



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

*Luonnontieteiden ja metsätieteiden  
tiedekunta  
Faculty of Science and Forestry*

Ilmastonmuutoksen ja metsiensuojelupinta-alan vaikutus met-  
sien hiilensidontaan, ainespuun tuotantoon ja lahoppuuta tarvit-  
sevien lajien elinolosuhteisiin Itä-Suomessa

Eerik Vento

METSÄTIETEEN PRO GRADU,  
ERIKOISTUMISALA METSIEN HOITO JA METSÄEKOSYSTEEMIT

---

Joensuu 2021

Vento, Eerik. 2021. Ilmastonmuutoksen ja metsiensuojelupinta-alan vaikutus metsien hiilensidontaan, ainespuun tuotantoon ja lahoppuuta tarvitsevien lajien elinolosuhteisiin Itä-Suomessa. Itä-Suomen yliopisto, luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, metsätieteiden osasto, metsätieteiden pro gradu -tutkielma, erikoistumisala metsien hoito ja metsäekosysteemit. 39 sivua.

## Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin metsäekosysteemimallilaskelmien (SIMA) avulla kuinka ilmastonmuutoksen voimakkuuden lisääntyminen ja metsiensuojelupinta-alan kasvattaminen vaikuttavat metsäekosysteemiin sitoutuneen hiilen määrään, puuston runkotilavuuteen, ainespuun hakkuisiin, lahoppuun määrään sekä sitä vaativien lajien elinolosuhteisiin Pohjois-Karjalan alueella. Lähtöaineistona mallisimuloinneissa käytettiin valtakunnan metsien inventoinnin (VMI10) pysyvien koealojen aineistoja (kivennäismaat) sekä Ilmatieteen laitoksen tuottamia ilmastoaineistoja (nykyilmasto 1981–2010 ja RCP2.6 ja RCP4.5 ilmastonmuutoskenaarioita 2010–2099). Simuloinnit tehtiin 0, 10, 20 ja 100 % metsäpinta-alan suojelua käyttäen. Ei suojelun piirissä olevat metsät hoidettiin jaksollista metsän kasvatusta käyttäen.

Yleisesti ilmastonlämpeneminen lisäsi metsäekosysteemiin sitoutuneen hiilen määrää, puuston runkotilavuutta sekä hakatun ainespuun määrää. Myös lahoppuuta vaativien lajien suotuisten ja erittäin suotuisten elinympäristöjen osuudet kasvoivat pääsääntöisesti ilmaston lämmitessä, kun tarkasteltiin kaikkia lajeja yhdessä. Myös lahoppuun määrä kasvoi kaikissa käsittelyskenaarioissa ilmaston lämmitessä ja suojeltavan alueen pinta-alan kasvaessa. Metsiensuojelupinta-alan lisääminen lisäsi sekä metsäekosysteemiin sitoutuneen hiilen määrää, että puuston runkotilavuutta. Myös lahoppuuta vaativien lajien elinympäristöjen pinta-ala ja laatu paranivat suojelun myötä. Odotetusti suojelupinta-alan lisääminen laski hakatun ainespuun määrää, vaikkakin ilmastonlämpeneminen lisäsi puuston kasvua. Ilmaston lämmitessä puuston kasvun lisääntymisessä on mahdollista hakata nykyilmaston perusmetsänhoitoa vastaava ainespuun määrä, vaikka metsiensuojelupinta-alaa nostettaisiinkin.

**Asiasanat:** Ilmastonmuutos, metsiensuojelupinta-ala, metsäekosysteemimalli, hiilen sidonta, ainespuun tuotanto, lahoppu, lahoppuuta tarvitsevien lajien elinolosuhteet

Vento, Eerik. 2021. Effects of climate change and forest conservation area on the carbon sequestration, timber yield and area of suitable habitats for dead wood demanding species in North Karelian forests. University of Eastern Finland, Faculty of Science and Forestry, School of Forest Sciences. Master's thesis in Forest Science, specialization Forest management and forest ecosystems. 39 p.

## Summary

In this thesis, it is studied by using forest ecosystem model (SIMA) simulations, how intensity of climate change and increase of forest conservation areas affect the carbon stock in forest ecosystem, volume of the growing stock, timber yield, amount of the dead wood and area of suitable habitats for dead wood demanding species in forests of North Karelia. Simulations used national forest inventory data (VMI10) and different climate projections (current climate 1981-2010 and RCP2.6 and RCP4.5 forcing scenarios 2010-2099) as input data. Forest management was based on basic forest management that uses thinning's and clearcutting at the end of rotation. The different percentage of forest conservation areas used in simulations were 0, 10, 20 and 100 % of forest area.

In general, climate change increased the carbon stock of the forest ecosystem, volume of the growing stock and timber. Also, area of suitable and very suitable habitats for species that need dead wood, increased in general when considering all such species together. The amount of dead wood increased in all management regimes along with climate change and when the area of the forest conservation was increased. Increasing forest conservation area increased the carbon stock of forest ecosystem and volume of the growing stock. Also, quality and area of the suitable habitats of species that need dead wood increased. As expected, increasing area of the forest conservation decreased timber yield, although climate change increased the growth of the growing stock. However, along with the increased forest growth under climate change, it is possible to harvest same amount of timber than under the basic forest management regime under the current climate, although increasing the area of forest conservation

**Keywords:** Climate change, forest conservation, forest ecosystem model, carbon sequestration, timber yield, dead wood, suitable habitat for saproxylic species

## Alkusanat

Haluan kiittää pro gradu ohjaajaani prof. Heli Peltolaa hyvästä ohjauksesta ja tuesta gradua tehdessäni. Kiitän myös tutkija Harri Strandmania SIMA-aineistoa koskevien kysymysten ratkaisussa. Lisäksi kiitän veljeäni Henrik Ventoa työni oikoluvusta ja kommentteista.

Tutkimuksessani tehdyt metsäekosysteemimallisimuloinnit on tehty käyttäen Luonnonvarakeskuksen valtakunnan metsien 10. inventoinnin pysyvien koelajien aineistoa sekä Ilmatieteen laitoksen ilmastoaineistoja (aineistojen käyttöoikeus: Heli Peltolan johtamat ADAPT (päättönumero 260279) ja FORBIO (päättönumero 314224) hankkeet).

Joensuu 17.05.2021

Eerik Vento

## Sisällys

1 Johdanto.....	6
1.1 Tutkimuksen tausta.....	6
1.2 Tutkimuksen tavoitteet .....	8
2 Aineisto ja menetelmä .....	9
2.1 SIMA-metsäekosysteemimallin toiminta .....	9
2.2 Mallisimuloinnit ja niiden analysointi .....	10
3 Tulokset .....	13
3.1 Hiilen määrä metsäekosysteemissä .....	13
3.2 Puuston runkotilavuus .....	16
3.3 Ainespuun tuotanto.....	17
3.4 Lahopuun määrä .....	20
3.5 Lahopuuta vaativille lajeille suotuisan elinympäristön pinta-ala .....	21
4. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset .....	27
4.1 Työn päätulokset .....	27
4.2 Johtopäätökset .....	29
5 Lähdeluettelo .....	32
Liite 1.....	36
Liite 2.....	37
Liite 3.....	38
Liite 4.....	39

# 1 Johdanto

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Maapallon ilmaston oletetaan lämpenevän 0,3–4,8 °C, käytetystä skenaariosta riippuen, tämän vuosisadan aikana ja sen uskotaan olevan merkittävintä lauhkealla ja kylmällä vyöhykkeellä (van Vuuren ym. 2011; Ruosteenoja ym. 2016). Ilmastonmuutoksen arvioinnin ja seurannan tärkeitä työkaluja ovat ilmastomallit, jotka kuvaavat ilmakehän ja valtamerien käyttäytymistä virtausmekaniikan ja lämpöopin peruslakien avulla ja jotka mahdollistavat ilmaston tilan arvioinnin vuosikymmenien päähän (Flato ym. 2013; Lehtonen ym. 2020). Tämänhetkiset arviot ilmastonmuutoksen etenemisestä perustuvat Representative Concentration Pathways -kasvihuonekaasupäästöskenaarioihin tai lyhyesti RCP-skenaarioihin (van Vuuren ym. 2011; Ruosteenoja ym. 2016; Lehtonen ym. 2020). Näistä RCP2.6 -skenaario on kaikkein optimistisin skenaario, jossa hiilidioksidipäästöt vähenevät nopeasti 2020-luvulla ja laskevat nollassa noin vuoteen 2080 mennessä, jolloin ilmaston lämpeneminen saadaan pysäytettyä 0,3–1,7 °C:seen verrattuna vuosien 1981–2010 referenssitason. RCP4.5-skenaariossa hiilidioksidipäästöt nousevat vielä lähivuosikymmenien aikana, mutta kääntyvät laskuun vuoden 2050 tienoilla ja ilmakehän hiilidioksidi pitoisuus vakiintuu vuoteen 2100 mennessä (Ruosteenoja ym. 2016; Lehtonen ym. 2020). Tällöin vuotuinen keskilämpötila nousisi olisi välillä 1,1–2,6 °C vuoteen 2100 mennessä. Voimakkaimmassa RCP8.5-skenaariossa hiilidioksidipäästöt lisääntyvät voimakkaasti vuoteen 2100 mennessä verrattuna referenssitason, mikä lisää maapallon vuotuista keskilämpötilaa 2,6–4,8 °C. Ilmastonlämpeneminen voi vaikuttaa merkittävästi myös Suomessa metsien kasvuun ja kehitykseen, lisäten näin metsiin kohdistuvia abiottisia ja bioottisia tuhoriskejä (Kellomäki ym. 2005; Venäläinen ym. 2020).

Maa- ja metsätalousministeriön (2019) julkaiseman Suomen kansallisen ilmastostrategian yhtenä tavoitteena on hyödyntää Suomen metsiä hiilinieluinä ja -varastoinä. Keinoinä näiden tavoitteiden saavuttamiseen on esitetty jo olemassa olevien hiilivarastojen suojelua ja lisäämistä kestäväillä hakkuu- ja metsänkäyttösuunnitelmillä, uusien nielujen luomista metsittämällä ja korvaamalla fossiilisiä energianlähteitä, raaka-aineitä ja tuotteitä uusiutuvasta biomassasta valmistetuilla tuotteilla. Uusiutuvan biomassan käyttö fossiilisen energian ja raaka-aineiden korvaajana kuitenkin lisää painetta metsien hakkuille. Kansallisen metsästrategia 2025 mukaan Suomessa on tavoitteena nostaa vuotuista ainespuun hakkuumäärää 69 milj. m<sup>3</sup>:sta 88 milj. m<sup>3</sup>:iin vuoteen 2025 mennessä (Saaristo ym. 2017). Puun saatavuus ja kestävät hakkuumahdollisuudet asettavat haasteita metsä- ja puuteollisuuden investoinneille.

Suomessa puuston runkotilavuus, runkotilavuuden kasvu, sekä metsiin varastoituneen hiilen määrä ovat lisääntyneet merkitsevästi viimeisen viiden vuosikymmenen aikana (Peltola 2014). Tämä kasvu on ollut seurausta metsien hoidon tehostumisesta ja kehittyneemmistä metsien uudistamismenetelmistä, taimikonhoidosta, toistuvista harvennuksista, metsän lannoituksesta sekä turvemaiden kunnostusojituksista (Päivinen 2007; Heinonen ym. 2018). Tähän on vaikuttanut myös se, että runkopuun vuotuiset hakkuut ovat olleet selvästi pienemmät kuin metsien vuotuinen nettokasvu.

Suomessa puuston kasvua rajoittavat lyhyt kasvukausi, alhainen keskilämpötila kesäaikaan sekä ravinteiden niukkuus maaperässä (Kellomäki ym. 2005, 2008). Ilmaston lämpenemisen seurauksena odotetaan, että boreaalisten metsien puuntuotoskyky ja hiilivarastot kasvavat (Pouedel ym. 2012). Tämä olisi kasvukauden pitenemisen, korkeampien keskilämpötilojen ja lisääntyvien sateiden sekä ilmakehän hiilidioksidin määrän lisääntymisen ansiota (Jarvis ym. 2005). Lisäksi ilmaston lämpenemisen seurauksena maaperän vilkastuva hajotustoiminta vapauttaisi puuston käyttöön niiden kaipaamia ravinteita, kuten kangasmailla typpeä, jonka puutos rajoittaa puuston kasvua (Kellomäki 2017). Kuitenkin muutokset sateiden määrässä ja ajoittumisessa, sekä edelleen kuivuusjaksojen lisääntyminen lämpötilan noustessa, voivat johtaa myös puuston kasvun pienenemiseen, varsinkin kuusen kaltaisella pintajuurisella lajilla (Kellomäki ym. 2018, Venäläinen ym. 2020). Lisäksi ilmaston lämpeneminen voi nopeuttaa metsien orgaanisen aineksen ja karikkeen hajoamista, joka vapauttaa hiiltä takaisin ilmakehään (Kellomäki ym. 2019).

Fennoskandiassa on pitkät perinteet metsien käytöstä, aina esihistoriallisesta metsästys- ja keräilykulttuurista kaskenpolton kautta nykyaikaiseen tehometsätalouteen. Arvioiden mukaan noin kaksi kolmas osaa kaikista boreaalisista metsistä on jonkin asteisen käytön kohteina (Gauthier ym. 2015). Voimakas metsien käyttö ja päätehakkuuseen tähtäävä tasaikäisrakenteinen kasvatus avohakkuineen on johtanut siihen, että Suomen metsien puuston keski-ikä on laskenut ja vanhat metsät ovat käytännössä kadonneet Fennoskandiana eteläosista (Kuuluvainen & Gauthier 2018). Tämä on johtanut siihen, että esimerkiksi Suomen talouskäytössä olevissa metsissä on lahoppua keskimäärin vain 4–6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, joka on alle 10 % siitä mitä luonnontilaisissa metsissä tavataan (Kuuluvainen & Gauthier 2018). Tämä on johtanut lahoppua vaativille, saproksyytilajeille, soveltuvien elinympäristöjen vähenemiseen. On kuitenkin huomioitava, että samanlainen metsärakenne ei kuitenkaan sovi kaikille lajeille niiden erilaisten habitaatti-vaatimusten, kuten valoisuus- ja varjoisuusvaatimusten, takia (Kouki & Tikkanen 2007).

Metsäekosysteemimalleilla tehtävien laskelmien avulla voidaan arvioida eri ilmastonmuutos-, metsänhoito- ja metsänsuojeluskenaarioiden vaikutuksia puuston kasvuun ja kehitykseen,

maahan ja puustoon sitoutuvan hiilen määrään, pysty- ja maalahopuun määrään sekä ainespuun kertymiin (Kellomäki ym. 2008). Niiden avulla voidaan edelleen suunnitella metsienkäsittelyä halutulla tavalla, oli tavoitteena sitten ainespuun tuotanto metsäteollisuuden tarpeisiin tai metsien hiilinielujen lisääminen tai biologisen monimuotoisuuden suojeleminen. Habitaatin soveltuvuusindeksin laskennan avulla voidaan puolestaan tarkastella eri lajiryhmille (vaarantuville, uhanalaistuville ja uhanalaisille lajeille) soveltuvien elinympäristöjen laatua ja esiintymistä (Larson ym. 2004; Kouki & Tikkanen 2007).

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tässä tutkimuksessa selvitettiin metsäekosysteemimallilla tehtyjen skenaarioanalyysien avulla ilmastonmuutoksen voimakkuuden ja metsänsuojelupinta-alan lisäämisen vaikutuksia metsäekosysteemiin (puustoon ja metsämaahan) sitoutuvan hiilen määrään, puuston runkotilavuuden kehitykseen ja ainespuun tuotantoon Pohjois-Karjalan alueella ajanjaksolla 2010–2099. Lisäksi tarkasteltiin eri skenaarioiden vaikutuksia lahopuun määrään sekä valoa ja varjoa vaativien tai valoisuusolosuhteiden kannalta neutraalien lahopuuta vaativien lajien suotuisien ja erittäin suotuisien elinympäristön pinta-alaa. Mallisimuloinnit tehtiin valtakunnan metsien (VMI10) inventointikoealoilla (190 kpl) Pohjois-Karjalan alueella nykyilmastossa (1981–2010 ajanjakson) ja kahdella RCP-ilmastonmuutosskenaariolla, RCP2.6 ja RCP4.5 2010–2099 ajanjaksolla.

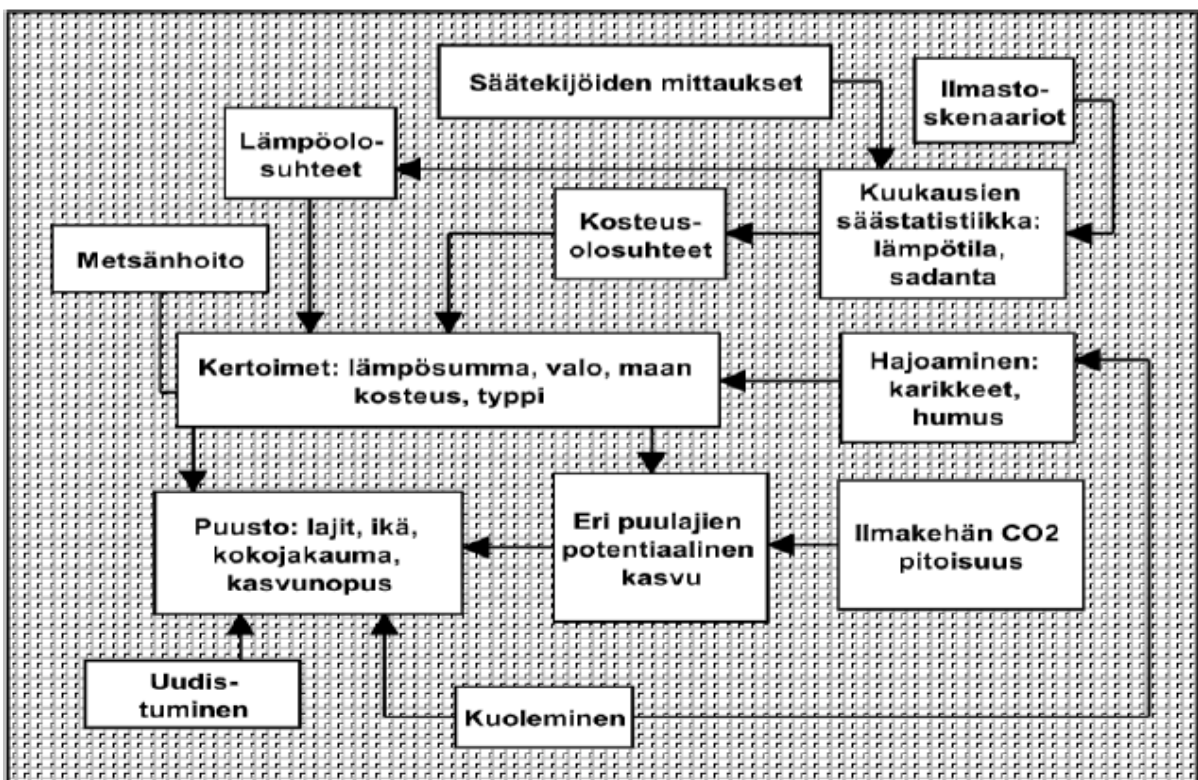


## 2 Aineisto ja menetelmä

### 2.1 SIMA-metsäekosysteemimallin toiminta

Tutkimuksessa käytetty aineisto on simuloitu Kellomäen ym. (2005, 2008) laatiman SIMA-metsäekosysteemimallin avulla, jolla voidaan simuloida metsäekosysteemin toimintaa. SIMA-metsäekosysteemimalli on esitetty kuvassa 1. SIMA-mallia voidaan käyttää kuusen (*Picea abies*), männyn (*Pinus sylvestris*) sekä raudus- ja hieskoivun (*Betula pendula* ja *Betula pubescens*) kasvun ja kehityksen simulointiin kivennäismailla koko Suomessa, leveysasteiden 60°N-70°N ja pituusasteiden 20°E-30°E välillä. SIMA-mallissa metsän uudistumiseen, kasvuun ja kehitykseen vaikuttavia ympäristötekijöitä kuvataan yhtälöllä  $G=G_0 \cdot M_1 \dots M_n$ . Yhtälössä G kuvaa kasvua,  $G_0$  kasvua optimaalisissa oloissa ja  $M_1 \dots M_n$  ovat eri ympäristötekijöiden kertoimia. Näitä ympäristötekijöitä ovat lämpötila (lämpösumma), veden saatavuus, typen ja valon määrä sekä ilmakehän CO<sub>2</sub> -pitoisuus. Puiden kuolemiseen puolestaan vaikuttaa sen sädekasvun väheneminen ja puiden satunnainen kuoleminen.

SIMA-mallissa käytetään Monte Carlo -menetelmää, jonka mukaan jotkut tapahtumat ovat stokastisia eli satunnaisia. Tapahtuma, kuten puun kuolema, voi olla mahdollinen joka vuosi. Stokastisuus aiheuttaa vaihtelua simulointien tuloksissa, minkä takia simuloinnit tehdään käyttämällä useita iteraatioita ja ottamalla näistä keskiarvo.



**Kuva 1.** SIMA-mallin toiminnan ja rakenteen pääpiirteet (Kellomäki ym. 2005).

Ympäristötekijöiden, keskilämpötila ja sadantasumma - kuukausitaso sekä ilmakehän hiilidioksidipitoisuus ja typen taustalaskema – vuositaso, lisäksi malli tarvitsee lähtötiedoiksi kasvupaikkatyyppin, maantieteellisen sijainnin, koealalla olevien puiden määrän ja keskilämpötilan sekä tarvittaessa puuston keskipituuden puulajeittain. Lisäksi malliin syötetään tiedot metsän hoitotoimenpiteistä, kuten puuston harvennukset (ajankohdat ja voimakkuudet) ja kiertoaika. Näiden tietojen perusteella voidaan simuloida ilmastonmuutoksen ja metsänhoidon vaikutuksia puuston kasvuun ja kehitykseen, sekä aines- ja lahoppuun määrään.

SIMA-malli laskee myös Koukin ja Tikkasen (2007) laatiman habitaatti-indeksi -mallin avulla habitaatinsoveltuvuusindeksit (HSI) liitteessä 4 luetelluille 27 saproksyytilajille Itä-Suomessa. SIMA-malli laskee habitaatin soveltuvuusindeksin vuosittain siihen vaikuttavien osatekijöiden tulona. Näitä tekijöitä ovat resurssit, ympäristö ja jatkumo. Tekijöinä laskennassa käytetään lahoppuun määrää, laatua ja lahoastetta, sekä ympäristöolosuhteita. Soveltuvuusindeksin arvot esitetään asteikolla 0–1. Tällä asteikolla 0 on tarkasteltavalle lajille soveltumaton habitaatti ja 1 on ihanteellinen habitaatti. Habitaattia voidaan pitää lajille soveliaana kuin  $HSI > 0,5$  (Kouki & Tikkanen 2007). Lahoppuun määrää tarkasteltiin vain viimeisellä 10-vuotiskaudella, koska simulointien alussa ei ollut tietoa koealoilla olevasta lahoppuun määrästä.

## 2.2 Mallisimuloinnit ja niiden analysointi

Tutkimuksen mallisimuloinnit tehtiin 190:llä valtakunnan metsien (VMI10) kivennäismaiden pysyvillä inventointikoealoilla Pohjois-Karjalan alueella nykyilmastossa (1981–2010 periodi) ja kahdessa RCP ilmastonmuutoskenaariossa, RCP2.6 ja RCP4.5 vuosien 2010–2099 ajanjaksolla. Kullekin koealle simuloitiin 90 vuoden pituinen jakso käyttäen valittua metsänhoito- ja ilmastoskenaariota (taulukko 1 ja 2).

Perusmetsänhoitokäsittelyssä käytettiin Tapion harvennussalleja (Äijälä ym. 2014) niin että koealalle tehtiin harvennus, kun harvennussuosituksen harvennuksen käynnistävät pohjapinta-alan alaraja oli saavutettu tietyllä puuston valtapituudella. Päätehakkuun ajankohta määriteltiin painotetun pohjanpinta-alan mukaan rinnan korkeudelta mitattuna ja se vaihteli 22–30 cm välillä, riippuen puulajista ja kuvion ravinteisuudesta. Koska käytännössä harvennusten ja päätehakkuiden ajankohdissa ja metsänhoidon voimakkuudessa esiintyy paljon vaihtelua, harvennuksia ja päätehakkuita viivästettiin simulaatioissa keskimäärin 13 vuodella. Uudistamishakkuiden jälkeen kuviot uudistettiin samalle puulajille, joka oli ollut vallitseva kuviolla ennen hakkuuta. Kuvio uudistettiin havupuilla 2000 taimella  $ha^{-1}$  ja koivulla 1600 taimella  $ha^{-1}$ . Simuloinneissa huomioitiin myös luontainen uudistuminen. Harvennuksessa puuston pohjapinta-ala laskettiin pohjapinta-alavyöhykkeen alarajalle. Kaikki harvennukset on toteutettu

alaharvennuksina. Tutkimuksessa tarkasteltiin puuntuotannon mahdollistavia talousmetsiä, joissa vaihtoehtoina olivat ei suojelua tai suojelun lisääminen 10 % tai 20 % (taulukko 1).

**Taulukko 1.** Simuloitujen käsittelyiden kuvaukset.

Metsänhoitoskenaario	Kuvaus
Peruskäsittely	Metsänhoitosuosituksien puuston valtapituus-pohjapinta-ala-harvennusrajojen alarajalta alarajalle, suojelu 0 %
10 % suojelu	Metsänhoitosuosituksien puuston valtapituus-pohjapinta-ala-harvennusrajojen alarajalta alarajalle, suojelu 10 %
20 % suojelu	Metsänhoitosuosituksien puuston valtapituus-pohjapinta-ala-harvennusrajojen alarajalta alarajalle, suojelu 20 %
100 % suojelu	Ei hakattu lainkaan

Myös 10 % ja 20 % suojeluskenarioissa hakkuut toteutettiin metsänhoitosuosituksien alarajalta alarajalle mutta metsämaan pinta-alasta suojeltiin 10 % tai 20 %, joilla ei tehdä minkäänlaisia hakkuuta. Sen sijaan 100 % suojeluskenarioissa metsälle ei tehty mitään käsittelyjä koko 90 vuoden tarkastelujakson aikana. Koska VMI10 aineistossa ei ollut tietoa aiemmista suojelualueista, 10 % ja 20 % suojelu painottui vanhempiin metsiin, joissa oli korkea runkotilavuus. Simuloinneissa tukkipuulla käytettiin 17 cm latvaläpimittaa ja kuitupuulla 6,5 cm. Simuloinneissa suoritettiin 50 iteraatiota puuston kasvuun ja kehitykseen vaikuttavien stokastisten prosessien vuoksi. Ja tuloksista laskettiin keskiarvot analysointia varten.

Simulointien referenssitasona käytettiin nykyilmastoa (aikaväli 1981–2010) ja tätä vertailtiin RCP2.6 ja RCP4.5 ilmastonmuutosskenaarioihin aikajaksolla 2010–2099. Nykyilmastossa vuotuinen keskilämpötila oli Joensuussa 2,4°C, vuotuinen sademäärä 535 mm ja lämpösumma 1140 d.d (taulukko 2). RCP2.6 ilmastonmuutosskenaariossa vuosisadan loppuun mennessä lämpötila oli 4,1°C, sademäärä 553 mm ja lämpösumma ( $\geq 5$  °C vuorokausilämpötilojen summa) 1432 d.d. RCP4.5 ilmastonmuutosskenaariossa vuonna 2099 keskilämpötila oli 5,3 °C, sademäärä 589 mm ja lämpösumma 1497 d.d (taulukko 2).

Simulointien perusteella analysoitiin ilmastonmuutoksen voimakkuuden (taulukko 2) ja metsänsuojelupinta-alan lisäämisen (taulukko 1) vaikutuksia puustoon ja metsämaahan sitoutuvan hiilen määrään, ainespuuhakkuumääriin ja puuston runkotilavuuteen. Näiden lisäksi vertailtiin eri ilmasto- ja metsänhoitoskenaarioiden vaikutuksia lahoppuun määrään, sekä valoa ja varjoa vaativien tai valoisuusolosuhteiden kannalta neutraalien, lahoppuuta vaativien, lajien suotuisien tai erittäin suotuisien elinympäristöjen pinta-aloihin. Lahoppuun määrän lisäksi sitä vaativille lajeille on tärkeää, että tarjolla oleva lahoppu on oikeanlaista. Lahoppuuta vaativien lajien

vaatimukset lahopuun kohdalla vaihtelevat puulajista ja järeydestä aina siihen onko puu pysty-  
vai maalahopuu.

**Taulukko 2.** Vuotuinen keskilämpösumma (Tsumma), -sademäärä ja -lämpötila nykyilmasto-  
tossa (1981–2010) ja eri RCP-skenaarioissa.

JAKSO	SKENAARIO	Tsumma (d.d.)	Sademäärä (mm)	Lämpötila (°C)
2010–2039	Nykyilmasto	1140	535	2,4
	RCP2.6	1349	548	4,0
	RCP4.5	1441	591	4,6
2040–2069	Nykyilmasto	1140	535	2,4
	RCP2.6	1417	542	4,0
	RCP4.5	1492	608	5,1
2070–2099	Nykyilmasto	1140	535	2,4
	RCP2.6	1432	553	4,1
	RCP4.5	1497	589	5,3

## 3 Tulokset

### 3.1 Hiilen määrä metsäekosysteemissä

Nykyilmastossa metsäekosysteemiin (maahan ja puustoon) sitoutuneen hiilen kokonaismäärä lisääntyi perusmetsänhoitoskenaariossa (liite 1 ja kuva 2) ensimmäiseltä 30-vuotisjaksolta viimeiselle 30-vuotisjaksolle 24 % (79 ja 98 tC ha<sup>-1</sup>). Lisäämällä metsien suojelupinta-alaa 10 % tai 20 %, metsäekosysteemiin sitoutuneen hiilen määrä oli viimeisellä 30-vuotisjaksolla 17–26 % suurempi kuin perusmetsänhoitoskenaariossa. Kun metsiä ei käsitelty lainkaan (100 % suojelupinta-ala), metsäekosysteemiin sitoutuneen hiilen määrä oli tällöin viimeisellä 30-vuotisjaksolla 80 % suurempi kuin perusmetsänhoitoskenaarioon.

Nykyilmaston perusmetsänhoitoskenaariossa hiilen määrä lisääntyi ensimmäiseltä 30-vuotisjaksolta viimeiselle 30-vuotisjaksolle maaperässä 30 % (40 ja 56 tC ha<sup>-1</sup>) ja puustossa 5 % (40 ja 42 tC ha<sup>-1</sup>). Suojelupinta-alan lisääminen 10 % tai 20 % lisäsi sekä maahan että puustoon sitoutuneen hiilen määrää eniten toisella 30 vuotisjaksolla (taulukko 3), 8–9 % ja 32–51 %, verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon. Kun metsiä ei käsitelty lainkaan, maahan ja puustoon sitoutuneen hiilen määrä lisääntyi eniten maaperässä toisella 30-vuotisjaksolla, 25 %, ja puustossa kolmannella 30-vuotisjaksolla, 157 %, verrattuna perusmetsänhoitoskenaariossa.

**Taulukko 3.** Metsänsuojelupinta-alan lisäämisen vaikutus maahan, puustoon ja metsäekosysteemiin sitoutuneen hiilen määrään perusmetsänhoitoon verrattuna nykyilmastossa (jakso 1981–2010) sekä RCP2.6 ja RCP4.5 ilmastonmuutoskenaarioissa, aikajaksolla 2010–2099.

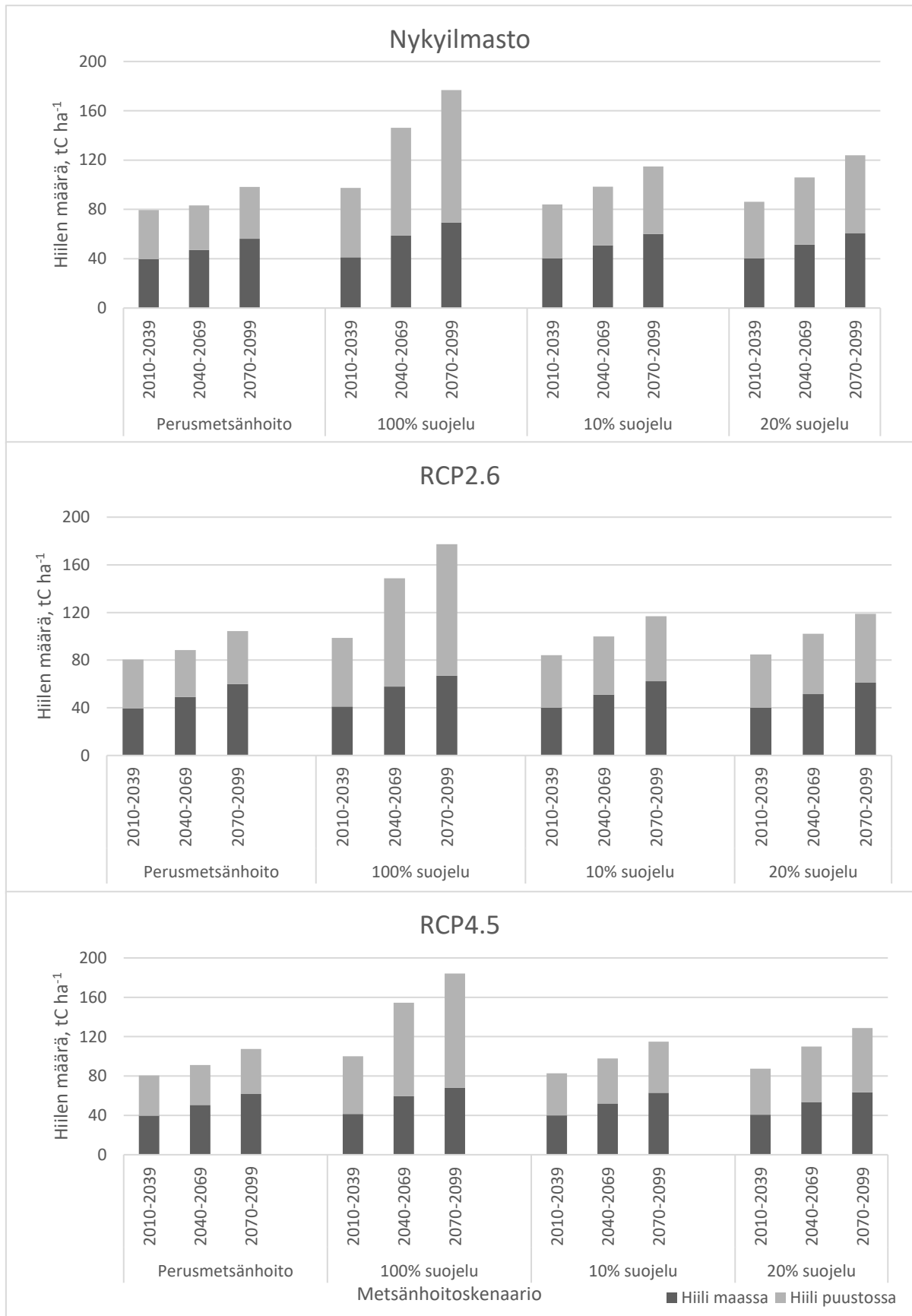
Skenaario	Hiilen määrän %-ero verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon								
	2010–2039			2040–2069			2070–2099		
	Maa	Puusto	Yht.	Maa	Puusto	Yht.	Maa	Puusto	Yht.
<b>Nykyilmasto:</b>									
100 % suojelu	3,9	41,3	22,6	24,5	142,8	75,7	22,9	157,1	80,2
10 % suojelu	1,8	9,6	5,7	7,8	32,0	18,2	6,9	30,5	17,0
20 % suojelu	1,9	15,1	8,5	9,2	51,2	27,4	7,5	51,2	26,1
<b>RCP2.6:</b>									
100 % suojelu	4,2	39,9	22,4	18,2	130,3	68,2	12,0	148,1	70,0
10 % suojelu	1,4	7,7	4,6	4,3	23,5	12,8	4,0	23,0	12,1
20 % suojelu	1,6	9,0	5,4	5,2	28,3	15,5	2,2	29,8	14,0
<b>RCP4.5:</b>									
100 % suojelu	4,4	43,4	24,2	26,3	135,1	69,6	10,2	154,2	71,4
10 % suojelu	0,7	4,4	2,5	10,4	13,4	7,5	2,1	13,5	7,0
20 % suojelu	2,3	14,9	8,7	13,3	40,0	20,8	2,7	43,0	19,9

Ilmastonmuutoskkenaarioissa RCP2.6 ja RCP4.5 metsäekosysteemiin sitoutuneen hiilen määrä lisääntyi perusmetsänhoitoskenaariossa ensimmäiseltä 30-vuotiskaudelta viimeiselle 30-vuotiskaudelle RCP2.6 skenaarissa 30 % (81 ja 104 tC ha<sup>-1</sup>) ja RCP4.5 skenaarissa 33 % (81 ja 107 tC ha<sup>-1</sup>). Suojelupinta-alaa lisääminen 10 % tai 20 % lisäsi metsäekosysteemiin sitoutuneen hiilen kokonaismäärää eniten toisella 30-vuotiskaudella, 13–16 % RCP2.6 ja 8–21 % RCP4.5, verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon.

**Taulukko 4.** Ilmastonmuutoksen (RCP2.6 ja RCP4.5) voimakkuuden vaikutus maahan, puustoon ja metsäekosysteemiin sitoutuneen hiilen määrään eri metsänhoitoskenaarioissa, verrattuna nykyilmastoon aikajaksolla 2010–2099.

Skenaario	Hiilen määrän %-ero verrattuna nykyilmastoon								
	2010–2039			2040–2069			2070–2099		
	Maa	Puusto	Yht.	Maa	Puusto	Yht.	Maa	Puusto	Yht.
<b>RCP2.6:</b>									
Perusmetsänhoito	-0,6	3,3	1,4	3,9	9,5	6,3	6,4	6,1	6,3
100 % suojelu	-0,3	2,3	1,2	-1,4	3,8	1,7	-3,0	2,4	0,3
10 % suojelu	-1,0	1,6	0,4	0,5	2,4	1,4	3,5	0,0	1,8
20 % suojelu	-0,9	-2,1	-1,5	0,1	-7,1	-3,6	1,1	-8,9	-4,0
<b>RCP4.5:</b>									
Perusmetsänhoito	0,0	2,9	1,4	7,5	12,0	9,5	9,8	9,1	9,5
100 % suojelu	0,4	4,4	3,4	1,4	8,5	5,6	-1,5	7,9	4,2
10 % suojelu	-1,2	-1,9	-1,6	2,5	-3,7	-0,5	4,8	-5,1	0,1
20 % suojelu	0,4	2,7	1,6	3,8	3,7	3,8	4,9	3,2	4,0

RCP2.6 skenaarissa puolestaan suojelupinta-alan lisääminen 10 % tai 20 % lisäsi maahan sitoutuneen hiilen määrää eniten toisella 30 vuotiskaudella, 4–5 % ja puustoon sitoutuneen hiilen määrää eniten viimeisellä 30-vuotiskaudella, 23–30 %, verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon. RCP4.5 skenaarissa suojelupinta-alan lisääminen 10 % tai 20 % lisäsi maahan sitoutuneen hiilen määrää eniten toisella 30 vuotiskaudella, 10–13 % ja puustoon sitoutuneen hiilen määrää eniten viimeisellä 30-vuotiskaudella, 14–43 %, verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon.



**Kuva 2.** Maahan ja puustoon sekä koko metsäekosysteemiin sitoutuneen hiilen määrä eri metsänhoitoskenaarioissa nykyilmastossa (jakso 1981–2010) sekä RCP2.6 ja RCP4.5 ilmastonmuutosskenaarioissa, aikajaksolla 2010–2099.

Verrattuna nykyilmastoon, metsäekosysteemiin sitoutuneen hiilen kokonaismäärä lisääntyi eniten toisella tai kolmannella 30-vuotisjaksolla metsänhoitoskenaariosta ja ilmastomuutoskenaariosta riippuen, RCP2.6 skenaariossa 1–6 % ja RCP4.5 skenaariossa 4–10 % (taulukko 4). Maahan sitoutuneen hiilen määrä lisääntyi eniten toisella tai kolmannella 30-vuotisjaksolla metsänhoitoskenaariosta ja ilmastomuutoskenaariosta riippuen, RCP2.6 skenaariossa maaperässä 0,1–6 % ja puustossa 0,1–10 % ja RCP4.5 skenaariossa maaperässä 1–10 % ja puustossa 3–12 %.

### 3.2 Puuston runkotilavuus

Puuston runkotilavuuden kasvua tarkasteltiin eri ilmasto- ja metsänhoitoskenaarioissa. Runkotilavuuden kasvun prosentuaalinen ero perusmetsänhoitoskenaarioon on esitetty taulukossa 5. Nykyilmastossa puuston runkotilavuus lisääntyi perusmetsänhoitoskenaariossa ensimmäiseltä 30-vuotisjaksolta viimeiselle 30-vuotisjaksolle 7 % (117 ja 126 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). Kun metsien suojelupinta-alan lisättiin 10 % tai 20 % puuston tilavuus oli viimeisellä 30-vuotisjaksolla 34 % ja 57 % (169 ja 197 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) suurempi kuin perusmetsänhoitoskenaariossa. Kun metsiä ei käsitelty lainkaan puuston tilavuus oli viimeisellä 30-vuotisjaksolla 171 % (340 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) suurempi kuin perusmetsänhoitoskenaariossa.

**Taulukko 5.** Metsänsuojelupinta-alan lisäämisen vaikutus ainespuun runkotilavuuteen verrattuna perusmetsänhoitoon, nykyilmastossa (jakso 1981–2010) sekä RCP2.6 ja RCP4.5 ilmastomuutoskenaarioissa, aikajaksolla 2010–2099.

<b>Ainespuun runkotilavuuden määrän %-ero verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon</b>			
<b>Skenaario</b>	<b>2010–2039</b>	<b>2040–2069</b>	<b>2070–2099</b>
<b>Nykyilmasto:</b>			
100 % suojelu	41,2	149,4	170,7
10 % suojelu	9,5	33,6	34,3
20 % suojelu	14,9	54,1	56,6
<b>RCP2.6:</b>			
100 % suojelu	40,1	137,4	158,5
10 % suojelu	7,7	24,9	24,6
20 % suojelu	9,2	31,0	33,3
<b>RCP4.5:</b>			
100 % suojelu	43,1	139,2	159,9
10 % suojelu	3,9	12,8	12,5
20 % suojelu	14,4	40,1	43,3

Ilmastomuutoskenaarioissa, RCP2.6 ja RCP4.5, puuston tilavuus kasvoi ensimmäiseltä viimeisellä 30-vuotisjaksolle RCP2.6 skenaariossa 12 % (121 ja 136 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) ja RCP4.5 skenaariossa 18 % (121 ja 143 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). Suojelupinta-alan lisääminen 10 % lisäsi puuston tilavuutta eniten toisella 30-vuotisjaksolla, 25 % RCP2.6 skenaariossa ja 13 % RCP4.5 skenaariossa verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon (taulukko 5). Suojelupinta-alan lisääminen 20 % kasvatti



tilavuutta eniten viimeisellä 30-vuotisjaksolla, 33 % RCP2.6 skenaariossa ja 43 % RCP4.5 skenaariossa verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon. Kun metsistä suojeltiin 100 % puuston tilavuus nousi eniten RCP2.6 ja RCP4.5 skenaarioissa viimeisellä 30-vuotisjaksolla ja oli tällöin 159–160 % suurempi kuin perusmetsänhoitoskenaariossa.

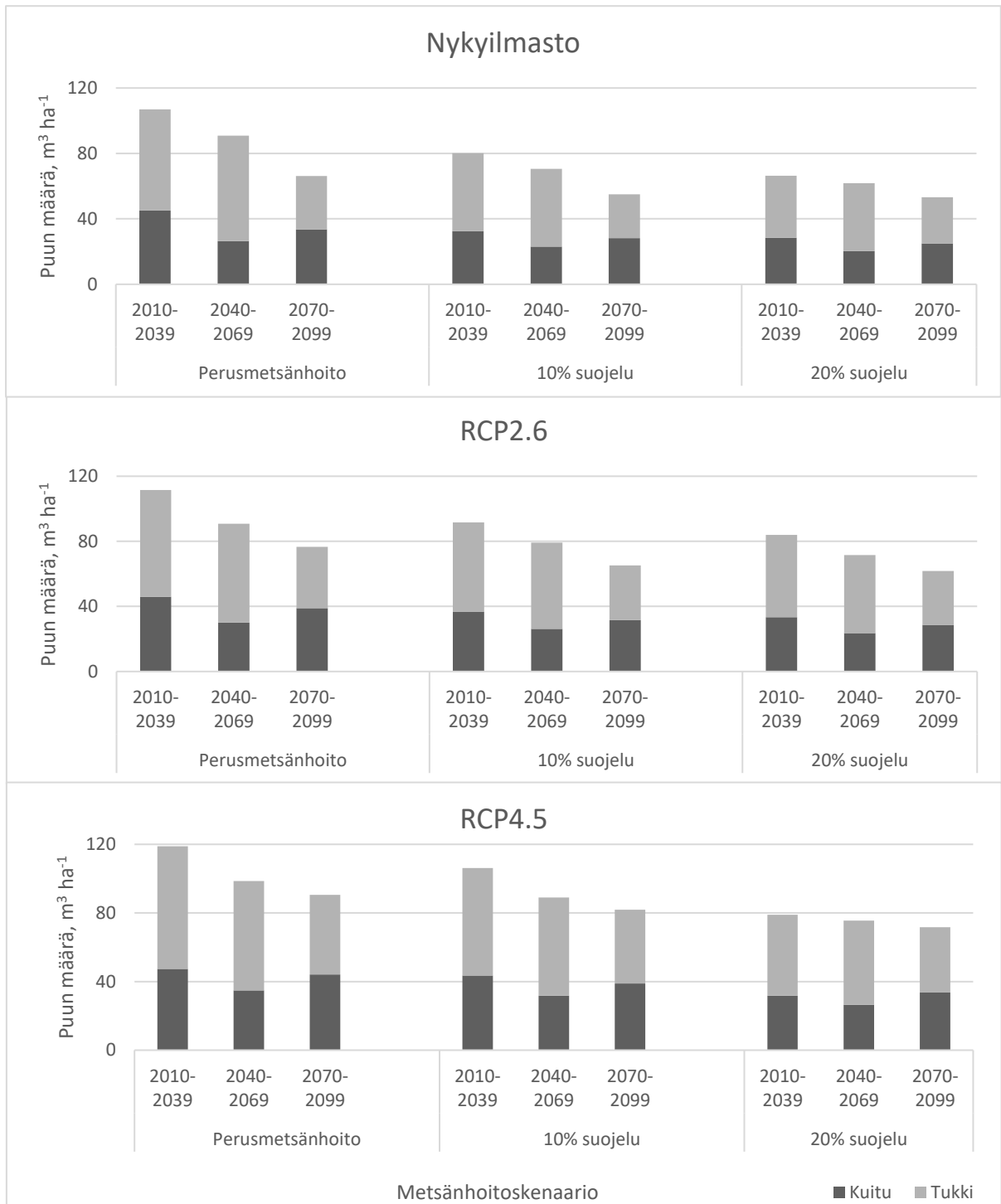
Nykyilmastoon verrattuna puuston runkotilavuus kasvoi eniten kolmannella 30-vuotisjaksolla (taulukko 6) metsänhoitoskenaariosta ja ilmastoskenaariosta riippuen. RCP2.6 skenaariossa puuston runkotilavuus kasvoi 3–8 %, poikkeuksena 20 % suojelu, jossa runkotilavuus pieneni 8 % nykyilmastoon verrattuna. RCP4.5 skenaariossa 20 % ja 100 % suojelussa puuston tilavuus kasvoi eniten kolmannella 30-vuotisjaksolla 4–14 %, paitsi 10 % suojelussa, jossa runkotilavuus pieneni 5 % nykyilmastoon verrattuna. Muutos oli kummassakin ilmastoskenaariossa suurin perusmetsänhoitoskenaariossa.

**Taulukko 6.** Ilmastonmuutoksen (RCP2.6 ja RCP4.5) voimakkuuden vaikutus ainespuun runkotilavuuteen eri metsänhoitoskenaarioissa, verrattuna nykyilmastoon aikajaksolla 2010–2099.

Ainespuun runkotilavuuden %-ero verrattuna nykyilmastoon			
Skenaario	2010–2039	2040–2069	2070–2099
<b>RCP2.6:</b>			
Perusmetsänhoito	3,3	9,6	8,1
100 % suojelu	2,4	4,3	3,2
10 % suojelu	1,5	2,5	0,4
20 % suojelu	-1,8	-6,8	-8,0
<b>RCP4.5:</b>			
Perusmetsänhoito	3,3	13,9	14,0
100 % suojelu	4,6	9,2	9,4
10 % suojelu	-2,1	-3,9	-4,5
20 % suojelu	2,8	3,5	4,3

### 3.3 Ainespuun tuotanto

Nykyilmastossa metsistä hakatun ainespuun määrä laski perusmetsänhoitoskenaariossa ensimmäiseltä 30-vuotisjaksolta viimeiselle 30-vuotisjaksolle 38 % ( $107$  ja  $66 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) (liite 2 ja kuva 3). Metsien suojelupinta-alan lisääminen 10 % tai 20 % laski hakatun ainespuun määrää viimeiselle 30-vuotisjaksolla 17–20 % (taulukko 7) verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon. Metsänsuojelupinta-alan ollessa 100 %, ei ainespuuta hakattu lainkaan.



**Kuva 3.** Hakatun ainespuun määrä, ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) eri metsänhoitoskenaarioissa nykyilmastossa (jakso 1981–2010) sekä RCP2.6 ja RCP4.5 ilmastomuutoskenaarioissa, aikajaksolla 2010–2099.

Ilmastomuutoskenaarioita tarkastellessa havaittiin että, ainespuun määrä laski perusmetsänhoitoskenaariossa ensimmäiseltä 30-vuotisjaksolta viimeiselle 30-vuotisjaksolle RCP2.6 skenaariossa 31 % ( $112 \text{ ja } 77 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) ja RCP4.5 skenaariossa 24 % ( $119 \text{ ja } 91 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ). Taulukosta 7 nähdään, että suojelupinta-alan lisääminen 10 % tai 20 % laskivat ainespuuhakkuiden määrää

RCP2.6 ja RCP4.5 skenaarioissa eniten ensimmäisellä 30-vuotijaksolla, 18–23 % ja 11–34 % verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon.

**Taulukko 7.** Metsänsuojelupinta-alan lisäämisen vaikutus ainespuun tuotantoon verrattuna perusmetsänhoitoon, nykyilmastossa (jakso 1981–2010) sekä RCP2.6 ja RCP4.5 ilmastonmuutosskenaarioissa, aikajaksolla 2010–2099.

Skenaario	Ainespuun tuotannon %-ero verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon								
	2010–2039			2040–2069			2070–2099		
	Kuitu	Tukki	Yht.	Kuitu	Tukki	Yht.	Kuitu	Tukki	Yht.
<b>Nykyilmasto:</b>									
10 % suojelu	-28,2	-22,9	-22,3	-12,8	-26,3	-22,3	-16,1	-17,4	-16,7
20 % suojelu	-37,1	-38,5	-31,8	-23,1	-35,4	-31,8	-25,6	-13,4	-19,6
<b>RCP2.6:</b>									
10 % suojelu	-20,11	-16,3	-17,9	-12,9	-12,7	-12,8	-18,9	-10,9	-15,0
20 % suojelu	-27,39	-18,3	-22,8	-22,0	-20,9	-21,3	-26,3	-12,2	-19,4
<b>RCP4.5:</b>									
10 % suojelu	-8,42	-12,2	-10,7	-9,0	-10,1	-9,7	-11,9	-7,3	-9,6
20 % suojelu	-33,18	-33,9	-33,6	-23,8	-23,1	-23,3	-23,9	-18,1	-20,9

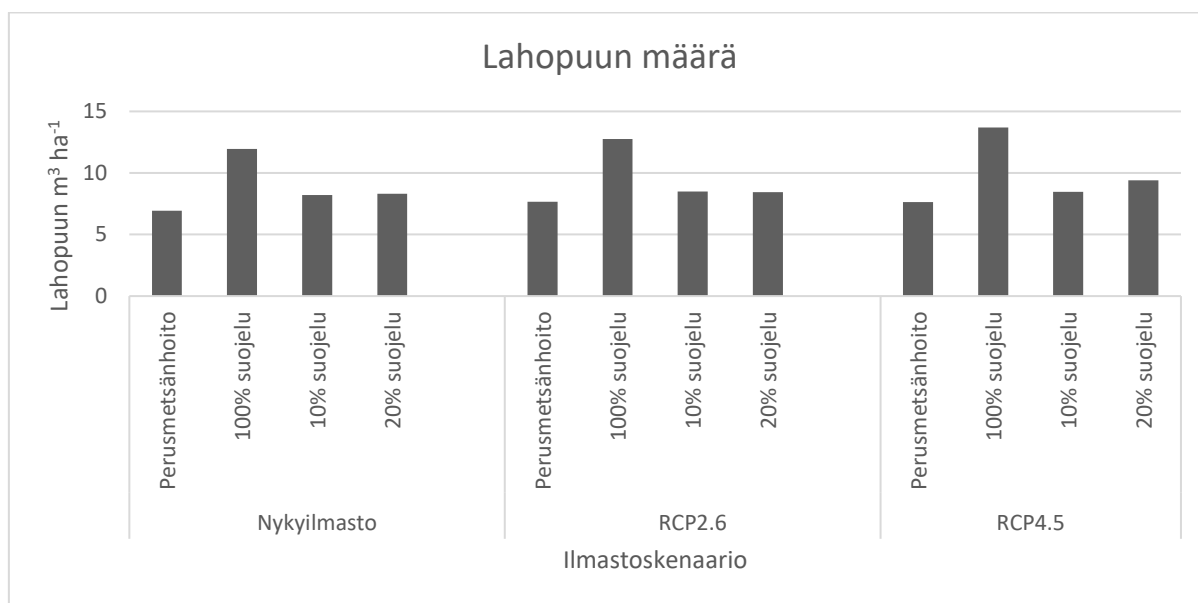
Verrattuna nykyilmastoon, ainespuunhakkuiden määrät nousivat viimeisellä 30-vuotijaksolla metsänhoitoskenaariosta riippuen, RCP2.6 skenaariossa 16–18 % ja RCP4.5 skenaariossa 35–49 % (taulukko 8) 10 ja 20 % suojelupinta-alalla. Viimeisellä 30-vuotijaksolla ainespuuhakkuiden määrät nousivat RCP2.6 skenaarion perusmetsänkäsittelyssä 16 % ja RCP4.5 skenaariossa 32–43 %, nykyilmastoon verrattuna.

**Taulukko 8.** Ilmastonmuutoksen (RCP2.6 ja RCP4.5) voimakkuuden vaikutus ainespuun tuotantoon eri metsänhoitoskenaarioissa, verrattuna nykyilmastoon aikajaksolla 2010–2099

Skenaario	Ainespuun tuotannon %-ero verrattuna nykyilmastoon								
	2010–2039			2040–2069			2070–2099		
	Kuitu	Tukki	Yht.	Kuitu	Tukki	Yht.	Kuitu	Tukki	Yht.
<b>RCP2.6:</b>									
Perusmetsänhoito	2,1	5,8	4,2	14,1	-5,8	0,0	16,0	15,8	15,9
10 % suojelu	13,5	14,9	14,3	13,9	11,5	12,3	12,1	24,9	18,4
20 % suojelu	17,9	32,9	26,5	15,8	15,3	15,5	14,8	17,4	16,2
<b>RCP4.5:</b>									
Perusmetsänhoito	5,3	15,5	11,2	31,7	-1,0	8,5	31,6	42,6	37,0
10 % suojelu	34,2	31,6	32,6	37,4	20,8	26,2	38,2	60,0	48,8
20 % suojelu	11,9	24,1	18,9	30,5	18,0	22,1	34,5	34,9	34,7

### 3.4 Lahopuun määrä

Lahopuun määrää tarkasteltiin vain viimeisellä 10-vuotiskaudella, koska simulointien alussa ei ollut tietoa lahopuun määrästä koealoilla. Lahopuun määrät eri suojeluasteilla on esitetty kuvassa 4. Nykyilmastossa lahopuun kokonaismäärä (yht. pysty- ja maalahopuu) oli perusmetsänhoitoskenaariossa viimeisellä 10-vuotisjaksolla  $6,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Metsien suojelupinta-alan lisääminen 10 % tai 20 % lisäsi lahopuun määrää viimeisellä 10-vuotisjaksolla 18–20 % verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon (taulukko 9). Kun metsistä suojeltiin 100 % lahopuun määrä oli 73 % suurempi kuin perusmetsänhoitoskenaariossa.



**Kuva 4.** Lahopuun määrä ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) viimeisellä 10-vuotiskaudella.

Taulukosta 9 nähdään myös, että RCP2.6 ja RCP4.5 ilmastonmuutoskenaarioissa lahopuun kokonaismäärä oli perusmetsänhoitoskenaariossa  $7,7$  ja  $7,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  viimeisellä 10-vuotisjaksolla. Metsien suojelupinta-alan kasvattaminen 10 % ja 20 % lisäsi lahopuun määrää viimeisellä 10-vuotisjaksolla 10–11 % ja 11–23 % RCP2.6 ja RCP4.5 skenaariossa, verrattuna perusmetsänhoitoon (taulukko 9). Kun metsiä ei käsitelty lainkaan, lahopuun määrä oli RCP2.6 skenaariossa 67 % ja RCP4.5 skenaariossa 80 % suurempi kuin perusmetsänhoitoskenaariossa.

Nykyilmastoon verrattuna, lahopuun lisääntyi RCP2.6 skenaariossa 2–11 % ja RCP4.5 skenaariossa 3–15 % metsänhoitoskenaariosta riippuen. Muutos oli suurin RCP2.6 ilmastonmuutoskenaarioissa perusmetsänhoitokäsittelyssä ja pienin 20 % suojelussa. RCP4.5 skenaariossa muutos oli suurin, kun metsiä ei hakattu ja pienin 10 suojelussa.

**Taulukko 9.** Lahopuun määrä  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  sekä metsänhoidon vaikutus verrattuna perusmetsänhoitoon ja ilmastonmuutoksen vaikutus lahopuun määrään eri metsänhoitoskenaarioissa, verrattuna nykyilmastoon.

Skenaario	Lahopuun määrä		
	$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$	Metsänsuojelun vaikutus	Ilmastonmuutoksen vaikutus
<b>Nykyilmasto:</b>			
Perusmetsänhoito	6,9	-	-
100 % suojelu	12,0	72,8	-
10 % suojelu	8,2	18,4	-
20 % suojelu	8,3	20,0	-
<b>RCP2.6:</b>			
Perusmetsänhoito	7,7	-	10,6
100 % suojelu	12,8	66,8	6,8
10 % suojelu	8,5	11,0	3,7
20 % suojelu	8,4	10,2	1,6
<b>RCP4.5:</b>			
Perusmetsänhoito	7,6	-	10,3
100 % suojelu	13,7	79,5	14,6
10 % suojelu	8,5	11,1	3,4
20 % suojelu	9,4	23,1	13,1

### 3.5 Lahopuuta vaativille lajeille suotuisan elinympäristön pinta-ala

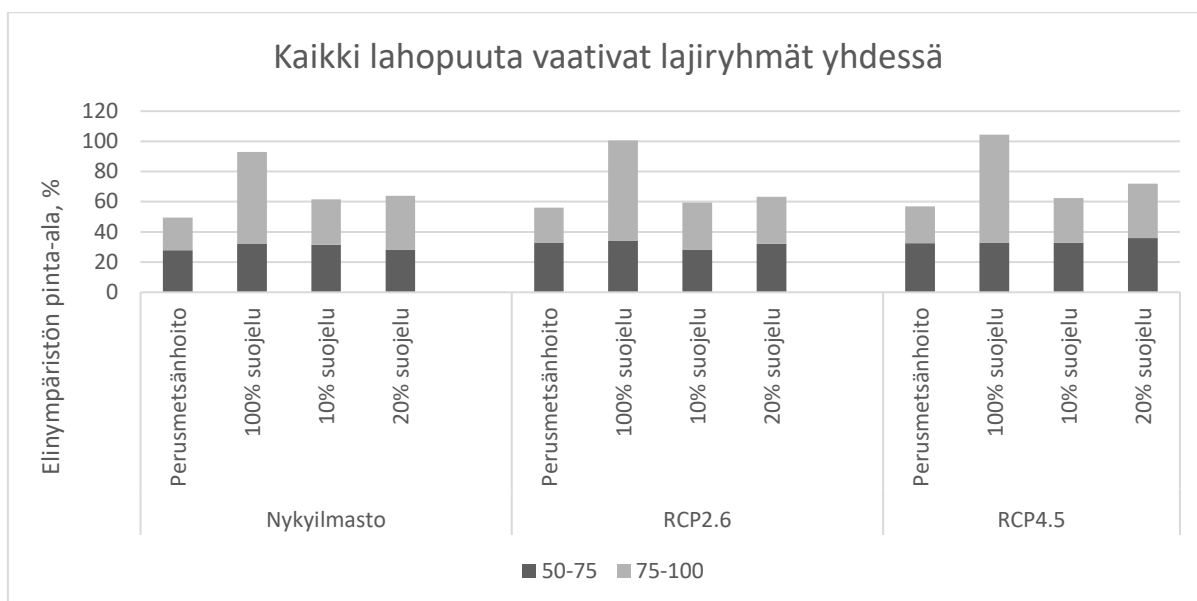
Nykyilmastossa lahopuuta vaativille lajeille suotuisien ja hyvin suotuisien elinympäristöjen pinta-alaosuudet on esitetty liitteessä 3, sekä kuvassa 5. Suotuisien elinympäristöjen osuus oli viimeisellä 10-vuotisjaksolla 28 % ja hyvin suotuisien elinympäristöjen osuus 22 % perusmetsänhoitoskenaariossa. Metsien suojelupinta-alan lisääminen 10 % tai 20 % lisäsi suotuisien elinympäristöjen pinta-alaosuuksia viimeisellä 10-vuotisjaksolla 2–13 % ja hyvin suotuisien elinympäristöjen pinta-alaosuuksia 39–64 % verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon (taulukko 10). Kun metsiä ei käsitelty lainkaan niin suotuisien ja erittäin suotuisien elinympäristöjen osuus oli 16–180 % suurempia kuin perusmetsänhoitoskenaariossa.

**Taulukko 10.** Metsänsuojelupinta-alan lisäämisen vaikutus lahoppuuta vaativille lajeille suotuisten ja erittäin suotuisten elinympäristöjen yhteispinta-alaan perusmetsänhoitoon verrattuna nykyilmastossa (jakso 1981–2010) sekä RCP2.6 ja RCP4.5 ilmastonmuutoskenaarioissa aikajaksolla 2010–2099.

<b>Lahoppuuta vaativille lajeille suotuisten (HI 50-100 %) elinympäristöjen %-ero verrattuna perusmetsänhoitoon</b>												
<b>Skenaario</b>	<b>Kaikki lajit</b>			<b>Neutraalit</b>			<b>Varjoa vaativat</b>			<b>Valoa vaativat</b>		
	<b>50–75</b>	<b>75–100</b>	<b>Yht.</b>	<b>50–75</b>	<b>75–100</b>	<b>Yht.</b>	<b>50–75</b>	<b>75–100</b>	<b>Yht.</b>	<b>50–75</b>	<b>75–100</b>	<b>Yht.</b>
<b>Nykyilmasto:</b>												
100 % suojelu	16,3	179,6	87,9	-42,1	134,0	54,0	-19,1	312,6	136,9	93,5	172,3	111,6
10 % suojelu	13,2	39,0	24,5	-6,2	29,0	13,0	7,0	59,0	31,4	36,1	50,9	39,5
20 % suojelu	1,8	64,1	29,1	-14,4	39,4	15,0	-17,4	115,5	45,1	27,7	90,2	42,1
<b>RCP2.6:</b>												
100 % suojelu	2,8	190,1	79,7	-44,7	136,0	50,2	-35,1	299,5	119,2	66,4	257,9	101,8
10 % suojelu	-14,0	35,2	6,2	-18,0	22,0	3,0	-25,2	49,1	9,0	-5,0	73,7	9,5
20 % suojelu	-2,6	35,7	13,1	-9,6	23,5	7,8	0,8	45,6	21,4	2,6	76,6	16,3
<b>RCP4.5:</b>												
100 % suojelu	1,3	192,2	83,4	-53,0	142,2	47,8	-18,7	370,7	154,9	71,5	174,3	99,8
10 % suojelu	1,0	20,7	9,5	-10,7	21,1	5,7	4,0	40,6	20,3	12,8	-0,2	9,2
20 % suojelu	10,4	47,4	26,3	-10,3	40,4	15,9	16,2	92,4	50,1	31,0	25,4	29,4

Nykyilmastossa valovaatimuksiltaan neutraaleille, varjoa vaativille ja valoa vaativille lajeille suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuudet olivat viimeisellä 10-vuotisjaksolla 11 %, 5 % ja 11 % perusmetsänhoitoskenaariossa ja hyvin suotuisten osuudet vastaavasti 14 %, 5 % ja 3 % (liite 3).

Kun metsänsuojelupinta-alaa lisättiin 10 % ja 20 % valovaatimuksiltaan neutraaleille lajeille suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuus väheni 6–14 % verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon. Varjoa vaativien lajien suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuus väheni 20 % suojelu skenaariossa 17 % mutta 10 % suojelussa se nousi 7 % korkeampi kuin perusmetsänhoitoskenaariossa. Valoa vaativien lajien suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuus oli puolestaan 28–36 % suurempi kuin perusmetsänhoitoskenaariossa. Hyvin suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuudet olivat valovaatimuksiltaan neutraaleille lajeille 29–39 %, varjoa vaativilla lajeilla 59–115 % ja valoa vaativilla lajeilla 51–90 % suuremmat kuin perusmetsänhoitoskenaariossa.



**Kuva 5.** Kaikkien laji ryhmien (neutraalit, varjoa ja valoa vaativat) suotuisten ja erittäin suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuus prosentteina eri metsänhoitoskenaarioissa nykyilmastossa (jakso 1981–2010) sekä RCP2.6 ja RCP4.5 ilmastonmuutoskenaarioissa, aikajaksolla 2010–2099.

Kun metsiä ei käsitelty lainkaan, viimeisellä 10-vuotiskaudella valovaatimuksiltaan neutraaleille lajeille suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuus oli 42 % ja varjoa vaativien 19 % matalampi kuin perusmetsänhoitoskenaariossa, mutta valoa vaativien lajien pinta-alaosuus oli 94 % suurempi, kuin perusmetsänhoitoskenaariossa. Hyvin suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuudet olivat valovaatimuksiltaan neutraaleilla lajeilla 134 %, varjoa vaativilla lajeilla 313 % ja valoa vaativilla lajeilla 172 % suuremmat kuin perusmetsänhoitoskenaariossa (taulukko 10).

RCP2.6 ja RCP4.5 ilmastonmuutoskenaarioissa lahoppuuta vaativille lajeille suotuisien elinympäristöjen pinta-alaosuus oli perusmetsänhoitoskenaariossa viimeisellä 10-vuotiskaudella molemmissa skenaarioissa 33 % ja hyvin suotuisien elinympäristöjen osuus 23 % ja 25 % (liite 3 ja kuva 5). Metsien suojelupinta-alan lisääminen 10 % ja 20 % laski suotuisien elinympäristöjen pinta-alaosuuksia viimeisellä 10-vuotiskaudella RCP2.6 skenaariossa 3–14 %, mutta lisäsi niiden pinta-alaosuutta RCP4.5 skenaariossa 1–10 %. Hyvin suotuisien elinympäristöjen pinta-alaosuudet nousivat RCP2.6 skenaariossa 35–36 % ja RCP4.5 skenaariossa 21–47 %. Kun metsiä ei käsitelty lainkaan pinta-alojen osuudet olivat RCP2.6 skenaariossa 3–190 % ja RCP4.5 skenaariossa 1–192 % suurempia kuin perusmetsänhoitoskenaariossa.

RCP2.6 ilmastonmuutoskenaariossa valovaatimuksiltaan neutraaleille, varjoa vaativille ja valoa vaativille lajeille suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuudet olivat perusmetsänhoitoskenaarion viimeisellä 10-vuotiskaudella 13 %, 6 % ja 14 % ja hyvin suotuisten 15 %, 5 % ja 3 % (Liite 3). RCP4.5 ilmastonmuutoskenaariossa suotuisten elinympäristöjen pinta-

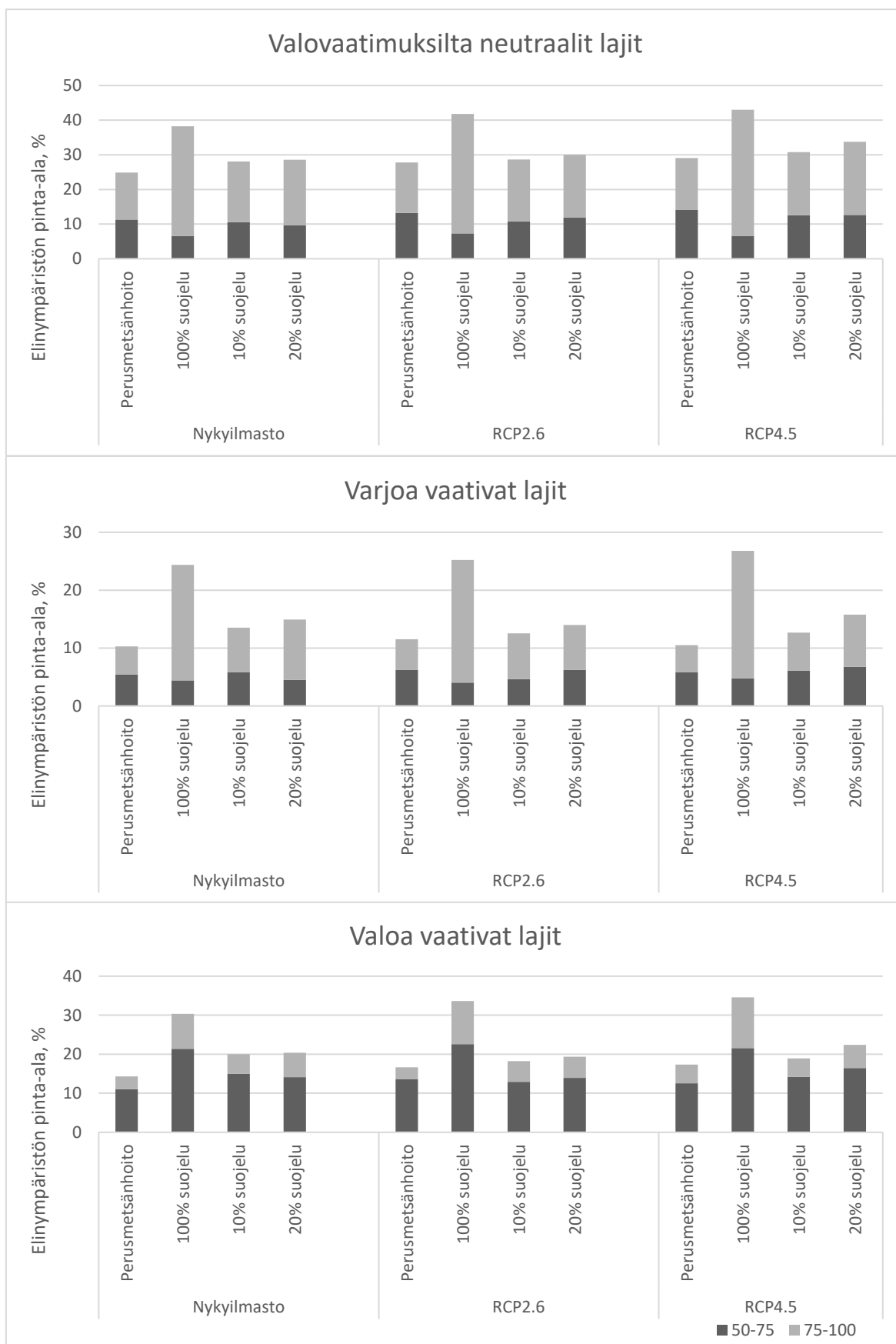
alaosuudet olivat viimeisellä 10-vuotisjaksolla 15 %, 6 % ja 11 % perusmetsänhoitoskenaariossa ja hyvin suotuisten 15 %, 5 % ja 5 %.

Kun metsänsuojelupinta-alaa lisättiin 10 %, valovaatimuksiltaan neutraaleille lajeille suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuus laski viimeisellä 10-vuotisjaksolla RCP2.6 ilmastonmuutoskenaariossa 18 %, varjoa vaativien 25 % ja valoa vaativien 5 % verrattuna perusmetsänhoitoskenaarion (taulukko 10). Vastaavasti RCP4.5 ilmastonmuutoskenaariossa valovaatimuksiltaan neutraaleille lajeille suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuus laski 11 %, mutta varjoa vaativien lajien suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuus nousi 4 % ja valoa vaativien nousi 13 % viimeisellä 10-vuotisjaksolla verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon. Hyvin suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuudet (taulukko 10) olivat RCP2.6 ilmastonmuutoskenaariossa neutraaleilla lajeilla 22 %, varjoa vaativilla lajeilla 49 % ja valoa vaativilla lajeilla 74 % suuremmat ja RCP4.5 ilmastonmuutoskenaariossa neutraaleilla lajeilla 21 % ja varjoa vaativilla lajeilla 41 % suuremmat kuin perusmetsänhoitoskenaariossa. Valoa vaativien lajien hyvin suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuus laski 0,2 % perusmetsänhoitoskenaarion verrattuna.

Metsänsuojelupinta-alan lisääminen 20 % laski valovaatimuksiltaan neutraaleille lajeille suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuutta RCP2.6 ilmastonmuutoskenaariossa 10 % mutta nosti varjoa vaativien 1 % ja valoa vaativien 3 % viimeisellä 10-vuotisjaksolla verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon (taulukko 10). Valo vaatimuksiltaan neutraalien lajien hyvin suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuus nousi 24 %, varjoa vaativien 46 % ja valoa vaativien 77 % (taulukko 10). RCP4.5 ilmastonmuutoskenaariossa metsänsuojelupinta-alan lisääminen 20 % laski valovaatimuksiltaan neutraaleille lajeille suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuutta 10 %, mutta nosti sitä varjoa vaativilla 16 % ja valoa vaativilla 31 % verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon. Hyvin suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuudet nousivat 40 %, 92 % ja 25 % viimeisellä 10-vuotisjaksolla verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon.

Kun metsiä ei käsitelty lainkaan RCP2.6 skenaariossa, viimeisellä 10-vuotisjaksolla valovaatimuksiltaan neutraaleille lajeille suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuus oli 45 % ja varjoa vaativien 35 % matalampi kuin perusmetsänhoitoskenaariossa, mutta valoa vaativien oli 66 % suurempi ja hyvin suotuisten elinympäristöjen osuudet 136 %, 300 % ja 258 % suurempia.





**Kuva 5.** Valovaatimuksiltaan neutraalien ja varjoa tai valoa vaativille lajeille suotuisten ja erittäin suotuisten elinympäristöjen Pinta-alojen prosentuaaliset osuudet eri metsänhoitoskenaarioissa nykyilmastossa (jakso 1981–2010) sekä RCP2.6 ja RCP4.5 ilmastonmuutosskenaarioissa aikajaksolla 2010–2099.

RCP4.5 skenaariossa viimeisellä 10-vuotijaksolla valovaatimuksiltaan neutraaleille lajeille suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuus oli 53 % ja varjoa vaativien 19 % matalampi kuin perusmetsänhoitoskenaariossa mutta valoa vaativien oli 72 % suurempi kuin perusmetsänhoitoskenaariossa ja valovaatimuksiltaan neutraaleille lajeille hyvin suotuisten elinympäristöjen pinta-alaosuus 142 %, varjoa vaativien 371 % ja valoa vaativien 174 % suurempi viimeisellä 10-vuotijaksolla kuin perusmetsänhoitoskenaariossa.

Verrattuna nykyilmastoon, lahoppua vaativille lajeille suotuisien elinympäristöjen pinta-alaosuus lisääntyi, riippuen metsänhoito- ja ilmastoskenaariosta, RCP2.6 skenaariossa 5–19 % ja RCP4.5 skenaariossa 2–27 % verrattuna nykyilmastoon (taulukko 11). Erittäin suotuisien elinympäristöjen pinta-alaosuus lisääntyi vastaavasti RCP2.6 skenaariossa 6–10 % ja RCP4.5 skenaariossa 2–18 % verrattuna nykyilmastoon. Suotuisien elinympäristöjen pinta-alaosuuksissa muutos verrattuna nykyilmastoon oli suurin RCP2.6 skenaariossa kun käytettiin perusmetsänhoitoa, mutta RCP4.5 skenaariossa silloin kun metsistä oli suojeltu 20 %. Suotuisien elinympäristöjen pinta-alaosuuksissa muutos oli negatiivinen RCP2.6 skenaariossa kun metsistä oli suojeltu 10 % ja erittäin suotuisien elinympäristöjen pinta-alaosuuksissa, kun suojeltiin 20 %. Hyvin suotuisien elinympäristöjen pinta-alaosuusien muutos oli suurin molemmissa ilmastoskenaarioissa silloin kun metsiä ei käsitelty lainkaan.

**Taulukko 11.** Ilmastonmuutoksen (RCP2.6 ja RCP4.5) voimakkuuden vaikutus lahoppua vaativille lajeille suotuisten ja erittäin suotuisten elinympäristöjen yhteispinta-alaan eri metsänhoitoskenaarioissa verrattuna nykyilmastoon aikajaksolla 2010–2099.

**Lahoppua vaativille lajeille suotuisten (HI 50-100 %) elinympäristöjen pinta-alan %-ero verrattuna nykyilmastoon**

Skenaario	Kaikki laji ryhmät			Neutraali			Varjoa vaativat			Valoa vaativat		
	50–75	75–100	Yht.	50–75	75–100	Yht.	50–75	75–100	Yht.	50–75	75–100	Yht.
<b>RCP2.6:</b>												
Perusmetsänhoito	18,8	6,1	13,2	17,0	7,8	12,0	13,9	9,8	12,0	23,0	-6,4	16,2
100 % suojelu	5,0	10,1	8,3	11,6	8,8	9,3	-8,6	6,3	3,6	5,7	23,0	10,8
10 % suojelu	-9,8	3,2	-3,4	2,2	2,0	2,1	-20,3	2,9	-7,1	-14,2	7,7	-8,7
20 % suojelu	13,6	-12,2	-0,8	23,5	-4,4	5,0	38,9	-25,8	-6,3	-1,2	-13,1	-4,9
<b>RCP4.5:</b>												
Perusmetsänhoito	16,9	12,9	15,1	24,6	10,9	17,1	7,1	-3,0	2,3	13,8	44,6	20,9
100 % suojelu	1,8	18,0	12,4	1,0	14,8	12,5	7,6	10,6	10,1	0,8	45,7	14,1
10 % suojelu	4,3	-2,0	1,2	18,6	4,1	9,6	4,1	-14,2	-6,3	-5,7	-4,3	-5,4
20 % suojelu	26,8	1,5	12,7	30,6	11,7	18,1	50,5	-13,4	5,9	16,6	-4,6	10,1

## 4. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

### 4.1 Työn päätulokset

Tässä tutkimuksessa selvitettiin valtakunnan metsien 10. inventoinnin pysyvillä koelohjoilla (ki-vennäismailla) tehtyjen metsäekosysteemimallilaskelmien avulla kuinka ilmastonmuutoksen voimakkuus (RCP2.6 ja RCP4.5) ja metsien suojelupinta-alan lisääminen 10 %, 20 % ja 100 %, verrattuna perusmetsänhoitoskenaarioon, vaikuttavat metsäekosysteemiin sitoutuneen hiilen määrään, puuston runkotilavuuteen, hakatun ainespuun määrään ja lahoppuun määrään sekä lahoppuuta vaativien lajien suotuisten ja erittäin suotuisten elinympäristöjen pinta-alaan Pohjois-Karjalassa tämän vuosisadan kuluessa. Koska mallilaskelmissa ei huomioitu puun kysynnässä tapahtuvia muutoksia, hakkuita tehtiin enemmän kuin niitä tehdään keskimäärin. Tämä näkyy eritoten ensimmäisellä 30-vuotiskaudella, jolloin hakataan niin sanottuja hakkuusäästöjä. Ilmaston lämpenemisen lisäämiä sään ääri-ilmiöitä, kuten pitkiä kuivuusjaksoja sekä tuuli- ja lumituhoja (Venäläinen ym. 2020) ei otettu huomioon tässä simulaatiotutkimuksessa.

Tutkimuksissa tehtyjen simulointien mukaan ilmastonmuutos lisäsi metsäekosysteemiin (maahan ja puustoon) sitoutuneen hiilen määrää verrattuna nykyilmastoon, eniten RCP4.5 skenaariossa. Sekä nyky- että muuttuvassa ilmastossa metsänsuojelupinta-alan kasvattaminen lisäsi metsäekosysteemiin sitoutuneen hiilen määrää ja eniten silloin kun metsistä suojeltiin 100 %.

Ilmastonmuutos lisäsi myös puuston kasvua, joka mahdollisti suuremmat ainespuun hakkuumäärät, kun hakkuut toteutettiin Tapion metsänhoitosuosituksen (Äijälä ym. 2014) mukaisia harvennusmalleja ja kiertoaikoja käyttäen. Ainespuun hakkuumäärät olivat suurimmillaan molemmilla RCP skenaarioissa ja nykyilmastossa ensimmäisellä 30-vuotisjaksolla, mikä on seurausta vanhoista hakkuurästeistä. Suurimmat hakkuukertymät saatiin perusmetsänhoitoskenaariossa RCP4.5 skenaariossa ja pienimmät nykyilmastossa. Tätä tulosta selittää ilmastonmuutoksen myötä lisääntyvä kasvukauden lämpösusma ja ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden nousu, jotka molemmat lisäsivät metsien kasvua keskisessä Suomessa (Kellomäki ym. 2018). Lisäksi ilmaston lämpeneminen tehostaa karikkeen ja humuksen hajoamista, joka vapauttaa ravinteita puuston käyttöön (Kellomäki 2017). RCP4.5 skenaarioissa oli myös viimeisellä 30-vuotisjaksolla suuremmat hakkuukertymät 10 % ja 20 % suojeluskenaariossa kuin nykyilmaston perusmetsänhoitoskenaariossa vastaavana ajankohtana. Näin ollen ilmastonmuutos mahdollistaisi samanaikaisesti suojelualueiden pinta-alan lisäämisen 10–20 % ja voimakkuudeltaan nykyilmaston perusmetsänhoitoa vastaavat hakkuu määrät.

Nykyilmastossa lämpötila ja sademäärät ovat lähes ihanteelliset kuuselle. Tutkimusten mukaan kasvuolosuhteet voivat ilmaston lämmitessä muuttua sopimattomiksi kuuselle Etelä- ja Keski-Suomessa kuivuuden takia (Jyske ym. 2010; Kellomäki ym. 2018). Erityisesti voimakkaan ilmastonmuutoksen seurauksena yleistyvät kuivat jaksot kevään ja kesän aikana (Mäki ym. 2001; Ruosteenoja ym. 2018) voivat laskea männyn ja erityisesti kuusen kasvattamisen kannattavuutta, mutta parantaa lehtipuiden kasvuolosuhteita (Lindner ym. 2014). Tämä selittää osaltaan, yhdessä sopimattoman lahoppumateriaalin kanssa, varjoa ja valoa vaativien lajien suotuisten ja erittäin suotuisten elinympäristöjen määrän laskua RCP2.6 ja RCP4.5 -ilmastonmuutosskenaarioissa 10 % ja 20 % suojelulla.

Ilmastonmuutos ja suojelupinta-alan kasvattaminen lisäsivät myös puiden kuolleisuutta ja edelleen lahoppuun määrää, sekä lahoppuuta vaativien lajien suotuisten ja erittäin suotuisten elinympäristöjen pinta-aloja. Lahoppuun määrän vaihtelu on kuitenkin melko vähäistä nykyilmaston perusmetsänhoidon ( $7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) ja RCP2.6 ja RCP4.5 10–20 % suojelun ( $8\text{--}9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) välillä (taulukko 9). Toisaalta metsien suojelupinta-alan lisääminen vaikutti niihin selvästi enemmän, koska puiden kuolleisuus ja lahoppuun määrä lisääntyivät suojelualueiden puuston kasvun hidastuessa ikääntymisen myötä. Suojelupinta-alan 10–20 % lisäyksen vaikutus oli myös suurempi kuin ilmastonmuutoksen vaikutus erittäin suotuisten elinympäristöjen pinta-alaan, päinvastoin kuin suotuisien alueiden pinta-alaan. Tämä tarkoittaa, että aiemmin suotuisat elinympäristöt muuttuvat suojelun myötä erittäin suotuisiksi. Toisaalta ilmastonmuutoksella oli vain vähäinen vaikutus suotuisten alueiden pinta-alaan 100 % suojeluskenaariossa.

Valovaatimuksilta neutraaleille ja varjoa vaativille lajeille suotuisten elinympäristöjen pinta-alat laskivat. Yksi syy varjoa vaativien lajien elinympäristöjen pinta-alan laskussa on vääränlainen lahoppuu. Useimmat varjoa vaativista lajeista ovat erikoistuneet elämään järeässä kuusilahoppuussa. Lisäksi ilmaston lämpeneminen voi lisätä lahoppuun lahoamisnopeutta (Tuomi ym. 2011). Tämä puolestaan laskee tietyn laista lahoppuuta vaativien lajien suotuisten ja erittäin suotuisten elinympäristöjen pinta-alaan. Suurin osa lahoppuuta vaativista lajeista vaatisikin yli  $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  tietynlaista ja tietyssä lahoamisvaiheessa olevaa lahoppuuta (Müller & Büttler 2010). Myös valoa vaativilla lajeilla vääränlainen lahoppuu on myös yksi syy elinympäristöjen pinta-alan laskuun. RCP2.6 ja RCP4.5 ilmastoskenaariot vaikuttavat vain vähän kaikkien lajien suotuisten ja erittäin suotuisten elinympäristöjen pinta-aloihin. Suurempi vaikutus on suojellun alueen pinta-alalla.

## 4.2 Johtopäätökset

Metsien 100 % suojelu Pohjos-Karjalan alueella ei ole realistinen skenaario, toisin kuin 10 % ja 20 % suojeluskenaariot. Vuonna 2019 Pohjois-Karjalan metsäpinta-alasta oli suojeltu metsämaita 7,6 % ja kitumaita 1,2 % (LUKE tilastotietokanta). Kitumaita tai soita ei ole huomioitu tässä tutkimuksessa. Metsänsuojelupinta-alan kasvattaminen nykyilmastossa ja muuttuvassa ilmastossa lisää pääsääntöisesti metsäekosysteemiin sitoutuneen hiilen määrää, mutta laskee hakatun ainespuun määrää. Lisäksi metsänsuojelupinta-alan kasvattaminen johtaisi metsänomistajien taloudellisiin tappioihin vähentyvien hakkuiden takia. Tällöin suojeltujen metsien pinta-alan kasvattaminen vaatisi vapaaehtoisuutta ja taloudellisten menetysten korvaamista metsänomistajille (Triviño ym. 2015). Lisäksi hakkuiden vähentäminen voi lisätä fossiilisten luonnonvarojen kysyntää, kun korvaavaa biomateriaalia ei ole saatavilla riittävästi. Nykyilmastossa metsän suojelupinta-alan kasvattaminen lisäsi metsäekosysteemiin sitoutuneen hiilen määrää, puuston runkotilavuutta ja nosti lahoppuuta vaativien lajien suotuisten elinympäristöjen pinta-alaa, mutta laski hakatun kuitu- ja tukkipuun määrää. Vastaava tilanne on myös havaittavissa RCP2.6 ja RCP4.5 ilmastoskenaarioissa. Lisäys on suurinta puustoon sitoutuneen hiilen kohdalla.

Ilmaston lämmitessä maasta alkaa kiihtyvän hajotustoiminnan seurauksena vapautua ravinteita ja hiiltä. Lisääntyvä ravinteiden saanti, pidempi kasvukausi ja hiilidioksidin määrän lisääntyminen ilmakehässä lisäävät puiden tilavuuskasvua, joka sitoo enemmän hiiltä puustoon. Tämä mahdollistaa RCP-skenaarioissa lähes nykyilmastoa vastaavat ja riittävän voimakkaassa ilmastomuutoksessa jopa suuremmat hakkuut, vaikka metsistä suojeltaisiin 10–20 %. Kuitenkin ilmaston lämpeneminen ja sen mukanaan tuomat sään ääri-ilmiöt ja pidemmät kuivat kaudet kevään ja kesän aikana, voivat heikentää puuston kasvua. Erityisesti kuusen kasvu voi kärsiä RCP4.5-skenaariossa pitkällä aikavälillä pidempien kuivuusjaksojen takia. Kuitenkin lyhyellä aikavälillä kuusikin voi hyötyä pidemmästä kasvukaudesta, ilman korkeammasta CO<sub>2</sub>-pitoisuudesta ja ravinteiden määrän lisääntymisestä (Berninger ym. 2004; Mazziotta ym. 2013).

Puuston runkotilavuus on suojeluskenaarioissa matalin RCP4.5 skenaarion 10 % suojelussa. Tämä on seurausta ilmaston lämpenemisen aiheuttamista kasvutappioista ja puiden kuolleisuuden lisääntymisestä. Muissa suojelu- ja ilmastomuutoskkenaarioissa runkotilavuus on suurimmillaan RCP4.5 skenaarion.

Lahoppuuta vaativien lajien suotuisten ja erittäin suotuisten elinympäristöjen osuudet nousivat ilmastonlämpenemisen myötä, kun tarkastellaan kaikkia lajeja yhdessä. Tarkasteltaessa erikseen valoa tai varjoa vaativia ja vaatimuksiltaan neutraaleja lajeja, huomataan että muutokset

eivät ole suuria tarkasteltavan ilmaston peruskäsittelyn ja 10 % suojelun välillä. Kun suojellun alueen pinta-ala nostetaan 20 % niin sen vaikutus tulee selvemmin esiin. Ilmastonmuutosta tärkeämpi tekijä lahoppuuta vaativille lajeille on lahoppuun laatu. Monet lajit vaativat järeää lahoppuuta, jonka muodostuminen, luontaisessa (100 % suojelu) ja korkeasti suojelluissa metsissä on hidasta. Nämä metsät ovat usein tiheitä, joten puuston sisällä on ankara kilpailu valosta ja ravinteista. Monille lahoppuuta vaativalle lajille 100 % suojeluskenarioissa ongelmaksi muodostuu tarjolla olevan lahoppuun laatu ja koko (Tikkanen ym. 2011). Tästä seuraa korkea kuolleisuus, mutta kuollut puusto on pientä ja ei näin ollen sovellu kaikille lajeille. Lisäksi pinta-juurisaiset lajit, kuten kuusi, tulevat kärsimään yleistyvistä sään ääri-ilmiöistä, mikä vähentää entisestään näille lajeille suotuisten elinympäristöjen määrää. Monet saproksyytilajeista vaativat tietynlaista lahoppuuta, kuten järeää kuusimaalahoppuuta. Ilmastonmuutos myös vaikuttaa puiden lahoamisnopeuteen. Erityisesti koivu- ja kuusilahoppuun lahoaminen nopeutuu. Tämä voi aiheuttaa ongelmia pitkälle lahonneessa puussa eläville lajeille (Mazziotta ym. 2013). Toisaalta puuston kuolleisuuden kasvaessa tuoretta lahoppuuta vaativien lajien elinolosuhteet paranevat. Tosin monet saproksyyli lajit suosivat hitaasti kasvanutta puuta, joten ilmastonmuutoksen seurauksena puuston nopeammalla kasvulla voi olla kielteinen vaikutus näiden lajien elinympäristöihin (Mazziotta ym. 2013).

SIMA-metsäekosysteeminmalli ei valitettavasti ota huomioon ilmastonmuutoksen mukanaan tuomia ja voimistamia sään ääri-ilmiöitä, jotka lisäävät puuston kuolleisuutta. Lisäksi simuloinnin alussa lahoppuun määrä metsässä on laskennallisesti nolla, koska tarvittavaa lähtötietoa ei ole olemassa koelohjoilla olevasta lahoppuun määrästä ja sen laadusta simuloinnin alussa. Näin ollen mallilla voidaan tarkastella vain simulaation aikana syntyneen uuden lahoppuun määrää.

Metsiensuojelupinta-alan lisääminen lisää pääsääntöisesti puustoon ja maahan sitoutuvan hiilen määrää, mutta laskee hakatun ainespuun määrää. Tämän vuoksi tarvitaan intensiivisempää metsänhoitoa, kuten uudistamista parempikasvuisella siemen- ja taimiaineksella, käyttäen kasvupaikalle hyvin soveltuvia puulajeja, voimakkaampia harvennuksia tai lyhyempiä harvennusvälejä ja metsänlannoituksia, jotta voidaan kompensoida metsiensuojelupinta-alan kasvattamisesta johtuvaa hakkuumäärien laskua (Alrahahleh ym. 2017). Lisäksi voimakkaampien harvennusten tai lyhyemmällä kiertoaajoilla voidaan vähentää puuston välistä kilpailua resursseista (Zubizarreta-Gerendiain ym. 2015). Ainespuun tuotantoon ja metsien hiilen sidontaan vaikuttavat myös suuresti metsien nykyinen rakenne ja vallitseva ilmasto (Kellomäki ym. 2008). Lisäksi on huomioitava, että kuvion puulaji voi vaikuttaa siihen minkälainen kiertoaika on hiilensidonnan kannalta paras vaihtoehto. Liski ym. (2001) ovat havainneet, että hiilin varastoinnin kannalta kuusella olisi suotavaa käyttää lyhyitä kiertoaikoja ja männyllä pitkiä. Myös nämä tekijät tulisikin

ottaa huomioon, kuin suunnitellaan metsien hoitamista ja käyttöä esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden korvikkeena, sekä suunnitellaan metsävarojen käyttöä muuttuvassa ilmastossa ja ilmastomuutoksen hillinnässä.

## 5 Lähdeluettelo

Alrahahleh, L., Ikonen, V.-P., Kilpeläinen, A., Torssonen, P., Strandman, H., Asikainen, A., Kaurola, J., Venäläinen, A., Peltola, H., 2017. Effects of forest conservation and management on volume growth, harvested amount of timber, carbon stock, and amount of deadwood in Finnish boreal forests under changing climate. *Canadian journal of forest research*, 2017, Vol.47 (2), p.215-225

Berninger, F., Hari, P., Nikinmaa, E., Lindholm, M., Meriläinen, J. 2004. Use of modeled photosynthesis and decomposition to describe tree growth at the northern tree line. *Tree physiology*, 2004–02, Vol.24 (2), p.193–204

Flato, G., Marotzke, J., Abiodun, B., Braconnot, P., Chou, S. C., Collins, W., Cox, P., Driouech, F., Emori, S., Eyring, V., Forest, C., Gleckler, P., Guilyardi, E., Jakob, C., Kattsov, V, Reason, C. ja Rummukainen, M., 2013. Evaluation of Climate Models. Teoksessa: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. ja Midgley, P. M. (toim.)]. Cambridge University Press, New York, 741–866.

Gauthier, S., Bernier, P., Kuuluvainen, T., Shvidenko, A. Z., Schepaschenko, D. G. 2015. Boreal forest health and global change. *Science (American Association for the Advancement of Science)*, 2015-08-21, Vol.349 (6250), p.819-822ra

Heinonen, T., Pukkala, T., Kellomäki, S., Strandman, H., Asikainen, A., Venäläinen, A., Peltola, H. 2018. Effects of forest management and harvesting intensity on the timber supply from Finnish forests in a changing climate. *Canadian journal of forest research*, 2018, Vol.48 (10), p.1124-1134

Jarvis, P.G., Ibrom, A., and Linder, S. 2005. Carbon forestry — managing forests to conserve carbon. In *The carbon balance of forest biomes*. Julkaisija: Oxford, GBR: CRC Pres

Jyske, T., Hölttä, T., Mäkinen, H., Nöjd, P., Lumme, I., Spiecker, H. 2010. The effect of artificially induced drought on radial increment and wood properties of Norway spruce. *Tree physiology*, 2010–01, Vol.30 (1), p.103–115

Kellomäki, S., Strandman, H., Nuutinen, T., Peltola, H., Korhonen, K.T., Väisänen, H. 2005. Adaptation of forest ecosystems, forest, and forestry to climate change. FINADAPT Working paper 4. Suomen ympäristökeskus. Muistio 334. Helsinki. s. 44. <http://hdl.handle.net/10138/41042>



- Kellomäki, S., Peltola, H., Nuutinen, T., Korhonen, K.T., Strandman, H. 2008. Sensitivity of managed boreal forests in Finland to climate change, with implications for adaptive management. *Philosophical transactions. Biological sciences*, 2008-07-12, Vol.363 (1501), p.2339–2351
- Kellomäki, S. 2017. *Managing boreal forests in the context of climate change: impacts, adaptation, and climate change mitigation*. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group
- Kellomäki, S., Strandman, H., Peltola, H. 2019. Effects of even-aged and uneven-aged management on carbon dynamics and timber yield in boreal Norway spruce stands: a forest ecosystem model approach. *Forestry (London)*, 2019-12-12, Vol.92 (5), p.635–647
- Kouki, J., Tikkanen, O.-P. 2007. *Uhanalaisten lahoppulajien elinympäristöjen turvaaminen suojelualueilla ja talousmetsissä*. Helsinki: Ympäristöministeriö: jakaja: Edita Publishing. 104 s.
- Kuuluvainen, T., Gauthier, S. 2018. Young and old forest in the boreal: critical stages of ecosystem dynamics and management under global change. *Forest ecosystems*, 2018–12, Vol.5 (1), p.1–15
- Larson, M.A., Thompson III, F.R., Millsaugh, J.J., Dijak, W.D., Shifley, S.R., 2004. Linking population viability, habitat suitability and landscape simulation models for conservation planning. *Ecological Modelling* 180, 103–118.
- Lehtonen, I., Venäläinen, A., Gregow, H. 2020. *Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta*. Raportteja 2020:5 Ilmatieteenlaitos. Toimeksiantaja Tapio Oy
- Lindner, M., Fitzgerald, J. B., Zimmermann, N. E., Reyer, C., Delzon, S., van der Maaten, E., Schelhaas, M. -J., Lasch, P., Eggers, J., van der Maaten-Theunissen, M. 2014. Climate change and European forests: what do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *Journal of environmental management*, 2014-12-15, Vol.146, p.69-83
- Liski, J., Pussinen, A., Pingoud, K., Mäkipää R., Karjalainen, T. 2001. Which rotation length is favourable to carbon sequestration? *Canadian journal of forest research*, 2001-11, Vol.31 (11), p.2004-2013
- Luonnonvara keskus (Luke). <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsavarat-ja-metsasuunnittelu/hakkuumahdollisuusarviot/> (Viitattu 7.4.2021)

Luonnonvara keskus (Luke), Tilastotietokanta.

[https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE\\_04%20Metsa\\_02%20Rakenne%20ja%20tuotanto\\_04%20Metsien%20suojele/02\\_metsien-suojele.px/table/table-ViewLayout1/](https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_02%20Rakenne%20ja%20tuotanto_04%20Metsien%20suojele/02_metsien-suojele.px/table/table-ViewLayout1/) (Viitattu 20.04.2021)

Maa- ja metsätalousministeriö. 2019. Kansallinen metsästrategia 2025-päivitys <https://mmm.fi/kms> (Viitattu 23.03.2021)

Mazziotta, A., Mönkkönen, M., Strandman, H., Routa, J., Tikkanen, O., Kellomäki, S. 2013. Modeling the effects of climate change and management on the dead wood dynamics in boreal forest plantations. *European journal of forest research*, Vol.133 (3), p.405-421

Müller, J., Bütler, R. 2010. A review of habitat thresholds for dead wood: a baseline for management recommendations in European forests. *European journal of forest research*, 2010-11, Vol.129 (6), p.981-992

Mäki, H., Nöjd, P., Mielikäinen, K., 2001. Climatic signal in annual growth variation in damaged and healthy stands of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] in southern Finland. *Trees* (Berlin, West), 2001–03, Vol.15 (3), p.177–185

Peltola, A., 2014 Metsätalustilastollinen vuosikirja 2014. Metsäntutkimuslaitos

Poudel B. C., Sathre R., Bergh J., Gustavsson L., Lundström A., Hyvönen, R. 2012. Potential effects of intensive forestry on biomass production and total carbon balance in north-central Sweden. *Environmental science & policy*, 2012, Vol.15 (1), p.106–124

Päivinen, J. 2007. Suot ja suometsät -järkevä käytön perusteet. Metsäkustannus Oy

Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Kämäräinen, M. 2016. Climate Projections for Finland Under the RCP Forcing Scenarios. *Geophysica* 2016, 51(1), 17–50

Ruosteenoja, K., Markkanen, T., Venäläinen, A., Räisänen, P., Peltola, H. 2018. Seasonal soil moisture and drought occurrence in Europe in CMIP5 projections for the 21st century. *Climate dynamics*, 2018–02, Vol.50 (3), p.1177–1192

Saaristo, L., Seppälä, M., Vesanto, T., Ruutiainen, J. 2017. Talousmetsien luonnonhoidon tehokkaat ratkaisut. Monimetsähankkeen selvitys. Tapio. 44 s.

- Tikkanen, O.-P., Matero, J., Mönkkönen, M., Juutinen, A., Kouki, J. 2011. To thin or not to thin: bio-economic analysis of two alternative practices to increase amount of coarse woody debris in managed forests. *European journal of forest research*, 2012-09, Vol.131 (5), p.1411-1422
- Triviño, M., Juutinen, A., Mazziotta, A., Miettinen, K., Podkopaev, D., Reunanen, P., and Mönkkönen, M. 2015. Managing a boreal forest landscape for providing timber, storing, and sequestering carbon. *Ecosystem services*, 2015-08, Vol.14, p.179-189
- Tuomi, M., Laiho, R., Repo, A., Liski, J. 2011. Wood decomposition model for boreal forests. *Ecological modelling*, 2011, Vol.222 (3), p.709–718
- Venäläinen, A., Lehtonen, I., Laapas, M., Ruosteenoja, K., Tikkanen, O.-P., Viiri, H., Ikonen, V.-P., Peltola, H. 2020 Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: A literature review. *Global change biology*, 2020-08, Vol.26 (8), p.4178-4196
- van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G. C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J.-F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S. J. ja Rose, S. K., 2011. The representative concentration pathways: an overview. *Climatic change*, 2011, Vol.109 (1-2), p.5-31
- Zubizarreta-Gerendiain, A., Garcia-Gonzalo, J., Strandman, H., Jylhä, K. and Peltola, H. 2015 Regional effects of alternative climate change and management scenarios on timber production, economic profitability, and carbon stocks in Norway spruce forests in Finland. *Canadian journal of forest research*, Vol.46 (2), p.274–283
- Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K., Väisänen, P. 2014. Hyvän metsänhoidon suositukset. *Metsäkustannus Oy*. s. 264

## Liite 1

METSÄEKOSYSTEEMIIN SITOUTUNEEN HIILEN MÄÄRÄ (Ton C ha<sup>-1</sup>)

Ilmasto/Käsittely	2010–2039			2040–2069			2070–2099			Keskimäärin 90 vuoden aikana		
	Maassa	Puusto	Yht.	Maassa	Puusto	Yht.	Maassa	Puusto	Yht.	Maassa	Puusto	Yht.
<b>Nykyilmasto:</b>												
Perusmetsänhoito	39,7	39,7	79,4	47,2	36,0	83,2	56,3	41,9	98,2	1,6	1,3	2,9
100 % suojelu	41,2	56,2	97,4	58,7	87,5	146,2	69,1	107,7	176,9	1,9	2,8	4,7
10 % suojelu	40,4	43,5	84,0	50,8	47,6	98,4	60,2	54,7	114,8	1,7	1,6	3,3
20 % suojelu	40,5	45,7	86,2	51,5	54,5	106,0	60,5	63,3	123,8	1,7	1,8	3,5
<b>RCP2.6:</b>												
Perusmetsänhoito	39,4	41,1	80,5	49,0	39,4	88,4	59,9	44,5	104,3	1,6	1,4	3,0
100 % suojelu	41,1	57,5	98,6	57,9	90,8	148,7	67,1	110,3	177,4	1,8	2,9	4,7
10 % suojelu	40,0	44,2	84,3	51,1	48,7	99,8	62,3	54,7	116,9	1,7	1,6	3,3
20 % suojelu	40,1	44,8	84,9	51,5	50,6	102,1	61,2	57,7	118,9	1,7	1,7	3,4
<b>RCP4.5:</b>												
Perusmetsänhoito	39,7	40,9	80,6	50,7	40,4	91,1	61,8	45,7	107,5	1,7	1,4	3,1
100 % suojelu	41,4	58,7	100,1	59,6	94,9	154,5	68,1	116,2	184,2	1,9	3,0	4,9
10 % suojelu	39,9	42,7	82,6	52,1	45,8	97,9	63,1	51,9	114,9	1,7	1,6	3,3
20 % suojelu	40,6	47,0	87,6	53,5	56,5	110,0	63,4	65,4	128,8	1,8	1,9	3,6

## Liite 2

AINESPUUN KERTYMÄ JAKSOTTAIN (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>)

Ilmasto/Käsittely	2010–2039				2040–2069				2070–2099				Keskimäärin 90 vuoden aikana			
	Kuitu	Tukki	Yht.	Tilavuus	Kuitu	Tukki	Yht.	Tilavuus	Kuitu	Tukki	Yht.	Tilavuus	Kuitu	Tukki	Yht.	Tilavuus
<b>Nykyilmasto:</b>																
Perusmetsänhoito	45,1	61,9	107,0	117,3	26,4	64,4	90,8	107,1	33,6	32,6	66,1	125,6	1,2	1,8	2,9	3,9
100 % suojelu	0,0	0,0	0,0	165,7	0,0	0,0	0,0	267,0	0,0	0,0	0,0	340,0	0,0	0,0	0,0	8,6
10 % suojelu	32,4	47,7	80,1	128,5	23,1	47,5	70,5	143,0	28,2	26,9	55,1	168,7	0,9	1,4	2,3	4,9
20 % suojelu	28,3	38,1	66,4	134,8	20,3	41,6	61,9	165,0	25,0	28,2	53,2	196,8	0,8	1,2	2,0	5,5
<b>RCP2.5:</b>																
Perusmetsänhoito	46,0	65,5	111,5	121,2	30,2	60,6	90,8	117,3	38,9	37,7	76,6	135,8	1,3	1,8	3,1	4,2
100 % suojelu	0,0	0,0	0,0	169,7	0,0	0,0	0,0	278,5	0,0	0,0	0,0	351,1	0,0	0,0	0,0	8,9
10 % suojelu	36,8	54,8	91,6	130,4	26,3	52,9	79,2	146,5	31,5	33,6	65,2	169,3	1,1	1,6	2,6	5,0
20 % suojelu	33,4	50,6	84,0	132,4	23,5	48,0	71,5	153,7	28,7	33,1	61,8	181,1	1,0	1,5	2,4	5,2
<b>RCP4.5:</b>																
Perusmetsänhoito	47,4	71,5	119,0	121,1	34,8	63,7	98,6	121,9	44,2	46,5	90,6	143,1	1,4	2,0	3,4	4,3
100 % suojelu	0,0	0,0	0,0	173,3	0,0	0,0	0,0	291,5	0,0	0,0	0,0	371,9	0,0	0,0	0,0	9,3
10 % suojelu	43,5	62,8	106,2	125,8	31,7	57,3	89,0	137,5	38,9	43,0	81,9	161,0	1,3	1,8	3,1	4,7
20 % suojelu	31,7	47,3	79,0	138,5	26,5	49,0	75,6	170,8	33,6	38,1	71,7	205,2	1,0	1,5	2,5	5,7

## Liite 3

LAHOPUUTA VAATIVILLE LAJEILLE SUOTUISAN JA ERITTÄIN SUOTUISAN ELINYMPÄRISTÖN PINTA-ALA												
% pinta-alasta Ilmasto/Käsittely	Kaikki laji ryhmät			Neutraali			Varjo			Valo		
	50-75	75-100	Yht.	50-75	75-100	Yht.	50-75	75-100	Yht.	50-75	75-100	Yht.
<b>Nykyilmasto:</b>												
Perusmetsänhoito	27,8	21,7	49,5	11,3	13,6	24,8	5,4	4,8	10,3	11,0	3,3	14,3
100 % suojelu	32,3	60,6	93,0	6,5	31,7	38,3	4,4	20,0	24,4	21,4	9,0	30,3
10 % suojelu	31,4	30,1	61,6	10,6	17,5	28,1	5,8	7,7	13,5	15,0	5,0	20,0
20 % suojelu	28,3	35,6	63,8	9,7	18,9	28,6	4,5	10,4	14,9	14,1	6,3	20,4
<b>RCP2.6:</b>												
Perusmetsänhoito	33,0	23,0	56,0	13,2	14,6	27,8	6,2	5,3	11,5	13,6	3,1	16,7
100 % suojelu	33,9	66,7	100,7	7,3	34,5	41,8	4,0	21,2	25,2	22,6	11,0	33,6
10 % suojelu	28,4	31,1	59,5	10,8	17,8	28,7	4,6	7,9	12,6	12,9	5,3	18,2
20 % suojelu	32,1	31,2	63,4	11,9	18,1	30,0	6,3	7,7	14,0	13,9	5,4	19,4
<b>RCP4.5:</b>												
Perusmetsänhoito	32,5	24,5	56,9	14,1	15,0	29,1	5,8	4,7	10,5	12,6	4,8	17,3
100 % suojelu	32,9	71,6	104,4	6,6	36,4	43,0	4,7	22,1	26,8	21,5	13,1	34,6
10 % suojelu	32,8	29,5	62,3	12,6	18,2	30,8	6,1	6,6	12,7	14,2	4,7	18,9
20 % suojelu	35,9	36,1	72,0	12,6	21,1	33,7	6,8	9,0	15,8	16,5	6,0	22,4

## Liite 4

<b>Ympäristövaatimus varjo</b>					
Lyhenne	Koko nimi	Elinympäristö	Lahopuutyyppi	Laholuokka	Lajien lkm.
Korpiko	Korpikolva ( <i>Pytho kolwensis</i> )	Varjo	Kuusimaapuu	L 2–3	23
Kuusenl	Kuusenlaakavilistäjä ( <i>Cyphaea latiuscula</i> )	Varjo	Pystykuusi	L 1–2	3
Lovikää	Lovikääpä ( <i>Oligoporus lowei</i> )	Varjo	Mäntymaapuu	L 3–4	3
Sitkank	Sitkankääpä ( <i>Amyloporia sitchensis</i> )	Varjo	Järeä kuusimaapuu	L 3–4	10
Sopulin	Sopulinkääpä ( <i>Piloporia sajanensis</i> )	Varjo	Kuusimaapuu	L 3–4	9
Kalkkik	Kalkkikääpä ( <i>Amyloporia crassa</i> )	Varjo	Järeä mäntymaapuu	L 3–4	3
Sitruun	Sitruunakääpä ( <i>Antrodiella citrinella</i> )	Varjo	Kuusi- Ja lehtimaapuu	L 3–4	5
Paksuku	Paksukuorikääpä ( <i>Rigidoporus crocatus</i> )	Varjo	Järeä lehtimaapuu	L 2–3	3
Harjaso	Harjasorakas ( <i>Gloiodon strigosus</i> )	Varjo	Järeä haapamaapuu	L 2–3	5
Varjojä	Varjojäkälä ( <i>Cybebe gracilentia</i> )	Varjo	Pystykoivu	L 2–3	3
Rustikk	Rustikka ( <i>Protomerulius caryae</i> )	Varjo	Järeä koivumaapuu	L 3–4	8
<b>Ympäristövaatimus paiste</b>					
Lyhenne	Koko nimi	Elinympäristö	Lahotyyppi	Laholuokka	Lajien lkm.
Lahokap	Lahokapo ( <i>Boros schneideri</i> )	Paiste	Pystymänty	L 1–2	7
Pohjant	Pohjantypyjäjäkä ( <i>Acmaeops septentrionis</i> )	Paiste	Pystykuusi	L 1–2	3
Salokää	Salokääpä ( <i>Dichomitus squalens</i> )	Paiste	Mäntymaapuu	L 2–3	3
Vyöpiil	Vyöpiiloseppä ( <i>Lacon fasciatus</i> )	Paiste	Havumaapuu	L 2–3	5
Vyöseppä	Vyöseppäkäs ( <i>Drapetes mordelloides</i> )	Paiste	Lehtipuu	L 2–3	9
Koivuke	Koivukelokärsäkäs ( <i>Tropideres dorsalis</i> )	Paiste	Pystylehtipuu	L 1–2	8
Haavans	Haavansahajumi ( <i>Xyletinus tremulicola</i> )	Paiste	Pystyhaapa	L 1–2	4
<b>Ympäristövaatimus neutraali</b>					
Lyhenne	Koko nimi	Elinympäristö	Lahotyyppi	Laholuokka	Lajien lkm.
Riekonk	Riekonkääpä ( <i>Antrodia albobrunnea</i> )	Neut.	Mäntymaapuu	L 3–4	5
Kairakä	Kairakääpä ( <i>Antrodia primaeva</i> )	Neut.	Järeä mäntymaapuu	L 2–3	3
Liekohä	Liekohärkä ( <i>Cheruchus chrysomelinus</i> )	Neut.	Järeä havumaapuu	L 4–5	2
Uppokei	Uppokeiju ( <i>Ditylus laevis</i> )	Neut.	Havumaapuu	L 2–3	5
Murrosk	Murroskolva ( <i>Pytho abieticola</i> )	Neut.	Kuusimaapuu	L 2–3	10
Aarnikä	Aarnikätkä ( <i>Bothrioderes contractus</i> )	Neut.	Pystymänty	L 1–3	9
Jurokuo	Jurokuoriainen ( <i>Zavaljus brunneus</i> )	Neut.	Lehtipuu	L 3–4	8
Vienank	Vienankääpiäinen ( <i>Wagaicis wagai</i> )	Neut.	Haapa	L 2–3	14
Lattaty	Lattatylyppö ( <i>Hololepta plana</i> )	Neut.	Pystyhaapa	L 1–2	7