiversiteetin säilymisen kannalta kestäviin hakkuukertymiin sekä arvioihin hakkuiden ja energiapuunkorjuun kehityksestä. Tarkastelun kohteeksi valittiin vuodet 2015 ja 2025, koska näiltä vuosilta oli saatavilla soveltuvaa aineistoa strategioiden vertailuun. Pidemmän aikavälin arvioissa on lisäksi epävarmuustekijöitä, kuten esimerkiksi ilmastonmuutoksen mahdollinen vaikutus metsien kasvuun ja lahopuuhun. Haasteena oli, ettei kaikkia tarkasteluun valittuja aiheen kannalta relevantteja lukuja löytynyt kaikista kolmesta strategiasta. Esimerkiksi biodiversiteettistrategia ei esitä lukuja esimerkiksi kestävästä hakkuupotentiaalista runko- ja energiapuulle tai ennusteita metsien kasvun ja poistuman kehityksestä. Biodiversiteettistrategiasta puuttuvien lukujen tilalle valittiin LUKE:n (Metsäntutkimuslaitos 2014a, Luonnonvarakeskus 2016b ja 2016e) tarjoamia vastaavia lukuja, sillä ne perustuvat VMI:ien perusteella tehtyihin laskelmiin ja

antavat siten nykyisen tiedon valossa lähimpänä realistista olevan kuvan metsien tilasta.

VMI oli tärkeä lähde tässä tutkielmassa. VMI:n tarjoamasta aineistosta otettiin esimerkiksi lahopuuta koskevia mittaustuloksia. Lahopuun määrää seurataan valtakunnan metsien inventoinnin eli VMI:n yhteydessä tehtävillä mittauksilla (Ihalainen ja Mäkelä 2009, Metsäntutkimuslaitos 2014a, Luonnontila 2017a). Mittauksissa huomioidaan koealoilla oleva pysty- tai maapuuna oleva lahopuu, joka on halkaisijaltaan vähintään 10 cm. Näiden tietojen perusteella on laskettu metsä- ja kitumaiden keskimääräiset lahopuunmäärät hehtaaria kohden. Tämän aineiston perusteella tehtiin tähän tutkielmaan laskelma lahopuun määrän kehityksestä vuoteen 2025.

Tieteellisen tutkimustiedon etsimisessä käytettiin muun muassa Web of Science -sivustoa ja etsittiin työn kannalta relevanttia tutkimustietoa. Aineisto rajattiin koskemaan boreaalisia (erityisesti skandinaavisia) metsiä, jotta se olisi sovellettavissa suomalaisiin metsiin. Esimerkiksi hakusanat "*boreal forest*", "*coarse woody debris*", "*dead wood*" ja "*saproxyllic species*" olivat käytössä tieteellisen tutkimustiedon etsinnässä. Sen sijaan strategioihin liittyvien raporttien ynnä muun soveltuvan tiedon etsinnässä käytettiin hakukonetta Google, jolloin aineistoa etsittiin pääasiassa suomenkielisillä hakusanoilla. Hakusanoina olivat strategioiden nimien lisäksi muun muassa "*lahopuun määrä Suomessa*", "*hakkuukertymä*", "*hakkuupotentiaali*" ja "*energiapuu*". Lisäksi tietoa etsittiin muun muassa ympäristö-, maa- ja metsätalous- sekä työ- ja elinkeinoministeriöiden sivustoilta. VMI:n tarjoamia raportteja Suomen puuvaroista käytettiin muun muassa selvittäessä hakkuupotentiaalia ja lahopuuston määriä talousmetsissä ja luonnonsuojelualueilla. VMI:n aineisto on saatavissa nykyisin Luonnonvarakeskukselta (Luonnonvarakeskus 2018c).

Tässä työssä on käytetty useita ei-tieteellisiä lähteitä. Kuitenkin esimerkiksi lähteinä käytetyt ministeriöiden sekä valtiollisten tutkimuslaitosten raportit

vaikuttavat poliittiseen päätöksentekoon. Tämän vuoksi ne ovat relevantteja tutkimuskysymyksiin vastaamisen kannalta.

Pääosa käytetystä aineistosta kerättiin vuosina 2014–2016. Tämä näkyy muun muassa siinä, että strategioiden vertailukohteiksi valittiin vuodet 2015 ja 2025. Lisäksi tämä ilmenee siinä, että tutkielmassa on käytetty VMI9:n, VMI10:n sekä VMI11:n lukuja, sillä kirjoitushetkellä VMI12:n aineistoa ei ole ollut vielä kokonaisuudessaan saatavilla. Aineistoa täydennettiin jonkin verran vuosina 2017 ja 2018. Aihepiirin haasteena oli, että poliittisia suuntaviivoja kehitetään jatkuvasti ja uusia raportteja valmistuu joka vuosi. Toisaalta Suomen hallitus (kirjoitushetkellä Sipilä I) pysyi pääasiassa samalla hallituspohjalla vuosina 2015–2019, mikä on tutkielman teon näkökulmasta tuonut vakautta poliittiseen ohjaukseen ja siten aineiston päivittymiseen.

Strategioiden vaikutusta lahopuun määrään sekä mahdollisia ristiriitoja selvitettiin vertaamalla strategioita keskenään soveltuvilta osin. Tulosten lisäksi strategioita on vertailtu keskenään pohdinnan kappaleessa ”4.1. Poliittisten strategioiden yhteensovittaminen”. Tarkasteltaviksi kohteiksi valittiin seuraavat strategioissa esitetyt lahopuuston säilymiseen vaikuttavat tekijät: metsien vuotuinen kasvu ja poistuma, runko- ja energiapuun kestävä hakkuupotentiaali sekä strategioiden toteuttamisen vaatimat puuaineksen kokonaismäärät. Edellä olevia lukuja tukemaan etsittiin talousmetsien ja luonnonsuojelualueiden puustoa sekä lahopuun määriä koskevat tiedot sekä ennusteet niiden muutoksista vuodesta 2015 vuoteen 2025. Lisäksi tarkasteltiin biodiversiteettistrategian toteutumista sen suhteen, onnistuuko Suomi osaltaan hillitsemään ilmastonmuutosta mikäli metsä- sekä energia- ja ilmastostrategiat toteutettaisiin sellaisenaan. Ilmastonmuutoksen hillintään liittyvät tutkielmassa tarkastellut arviot metsien kapasiteetista toimia hiilinieluinä, mikä puolestaan liittyy suoraan muun muassa puuston määrään ja ikärakenteeseen.

3. TULOKSET

3.1 Strategioiden yhteensovittamisen haasteet

Kansalliset metsästrategia 2025, energia- ja ilmastostrategia sekä biodiversiteettistrategia on kukin pyritty laatimaan siten, että ne huomioisivat toisensa eikä niiden välillä olisi ristiriitoja. Esimerkiksi metsästrategiassa todetaan, että sen laadinnassa on pyritty huomioimaan nämä kaksi muuta strategiaa (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Ristiriidoilta ei silti voida täysin välttyä, mistä myös ministeriöt ovat tietoisia. Erityisesti ilmastotavoitteiden saavuttaminen on epävarmaa, mikä nousee esille niin metsästrategian (Maa- ja metsätalousministeriö 2015) kuin energia- ja ilmastostrategian yhteydessä (Koljonen ym. 2017). Metsästrategian tavoitteiden toteutumisen arviointia hankaloittaa se, että jotkin tilastotiedot ovat vaikeasti saatavilla (Maa- ja metsätalousministeriö 2016). Biodiversiteettistrategian tavoitteiden toteutumisesta ollaan sen sijaan varmempia (esim. Korhonen ym. 2016, Maa- ja metsätalousministeriö 2015, Koljonen ym. 2017). Tämä tosin edellyttää, että kaikki biodiversiteetin turvaamiseksi suunnitellut toimet toteutuvat.

Omat haasteensa edellä esitettyjen strategioiden vertailuun tuo käsitteiden vaihteleva sisältö ja käyttö. Esimerkiksi energiapuu on haastava käsite, sillä energiapuu voi käytännössä koostua monenlaisesta puuaineksesta. Termin ”energiapuu” käyttö ei ole eri lähteissä johdonmukaista, sillä käytössä on eri tulkintoja sanan merkityksestä. Esimerkiksi joissain yhteyksissä sillä tarkoitetaan metsähaketta (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013a). Metsäntutkimuslaitoksen mukaan ”*metsähake on polttohaketta tai -mursketta, jonka valmistukseen voidaan käyttää kaikkea metsästä saatavaa puuta, kuten runkopuuta, latvuksia, oksia, neulasia, lehtiä, kantoja ja juurakoita*” (Luonnonvarakeskus 2015b). Toisissa lähteissä energiapuu on jaoteltu puun eri osien mukaan, jolloin puhutaan erikseen runkopuusta, kannoista ja oksistosta (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Energiapuun sisältämästä

energiamäärästä on myös hienoisia eroja eri lähteissä. Energia- ja ilmastostrategiassa miljoona kuutiota (1 milj. m³) metsähaketta vastaa energiana noin 1,9 TWh:a (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013a). Maa- ja metsätalousministeriön mukaan energiamäärä on hieman suurempi, 2 TWh miljoonaa kiintokuutiota kohden (Maa- ja metsätalousministeriö 2018). Toisaalta hakkeesta saatava energiamäärä riippuu hakkeen ominaisuuksista, kuten kosteusprosentista, ja voi siten vaihdella (Hakkila 2004, Laasasenaho ym. 2017).

Seuraavissa tämän luvun osioissa on edellä esiteltyjen strategioiden vertailua ja tarkempaa erittelyä niiden vertailun haasteista. Tarkastelun kohteeksi on valittu kolme teemaa: kestävän hakkuupotentiaalin kehitys, energiapuunkorjuu ja sitä koskevat tavoitteet sekä lahopuun määrän muutokset talousmetsissä ja suojelualueilla Etelä- ja Pohjois-Suomessa vuosina 2015–2025. Taulukoissa esitetyt tiedot pohjautuvat oletukseen, että kukin strategioista toteutuu sellaisenaan kuin strategioissa itsessään on esitetty.

3.2 Kestävä hakkuupotentiaali ja energiapuunkorjuu

Metsien kestävään hakkuupotentiaaliin vaikuttavat muun muassa metsien vuotuinen kasvu ja luontainen poistuma, joiden kehitystä seurataan Suomessa valtakunnan metsien inventointien (VMI) yhteydessä (Metsäntutkimuslaitos 2012, Taulukko 1). Puuston määrän kehityksen arvioidaan olevan nousujohteinen (Taulukko 2). Metsästrategia 2025:ssä sekä energia ja ilmastostrategiassa on tehty kestävää hakkuupotentiaalia koskevia laskelmia ja laskelmiin pohjautuvia ennusteita (Taulukko 3). Hakkuupotentiaalilaskelmien perustana ovat VMI:n tieto metsien vuotuisen kasvun ja poistuman määristä sekä niiden arvioitu kehitys (Taulukko 1) sekä laskelmat puuston määristä (Taulukko 2). Suomen metsien kokonaistilavuuden ennustetaan jatkavan kasvuaan (Taulukko 2). Biodiversiteettistrategiassa itsessään ei ole esitetty mitään hakkuumääräsuosituksia tai -lukuja, joten se ei ole mukana hakkuupotentiaalia

koskevassa taulukossa. Biodiversiteettistrategiassa linjataan, että metsien käytössä ja hoidossa on seurattava virallisia suosituksia, kuten Metsähallituksen metsätalouden ympäristöoppaan (Päivinen ym. 2011) sisältöä. Tämä suositus puolestaan on samassa linjassa metsästrategian kanssa. Maa- ja metsätalousministeriön (2015) mukaan energia- ja ilmasto- sekä biodiversiteettistrategioiden toteuttaminen liittyy olennaisesti metsästrategian päämääriin ja niiden toteutumiseen. Tämän vahvistaa muun muassa Työ- ja elinkeinoministeriön (2016b) julkaisema asiakirja energia- ja ilmastostrategian taustaoletuksista. Niissä metsätalouden hakkuukertymien tavoitteiksi määritetään Kansallinen metsästrategia 2025:n tasot. Luonnonvarakeskuksen (2017) mukaan hakkuumahdollisuuksien mukaisesti ei käytännössä aina toimita, vaan paikoitellen hakkuita suoritettiin esimerkiksi vuonna 2016 hakkuumahdollisuusarvioita enemmän.

Metsästrategia poikkeaa lähtökohdiltaan energia- ja ilmastostrategiasta, koska sen pohjana on oletamus siitä, että metsien kasvu lisääntyy noin 10 prosenttiyksikköä vuodesta 2015 vuoteen 2025 mennessä (Maa- ja metsätalousministeriö 2015, Lehtonen ym. 2016, Taulukko 1). Energia- ja ilmastostrategian valmistelussa käytetyissä skenaariolaskelmissa ei ole huomioitu ilmastonmuutoksen vaikutuksia puuston kasvuun tai maaperän orgaanisen aineksen hajoamisnopeuteen (Lehtonen ym. 2016). Sen sijaan niiden oletettiin jatkuvan pidemmällä ajanjaksolla (1984–2013) toteutuneen ilmastokehityksen mukaisesti. Energia- ja ilmastostrategian laadinnassa käytetyt puuston kasvun ennusteet voivat olla alakanttiin, koska VMI11:n yhteydessä mitattu kasvu oli noin 2–10 % korkeampi kuin edellä mainitun aikavälin perusteella laaditut indeksikorjatut kasvuennusteet. Strategiassa ei esitetä tarkkoja numeerisia arvioita puuston kasvun kehityksestä. Uusinta energia- ja ilmastostrategian päivitystä varten puuston kehitysenennusteet laskettiin MELA2012-ohjelmistolla ja sen aineistona käytettiin muun muassa VMI11:n aineistoa. Energia- ja ilmastostrategiassa

esitetyissä laskelmissa ilmastonmuutoksen vaikutusta ei ole erikseen huomioitu, sillä ilmastonmuutoksen todellisia vaikutuksia pidetään vaikeasti ennustettavina.

Metsästrategiassa luonnonpoistuman odotetaan olevan noin 5 milj. m³ ja hukkapuupoistuman 58 milj. m³ (Maa- ja metsätalousministeriö 2015, Metsäkeskus 2015). Näiden oletetaan pysyvään vakiona. Sen sijaan energia- ja ilmastostrategiassa näiden yhteismäärän odotetaan vähenevän.

Taulukko 1. Metsien vuotuisen kasvun ja poistuman kehitys Metsästrategia 2025:n, energia- ja ilmastostrategian sekä biodiversiteettistrategian mukaan vuosina 2015 ja 2025. Yksikkönä miljoona kuutiometriä (milj. m³). Taulukossa esitetyt luvut koskevat koko maata. Lähteet: Ympäristöministeriö 2013, Maa- ja metsätalousministeriö 2015, Työ- ja elinkeinoministeriö 2013b ja 2016b, Lehtonen ym. 2016.

Strategia	Metsästrategia		Energia- ja ilmastostrategia		Biodiversiteetti-strategia	
	2015	2025	2015	2025	2015	2025
Vuotuinen kasvu	104,5	115	104,5	-	103	-
Vuotuinen poistuma	79,5	90-93	81,9	88	-	-
- hakkuut	65	80	68	79,8	-	-
- metsähukkapuu ja luonnonpoistuma	14,5	10-13	13,9	8,2	-	-
Puuston kokonaismäärä	2356	2593	2356	-	2356	-

Taulukossa 2 esitetyt puuston määrät talousmetsissä ja suojelualueilla perustuvat energia- ja ilmastostrategian tausta-aineistona käytettyyn skenaariolaskelmassa (Lehtonen ym. 2016) esitettyihin lukuihin. Puuntuotannon metsämaalla puuston kokonaistilavuus oli VMI11:n aikaan 2122 milj. m³ (Luonnonvarakeskus 2018d). Tuoreimman, VMI12:sta mukaan kokonaistilavuus on kasvanut ollen nyt 2226

milj. m³. Puuston määrän ennakoidaan kasvavan, mikä on linjassa VMI9–11:n perusteella laskettujen puustomäärien kasvutrendin kanssa (Liitteet 1–6). Tarkemmat tiedot metsien ikäluokista ja puulajien osuuksista löytyvät liitteistä 1–6.

Taulukko 2. Puuston määrä talousmetsissä ja luonnonsuojelualueilla vuosina 2015 ja 2025. Yksikkönä miljoona kuutiometriä (milj. m³). Taulukossa esitetyt luvut koskevat koko maata. Lähde: Lehtonen ym. 2016.

Vuosi	2015	2025
Puuston määrä suojelualueilla	251,1	294,4
Puuston määrä talousmetsissä	2187,8	2318,5
Yhteensä	2438,9	2612,9

Taulukossa 3 ja 4 mukana ei ole biodiversiteettistrategian tietoja, koska taulukoissa esitetyjä lukuja ei ole biodiversiteettistrategiassa esitetty. Sen sijaan vertailuarvoiksi on otettu mukaan Luonnonvarakeskuksen esittämiä lukuja. Luonnonvarakeskuksen hakkuumahdollisuuksien arvioinnin pohjana on käytetty VMI:n pohjalta kerättyä aineistoa (Salminen ym. 2013). Luonnonvarakeskuksen laskelmat ovat sopivia vertailukohtia, koska sekä metsästrategian että energia- ja ilmastostrategian laadinnan pohja-aineistona ovat VMI:n perusteella kerätyt tiedot. Luonnonvarakeskusta koskevat luvut perustuvat MELA-ohjelmistolla saatuihin arvoihin (Luonnonvarakeskus 2015b).

Puuston kasvua koskevat ennusteet vaikuttavat myös metsästrategiassa esitettyihin arvioihin metsien kestävästä hakkuupotentiaalista (Taulukko 3). Hakkuupotentiaalini oletetaan kasvavan puuston lisääntyneen kasvun myötä. Luonnonvarakeskuksen hakkuupotentiaaliarviot eroavat hieman metsä- sekä

energia- ja ilmastostrategioista, koska strategioiden tausta-aineiston tiedot ovat vanhempaa perua kuin Luonnonvarakeskuksen reaaliaikaisemmat tiedot.

Sekä metsästrategia 2025 että energia- ja ilmastostrategia nostavat energiapuun käytön merkittäväksi osaksi kestävästä biotaloudesta (Ympäristöministeriö 2013, Maa- ja metsätalousministeriö 2015, Lehtonen 2016). Energiapuunkorjuun kehitys on vahvasti kytkeytynyt ainespuuhakkuiden määriin, sillä noin 66 % siitä koostuu ainespuuhakkuiden hakkuutähteiden ja kantojen muodostamasta metsähakkeesta (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Kuten mainittua, Suomessa ei varta vasten kasvateta metsiä energiakäyttöön, joten metsähakkeen potentiaalit riippuvat päätehakkuiden ja metsänhoitotöiden määrästä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017). Tämän vuoksi hakkuiden määrää on lisättävä, mikäli halutaan kasvattaa energiapuun määrää. Toisaalta esimerkiksi vuonna 2015 metsäteollisuuden sivutuotteita hyödynnettiin energiantuotannossa 10,1 miljoonaa kiintokuutiometriä (Luonnonvarakeskus 2016b). Tämä vastasi noin 41,6 %:n osuutta metsäteollisuuden sivutuotteista.

Energiapuunkorjuussa pyritään toteuttamaan suosituksia siitä, paljonko tiettyntyyppistä puuainesta pitää jättää hakkuun yhteydessä hakkuualueelle (Koljonen ym. 2017). Esimerkiksi metsähakkeeksi menevien latvuksien ja kantojen hankintapotentiaali on laskettu siten, että vähennetään hakkuupoistumasta palstalle suositusten mukaan jäävä osuus. Lopulliset metsähakkeen korjuupotentiaalit riippuvat päätehakkuiden ja metsänhoidollisten toimien määrästä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017). Tämä on ymmärrettävää, sillä esimerkiksi latvusmassan ja kantojen saatavuus riippuu päätehakkuiden määrästä. Energia- ja ilmastostrategian päivityksessä käytettyjen tietojen mukaan latvusmassan korjuupotentiaalin arvioidaan olevan vuositasolla noin 11,6 milj. m³ ja kantojen 12,0 milj. m³. Tämä edellyttää, että ainespuun hakkuumäärät olisivat puuntuotannollisesti suurimmalla kestävällä tasolla. Puuntuotannollisesti kestävä hakkuukertymä eroaa huomattavasti ympäristön kannalta kestävästä hakkuukertymästä. Energia- ja ilmastostrategiassa vuonna 2025 kestävä

hakkuupotentiaali olisi noin 78 milj. m³/v., kun taas puuntuotannollisesti kestäväksi runkopuun hakkuukertymäksi esitetään 89 milj. m³ vuoteen 2030 mennessä.

Luonnonvarakeskuksen MELA-ohjelmistolla saatavien VMI11:n aineistoon perustuvien hakkuumahdollisuusarvioit vuosille 2015 ja 2025 on esitetty taulukossa 3. Energiapuunkorjuun suurin kestävä hakkuumahdollisuus käsittää oksia ja lehtiä noin 7,9 milj. m³, kantoja ja juuria noin 6,5 milj. m³ sekä runkopuuta 6,2 milj. m³. Vuonna 2025 kokonaismäärä nousisi hieman. Oksien ja lehtien osuus olisi tuolloin noin 7,3 milj. m³, juurien ja kantojen noin 5,3 milj. m³ sekä runkopuun noin 8,3 milj. m³. Hakkuutähteiden, kuten oksien ja juurien, suurin kestävä hakkuumahdollisuus olisi siten vähenemässä, kun taas runkopuun hakkuumahdollisuudet paranevat.

Taulukko 3. Kestävä hakkuupotentiaali Metsästrategia 2025:n, Energia- ja ilmastostrategian sekä Luonnonvarakeskuksen mukaan vuosina 2015 ja 2025. Yksikkönä miljoona kuutiometriä (milj. m³). Taulukossa esitetyt luvut koskevat koko maata. Lähteet: Salminen ym. 2013, Metsäntutkimuslaitos 2014a, Maa- ja metsätalousministeriö 2015 ja Työ- ja elinkeinoministeriö 2013b ja 2016b.

	Metsästrategia		Energia- ja ilmastostrategia		Luonnonvarakeskus	
	2015	2025	2015	2025	2015	2025
Runko- eli ainespuu yhteensä	73	78	73	78	75,2	77,7
- Tukkipuu	-	-	-	-	33,9	34,5
- Kuitupuu	-	-	-	-	41,2	43,2
Energiapuu yhteensä	21	22	21	21,4	20,5	20,9
- runkopuu	7,3	10	7,3	8,9	6,2	8,3
- metsähake	13,7	12	13,7	12,5	14,3	12,6
Yhteensä	90	100	90	99,4	81,4	86

Luonnonvarakeskuksen mukaan vuonna 2015 Suomen metsistä hakattiin 68 milj. m³ runkopuuta (Luonnonvarakeskus 2016b, Taulukko 1). Tästä 9,2 milj. m³ oli energiapuuta, eli pientalojen polttopuuta sekä lämpö- ja energiavoimaloissa käytettävää metsähaketta. Metsästrategia 2025:n edeltäjän metsästrategia 2015:n kaikkia tavoitteita ei saavutettu (esim. Luonnonvarakeskus 2016c). Esimerkiksi metsähakkeen osalta käyttötavoite oli vuonna 2015 10–12 milj. m³. Tätä ei saavutettu (Taulukko 4).

Suomen metsäteollisuus käyttää kotimaisen puuaineksen lisäksi tuontipuuta (Luonnonvarakeskus 2016d). Vuonna 2015 kotimaisen puun osuus metsäteollisuuden tarpeista oli noin 56,2 milj. m³ ja tuontipuun 8,5 milj. m³.

Tuontipuun osuuden ei odoteta olevan kasvussa (Maa- ja metsätalousministeriö 2015).

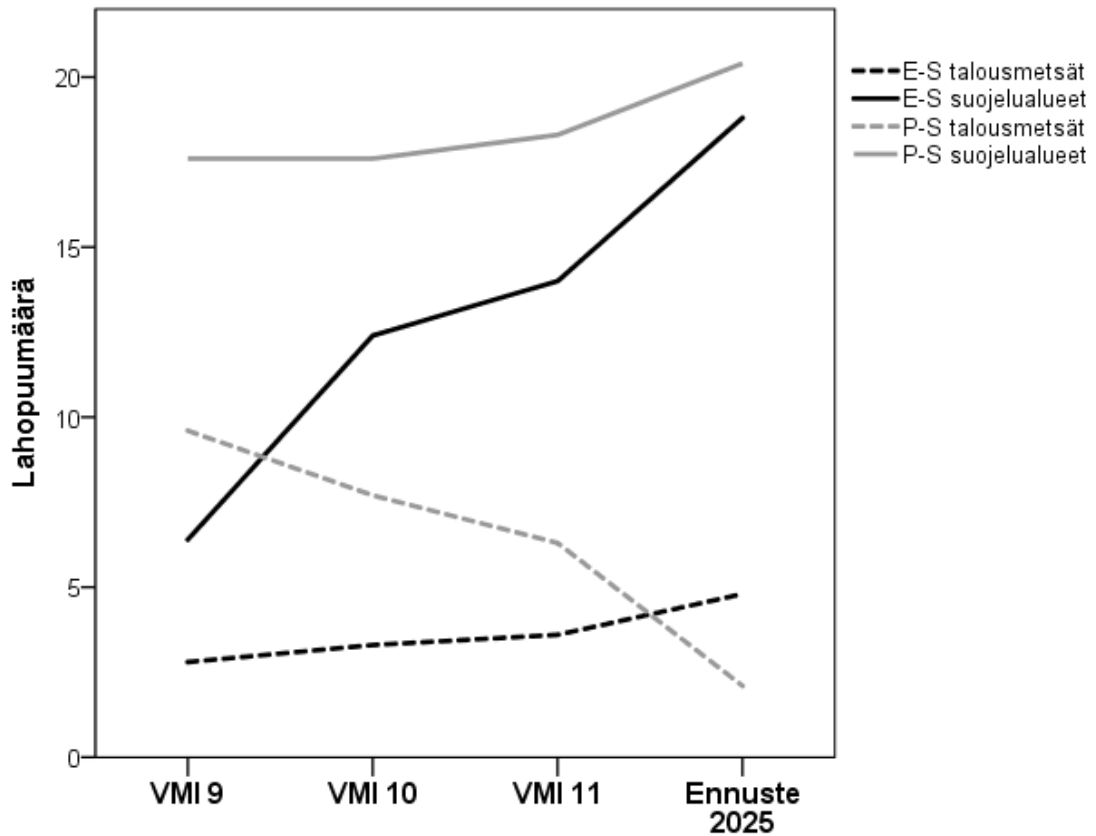
Taulukko 4. Strategioiden toteuttamiseen vaadittavan puuaineksen kokonaismäärä vuosina 2015 ja 2025. Yksikkönä miljoona kuutiometriä (milj. m³). Taulukossa esitetyt luvut koskevat koko maata. Osa arvoista ei ole lähteissä annettu. Lähteet: Maa- ja metsätalousministeriö 2015, Luonnonvarakeskus 2016b ja 2016e ja Työ- ja elinkeinoministeriö 2017.

	Metsästrategia		Energia- ja ilmastostrategia		Luonnonvarakeskus
	2015	2025	2015	2025	2015
Runkopuu	65	80	68	79,8	64,7
Energiapuun (kokonaismäärä)	-	-	9,2	-	9,6
Metsähake (kokonaismäärä)	8	15	8	13,5	8
- josta kannot	0,8	1	-	8,2	0,8
Runko- ja energiapuun yhteensä	-	-	77,2	-	74,3

3.3 Lahopuun määrän kehitys Etelä- ja Pohjois-Suomen talousmetsissä ja luonnonsuojelualueilla

Oheisessa kuvassa on esitetty lahopuun määrä talousmetsissä ja suojelualueilla siltä ajalta, kun mittauksia on tutkielman tekohetkeen mennessä tehty (Kuva 1). Koska tarjolla ei ole valmiita ennusteita lahopuun määrän kehityksestä, on taulukossa esitetty vuotta 2025 koskeva lahopuun määrien ennuste laskettu käyttäen hyväksi VMI10:n ja VMI11:n tietoja. Ennuste pohjautuu oletukseen, että

näiden kahden inventointikerran välinen muutos pysyy lineaarisena. Ennuste on siten arvio siitä, miten lahoppuun määrä kehittyisi, jos metsänhoidollisissa toimenpiteissä ei tapahtuisi muutoksia.



Kuva 1. Lahoppuun määrä Etelä- ja Pohjois-Suomen talousmetsissä ja suojelualueilla. Valtakunnan metsien inventoinnit (VMI) VMI9, VMI10 ja VMI11 sekä VMI10:n ja VMI11:n pohjalta laskettu ennuste lahoppuunmäärien kehitykselle vuodelle 2025. Lahoppuunmäärät ovat metsä- ja kitumaa-alueilla tehtyjen mittauksien keskiarvoja. Yksikkönä miljoona kuutiometriä (milj. m³). Lähteet: Ihalainen ja Mäkelä 2009, Metsäntutkimuslaitos 2014a, Luonnontila 2017a.

Täysin luonnontilaisien metsien luontaisten lahoppuunmäärien arvioiminen on haastavaa, sillä Suomen metsien käyttöhistoria on pitkä. Lisäksi eri-ikäisten luonnontilaisien metsien lahoppuunmääristä on pitkään ollut heikosti tietoa

(Siitonen ym. 2000). Suomessa toimiva ELITE-työryhmä on vastikään laatinut eri metsätyypeille arviot luonnontilaisten metsien lahopuumääristä (Matveinen ym. 2015, Taulukko 5). Luonnontilaisten metsien lahopuumäärät Suomessa eri metsätyypeillä perustuvat useisiin aiempiin tutkimuksiin sekä asiantuntijalausuntoihin. ELITE-työryhmän asetti tehtävänsä ympäristöministeriö vuoden 2014 alussa (Kotiaho ym. 2015). Työryhmän tehtävänä on kehittää kustannustehokkaiden ennallistamistoimien kohdentamisen kriteereitä. Tämä liittyy suoraan Suomen luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestävän käytön strategian ja toimintaohjelman 2013–2020 ennallistamistavoiteisiin.

ELITE-työryhmän on esittänyt arvion siitä, montako kuutiota hehtaarilla lahopuuta esiintyy kolmessa eri luonnontilaisessa metsätyypissä (Taulukko 5). Vuonna 2015 tilanne oli huomattavasti luonnontilaista heikompi. Työryhmä arvioi, että lehtomaisilla tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla sekä kuivilla ja karukkokankailla tilanne olisi heikentynyt kokonaisuudessaan luonnontilaiseen nähden vähintään 77 % (Matveinen ym 2015). Lehtojen tilanne on sekin heikko, sillä metsäelinympäristön tekijöiden arvioidaan heikentyneen yli 56 %.

Taulukko 5. Luonnontilaisten metsien keskimääräiset lahopuumäärät. Taulukossa esitetyt luvut koskevat koko maata. Yksikkönä kuutiometriä hehtaaria kohden (m^3/ha). Lähde: Matveinen ym. 2015.

Elinympäristö	Luonnontilainen metsä	Vuonna 2015
Lehdot	100	7
Lehtomaiset, tuoreet ja kuivahkot kankaat	80	5,8
Kuivat ja karukkokankaat	40	5,8

3.4 Todennäköisiä vaikutuksia metsäekosysteemin rakenteeseen ja tilaan

3.4.1 Lahopuun määrä talousmetsissä ja luonnonsuojelualueilla

Lahopuun määrään ja laatuun vaikuttavat useat tekijät, kuten metsänhoidolliset menetelmät sekä alueen suojeleaste. Suurin osa kuolleesta puusta on maassa olevaa, eriasteisesti lahonnutta puuta (Ihalainen ja Mäkelä 2009). Luontaisesti syntyneen lahopuun määrä on vahvasti riippuvainen puuston iästä (Siitonen ym. 2000). Lahopuun määrä kasvaa puuston ikääntyessä. Talousmetsät eivät yleensä ehdi kasvaa niin iäkkäiksi, että niissä ehtisi muodostua merkittäviä määriä lahopuuta (Jonsson ja Siitonen 2012a). Talousmetsissä lahopuun määrä on tyypillisesti suurimmillaan heti uudistus- eli päätehakkuiden jälkeen (Jonsson ja Siitonen 2012b). Tämä johtuu siitä, että päätehakkuiden jäljiltä metsiin jää runsaasti hakkuutähteitä ja muuta jäännöspuuainesta. Kannot ja juuret muodostavat tästä merkittävän osan, sillä niiden on arvioitu olevan biomassaltaan yhtä suuria latvuston oksien ja neulasten kanssa (Repola 2009). Esimerkiksi Keski-Suomessa tuoreen kankaan perinteisillä päätehakuualoilla lahopuun määrä on keskimäärin 80–90 m^3/ha (Eräjää ym. 2010). Tästä reilut 40 m^3/ha on

maanpäällistä lahoppuainesta. Energiapuunkorjuun jälkeen hakkuualalle jää enää vain noin 20–30 % lahoppuusta.

Metsänhoitosuosituksot ohjaavat käytännön toimenpiteitä, joilla talousmetsiä Suomessa hoidetaan (Äijälä ym. 2014). Metsänomistajan intressien mukaista ei ole, että puutavaraa menetetään esimerkiksi metsätuholaisten tai lahottajaeliöiden toimesta. Metsänhoitosuosituksissa kannustetaan harkitsemaan Metso-ohjelmaan osallistumista tai pidennetyä kiertoajan käyttöä. Esimerkiksi tuoreen kangasmaan kuusikko keskisessä Suomessa voidaan hoitaa 55 tai 70 vuoden kiertoajalla. Lahoppuun määrä kasvaa tänä aikana hieman: 55 vuoden kiertoajalla korjuuvaiheessa lahoppuuta on keskimäärin 12 m³/ha ja 70 vuoden kiertoajalla vastaavana ajankohtana 14 m³/ha. Lahoppuun määrä kasvaa siis metsikön ikävuosina 55–70 noin 0,13 m³/ha/v. 55 vuoden ja 70 vuoden kiertoajat eroavat siinä, että molemmissa tehdään niin kutsuttu alaharvennus, mutta pidempään kiertoon kuuluu lisäksi yläharvennus. Vastaavasti Väli-Suomen alueella kuivahkolla kankaalla kasvavilla männyillä kiertoajat voivat olla 70 tai 90 vuotta. 70 vuoden kiertoajalla lahoppuuta on korjuuvaiheessa 16 m³/ha ja 90 vuoden kiertoajalla 19 m³/ha. Lahoppuun määrä kasvaa ikävuosina 70–90 noin 0,15 m³/ha/v. Lyhyempään kiertoaikaan kuuluu yksi ja pidempään kaksi alaharvennusta. Harvennukset vähentävät lahoppuun muodostumista, sillä niiden yhteydessä poistetaan muun muassa huonokuntoisia ja sairaita puita (Metsäntutkimuslaitos 2014b).

Metsänhoitosuosituksissa Metso-ohjelmaa suositellaan talousmetsien omistajille (Äijälä ym. 2014). Suojeltuja alueita perustetaan tämän vuoksi entisiin talousmetsiin. Tämä puolestaan johtaa siihen, ettei Metso-kohteilla tyypillisesti ole suojelun alkuvaiheessa runsaasti lahoppuuta. Siitonen ym. (2000) vertailivat lahoppuun määriä kolmea eri ikäpolvea edustavilla mäntypuuvaltaisilla koealoilla Etelä-Suomessa: korjuukypsä hoidettu (95–118 vuotta; ryhmä 1), yli-ikäinen hoidettu (124–145 vuotta; ryhmä 2) sekä ikääntynyt (129–198 vuotta; ryhmä 3). Ryhmässä 1 kuusten keski-ikä oli 104 vuotta ja mäntyjen 116 vuotta. Ryhmässä 2

kuusten keski-ikä oli 133 vuotta ja mäntyjen 140 vuotta. Ryhmässä 3 kuusten keski-ikä oli 164 vuotta ja mäntyjen 226 vuotta. Lämpimitaltaan vähintään 5 cm olevan lahopuun määrä nuorimmassa ikäryhmässä oli keskimäärin 14 m³/ha (vaihtelu 2–28 m³/ha), keskimmaisessä 22 m³/ha (vaihtelu 7–38 m³/ha) ja vanhimmassa 111 m³/ha (vaihtelu 70–184 m³/ha). Tilavuuden kannalta merkittävimmät lahopuun muodot olivat pysty- ja maapuina olevat puunrungot. Vanhoissa metsissä myös katkenneita oksia esiintyi verraten runsaasti. Lahopuun määrä kasvoi siis ryhmien 1 ja 2 välillä noin 0,28 m³/ha/v kuusen ja noin 0,33 m³/ha/v männyn osalta. Lahopuun määrä kasvoi ryhmien 2 ja 3 välillä noin 2,87 m³/ha/v kuusen ja noin 1,03 m³/ha/v männyn osalta. Noin 70 % lahopuun määrästä selittyi metsikön iällä ja olemassa olevilla kannoilla. Erot kuolleisuudessa ovat yhteydessä siihen, että kuusen elinikä on lyhyempi kuin männyn (Salmi 1983, Sipilä 2006). Silti vielä on matkaa luonnontilaisen metsän lahopuunmäärien huippulukemiin, sillä lahopuun määrä voi olla boreaalisissa luonnontilaisissa metsissä Suomen alueella huomattavasti tätä suurempia (Aakala 2010, Jonsson ja Siitonen 2012a).

Edellä esitellyistä luvuista voidaan johtaa varovaisia arvioita lahopuun määrän kehityksestä eteläisen Suomen osalta. Nuoremmissa metsissä lahopuun muodostuminen on hitaampaa (Siitonen ym. 2000). Metsästrategian toteuttamisen edellyttämät toimenpiteet johtavat Suomen metsien keski-ian laskuun. Tämä johtaa väistämättä pitkällä tähtäimellä lahopuun määrän laskuun talousmetsissä. Rooli lahopuun tarjoajana painottuu siten entistä vahvemmin luonnonsuojelualueiden harteille (Kuva 1). Voidaan olettaa, että Metso-ohjelman piirissä olevat suojelualueet ovat (entisinä) talousmetsinä tyypillisesti lahopuuston määrältään lähtötilanteessa verrannollisia normaaleihin talousmetsiin. Metsänhoitosuosituksen (Äijälä ym. 2014) perusteella ei voida tehdä tarkkoja arvioita lahopuun määrän kehityksestä, sillä lukuja väärin esitettyjen lyhyiden ja pitkien kiertoaikojen välillä tehdyt kuollutta tai kuolevaa puuainesta poistavat hoitotoimenpiteet. Sama ongelma koskee Siitosen ym. (2000) tutkimuksen

perusteella saatuja lahoppuun määrän kasvun arvoja. Voidaan kuitenkin olettaa, ettei lahoppuun muodostumisnopeus kymmenen vuoden tarkastelujaksolla voi Metso-kohteilla kuusen osalta olla suurempi kuin 28,7 m³/ha ja männyn osalta 10,3 m³/ha. Esimerkiksi vuonna 2012 uusien Metso-kohteiden pinta-ala oli yhteensä noin 7500 ha (Koskela ym. 2016). Tuolloin selvitettiin uusien kohteiden laatua tutkimuksella, jossa oli mukana 40 uutta kohdetta (Siitonen ym. 2012). Niiden yhteenlaskettu pinta-ala oli 126 ha. Niillä oli lahoppuun keskimäärin 16,7 m³/ha.

Tuoreimman, VMI12:n aineiston perusteella lahoppuun määrä jatkaa vähenemistään Pohjois-Suomessa ja vastaavasti kasvaa Etelä-Suomessa (Luonnonvarakeskus 2018c). Huomioitava on, että vuonna 2016 Etelä-Suomessa lahoppuuta oli alle 4,5 m³/ha ja Pohjois-Suomessa hieman yli 7 m³/ha. Etelä-Suomen lahoppumäärät ovat siten keskimäärin kaukana aiemmin mainitusta saproksyytilajiston kannalta suotuisasta 10 m³/ha minimistä ja Pohjois-Suomen lahoppumäärä puolestaan kaikkooa koko ajan kauemmas tästä ideaalista. Toinen VMI12:n myötä päivittynyt biodiversiteetin säilymisen kannalta kiinnostava tilasto koskee esimerkiksi metsästrategiassa korostettujen säästöpuiden laadullista kehitystä (Taulukko 6). Laadultaan erinomaisen ja hyvän säästöpuun osuus on ollut laskussa vuoden 2004 huippulukemista. Vuonna 2004 niiden yhteenlaskettu osuus oli yli 90 % ja vuonna 2017 alle 70 %. Mikä on syynä tähän muutokseen, se ei Luonnonvarakeskuksen tarjoamista tiedoista selviä.

Taulukko 6. Säästöpuuston laatu yksityismetsien avohakkuissa. Yksikkönä prosenttia (%) avohakkuualoista ja muuttujina vuosi sekä laatu Lähde: Luonnonvarakeskus 2019.

Vuosi	Erinomainen	Hyvä	Välttävä	Heikko	Yhteensä
2000	23	52	18	7	100
2001	36	46	15	3	100
2002	33	53	10	4	100
2003	35	53	11	1	100
2004	36	56	7	1	100
2005	34	56	9	1	100
2006	39	51	9	1	100
2007	31	54	12	3	100
2008	31	55	13	1	100
2009	33	50	14	3	100
2010	31	56	12	1	100
2011	27	51	18	5	100
2012	26	59	11	3	100
2013	25	56	16	3	100
2014	20	60	15	6	100
2015	24	59	15	2	100
2016	27	55	15	3	100
2017	21	55	20	3	100

3.4.2 Puuston ikärakenteen ja hiilivaraston muutos

Mikäli hakkuita lisätään, on tärkeää huomioida sen vaikutus metsien ikärakenteeseen. Ikärakenne vaikuttaa muun muassa puuaineksen määrään sekä metsiin hiilivarastoina. Hakkuiden lisääminen väistämättä laskee metsien keski-ikä, sillä se vähentää korjuukypsien metsien määrää. VMI11:n mukaan Suomen metsistä 55 % on 1–60-vuotiaita (Liite 1 ja 2, Korhonen ym. 2017). 1–40-vuotiaiden metsien osuus metsien kokonaismäärästä oli noin 35 %. Metsien keski-ikä on laskenut seurantahistorian alusta 1920-luvulta nykypäivään (Luonnonvarakeskus 2018c, Luonnontila 2017b).

Metsien hiilivaraston muutos kääntyy negatiiviseksi uudistamisvaiheessa (Stenlid ym. 2008). Tämä tarkoittaa, että tällöin ne vapauttavat hiilidioksidia enemmän kuin varastoivat. Tämä nopean kasvun vaihe päättyy, kun puusto on metsätaloudellisesti katsoen korjuukypsää (Jonsson ja Siitonen 2012b). Tämän jälkeen ikääntyvän puuston kasvu hidastuu ja lopulta lakkaa puun kuollessa. Hidastuneen kasvun aika saattaa kuitenkin puulajista riippuen jatkua kauan optimaalisen korjuuian jälkeen. Esimerkiksi euroopankuusi (*Picea abies spp. abies*) voi elää 400-vuotiaaksi (Salmi 1983). Mänty (*Pinus sylvestris*) puolestaan voi elää eteläisessä Suomessa 250- ja Pohjois-Suomessa 500–600-vuotiaaksi (Sipilä 2006). Pitkään ajateltiin, että metsät eivät riittävästi ikäännyttyään enää toimi hiilinieluinä, eli sidos itsensä enemmän hiiltä kuin sitä vapautuu (esim. Stenlid ym. 2008). Nykyisin tiedetään, että metsät toimivat hiilinieluinä myös ikäännyttyään (Luyssaert ym. 2008). Hiiltä varastoituu vanhoissa metsissä elävään puuainekseen sekä lahoavaan puuainekseen ja maaperään. Vanha metsä ei siten ole hiilen sitomisen tai ilmastonmuutoksen kannalta merkityksetön tekijä.

Kuusitukkipuu kaadetaan Etelä-Suomessa kasvupaikasta riippuen tyypillisesti 60–70-vuotiaina ja mäntytykit 70–90-vuotiaina (Äijälä ym. 2014). Pohjois-Suomessa kuuset ovat korjuuikässä 100–110-vuotiaina ja männyt 90–100-vuotiaina. Esimerkiksi Pohjois-Suomessa mäntyjen elinkaari on siis vain 20 % siitä mihin laji

voi luonnontilaisessa metsässä ylittää. Tämä on ongelma niille saproksyyililajeille, jotka ovat erikoistuneet ikääntyneeseen puuainekseen.

4. POHDINTA

4.1 Poliittisten strategioiden yhteensovittaminen

Kansallinen metsästrategia 2025 tavoittelee niin aines- kuin energiapuunkorjuun lisäämistä vuoteen 2025 mennessä (Maa- ja metsätalousministeriö 2015, Taulukko 4). Samaan on päätyntä kansallinen Energia- ja ilmastostrategia (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016b, Taulukko 4). Metsästrategiassa esitetään kuitenkin kommentti, että jos Kioton pöytäkirjan toisen sitoumuskauden mukaiset ilmastotavoitteet huomioitaisiin, ei metsästrategian mukaisia hakkuutavoitteita voitaisi toteuttaa (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Maaliskuussa 2017 joukko suomalaisia tutkijoita otti julkilausumassaan kantaa ja totesi, ettei heidän mielestään nykyisenkaltainen hakkuiden ja puunkäytön lisääminen hillitse ilmastonmuutosta tai edistä biodiversiteettiä (BIOS-tutkimusyksikkö 2017). Hakkuita kasvattamalla Suomi ei myöskään saavuttaisi Pariisin ilmastopimuksen tavoitteita.

Ilmastonmuutoksen rooli on strategioissa ristiriitainen. Ilmastonmuutoksen oletetaan lisäävän runkopuun kasvua kivennäismailla (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Koska ilmastonmuutoksen todellisten vaikutusten arviointi on epävarmaa, ei sitä ole otettu huomioon metsästrategian mainitsemisissa runkopuun kasvuluvuissa. Kansallinen metsästrategia 2025 kuitenkin nojaa raskaasti puuston kasvun lisääntymiseen (ks. Taulukko 1). Metsästrategian toteuttamisen edellytys on, että puuston kasvun muutos toteutuu arvioiden mukaisesti. Ilman sen tuomaa puuston kasvun lisäystä ovat

hakuupotentiaaliarviot kestäättömät. Sittenkin metsien koko kapasiteetti on käytössä. Jos metsästrategian mukainen metsien kasvun lisäys toteutuu suunnitellusti, on metsien vuotuinen kasvu vuonna 2025 noin 115 miljoonaa kuutiota. Tämä tarkoittaa 10 miljoonan kuution lisäystä vuodesta 2013. Kaikki mahdolliset metsävarat on tällöin tarkoitus hyödyntää, eikä luontainen poistuma saa kasvaa merkittävästi vuoden 2013 tasosta. Energia- ja ilmastostrategiassa ilmastonmuutos on puolestaan osin huomioitu ja osin ei. Puuston kasvun odotetaan strategian taustaoletusten mukaan lisääntyvän metsien hoidon ja ilmastonmuutoksen vaikutuksesta niin lyhyellä (v. 2015–2020) kuin pitkälläkin (2021–2030) aikavälillä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016b). Energia- ja ilmastostrategian valmistelussa ei kuitenkaan esimerkiksi Luonnonvarakeskuksen (Lehtonen ym. 2016) tekemässä vuosia 2015–2045 koskevassa puuston kasvua sekä metsien hiilidioksiditasetta koskevissa laskelmissa otettu ilmastonmuutosta huomioon. Energia- ja ilmastostrategiassa esitetään, että metsien hiilinielu pysyy lyhyellä aikavälillä kansainvälisten velvoitteiden edellyttämällä tasolla, mutta heikkenee pidemmällä aikavälillä vuosina 2021–2030 (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016b). Samanaikaisesti biodiversiteettistrategian osalta todetaan, että *”luonnon monimuotoisuuden suojelun kannalta tärkeintä on ilmastonmuutoksen torjuminen”* (Valtioneuvosto 2012).

Energia- ja ilmastostrategian toteutumisen kannalta tulee ottaa huomioon metsien kyky sitoa hiilidioksidia biomassansa eli kyky toimia niin kutsuttuna hiilinieluna. Puuainesta käsitellään poliittisessa päätöksenteossa niin kutsuttuna 0-päästöisenä energianlähteenä (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Syynä tähän on, että puuaineksen ajatellaan varastoivan itseensä se määrä hiiltä minkä vastaava määrä puupolttoainetta käytettäessä tuottaa hiilidioksidipäästöinä. Suomen metsien hiilensitomiskyky on jo heikentynyt hakkuiden vuoksi 2000-luvun alusta (Statistics Finland 2016). Esimerkiksi vuonna 2012 Suomen metsät sitoivat itseensä arviolta 37 milj. tonnia hiilidioksidia enemmän kuin mitä ne vapauttivat ilmakehään (Metsäntutkimuslaitos 2014a). Energia- ja ilmastostrategian

toteutuminen pienentäisi hiilinielua (Lehtonen ym. 2016). Kuten jo edellä todettiin, Suomen talousmetsien kyvyn varastoida hiiltä biomassansa odotetaan heikkenevän ensi vuosikymmenellä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016b).

Kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa ei oteta varsinaisesti kantaa biodiversiteetin säilyttämiseen. Sen sijaan metsien kestävä käyttö ja metsien hiilinielu mainitaan erikseen esimerkiksi valtioneuvoston selonteossa (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017), joka on osa energia- ja ilmastostrategian päivitystä. Selonteon mukaan energia- ja ilmastostrategian osalta metsien käyttö ja hoito on määritetty Kansallisessa metsästrategiassa 2025. Metsien hiilinielu pienenee ensi vuosikymmenellä. Vuosina 2013–2014 hiilinielun koko oli vielä 27,7 milj. t CO₂-ekv. (Tilastokeskus 2016). Ensi vuosikymmenellä hiilinielun arvioidaan olevan noin 2550 % tätä pienempi (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017). Tämä ei ole linjassa Kioton ilmastopimuksen kanssa, sillä hiilinielu jää tavoitteita pienemmäksi (Koljonen ym. 2017). Tulevaisuudessa tilanne heikkenee entisestään, sillä hiilinielu jatkaa pienenemistään ainakin vuoteen 2035. Energia- ja ilmastostrategiassa esitetyn mukaiset runkopuun vuotuiset hakkuukertymät nousevat vuoteen 2035 mennessä yhteensä 83,5 milj. kuutiometriin. Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja VTT:n työryhmien yhteisessä raportissa todetaan, että metsien käytön pelkkinä hiilinieluinä nähdään johtavan pitkällä tähtäimellä kestävämpään metsänhoitoon (Koponen ym. 2015). Toisaalta, kaikissa energia- ja ilmastostrategian valmistelussa käytetyissä skenaariolaskelmissa ei ole huomioitu ilmastonmuutoksen vaikutuksia puuston kasvuun tai maaperän orgaanisen aineksen hajoamisnopeuteen (Lehtonen ym. 2016). Vaikka laskelmissa on käytetty indeksikorjattuja pitkän aikavälin (tässä tapauksessa vuosien 1984–2013 välisiä) kasvutietoja, on VMI11:n perusteella mitattu kasvu 2–10 % suurempi.

Laskelmat, joiden mukaan energiapuu on käsiteltävänä 0-päästöisenä energianlähteenä, eivät ole ongelmattomia. Bioenergian käyttö vapauttaa puumassaan sitoutuneen hiilen takaisin ilmakehään välittömästi ja sen takaisin sitoutumisessa voi mennä vuosikymmeniä (Vanhala ym. 2013). Hakkuiden

yhteydessä muodostuvasta "hiilivelasta" voidaan puhua epäsuorana hiilidioksidin lähteenä. Lisäksi lisääntyvä energiapuunkorjuu johtaa metsien hiilivarastojen pienenemiseen. Tästä huolimatta esimerkiksi kansallinen metsästrategia 2025 -ohjelmassa puupolttoaineita käsitellään päästöttöminä energianlähteinä. Ympäristösäätiö WWF:n teettämässä selvityksessä kritisoidaan väitteitä, joiden mukaan *"puuenergia on hiilineutraalia ja metsien hoito lisää hiilinieluja"* (WWF 2015). Säätiö (WWF 2012 ja 2015) perustelee kantaansa sillä, että kansallisen metsästrategian mukainen metsien käytön lisäys vuoteen 2020 mennessä romahduttaisi hiilinielun kokoa noin 45 %:lla. Hakkuiden lisääminen johtaa hiilinielun pienenemiseen, jolloin metsät eivät enää kykene varastoimaan yhtä paljon hiiltä elävään tai kuolleeseen biomassaan. Säätiön mukaan toinen syy hiilinielujen pienenemiseen on, että nykyisillä päätehakkuumenetelmillä hiilen sitomisen sijaan hakattu alue vapauttaa ilmakehän hiiltä noin 15 vuoden ajan. Tämän jälkeen kuluu toiset 15 vuotta, että tilanne tasaantuu ja alueelle on varastoitunut sama määrä hiiltä kuin mitä vapautui välittömästi hakkuiden myötä. Voidaan sanoa, että tämän 30 vuoden ajanjakson ajan hakkuualue on ilmastonmuutoksen torjunnan kannalta hyödytön (ja hetkellisesti jopa haitallinen). Kun ottaa huomioon, että ilmastonmuutoksen tahtia on vaikea ennustaa ja että ilmastotavoitteet vaativat nopeita toimia (ks. esim. energia- ja ilmastostrategia), on epäedullista menettää metsäalueiden hiilinielumahdollisuudet näin pitkäksi aikaa.

Suomessa sekä kansalaisjärjestöille että teollisuudelle on annettu mahdollisuus vaikuttaa kansallisten strategioiden muotoiluun. Esimerkiksi energia- ja ilmastostrategian seuraavaan päivitykseen on haettu kannanottoja luonnonsuojelujärjestö WWF:n ja metsätalouden edustajan Metsäteollisuus ry:n kaltaisilta tahoilta (Talousvaliokunta 2017). Tahojen näkemyksissä on eroja. Suomen metsäteollisuuden äänitorvena toimii Metsäteollisuus ry, joka on alan yritysten edunvalvontajärjestö (Metsäteollisuus 2018). Sen tavoitteena on parantaa metsäteollisuuden kilpailukykyä ja kannattavuutta sekä parantaa alan julkisuuskuvaa. Metsäteollisuus ry:n mukaan *"ilmastopolitiikan ei tule jatkossakaan*

määritellä kuinka metsiä käytetään eikä rajoittaa kestäviä hakkuumahdollisuuksia” (Metsäteollisuus 2016). Tavoitteeksi esitetään, että ”puun hiilineutraalisuutta koskevat prosessit ja keskustelu eivät rajoita hakkuumahdollisuuksia Suomessa vaan puun ilmastomyönteinen asema säilyy”. Metsäteollisuus ry:n mukaan ”puun saatavuus ensisijaisesti jalostukseen on turvattava, eikä kestävyys- tai nielupolitiikan tule rajoittaa kestäviä hakkuumahdollisuuksia”. Edunvalvontajärjestö linjaa, että ”ilmastonmuutoksen hillinnässä kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen on oltava EU:n ainoa sitova tavoite ja jäsenmaiden on saatava määrittää energiapalettinsa itsenäisesti”. Tämä tarkoittaa sitä, että metsäteollisuus toivoo ajettavan ensisijaisesti sen omia intressejä ja jätettävän esimerkiksi luonnon monimuotoisuuden suojele ja edistäminen toissijaiseksi tavoitteeksi.

Energiapuunkorjuussa merkittävä rooli on myös niillä tahoilla, jotka metsät omistavat. Varsinaisen energiapuunkorjuun suhteen metsänomistajia ohjataan vapaaehtoisuuteen perustuvilla suosituksissa (Koistinen ym. 2016). Suositukset on pyritty laatimaan kestävä kehityksen mukaisesti. Metsänomistaja saa kuitenkin itse valita, noudattaako hän näitä ohjeita, mikäli energiapuuta korjataan hänen metsästään. Ylipäänsä useat metsien suojeleluun liittyvät ja monimuotoisuutta edistävät keinot perustuvat Suomessa pitkälti metsänomistajien vapaaehtoisuuteen (ks. esim. Maa- ja metsätalousministeriö 2015, Koistinen ym. 2016, METSO 2016). Yksityiset metsänomistajat ovat suurin metsänomistajaryhmä (Metsäntutkimuslaitos 2014c). Heidän hallussaan on 12 miljoonaa hehtaaria puuntuottokykyistä metsämaata, mikä on noin 60 % kokonaismäärästä. Yksityishenkilöillä on siten merkittävä vastuu Suomen metsien luontoarvoista sekä ilmastonmuutokseen liittyvissä toimenpiteissä. Onko vapaaehtoisuus paras ratkaisu edistää biodiversiteettiä ja kestävä kehitystä? Lahopuun näkökulmasta näin ei ole, sillä sen määrän ja laadun jatkumo ei ole vakaa. Uhkana on muun muassa sen laadullinen yksipuolistuminen. Energiapuunkorjuun ympäristövaikutukset pidemmällä aikavälillä ovat epäselviä, sillä tutkittua tietoa ei vielä ole riittävästi (Koistinen ym. 2016). Tämä ei helpota metsänomistajien

päätöksentekoa. Metsäluontomme monimuotoisuus on epätietoisuuden ja metsänomistajien henkilökohtaisten intressien varassa. Vapaaehtoisten suojele- ja metsänhoitotoimien käyttöä on kritisoitu (Kostamo ym. 2012). Saproksyyililajistomme tulevaisuuden kannalta jatkumossa on epävarmuutta ja vakava uhka on, että biodiversiteetti heikkenee. Poliittisen ohjauksen arvovalinta on, että metsätalous ja henkilökohtainen valinnanvapaus ovat biodiversiteettiä ja kestävästä kehitystä tärkeämpiä.

Kansallisissa biodiversiteettistrategiassa, energia- ja ilmastostrategiassa sekä metsästrategiassa ei esitetä suoria laskelmia lahopuun määrän kehityksestä, mikäli nämä strategiat toteutuvat sellaisinaan. Hakkuiden ja energianpuunkorjuun määrän lisääminen kuitenkin tulevat vaikuttamaan lahopuun määrään ja laatuun. Biodiversiteettistrategian tavoitteiden toteuttamiseen kuuluisi lahopuun määrän ja laadun varmistaminen, mutta muut kaksi strategiaa tulevat vaikeuttamaan tätä. Biodiversiteettistrategian mukaisia lahopuumääriä ei saavuteta talousmetsissä, joten suojelualueiden merkitys tulee korostumaan entisestään. Varsinkaan eteläisessä Suomessa suojelun alaisuudessa olevien alueiden ei voida sanoa olevan nykyisellään riittävällä tasolla, mikä puolestaan ei edistä biodiversiteettiä. Voidaan siis muodostaa päätelmä, että kaikki strategiat ovat nykyisellään riittämättömiä biodiversiteetin kannalta, kun tarkastellaan sitä lahopuun ja siitä riippuvaisen lajiston näkökulmasta.

4.2 Ratkaisuvaihtoehtoja

Biodiversiteetin heikkenemisen ennaltaehkäisemiseksi on esitetty useita ideoita ja kannanottoja niin tutkijoiden kuin ympäristöjärjestöjenkin taholta. Esimerkiksi ympäristöjärjestö WWF:n teettämässä selvityksessä tarkasteltiin taloudellisesti kestävästä metsätaloudesta täydennettynä ekologisilla reunaehdoilla (WWF 2015). Siinä vaaditaan, että Suomen maapinta-alasta tulisi suojella Nagoyan sopimuksen mukaisesti 17 %, nykyiset suojelualueet olisi säilytettävä, FSC-sertifikaatti tulisi

ulottaa koskemaan kaikkia metsätalousalueita ja kannonnostosta olisi luovuttava kokonaan. Selvityksessä korostetaan, ettei tarvittavia toimenpiteitä ole mahdollista määrittää yksiselitteisesti. Sen mukaan tällä hetkellä ei ole tarjolla riittävää tieteellistä tietoa, jonka pohjalta voitaisiin määrittää tarkkoja rajoja ja arvoja, joita olisi noudatettava biodiversiteetin heikkenemisen pysäyttämiseksi.

Tiedetään, että lahopuusta riippuvaisen lajiston monimuotoisuus on riippuvainen tarjolla olevan lahopuun määrästä ja laadusta (esim. Stenlid ym. 2008). Ilmastonmuutos tuo tähän monia muutoksia. Metsien kasvun odotetaan lisääntyvän (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Tämä tuo lahopuuston määrään oman lisämuuttujansa, sillä metsien lisääntynyt kasvu on yhtä kuin nopeampi kasvunopeus. Nopeasti kasvanut puuaines lahoaa nopeammin (Edman ym. 2006). Tämä puolestaan vaikuttaa muun muassa seuraaviin tekijöihin: saproksyytilajistolla on resursseja tarjolla lyhyemmän aikaa, resurssien jatkumo on uhattuna, kilpailu kovenee ja leviämisen sekä kilpailukyvyiltään heikommassa asemassa olevat lajit eivät menesty koventuneessa kilpailussa. Erityisesti valmiiksi uhanalaisilla lajeilla tilanne on ongelmallinen, sillä niillä on tyypillisesti kilpailijoitaan heikompi leviämiskyky (Siitonen ja Ollikainen 2006). Lisäksi niiden erikoistuneisuus nimenomaan hitaasti kasvaneeseen puuainekseen voi muodostua ongelmaksi (Edman ym. 2006). Lahopuun kokonaismäärä ei siten yksinään riitä biodiversiteetin edistämisen tavoitteeksi (Hynynen ym. 2005). Tämä täytyy huomioida mietittäessä ratkaisuja biodiversiteetin heikkenemisen estämiseksi ja sen säilyttämiseksi.

Lahopuun lahoamisnopeuteen vaikuttaa myös lahopuutyyppejä, sillä pystypuut lahoavat hitaimmin (Mäkinen ym. 2006). Lahopuun saatavuuteen voidaan siten vaikuttaa metsänhoidollisilla toimenpiteillä, kuten jättämällä metsiin kuolleita pystypuita. Mäkinen ym. (2006) totesivat tutkimuksessaan, että puulajista riippumatta lähes kaikki lähtötilanteessa pystyssä olleet säästöpuut kaatuvat 40 vuoden kuluessa. Pystypuista koivu (*Betula pendula*) kaatui ja lahosi nopeiten,

kuusi (*Picea abies*) ja mänty (*Pinus sylvestris*) hitaammin. Lahopuuatkumon kannalta säästöpuiden jättäminen talousmetsissä on siten perusteltu ratkaisu.

Verkerk ym. (2011) on esittänyt laskelmia siitä, miten lahopuun määrä ja laatu kehittyvät kahdella eri skenaariolla. Laskelmien pohjana on oletus, että vuonna 2005 EU:n alueella (pois lukien Kypros, Kreetta ja Malta) metsissä lahopuuta oli keskimäärin 12,3 tonnia/ha. Ensimmäisessä vaihtoehdossa toiminta pysyy ennallaan, puun korjuuta lisätään kohtuullisesti eikä korjuun yhteydessä syntyvää ylimääräistä puuainesta kerätä talteen. Toisessa vaihtoehdossa kerätään sekä puuta että energiapuunainesta niin paljon kuin talousmetsässä on mahdollista. Ensimmäisessä vaihtoehdossa ennuste on, että vuoteen 2030 mennessä lahopuun määrä kasvaa EU:n alueen metsissä noin 6,4 %. Jälkimmäinen vaihtoehto puolestaan johtaisi lahopuun määrän laskuun noin 5,5 %:lla. Tähän vaihtoehtoon liittyy myös lahopuun laadussa tapahtuva muutos, eli erityisesti pieniläpimittainen puuainesta vähenee merkittävästi. Verkerk ym. toteavat, että ilman rajoituksia ja talousmetsiin jäävän lahopuun laatuun liittyviä toimenpiteitä, tulee lahopuulajisto kärsimään energiapuunkorjuusta. Suomen osalta kumpikaan skenaario ei olisi kokonaislahopuun määrän osalta yhtä heikko kuin EU:ssa keskimäärin, mutta maksimiin yltävä energiapuunkorjuu heikentäisi Kainuun alapuolisessa Suomessa lähes kaikkialla lahopuun määrää 2,5–9,9 %. Tätä pohjoisempaa määrää kasvaisi molemmissa skenaarioissa, mutta toisaalta vuoden 2005 lähtötaso on pieni. Syynä tähän on, että nykyisellään metsänhoito on ollut sellaista, ettei lahopuuta ole ennalta runsaasti.

Metsänhoidon menetelmien valinta voi vaikuttaa lahopuuston ja biodiversiteetin määriin (Lähde ym. 2002, Jonsson ja Siitonen 2012b). Jatkuvan eli erirakenteisen metsänkasvatuksen menetelmässä korjataan korjuuikään ehtineet puut yksitellen tai pieniä aukkoja tehden sekä harvennetaan tiheimpiä pienten puiden ryhmiä (Metsäntutkimuslaitos 2010b, Jonsson ja Siitonen 2012b). Metsän ikärakenne on monipuolinen ja latvusta on monessa eri korkeudessa (Äijälä ym. 2014). Metsälain (1093/1996) uudistus mahdollisti vuoden 2014 alusta saakka jatkuvan

kasvatuksen menetelmän käytön Suomessa. Lähde ym. (2002) saivat 12 vuotta kestäneessä tutkimuksessaan tulokseksi, että jatkuvan kasvatuksen menetelmän eri variaatioilla voitiin saavuttaa jopa 88 % siitä lahopuun määrästä, joka muodostui verrokkina olleessa hoitotoimenpiteiden ulkopuolelle jätetyssä metsäalueessa. Tämä toteutui esimerkiksi hakkaamalla poikkileikkaukseltaan 25 metrisiä aukkoja. Tällaisen niin kutsutun pienaukkohakkuun yhteydessä ympäröivää puustoa ei hoidettu metsänhoidollisilla toimenpiteillä. Jatkuvan kasvatuksen menetelmä on parhaimmillaan paitsi ekologisesti, myös taloudellisesti kestävä valinta (Jonsson ja Siitonen 2012b). Jatkuvan kasvatuksen menetelmä ei kuitenkaan ole kovin suosittu, sillä vuonna 2016 noin 85 % kaikista Suomen metsäkeskukselle ilmoitetuista hakkuusuunnitelmista oli tarkoitus toteuttaa avohakkuumenetelmällä (Suomen metsäkeskus 2017). Syynä tähän voi olla esimerkiksi menetelmän muuttaminen lailliseksi vasta äskettäin.

Korhonen ym. (2016) esittivät raportissaan, että hakkuiden lisääntymisestä huolimatta biotalouden ekologisen kestävyuden varmistamiseksi ja biodiversiteetin ylläpitämiseksi on olemassa useita keinoja. He listasivat keinoja seuraavasti: elävien säästöpuiden jättäminen, kuolleen puun ja arvokkaiden elinympäristöjen säästäminen, luonnonhoidollinen kulotus sekä METSO-toimintaohjelma. Kuten aiemmin todettua, valtaosa Suomen talousmetsistä kuuluu PEFC-sertifiointin piiriin (PEFC 2018a). Se edellyttää, että säästö- ja lahopuita tulee päätehakkuun yhteydessä jättää pysyvästi vähintään 10 kpl/ha (PEFC 2014). Tämä ei kuitenkaan pidemmällä aikavälillä näytä toteutuvan, sillä säästöpuita korjataan esimerkiksi kotitalouksien polttopuuksi (Korhonen ym. 2016). Toisekseen elävän säästöpuun minimiläpimittavaatimus on vain 10 cm, eli puun ei tarvitse olla järeä. Samanaikaisesti, hakkuumäärien kasvaessa, ennustetaan uudistushakkuiden aikaistuvan ja vanhojen puuikäluokkien pienenevän huomattavasti. Järeän kuolleen puun määrän ennustetaan vähenevän ja toisaalta sen poistuvan entistä nopeammin uudistushakkuiden myötä.

Luonnonsuojelun kannalta ainoastaan haavan kohdalla säästöpuiden jättämisen arvioidaan olevan kohtuullisen tehokas menetelmä (Halme ja Kotiaho 2013).

Halme ja Kotiaho (2013) ovat ottaneet voimakkaasti kantaa energiapuunkorjuun ekologisiin vaikutuksiin. He myös peräävät sekä käytännön että taloudellisen tason mielekkyyttä sille, että yhtäällä poistetaan lahoavaa puuainesta ja samanaikaisesti toisaalla sitä lisätään keinotekoisesti. He siteeraavat Repolaa (2009) ja Eräjää ym. (2010), joiden tutkimusten perusteella voidaan arvioida, että esimerkiksi perinteisillä hakkuualoilla keskisessä Suomessa lahopuun määrä voi olla yhteensä noin 80–90 m³/ha. Tästä noin 70–80 % korjataan energiapuuksi (Eräjää ym. 2010). Vähenevät resurssit eivät välttämättä hävitä lajeja heti, mutta pidemmällä aikavälillä elinympäristön heikentynyt laatu sekä eliöpopulaatioiden pienentyneet kasvukertoimet voivat johtaa sukupuuttoon. Kyseisestä ilmiöstä käytetään jo johdannossa mainittua termiä sukupuuttovelka (Bagaria ym. 2018). Halme ja Kotiaho (2013) nostavat esille myös sen seikan, että vaikka metsämaille tuotetaan keinotekoisesti lahoavaa puuta, saattavat nämä toimenpiteet aiheuttaa merkittävää vahinkoa metsäkoneiden vuoksi. Metsäkoneet rikkovat liikkueensa maanpintaa sekä hajottavat lahopuunkappaleita (Hautala ym. 2004). Maanmuokkauksen arvellaan itsessään johtaneen hakkuualueilla 1960-luvun jälkeen Suomessa 4–6 miljoonaa m³:n lahopuuaineksen menetykseen. Kun tähän kaikkeen lisätään ilmastonmuutoksen tuomat muutokset, on metsäekosysteemi kokonaisuudessaan suuren paineen alla. Mikäli biodiversiteettistrategia sekä energia- ja ilmastostrategian tavoitteet saataisiin toteutettua, voisivat vaikutukset metsäekosysteemiin pysyä kohtuudessa ja esimerkiksi lajien sukupuuttoja voitaisiin ennaltaehkäistä.

Kuten Hanski (2011) toteaa, on suoranaista huijausta keskittää esimerkiksi Suomessa luonnonsuojelualueet sellaisille alueille, joiden tuottavuus on heikkoa ja joiden merkitys biodiversiteetin säilyttämiselle on siten vähäisempää. Jos ei kyetä satsaamaan määrään, tulee panostaa laatuun. Tätä tukee Hynysen ym. (2005) tutkimuksen tulos, jonka mukaan lahopuun kokonaismäärä ei yksinään riitä

biodiversiteettiä edistäväksi tavoitteeksi. Mikäli Siitosen (2006) esittämä $10 \text{ m}^3/\text{ha}$ lahopuumäärä on metsänhoidollisesti vaikeasti saavutettavissa, voitaisiin Hanskin (2011) esittämää ideaa hyödyntää ja keskittää suojele maiseman kolmannesten kolmanneksiin ("*third-of-third*"). Tämä malli on kustannustehokas ja mahdollistaa ominaisuuksiltaan hyvin monimuotoisten suojelukohteiden muodostamisen, kestävän kehityksen periaatteita unohtamatta. Hanski yhdistää ajatuksensa tutkimustulokseen (Pardini ym. 2010), jonka mukaan 30 % alkuperäisestä kasvillisuudesta riittää ylläpitämään suurta osaa vaateliaasta metsän specialistilajistosta. Tätä pienemmässä osuudessa lajiston esiintyvyys romahtaa. Tästä voidaan johtaa oletus, että 30 % alkuperäisestä resurssista on minimi, jonka avulla suurin osa vaateliaasta metsälajistosta kykenee säilymään elinalueellaan. Tätä voidaan hyödyntää tarkasteltaessa sitä minimimäärää lahopuuta, jonka saproksyytilajisto tarvitsee selviytyäkseen ja säilyäkseen monimuotoisena.

Paljonko lahopuuta siten tarvittaisiin, jotta erikoistunut saproksyytilajisto selviytyisi? Luonnontilaisessa borealisessa metsässä lahopuuta on keskimäärin noin $41\text{--}170 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Aakala 2010). Hanskin (2011) esittämän *third-of-third*-mallin perusteella 30 %:een päästäkseen tulee lahopuuta olla noin $12,3\text{--}51 \text{ m}^3$. Tämä on huomattavasti suurempi kuin Siitosen (2006) minimiksi esittämä $10 \text{ m}^3/\text{ha}$. Se on myös huomattavasti suurempi määrä kuin mitä tällä hetkellä lahopuuta esiintyy keskimäärin suomalaisessa talousmetsässä. Metsäekosysteemin kannalta ero nykyiseen valtakunnalliseen keskiarvoon on valtava, sillä viimeisimpien tietojen mukaan se on ainoastaan $5,7 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Luonnonvarakeskus 2018e). Eteläisessä Suomessa lahopuuta oli vuosina 2014–2017 toteutetun VMI12:n mukaan keskimäärin $4,4 \text{ m}^3/\text{ha}$ ja pohjoisessa Suomessa $7,2 \text{ m}^3/\text{ha}$. Etelässä lahopuun määrä oli edelliseen inventointiin nähden kasvanut $0,6 \text{ m}^3/\text{ha}$ ja pohjoisessa vähentynyt $0,8 \text{ m}^3$. Kokonaiskeskiarvo ei siten ollut muuttunut edelliseen inventointiin nähden. Biodiversiteettistrategian toteuttamisen näkökulmasta tilanne ei näytä hyvältä.

Yksi käytännön keino soveltaa Hanskin (2011) esittämää monikäyttösuojelumaisemaa olisi keskittäminen; metsätalous- ja luonnonsuojelutoimenpiteet kohdennettaisiin keskitetysti maiseman tiettyihin osiin (Halme ja Kotiaho 2013). Tämä paitsi mahdollistaisi metsätaloustoimien määrän vähentämisen, myös voisi ehkäistä suojelluilla alueilla osan metsäluontoa kuormittavista toimenpiteistä kokonaan. Halme ja Kotiaho (2013) esittävät, että monikäyttösuojelumaisemissa hyödynnettäisiin lisäsuojelua sekä kaikkia sitä tukevia keinoja biodiversiteetin turvaamiseksi. Samanaikaisesti metsätalousalueilla rajoituksia voitaisiin höllentää esimerkiksi energiapuunkorjuun ja säästöpuiden osalta, eli luovuttaisiin näiden alueiden biodiversiteetin lisäsuojelusta. Yksi kolmasosa maisemasta olisi siten entistä tiukemmin suojeltua, mutta kahdella kolmanneksella se väistämättä heikkenisi. Keskittämällä metsätaloustoimia saataisiin kustannustehokkuutta lisättyä, vaikka varsinaista metsätalousaluetta paikoin pienennettäisiinkin osoittamalla osa siitä suojelun piiriin. Keskittämisen etuna olisi, että suojelluilla alueilla voitaisiin lahoppuun määrää ja laatua kohentaa sille tasolle, että se olisi biodiversiteetin kannalta suotuisalla tasolla. Esimerkiksi METSO-ohjelman mukaisia kohteita keskittämällä voitaisiin edistää tätä tavoitetta. Tosin keskittämisen hyötyjen saavuttaminen edellyttää, että suojelluiksi valikoidut kohteet myös pysyvät suojeltuina. Lisäksi niiden tulee olla resurssiteorian mukaisesti pinta-alaltaan riittävän suuria. Kuten todettua, lajistollinen monimuotoisuus on riippuvainen kohdealueen pinta-alasta (MacArthur ja Wilson 1963, Honkanen ym. 2010).

4.3 Loppupäätelmät

Poliittisten strategioiden toteutuksessa tärkeä rooli on kulloisellakin Suomen hallituksella. Pääministeri Juha Sipilän hallituksen (Sipilä I) strateginen ohjelma listaa kärkihankkeikseen kansallisen metsästrategian toteuttamisen (Valtioneuvoston kanslia 2015). Metsien ja soiden suojelussa ajetaan vapaaehtoisuuteen perustuvia keinoja ja turve hyväksytään osaksi

energiantuotantoa. Vuoteen 2020 ulottuvien ilmastotavoitteiden arvioidaan toteutuvan. Helmikuussa 2017 julkaistiin energia- ja ilmastostrategian vaikutusarvio (Koljonen ym. 2017). Vaikutusarviossa todettiin, että mikäli runkopuun hakkuut kasvavat arvioidusti, pienenee metsiemme hiilinielu vuosina 2021–2030 puoleen siitä mitä se on nyt. Tämä tapahtuu, jos arvio 80 miljoonan kuution vuotuisista runkopuun hakkuista toteutuu. Vaikutusarviossa todettiin myös, että hakattavaa puuainesta on riittävästi saatavilla metsä- ja energiateollisuuden raaka-ainetarpeita varten. Täten toteutuvat Sipilä I -hallituksen yksi kärkitavoitteista, eli kansallinen metsästrategia (Valtioneuvoston kanslia 2015).

Suomen on vaikea olla kestävän kehityksen mallimaa ilmasto-, energia- ja biodiversiteettistrategioiden yhteensovittamisessa. Puuntuotannollisesti kestävä hakkuukertymä vaikuttaa huomattavasti eroavan ympäristön kannalta kestävästä hakkuukertymästä. Edellä esitettyjen tutkimusten myötä voidaan muodostaa se päätelmä, että strategioiden välillä on ristiriita. Ristiriita syntyy siitä, ettei kaikkia kolmea strategiaa voida toteuttaa samanaikaisesti. Näistä suurin kärsijä on biodiversiteettistrategia, jonka kunnianhimoinen päätavoite oli pysäyttää luonnon monimuotoisuuden köyhtyminen vuoteen 2020 mennessä. Metsätaloudelliset toimenpiteet vähentävät lahopuun määrää paikoittain merkittävästi talousmetsissä ja yksipuolistavat sen laatua. Vaikka lahopuussa päästäisiin saproksyyililajiston kannalta vähimpään siedettävään määrään (eli 10m³/ha), niin puuainesta on nykytoimilla ominaisuuksiltaan biodiversiteetin kannalta riittämätöntä. Verovaroin tuetaan toimia, joilla biodiversiteettiä koetetaan parantaa ja samanaikaisesti sitä heikennetään ympäristöystävälliseksi mielletyn energiapolitiikan varjolla. Kestävyyden käsitteestä puhutaan monella tavalla ja esimerkiksi metsäteollisuus puhuu siitä puuntuotannon kannalta. Kirjoittajalle itselleen on muodostunut henkilökohtaisesti mielikuva viherpesusta.

Kokonaisuudessaan suomalaista metsämaisemaa revitään moneen suuntaan, eikä tällä hetkellä ole varmaa, voidaanko biodiversiteettiä säilyttää Suomessa

nykyisellä tasolla. Tämän Pro gradu -tutkielman loppupäätelmä on, ettei suomalainen kestävä kehitys ole tasapainossa, mitä tulee metsä, energia- ja ilmasto- sekä biodiversiteettistrategioiden päämääriin. Samanaikaisesti niitä kaikkia ei voida saavuttaa nykyisellä tavalla; lisäämällä energiapuunkorjuuta ilmaston ja metsäluonnon monimuotoisuuden kustannuksella, ei saavuteta muita tavoitteita kuin energiapuu- ja muun puuteollisuuden korjuutavoitteet. Biodiversiteettiä ei voida edistää taikka turvata talousmetsissä nykymuotoisella metsätaloudella, sillä lahoppuun määrä ja laatu eivät saavuta saproksyytilajiston kannalta riittävää tasoa. Tällä hetkellä ilmasto- ja biodiversiteettitavoitteet jäävät altavastaaajiksi, jotka metsien taloudellinen hyödyntäminen selittää. Toivoa kuitenkin on, sillä olemassa on potentiaalisia menetelmiä, joilla kestävä kehityksen mukaisesti voidaan pyrkiä kohti kaikkien kolmen strategian tavoitteita kestävästi. Tieteellinen tutkimustieto ja uudet innovaatiot voivat yhdessä siivittää tavoitteiden saavuttamista.

KIITOKSET

Kiitän ohjaajiani tuesta ja avusta koko pitkän graduprosessin ajan. Kiitän myös perhettäni tuesta ja kannustuksesta kivisen matkani aikana. Omistan tämän työn äitini muistolle, sillä hän jaksoi viimeiseen hengenvetoonsa saakka kannustaa ja uskoa että vielä minustakin maisteri tulee.

KIRJALLISUUS

- Aakala T. 2010. Coarse woody debris in late-successional *Picea abies* forests in northern Europe: Variability in quantities and models of decay class dynamics. *Forest Ecology and Management* 260: 770–779.
- Alm M. 2015. Uusiutuva energia. Toimialaraportti ennakoi liiketoimintaympäristön muutoksia. Työ- ja elinkeinoministeriö. http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79850/Uusiutuva_energia2015_final.pdf (luettu: 28.10.2018)
- Bagaria G., Rodà F., Clotet M., Míguez S. & Pino J. 2018. Contrasting habitat and landscape effects on the fitness of a long-lived grassland plant under forest encroachment: Do they provide evidence for extinction debt? *Journal of Ecology* 106: 278–288.
- Bilotta G. S. & Brazier R. E. 2008. Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Research* 42: 2849–2861.
- BIOS-tutkimusyksikkö 2017. Julkinen kirje 24.3.2017. <http://bios.fi/julkilausuma/julkilausuma240317.pdf> (luettu: 28.10.18)
- Carrara R. & Vázquez D. P. 2010. The species-energy theory: a role for energy variability. *Ecography* 33: 942–948.
- Edman M., Möller R. & Ericson L. 2006. Effects of enhanced tree growth rate on the decay capacities of three saprotrophic wood-fungi. *Forest Ecology and Management* 232, 1218.
- Egnell G. 2010. Is the productivity decline in Norway spruce following whole-tree harvesting in the final felling in boreal Sweden permanent or temporary? *Forest Ecology and Management* 261: 148–153.
- Eräjää S., Halme P., Kotiaho J. S., Markkanen A. & Toivanen T. 2010. The volume and composition of dead wood on traditional and forest fuel harvested clear-cuts. *Silva Fennica* 44: 203–211.
- Euroopan unioni 2018. Energia. https://europa.eu/european-union/topics/energy_fi (luettu: 28.10.2018)

- European Commission 2016. Biodiversity Strategy. http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/strategy/index_en.htm (luettu: 28.10.2018)
- Forest Europe 2003. Vienna living forest summit declaration. European forests – common benefits, shared responsibilities. https://www.foresteuropa.org/docs/MC/MC_vienna_declaration.pdf (luettu: 28.10.2018)
- FSC 2018a. FSC – Forest Stewardship Council. Kansainvälinen, voittoa tavoittelematon ja avoin kansalaisjärjestö. <https://fi.fsc.org/fi-fi/tietoa-fscst> (luettu: 28.10.2018)
- FSC 2018b. FSC numeroina. <https://fi.fsc.org/fi-fi/tietoa-fscst/fsc-numeroina> (luettu: 28.10.2018)
- FSC 2018c. Kymmenen periaatetta. Kymmenen sääntöä vastuuntuntoiselle metsänhoidolle. <https://fi.fsc.org/fi-fi/sertifiointi/periaatteet-ja-kriteerit/kymmenen-periaatetta> (luettu: 28.10.2018)
- Franklin J. F., Shugart H. H. & Harmon M. E. 1987. Tree Death as an Ecological Process - The causes, consequences, and variability of tree mortality. *BioScience* 37: 550–556.
- Hakkila P. 2004. *Puuenergian teknologiaohjelma 1999–2003. Metsähakkeen tuotantoteknologia. Loppuraportti*. Tekes. Paino-Center Oy, Sipoo.
- Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (IPCC) 2013. Ilmastonmuutos v. 2013: Luonnontieteellinen perusta. Yhteenveto päätöksentekijöille suomeksi. Ensimmäisen työryhmän osuus IPCC:n 5. arviointiraportissa. Ilmatieteen laitos, Helsinki. <https://ilmatieteenlaitos.fi/documents/30106/42362/ipcc5-yhteenveto-suomennos.pdf/4332dffbd-7241c9-a23d-24215c5cbbac> (luettu: 22.2.2019)
- Halme P. & Kotiaho J. S. 2013. Keskittämällä kohti ekologisesti ja taloudellisesti kestävä metsätaloutta. *Luonnon Tutkija* 117: 1–2.
- Hanski I. 2011: Habitat Loss, the Dynamics of Biodiversity, and a Perspective on Conservation. *Ambio* 40: 248–255.
- Hanski I. & Ovaskainen O. 2002. Extinction debt at extinction threshold. *Conservation Biology* 16: 666–673.
- Hautala H., Jalonen J., Laaka-Lindberg S. & Vanha-Majamaa I. 2004. Impacts of retention felling on coarse woody debris (CWD) in mature boreal spruce forests in Finland. *Biodiversity and Conservation* 13: 1541–1554.

- Hemilä K. 1998. Kansainvälisten metsiä sivuavien sopimusten vaikutus Suomen metsätalouteen. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/1998: 76–79.
- Honkanen M., Roberge J.-M., Rajasärkkä A. & Mönkkönen M. 2010. Disentangling the effects of area, energy and habitat heterogeneity on boreal forest bird species richness in protected areas. *Global Ecology and Biogeography* 19: 61–71.
- Hotanen J.-P., Nousiainen H., Mäkipää R., Reinikainen A. & Tonteri T. 2013. *Metsätyypit – opas kasvupaikkojen luokitteluun*. Bookwell Oy, Porvoo.
- Hynynen J., Ahtikoski A., Siitonen J., Sievänen R. & Liski J. 2005. Applying the MOTTI simulator to analyse the effects of alternative management schedules on timber and non-timber production. *Forest Ecology and Management* 207: 5–18
- Ihalainen A. & Mäkelä H. 2009. Kuolleen puuston määrä Etelä- ja Pohjois-Suomessa 2004–2007. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2009: 35–56.
- IPCC 2013. Summary for Policymakers. Teoksessa: Stocker, T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S. K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. & Midgley P. M. (toim.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, pp. 3–29.
- IPCC 2018. Global Warming of 1.5°C, an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. <http://www.ipcc.ch/report/sr15/> (luettu: 21.11.2018)
- Jonsell M., Weslien J. & Ehnström B. 1997. Substrate requirements of red-listed saproxylic invertebrates in Sweden. *Biodiversity and Conservation* 7: 749–764.
- Jonsson B. G. & Siitonen J. 2012a. Natural forest dynamics. Teoksessa: Stokland J. N., Siitonen J. & Jonsson B. G. (toim.), *Biodiversity in Dead Wood*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 275–301.
- Jonsson B. G. & Siitonen J. 2012b. Dead wood and sustainable forest management. Teoksessa: Stokland J. N., Siitonen J. & Jonsson B. G. (toim.), *Biodiversity in Dead Wood*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 302–337.
- Junninen K., & Komonen A. 2011. Conservation ecology of boreal polypores: a review. *Biological Conservation* 144: 11–20.

- Kajava S. & Silver T. 2016. *Lahopuun merkitys ja tuottaminen sekä sen aiheuttama tuhoriski talousmetsälle. Luonnonhoitohankeraportti 30.6.2016*. Painosalama Oy, Turku.
- Kataja-aho, S., Fritze H. & Haimi J. 2011. Short-term responses of soil decomposer and plant communities to stump harvesting in boreal forests. *Forest Ecology and Management* 262: 379–388.
- Koistinen A., Luro J-P. & Vanhatalo K. (toim.) 2016. *Metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen, työopas*. Tapion julkaisuja, painopaikka ei tiedossa.
- Koljonen T., Soimakallio S., Asikainen A., Lanki T., Anttila P., Hildén M., Honkatukia J., Karvosenoja N., Lehtilä A., Lehtonen H., Lindroos T. J., Regina K., Salminen O., Savolahti M. & Siljander R. 2017. Energia ja ilmastostrategian vaikutusarviot: Yhteenvertoraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 21/2017. http://tietokayttoon.fi/documents/10616/3866814/21_Energia-%2Bja%2Bilmastostrategian%2Bvaikutusarviot%2BYhteenvertoraportti/40df15f-c99c-47d1-a929-a4c825f71547?version=1.0 (luettu: 28.10.2018)
- Koponen K., Sokka L., Salminen O., Sievänen R., Pingoud K., Ilvesniemi H., Routa J., Ikonen T., Koljonen T., Alakangas E., Asikainen A. & Sipilä K. 2015. Sustainability of forest energy in Northern Europe. VTT Technology 237. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2015/T237.pdf> (luettu: 28.10.2018)
- Korhonen K. T., Auvinen A.-P., Kuusela S., Punttila P., Salminen O., Siitonen J., Ahlroth P., Jäppinen J.-P. & Kolström T. 2016. *Biotalouskenaarioiden mukaisten hakkuiden vaikutukset metsien monimuotoisuudelle tärkeisiin rakennepiirteisiin. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 51/2016*. Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki.
- Korhonen K. T., Ihalainen A., Ahola A., Heikkinen J., Henttonen H. M., Hotanen J.-P., Nevalainen S., Pitkänen J., Strandström M. & Viiri H. 2017. Suomen metsät 2009–2013 ja niiden kehitys 1921–2013. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 59/2017. Luonnonvarakeskus. http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540537/luke-luobio_59_2017.pdf?sequence=6&isAllowed=y (luettu:28.10.2018)
- Koskela T., Kuusela S., Syrjänen K. & Anttila S. 2016. *METSO-tilannekatsaus 2015. Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelma 2008–2025. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 20/2016*. Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki.
- Kostamo J., Punttila P., Valkonen S. & Koistinen A. 2012. Metsälain muutosehdotuksen (17.8.2012) vaikutusten arviointi. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201705296937> (luettu: 28.10.2018)

- Kotiaho J. S., Kuusela S., Nieminen E. ja Päivinen J. 2015. Elinympäristöjen tilan edistäminen Suomessa. ELITE-työryhmän mietintö elinympäristöjen tilan edistämisen priorisointisuunnitelmaksi ja arvio suunnitelman kokonaiskustannuksista.
http://www.ym.fi/download/Elinymparistojen_tilan_edistaminen_Suomessa_ELITETyoryhman_mietintopdf/b9f54f49-11d7-4955-98e6-e36b9fc3956d/109588 (luettu: 28.10.2018)
- Kouki J. 2008. Bioenergia, biodiversiteetti ja biofunktiot: metsien energiakäytön ympäristövaikutuksia. *Silva Carelica* 54: 104–113.
- Laasasenaho J., Timonen R. & Poso H. 2017. Tuoreen puun lämpöarvosta. Metsätieteen aikakauskirja 2017. <https://doi.org/10.14214/ma.6992> (luettu: 28.10.2018)
- Laki metsätuhojen torjunnasta 20.12.2013/1087.
- Lassauce A., Paillet Y., Jactel H. & Bouget 2011. Deadwood as a surrogate for forest biodiversity: Meta-analysis of correlations between deadwood volume and species richness of saproxylic organisms. *Ecological Indicators* 11: 1027–1039.
- Lehtonen A., Mäkipää R., Heikkinen J., Sievänen R. & Liski J. 2004. Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. *Forest Ecology and Management* 188: 211224.
- Lehtonen A., Salminen O., Kallio M., Tuomainen T. & Sievänen R. 2016. *Skenaariolaskelmiin perustuva puuston ja metsien kasvihuonekaasutaseen kehitys vuoteen 2045. Selvitys maa- ja metsätalousministeriölle vuoden 2016 energia- ja ilmastostrategian valmistelua varten. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 36/2016.* Luonnonvarakeskus, Helsinki.
- Lehtonen H., Björkqvist N., Kaukonen M., Kuokkanen P., Luhta P.-L., Maukonen A. & Päivinen J. 2011. Teoksessa: Päivinen J., Björkqvist N., Karvonen L., Kaukonen M., Korhonen K.-M., Kuokkanen P., Lehtonen H. & Tolonen A. (toim.), *Metsähallituksen metsätalouden ympäristöopas*, Metsähallitus, painopaikkaa ei ilmoitettu, pp. 19–28.
- Leskinen A., Jalkanen R., Karvonen L., Lipponen O., Valkonen S., Wallenius P. & Siekkinen A. 2011. Talousmetsien ekosysteemipalveluiden turvaaminen. Teoksessa: Päivinen J., Björkqvist N., Karvonen L., Kaukonen M., Korhonen K.-M., Kuokkanen P., Lehtonen H. & Tolonen A. (toim.), *Metsähallituksen metsätalouden ympäristöopas*, Metsähallitus, painopaikkaa ei ilmoitettu, pp. 82–180.

- Litton C. M., Raich J. W. & Ryan M. G. 2007. Carbon allocation in forest ecosystems. *Global Change Biology* 13: 2089–2109.
- Luonnonvarakeskus 2012a. Kuollut puuaines (4.5).
<http://www.metla.fi/metinfo/kestavyys/c4-deadwood.htm> (luettu: 27.10.2018)
- Luonnonvarakeskus 2012b. Suomen metsät 2012: Kriteeri 4 Monimuotoisuus.
<http://www.metla.fi/metinfo/kestavyys/c4-threatened-forest.htm> (luettu: 28.10.2018)
- Luonnonvarakeskus 2015a. Valtakunnan metsien inventointi (VMI). Luotettavia metsävaratietoja 1920-luvulta lähtien.
<http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/info.htm> (luettu: 28.10.2018)
- Luonnonvarakeskus 2015b. Puun energiakäyttö. Laatuseloste.
http://stat.luke.fi/laatuseloste-puun-energiak%C3%A4ytt%C3%B6_fi
 (luettu: 28.10.2018)
- Luonnonvarakeskus 2016a. Metsien suojelu. Metsien suojelu 1.1.2016.
<http://stat.luke.fi/metsien-suojelu> (luettu: 27.10.2018)
- Luonnonvarakeskus 2016b. Hakkuukertymä ja puuston poistuma alueittain 2015.
http://stat.luke.fi/hakkuukertym%C3%A4-ja-puuston-poistuma-alueittain-2015_fi (luettu: 27.10.2018)
- Luonnonvarakeskus 2016c. Metsähakkeen käyttö supistui 2015.
<https://www.luke.fi/uutiset/metsahakkeen-kaytto-supistui-2015/> (luettu: 27.10.2018)
- Luonnonvarakeskus 2016d. Metsäteollisuuden puunkäyttö 1860–2015 -tilasto.
<http://stat.luke.fi/sites/default/modules/pubdlcnt/pubdlcnt.php?file=http://stat.luke.fi/sites/default/files/kuningastaulukko-edit-final-sivulle-3.xls&nid=5170> (luettu: 27.10.2018)
- Luonnonvarakeskus 2017. Runkopuun hakkuumäärä nousi ennätystasolle vuonna 2016. <https://www.luke.fi/uutiset/runkopuun-hakkuumaara-nousi-ennatystasolle-vuonna-2016/> (luettu: 21.11.2018)
- Luonnonvarakeskus 2018a. Valtakunnan metsien 12. inventointi (VMI12): Puuvarat kasvavat edelleen. <https://www.luke.fi/uutiset/valtakunnan-metsien-12-inventointi-vmi12-puuvarat-kasvavat-edelleen/> (luettu: 11.11.2018)
- Luonnonvarakeskus 2018b. Hakkuukertymä ja puuston poistuma alueittain 2017.
https://stat.luke.fi/hakkuukertym%C3%A4-ja-puuston-poistuma-alueittain-2017_fi (luettu: 21.11.2018)

- Luonnonvarakeskus 2018c. Metsävarat. <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsavarat-ja-metsasuunnittelu/metsavarat/> (luettu: 27.10.2018)
- Luonnonvarakeskus 2018d. Tilastotietokanta. http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__06%20Metsavarat/?tabtablel=true&rxid=f8ed5f38-9607-4c55-91c9-791d660b234e (luettu: 21.11.2018)
- Luonnonvarakeskus 2018e. Liite 1: Suomen metsävaratietoja. https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2018/10/Tiedote-vmi-2018-liite_1.pdf (luettu: 21.11.2018)
- Luonnonvarakeskus 2019. Säästöpuuston laatu yksityismetsien avohakkuissa (% avohakkuualoista). http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__08%20Muut__Metsien%20monimuotoisuus/2.11_Saastopuutyksityismetsien_avoavohakkui.px/?rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db (luettu: 21.2.2019)
- Luonnontila 2017a. ME6 Lahopuun määrä <http://www.luonnontila.fi/ext/fi/data-pages/me6-taustatiedot.html> (luettu: 28.10.2018)
- Luonnontila 2017b. Metsien ikärakenne. <https://www.luonnontila.fi/fi/elinymparistot/metsat/me8-metsien-ikarakenne> (luettu: 27.10.2018)
- Luyssaert S., Schulze E.-D., 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.
- Lähde E., Eskelinen T. & Väänänen A. 2002. Growth and diversity effects of silvicultural alternatives on an old-growth forest in Finland. *Forestry* 75: 395–400.
- Ma Q. 1998. Greenhouse Gases: Refining the Role of Carbon Dioxide. NASA. http://www.giss.nasa.gov/research/briefs/ma_01/ (luettu: 28.10.2018)
- Maa- ja metsätalousministeriö 2008. Kansallinen metsäohjelma 2015. Lisää hyvinvointia monimuotoisista metsistä - Valtioneuvoston periaatepäätös. http://mmm.fi/documents/1410837/1721038/3_2008FI_netti.pdf/c8535e3a-7379-44a7-a18a-9840e90e3ac3 (luettu: 28.10.2018)
- Maa- ja metsätalousministeriö 2011. Kansallinen metsäohjelma 2015. https://mmm.fi/documents/1410837/1721038/3_2008FI_netti.pdf/c8535e3a-7379-44a7-a18a-9840e90e3ac3/3_2008FI_netti.pdf.pdf (luettu: 28.10.2018)

- Maa- ja metsätalousministeriö 2015. Kansallinen metsästrategia 2025. Valtioneuvoston periaatepäätös 12.2.2015. <http://mmm.fi/documents/1410837/1504826/Kansallinen+mets%C3%A4strategia+2025/c8454e55-b45c-4b8b-a010-065b38a22423> (luettu: 28.10.2018)
- Maa- ja metsätalousministeriö 2016. Kansallinen metsästrategia 2025 –seuranta. <http://mmm.fi/documents/1410837/2000444/Kansallinen+mets%C3%A4strategia+2025+-seurantaraportti.pdf/3e56946c-5baa-49f7-abe3-086fb93648db> (luettu: 28.10.2018)
- Maa- ja metsätalousministeriö 2018. Puun energiakäyttö. <http://mmm.fi/metsat/puun-kaytto/puun-energiakaytto> (luettu: 28.10.2018)
- Maa- ja metsätalousministeriö & Luonnonvarakeskus 2015. Finland's forests 2015. <http://www.metla.fi/metinfo/kestavyys/pdf/finlands-forests-facts-2015-small.pdf> (luettu: 28.10.2018)
- MacArthur R.-H. & Wilson E. O. 1963. An Equilibrium Theory of Insular Zoogeography. *Evolution* 17: 373–387.
- Martikainen P. 2000. Conservation of threatened saproxylic beetles: significance of retained aspen *Populus tremula* on clearcut areas. *Ecological Bulletins* 49: 205–218.
- Matveinen K., Lilja-Rothsten S., Junninen K., Bäckman M., Eteläaho E., Kajander L., Kammonen A., Korhonen K. T., Lindberg H., Loiskekoski M., Musta I., Nissinen M., Perkiö R., Puntila P., Sahi V., Syrjänen K., Tiitinen-Salmela S. & Tonteri T. 2015. Metsäelinympäristöt. Teoksessa: Kotiaho J. S., Kuusela S., Nieminen E. ja Päivinen J. (toim.), *Elinympäristöjen tilan edistäminen Suomessa*. ELITE-työryhmän mietintö elinympäristöjen tilan edistämisen priorisointisuunnitelmaksi ja arvio suunnitelman kokonaiskustannuksista, Suomen ympäristö 8 | 2015, Ympäristöministeriö, Helsinki, pp. 100–122.
- METI-työryhmä 2015. Suunnitelma metsien suojelualue- ja METSO-tilastoinnin kehittämiseksi. MMM:n työryhmämuistio 2015:2. <http://mmm.fi/documents/1410837/1722412/MMM-TRM-2015-2/9a56016b-8b6e-486e-b719-7552136a8d89> (luettu: 28.10.2018)
- METSO 2016. METSO – Etelä-Suomen metsien monimuotoisuusohjelma. <http://www.metsonpolku.fi/fi-FI/METSOohjelma> (luettu: 28.10.2018)
- Metsähallitus 2016. Metsähallituksen yleiset yhteiskunnalliset velvoitteet 2015. Seurantaraportti 19.2.2016. valtioneuvosto.fi/delegate/file/13621 (luettu: 28.10.2018)

- Metsähallitus 2018a. Hossan kansallispuisto. <http://www.luontoon.fi/hossa> (luettu: 2.12.2018)
- Metsähallitus 2018b. Monien mahdollisuuksien Metsähallitus. <http://www.metsa.fi/metsahallitus> (luettu: 28.10.2018)
- Metsäkeskus 2015. Kansallinen metsästrategia 2025. https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/metsastrategia2025_12022015.pdf (luettu: 28.10.2018)
- Metsälaki 12.12.1996/1093.
- Metsäntutkimuslaitos 2009. Lahopuun määrä lisääntynyt Etelä-Suomessa. <http://www.metla.fi/tiedotteet/2009/2009-03-31-vmi-lahopuu.htm> (luettu: 27.10.2018)
- Metsäntutkimuslaitos 2010a. VMI:n historia. <http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/vmi-historia.htm> (luettu: 27.10.2018)
- Metsäntutkimuslaitos 2010b. Eri-ikäisrakenteisen metsikön kasvattaminen. <http://www.metla.fi/metsat/solbole/tutkimuspuisto/tulostettavat/eri-ikaisrakenteiset-metsat.pdf> (luettu: 18.10.2018)
- Metsäntutkimuslaitos 2011. Metsävarat. Metsätilastollinen vuosikirja 2011. http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2011/vsk11_01.pdf (luettu: 22.10.2018)
- Metsäntutkimuslaitos 2012. Valtakunnan metsien inventointi (VMI). Suomen metsävaratietoja. <http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/vmi-mvarat.htm> (luettu: 28.10.2018)
- Metsäntutkimuslaitos 2014a. *Metsätilastollinen vuosikirja 2014*. Tammerprint oy, Tampere.
- Metsäntutkimuslaitos 2014b. Harvennustavat. <http://www.metla.fi/metsat/havaintometsikot/tasaikaisen-metsikon-kasvatus-harvennukset-harvennustavat.htm> (luettu: 28.10.2018)
- Metsäntutkimuslaitos 2014c. Suomen metsät 2012: Kriteeri 6 Yhteiskunnallinen ja taloudellinen merkitys. <http://www.metla.fi/metinfo/kestavyys/c6-forest-holdings.htm> (luettu: 28.10.2018)
- Metsäntutkimuslaitos 2017. Metsävarat metsäkeskuksittain - inventointien VMI9-VMI11 tuloksia. Puuston keskitilavuus ikäluokittain ja puulajivaltaisuuksittain metsämaalla. <http://www.metla.fi/metinfo/vmi/index.htm> (luettu: 30.4.2017)

- Metsäteollisuus 2016. Metsäteollisuuden ajankohtaiset EU-asiat. <https://www.metsateollisuus.fi/mediabank/7493.pdf> (luettu: 28.10.2018)
- Metsäteollisuus 2018. Tietoa meistä. <https://www.metsateollisuus.fi/tietoa-meista/> (luettu: 28.10.2018)
- Miettinen O. 2012. Orvakkalajistoselvitys Veräjämäen, Patolan ja Talin alueilla 2011. Helsingin kaupungin ympäristökeskus. <http://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-06-12.pdf> (luettu: 28.10.2018)
- MTK 2015. MTK:n tehtävät. https://www.mtk.fi/mtk/tehtavat/fi_FI/mtkn_tehtavat/ (luettu: 28.10.2018)
- Mäkinen H., Hynynen J., Siitonen J. & Sievänen R. 2006. Predicting the decomposition of scots pine, Norwayspruce, and birch stems in Finland. *Ecological Applications* 16: 1865–1879.
- Pardini R., Bueno A. D., 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. (luettu: 28.10.2018)
- PEFC 2014. Suomen PEFC-standardi. PEFC-metsäsertifiointin kriteerit. http://pefc.fi/wp-content/uploads/2016/09/PEFC_FI_1002_2014_Metsaertifiointin_kriteerit_20141027.pdf (luettu: 28.10.2018)
- PEFC 2018a. PEFC Suomessa. <https://pefc.fi/pefc/pefc-suomi/> (luettu: 28.10.2018)
- PEFC 2018b. PEFC-merkki. <http://pefc.fi/sertifiointi/pefc-merkki/> (luettu: 28.10.2018)
- Pohjanmies T., Triviño M., Le Tortorec E., Mazziotta A., Snäll T., Mönkkönen M. 2017. Impacts of forestry on boreal forests: An ecosystem services perspective. *Ambio* 46: 743755.
- Päivinen J., Heinonen P., Korhonen K.-M. & Leinonen J. 2011. Teoksessa: Päivinen J., Björkqvist N., Karvonen L., Kaukonen M., Korhonen K.-M., Kuokkanen P., Lehtonen H. & Tolonen A. (toim.), *Metsähallituksen metsätalouden ympäristöopas*, Metsähallitus, painopaikkaa ei ilmoitettu, pp. 12–24.
- Rassi P., Hyvärinen E., Juslén A. & Mannerkoski I. (toim.) 2010. *Suomen lajien uhanalaisuus. Punainen kirja 2010*. Edita Prima Oy, Helsinki.

- Repola J. 2009. Biomass equations for Scots pine and Norway spruce in Finland. *Silva Fennica* 43: 625–647.
- Russell M. B., Fraver S., Aakala T., Gove J. H., Woodall C. W., D'Amato A. W. & Ducey M. J. 2015. Quantifying carbon stores and decomposition in dead wood: A review. *Forest Ecology and Management* 350: 107–128.
- Salmi, J. 1983. Kuusen puuaine ja käyttö. *Sorbifolia* 14: 125–132.
- Salminen O., Hirvelä H. & Härkönen K. 2013. Valtakunnan metsien 10. inventointiin perustuvatainespuun alueelliset hakkuumahdollisuusarviot. *Metsätieteen aikakauskirja* 3/2013: 199–268.
- Salo, P., Niemelä T. & Salo U. 2006. *Suomen sieniopas*. Kasvimuseo. WSOY, EU.
- Siitonen J. 1998. Lahopuun merkitys metsäluonnon monimuotoisuudelle – kirjallisuuskatsaus. Teoksessa: Annila E. (toim.), *Monimuotoinen metsä, Metsäluonnon monimuotoisuuden tutkimusohjelman väliraportti, Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 705*, Gummerus Kirjapaino Oy, pp. 131–162.
- Siitonen J. 2001. Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecological Bulletins* 49: 11–41.
- Siitonen J. 2011. Lahopuusto toimii monimuotoisuuden mittarina. Teoksessa: Merilä P. & Joutsimäki M. (toim.), *Metsät muuttuvat, Suomen metsien tilaa seurataan*, Metla, Kopijyvä, Jyväskylä, pp. 14–15.
- 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. & Ollikainen M. 2006. Talousmetsät. Teoksessa: Horne P., Koskela T., Kuusinen M., Otsamo A. & Syrjänen K. (toim.), *Metson jäljillä, Etelä-Suomen metsien monimuotoisuusohjelman tutkimusraportti*, Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala, pp. 53–85.
- Siitonen J., Hottola J. & Lommi S. 2006. Säästöpuuston merkitys vaateliaalle kääpä- ja epifyyttilajistolle. Teoksessa: Horne P., Koskela T., Kuusinen M., Otsamo A. & Syrjänen K. (toim.), *Metson jäljillä, Etelä-Suomen metsien monimuotoisuusohjelman tutkimusraportti*, Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala, pp. 339–341.
- Siitonen J., Penttilä R. & Ihalainen A. 2012. METSO-ohjelman uusien pysyvien ja määräaikaisten suojelualueiden ekologinen laatu Uudenmaan alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2012: 259–283.

- Similä M, Kouki J. & Martikainen P. 2003. Saproxylic beetles in managed and seminatural Scots pine forests: quality of dead wood matters. *Forest Ecology and Management* 174: 365–381.
- Sipilä A. 2006. *Pinus sylvestris* - Metsämänty, mänty. Helsingin yliopisto. http://www.helsinki.fi/metsatieteet/arboretum/puulajit/pinus_sylvestris.html (luettu: 28.10.2018)
- Statistics Finland. 2016. Greenhouse gas emissions in Finland 1990–2014. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto protocol. Statistics Finland. https://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/fi_un_nir_2014_20160415.pdf (luettu: 28.10.2018)
- Stenlid J., Penttilä R. & Dahlbeg A. 2008. Wood-Decay Basidiomycetes in Boreal Forests: Distribution and Community Development. Teoksessa: Boddy L., Frankland J. C. & van West P. (toim.), *Ecology of Saprotrrophic Basidiomycetes*, Academic Press, Eastbourne, pp. 239–262.
- Stokland J. N., Eriksen R., Tomter S. M., Korhonen K., Tomppo E., Rajaniemi S., Söderberg U, Toet H. & Riis-Nielsen T. 2003. *Forest biodiversity indicators in the Nordic countries. Status based on national forest inventories*. TemaNord. Agriculture and Forestry. Rosendahls Bogtrykkeri, Esberg.
- Stokland J. N. 2012. The saproxylic food web. Teoksessa: Stokland J. N., Siitonen J. & Jonsson B. G. (toim.), *Biodiversity in Dead Wood*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 29–57.
- Stokland J. N., Siitonen J. & Jonsson B. G. 2012. *Biodiversity in Dead Wood*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Suomen metsäkeskus 2016a. Keski-Suomen metsäohjelma 2016-2020. http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/amo_keskisuomi_sivuittain_v3.pdf (luettu: 28.10.2018)
- Suomen metsäkeskus 2014b. Metsäkeskus. <http://www.metsakeskus.fi/metsakeskus#.V90kOfI96Uk> (luettu: 28.10.2018)
- Suomen metsäkeskus 2014c. Alueelliset metsäohjelmat. http://www.metsakeskus.fi/alueelliset-metsaohjelmat#.V_FHAYQnJoM (luettu: 28.10.2018)
- Suomen metsäkeskus 2017. Metsänkäyttöilmoituksiin perustuva hakkuutapatilasto vuodelta 2017, yksityismetsät kunnittain. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/hakkuuaikomukset-2017-kunnittain> (luettu: 28.10.2018)

- Suurkuukka H., Virtanen R., Soininen J., Paasivirta L. & Muotka T. 2014. Woodland key habitats and stream biodiversity: Does small-scale terrestrial conservation enhance the protection of stream biota? *Biological Conservation* 170: 10–19.
- Talousvaliokunta 2017. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Valiokunnan mietintö TaVM 8/2017 vp—VNS 7/2016 vp.
https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Mietinto/Documents/TaVM_8+2017.pdf?fbclid=IwAR3eQd37A6uoam_F2EccgY9L6gyrVDigtBng2xCOF4ytlwgxVK4LSRSCjql (luettu: 27.10.2018)
- Tilastokeskus 2016. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2015. Ympäristö- ja luonnonvarat 2016.
http://www.stat.fi/static/media/uploads/suominir_2016.pdf (luettu: 28.10.2018)
- Tirri, R. 2006. *Biologian sanakirja*. 3. painos. Otava, Helsinki.
- Tonteri, T. & Siitonen, J. 2001: Lahopuu talousmetsissä valtakunnan metsien 9. inventoinnin tulosten mukaan – vertailu luonnonmetsiin. Teoksessa: Siitonen J. (toim.), *Monimuotoinen metsä, Metsäluonnon monimuotoisuuden tutkimusohjelman loppuraportti, Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 812*, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä, pp. 57–72.
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2013a. Kansallinen energia- ja ilmastostrategia. Taustaraportti.
<http://tem.fi/documents/1410877/2626968/Kansallinen+energia-+ja+ilmastostrategian+taustaraportti.pdf/51445cd7-2e89-44dc-a0d3-45cbd6ffa8da> (luettu: 28.10.2018)
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2013b. Kansallinen energia- ja ilmastostrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 20. päivänä maaliskuuta 2013.
http://tem.fi/documents/1410877/2626968/Energia-+ja+ilmastostrategia_2013.pdf/ce0e9b73-f907-454b-b52b-87fa9fa481d2 (luettu: 28.10.2018)
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2016a. Toimialaraportti: Uusiutuvan energian EU-maali vuodelle 2020 alkaa olla saavutettu. http://tem.fi/artikkeli/-/asset_publisher/uusiutuvan-energian-eu-maali-vuodelle-2020-alkaa-olla-saavutettu (luettu: 28.10.2018)
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2016b. Energia- ja ilmastostrategian ja keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman perusskenaarion tausta-oletuksia. 15.6.2016 (versio 1, täydentyy).
<http://tem.fi/documents/1410877/2148188/Perusskenaarion+taustaoletuks>

et+(luonnos+16.5.2016)/1f44a515-66f2-477f-bf0a-ac6d7a9fc1c3 (luettu: 28.10.2018)

Työ- ja elinkeinoministeriö 2016c. Uusiutuvan energian tukijärjestelmien kehittämistyöryhmän loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia ja ilmasto. 16/2016. <https://tem.fi/documents/1410877/2772829/Uusiutuvan+energian+tukij%C3%A4rjestelmien+kkeh%C3%A4misty%C3%B6ryhm%C3%A4n+loppuraportti.pdf/c09c4499-b523-40ae-9fdc-644d5a1cd343> (luettu: 28.10.2018)

Työ- ja elinkeinoministeriö 2017. *Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 4/2017.* Lönnberg Print & Promo, Helsinki.

Ulkoasiainministeriö 2018. EU-lakien suhde Suomen lakiin. <http://eurooppatiedotus.fi/public/default.aspx?nodeid=46849&contentlan=1&culture=fi-FI> (luettu: 27.10.2018)

UNFCCC 2018. Kyoto Protocol. http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php (luettu: 28.10.2018)

YK 2016. Kehitys. <http://www.yk.fi/node/470> (luettu 28.10.2018)

United Nations 2000. Non-Legally Binding Authoritative Statement of Principles for a Global Consensus on the Management, Conservation and Sustainable Development of All Types of Forests. A/CONF.151/26 (Vol. III). <http://www.un.org/documents/ga/conf151/aconf15126-3annex3.htm> (luettu: 28.10.2018)

Ympäristöministeriö 2008. *METSÖ-ohjelman luonnontieteelliset valintaperusteet.* Suomen ympäristö 26/2008. Edita Prima Oy, Helsinki.

Ympäristöministeriö 2012. Valtioneuvoston periaatepäätös suomen luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestäväen käytön strategiasta vuosiksi 2012–2020, luonnon puolesta – ihmisen hyväksi. <http://www.ym.fi/download/noname/%7B42B4A7BC-EA00-4724-8599-703B5E6076BE%7D/24101> (luettu: 28.10.2018)

Ympäristöministeriö 2013. Luonnon puolesta – ihmisen hyväksi. Suomen luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestäväen käytön toimintaohjelma 2013–2020. <http://www.ym.fi/download/noname/%7BA1006DC3-DDD2-4710-AFD4-C0F29D96C110%7D/31786> (luettu: 28.10.2018)

Ympäristöministeriö 2014a. Valtioneuvoston periaatepäätös Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelman jatkamisesta 2014-2025. <http://www.ym.fi/download/noname/%7BE4BA4C28-3815-4E62-87B5-AF9226CF749C%7D/100323> (luettu: 28.10.2018)

- Ympäristöministeriö 2014b. Metsien monimuotoisuusohjelma METSO jatkuu vuoteen 2025. [http://www.ym.fi/fi-FI/Luonto/Luonnon_monimuotoisuus/Metsien_monimuotoisuusohjelma_METSO_jatk\(29822\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Luonto/Luonnon_monimuotoisuus/Metsien_monimuotoisuusohjelma_METSO_jatk(29822)) (luettu: 28.10.2018)
- Ympäristöministeriö 2016a. Pariisin ilmastopöytäkirja. <http://www.ym.fi/pariisi2015> (luettu: 28.10.2018)
- Ympäristöministeriö 2016b. Suomi ratifioi Pariisin ilmastopöytäkirjan. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Suomi_ratifioi_Pariisin_ilmastopöytäkirjasta (luettu: 28.10.2018)
- Ympäristöministeriö 2017. Strategia tuo valtavirtaan työn luonnon puolesta. http://www.ym.fi/fi-FI/Luonto/Luonnon_monimuotoisuus/Strategia_ja_toimintaohjelma (luettu: 28.10.2018)
- Valtioneuvosto 2008. Valtioneuvoston periaatepäätös Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelmasta 2008–2016. <http://www.metsonpolku.fi/download/noname/%7BA51BCBD0-0CAB-47B9-8F3B-C7482A8DDFF4%7D/115128> (luettu: 28.10.2018)
- Valtioneuvosto 2012. Valtioneuvoston periaatepäätös Suomen luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestävästä käytöstä vuodelle 2012–2020, Luonnon puolesta – ihmisen hyväksi. <http://www.ym.fi/download/noname/%7B42B4A7BC-EA00-4724-8599-703B5E6076BE%7D/24101> (luettu: 28.10.2018)
- Valtioneuvoston kanslia 2015. Ratkaisujen Suomi. Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma 29.5.2015. Hallituksen julkaisusarja10/2015. https://valtioneuvosto.fi/documents/10184/1427398/Ratkaisujen+Suomi_FI_YHDISTETTY_nenet.pdf (luettu: 28.10.2018)
- Vanhala P., Repo A. & Liski J. 2013. Forest bioenergy at the cost of carbon sequestration? *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5: 41-46.
- Varsinais-Suomen ELY-keskus 2014. Lahopuun määrä lisääntynyt talousmetsissä - Varsinais-Suomi ja Satakunta. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Luonnon_monimuotoisuus/Lahopuun_maara_lisaantynyt_talousmetsissa\(30889\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Luonnon_monimuotoisuus/Lahopuun_maara_lisaantynyt_talousmetsissa(30889)) (luettu: 27.10.2018)
- Verkerk P.J., Lindner M., Zanchi G. & Zudin S. 2011. Assessing impacts of intensified biomass removal on deadwood in European forests. *Ecological Indicators* 11: 27–35.

- Work T. T. & Hibbert A. 2011 Estimating species loss of saproxylic insects under scenarios of reduced coarse woody material in eastern boreal forests. *Ecosphere* 2: 1-11.
- Wright D. H. 1983. Species-energy theory: an extension of species-area theory. *Oikos* 41: 496-506.
- WWF 2011. Metsäsertifiointi. <http://wwf.fi/vaikuta-kanssamme/metsat/teollisuus/metsasertifiointi/Metsasertifiointi-1206.a> (luettu: 28.10.2018)
- WWF 2012. Ilmasto elää metsästä. Suomen metsien rooli ilmastonmuutoksen hillinnässä. <http://wwf.fi/mediabank/2666.pdf> (luettu: 28.10.2018)
- WWF 2015. Mitä metsä kestää? Suomen metsien ekologialoudellisesti vastuullinen hakkuupotentiaali. <http://wwf.fi/mediabank/7067.pdf> (luettu: 28.10.2018)
- WWF 2018. WWF:n suosittelemat setrifikaatit. <http://wwf.fi/vaikuta-kanssamme/vastuullinen-elamantapa/wwfn-suosittelemat-sertifikatit/> (luettu: 28.10.2018)
- Äijälä O., Koistinen A., Sved J., Vanhatalo K. & Väisänen P. (toim.) 2014. Metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. http://www.metsanhoitosuositukses.fi/wp-content/uploads/2016/08/Metsanhoidon_suositukses_Tapio_2014.pdf (luettu: 28.10.2018)

LIITTEET

Liite 1. Metsävarat metsäkeskuksittain. Inventointien VMI9-VMI11 tuloksia. Puuston keskitilavuus ikäluokittain ja puulajivaltaisuuksittain metsämaalla koko maan metsäalueilla. Yksikkönä m³/ha. Lähde: Metsäntutkimuslaitos 2017.

Inventointi	Alue	Vallitseva puulaji	Puuton	Ikäluokka, v.									Yhteensä
				1-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	Yli 160	
9	Koko maa	Puuton	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
9	Koko maa	Mänty	-	18	71	86	100	122	138	133	128	96	85
9	Koko maa	Kuusi	-	20	97	162	204	219	203	178	148	104	150
9	Koko maa	Lehtipuu	-	21	84	113	133	141	134	92	37	105	89
9	Koko maa	Yhteensä	8	18	76	105	131	151	159	145	134	99	100
10	Koko maa	Puuton	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
10	Koko maa	Mänty	-	18	87	102	105	127	155	157	137	101	95
10	Koko maa	Kuusi	-	21	117	173	212	228	223	207	156	111	145
10	Koko maa	Lehtipuu	-	34	97	130	141	137	140	91	100	85	102
10	Koko maa	Yhteensä	9	21	93	119	134	154	176	170	143	105	107
11	Koko maa	Puuton	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
11	Koko maa	Mänty	-	18	93	114	109	128	151	152	130	101	101
11	Koko maa	Kuusi	-	21	113	186	212	225	233	196	144	113	146
11	Koko maa	Lehtipuu	-	38	99	136	155	139	100	83	131	180	111
11	Koko maa	Yhteensä	6	21	98	131	138	153	174	165	135	105	112

Liite 2. Metsävarat metsäkeskuksittain. Inventointien VMI9-VMI11 tuloksia. Puuston keskitilavuus ikäluokittain ja puulajivaltaisuuksittain metsämaalla koko maan puuntuotannon metsäalueilla. Yksikkönä m³/ha. Lähde: Metsäntutkimuslaitos 2017.

Inventointi	Alue	Vallitseva puulaji	Puuton	Ikäluokka, v.									Yhteensä
				1-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	Yli 160	
9	Koko maa	Puuton	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
9	Koko maa	Mänty	-	18	71	85	100	125	139	133	127	93	85
9	Koko maa	Kuusi	-	20	97	162	204	220	207	186	158	108	154
9	Koko maa	Lehtipuu	-	21	83	113	138	157	153	134	-	-	89
9	Koko maa	Yhteensä	8	18	76	105	131	155	162	147	136	98	100
10	Koko maa	Puuton	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
10:	Koko maa	Mänty	-	18	87	103	106	130	155	157	133	95	95
10	Koko maa	Kuusi	-	20	117	173	212	229	226	209	162	114	147
10	Koko maa	Lehtipuu	-	34	97	132	145	157	159	144	71	-	103
10	Koko maa	Yhteensä	9	21	93	120	136	159	179	171	141	101	107
11	Koko maa	Puuton	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
11	Koko maa	Mänty	-	18	93	115	111	131	156	155	131	100	101
11	Koko maa	Kuusi	-	21	114	185	213	228	238	215	167	133	148
11	Koko maa	Lehtipuu	-	38	99	137	161	174	124	92	88	-	113
11	Koko maa	Yhteensä	6	21	98	132	141	159	181	172	140	109	112

Liite 3. Metsävarat metsäkeskuksittain. Inventointien VMI9-VMI11 tuloksia. Puuston keskitilavuus ikäluokittain ja puulajivaltaisuuksittain metsämaalla Etelä-Suomen metsäalueilla. Yksikkönä m³/ha. Lähde: Metsäntutkimuslaitos 2017.

Inventointi	Alue	Vallitseva puulaji	Puuton	Ikäluokka, v.									Yhteensä
				1-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	Yli 160	
9	Etelä-Suomi	Puuton	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
9	Etelä-Suomi	Mänty	-	21	84	113	144	166	168	159	156	161	107
9	Etelä-Suomi	Kuusi	-	23	104	174	221	237	239	232	221	200	173
9	Etelä-Suomi	Lehtipuu	-	22	95	141	172	194	202	174	-	-	99
9	Etelä-Suomi	Yhteensä	8	22	90	136	180	198	196	181	173	171	125
10	Etelä-Suomi	Puuton	10										10
10	Etelä-Suomi	Mänty		22	107	133	149	171	183	182	169	175	121
10	Etelä-Suomi	Kuusi		22	125	183	229	252	260	251	248	224	164
10	Etelä-Suomi	Lehtipuu		36	109	167	186	198	220	194	224	-	114
10	Etelä-Suomi	Yhteensä	10	24	111	152	186	205	212	202	188	186	132
11	Etelä-Suomi	Puuton	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
11	Etelä-Suomi	Mänty	-	22	114	143	155	175	193	183	175	167	129
11	Etelä-Suomi	Kuusi	-	22	127	198	240	261	273	279	238	241	163
11	Etelä-Suomi	Lehtipuu	-	41	105	167	216	226	174	147	-	233	125
11	Etelä-Suomi	Yhteensä	7	24	115	162	194	210	222	212	189	179	138

Liite 4. Metsävarat metsäkeskuksittain. Inventointien VMI9-VMI11 tuloksia. Puuston keskitilavuus ikäluokittain ja puulajivaltaisuuksittain metsämaalla Etelä-Suomen puuntuotannon metsäalueilla. Yksikkönä m³/ha. Lähde: Metsäntutkimuslaitos 2017.

Inventointi	Alue	Vallitseva puulaji	Puuton	Ikäluokka, v.									Yhteensä
				1-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	Yli 160	
9	Etelä-Suomi	Puuton	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
9	Etelä-Suomi	Mänty	-	21	84	112	144	166	168	158	152	147	106
9	Etelä-Suomi	Kuusi	-	23	104	173	221	237	239	231	211	195	173
9	Etelä-Suomi	Lehtipuu	-	21	94	139	170	196	200	174	-	-	97
9	Etelä-Suomi	Yhteensä	8	22	89	135	180	198	196	180	167	160	124
10	Etelä-Suomi	Puuton	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
10	Etelä-Suomi	Mänty	-	22	107	133	150	172	182	180	163	163	120
10	Etelä-Suomi	Kuusi	-	22	125	183	229	252	259	250	240	200	162
10	Etelä-Suomi	Lehtipuu	-	36	110	168	185	199	210	223	-	-	113
10	Etelä-Suomi	Yhteensä	10	24	111	152	186	205	211	200	181	171	131
11	Etelä-Suomi	Puuton	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
11	Etelä-Suomi	Mänty	-	22	114	143	156	173	192	182	172	164	128
11	Etelä-Suomi	Kuusi	-	22	126	197	239	261	269	278	237	237	161
11	Etelä-Suomi	Lehtipuu	-	41	105	167	214	228	174	147	-	-	123
11	Etelä-Suomi	Yhteensä	7	24	115	162	194	209	219	211	186	176	136

Liite 5. Metsävarat metsäkeskuksittain. Inventointien VMI9-VMI11 tuloksia. Puuston keskitilavuus ikäluokittain ja puulajivaltaisuuksittain metsämaalla Pohjois-Suomen metsäalueilla. Yksikkönä m³/ha. Lähde: Metsäntutkimuslaitos 2017.

Inventointi	Alue	Vallitseva puulaji	Puu ton	Ikäluokka, v.									Yhteensä
				1-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	Yli 160	
9	Pohjois-Suomi	Puuton	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
9	Pohjois-Suomi	Mänty	-	13	50	62	71	83	97	109	114	93	66
9	Pohjois-Suomi	Kuusi	-	11	38	71	98	117	115	124	125	101	92
9	Pohjois-Suomi	Lehtipuu	-	17	62	78	89	84	83	72	-	105	71
9	Pohjois-Suomi	Yhteensä	9	13	51	65	75	86	101	112	118	96	70
10	Pohjois-Suomi	Puuton	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
10	Pohjois-Suomi	Mänty	-	14	57	73	79	90	111	119	123	95	72
10	Pohjois-Suomi	Kuusi	-	15	50	92	112	126	124	138	133	107	97
10	Pohjois-Suomi	Lehtipuu	-	19	65	88	101	95	92	60	77	85	81
10	Pohjois-Suomi	Yhteensä	8	14	58	76	83	94	113	123	126	100	76
11	Pohjois-Suomi	Puuton	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
11	Pohjois-Suomi	Mänty	-	14	64	81	83	95	101	117	109	95	76
11	Pohjois-Suomi	Kuusi	-	18	54	93	117	120	141	133	127	109	101
11	Pohjois-Suomi	Lehtipuu	-	17	75	100	103	89	75	78	131	163	89
11	Pohjois-Suomi	Yhteensä	6	15	64	85	88	98	108	121	117	100	81

Liite 6. Metsävarat metsäkeskuksittain. Inventointien VMI9-VMI11 tuloksia. Puuston keskitilavuus ikäluokittain ja puulajivaltaisuuksittain metsämaalla Pohjois-Suomen puuntuotannon metsäalueilla. Yksikkönä m³/ha. Lähde: Metsäntutkimuslaitos 2017.

Inventointi	Alue	Vallitseva puulaji	Puuton	Ikäluokka, v.									Yhteensä
				1-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	Yli 160	
9	Pohjois-Suomi	Puuton	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
9	Pohjois-Suomi	Mänty	-	13	50	62	71	85	98	108	113	89	64
9	Pohjois-Suomi	Kuusi	-	11	39	71	97	118	120	130	136	103	91
9	Pohjois-Suomi	Lehtipuu	-	17	61	80	95	96	87	111	-	-	73
9	Pohjois-Suomi	Yhteensä	9	13	51	65	75	89	103	114	120	94	67
10	Pohjois-Suomi	Puuton	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
10	Pohjois-Suomi	Mänty	-	14	58	73	80	93	113	118	117	88	70
10	Pohjois-Suomi	Kuusi	-	14	52	92	113	130	128	139	134	108	93
10	Pohjois-Suomi	Lehtipuu	-	20	66	90	107	111	111	95	71	-	84
10	Pohjois-Suomi	Yhteensä	8	14	58	77	84	98	116	123	122	94	73
11	Pohjois-Suomi	Puuton	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
11	Pohjois-Suomi	Mänty	-	14	64	82	85	97	107	118	108	89	75
11	Pohjois-Suomi	Kuusi	-	17	55	93	117	124	151	141	141	125	99
11	Pohjois-Suomi	Lehtipuu	-	18	76	100	111	123	90	83	88	-	93
11	Pohjois-Suomi	Yhteensä	5	15	64	86	90	102	116	124	117	98	79