



BIO4ECO
Interreg Europe



European Union
European Regional
Development Fund

Skenaariotarkastelu:

**Miten Pohjois-Karjalassa tavoiteltu miljoonan kuution lisäys
puuston hakkuissa vaikuttaa maakunnan metsäluonnon
monimuotoisuuteen vuoteen 2025 mennessä?**

Anne Tolvanen, Olli Salminen, Miia Saarimaa, Tuula Packalen, Kari T.
Korhonen, Mikko Kurttila

18.5.2018 Luonnonvarakeskus

- **Tehtävänä oli tarkastella miten hakkuiden lisääminen yhdellä miljoonalla kuutiometrillä Pohjois-Karjalassa vaikuttaa monimuotoisuutta kuvaavien indikaattorien arvoihin.**
- **Toteutus perustuu skenaariotarkasteluun, jossa oletuksena on, että Pohjois-Karjalan metsiä käsitellään optimaalisesti puuhuollon näkökulmasta.**
 - Puun tarjontaa tai siihen vaikuttavia tekijöitä kuten maanomistajien tavoitteita ei otettu skenaarioissa huomioon.
 - Hakkuiden sijoittumista Pohjois-Karjalassa ei myöskään tarkasteltu.
- **Toimeksiannon edellyttämät skenaariotarkastelut tehtiin Luonnonvarakeskuksen asiantuntijatyönä.**
- **Toimeksiantoon osallistuvilla henkilöillä on laaja-alaista osaamista metsätalouteen, monimuotoisuuteen ja skenaariolaskelmiin liittyen sekä Pohjois-Karjalan alueen tuntemusta.**

Toimeksiannon hyödynnettävyys

- Toimeksiannon tulokset auttavat päätöksentekijöitä arvioimaan, miten eri hakkuuskenaarioiden mukainen hakkuumäärien lisääminen vaikuttaa monimuotoisuutta kuvaavien indikaattorien arvoihin ja pohtimaan millä keinoilla monimuotoisuutta kuvaavien indikaattoreiden arvoihin voitaisiin vaikuttaa.
- Tulosten avulla julkinen sektori voi pohtia metsien käyttöön liittyviä ohjauskeinoja ja toimenpiteitä sekä niiden kohdentamista tarkasteltuihin metsänomistajaryhmiin.

Laskelmien taustaa

- Puuston kehitystä hakkuiden seurauksena tarkasteltiin skenaariolaskelmiin perustuen.
- Laskenta-aineiston muodostivat valtakunnan metsien 11. inventoinnin (Valtakunnan metsien... 2013) vuosina 2009–2013 mitatut metsä- ja kitumaan koealat.
- Selvityksessä vaaditut laskelmat toteutettiin MELA-ohjelmistolla (Hirvelä ym. 2017), joka koostuu puutason luonnonprosessi- (mm. Hynynen ym. 2002) ja tuottavuusmalleihin (mm. Kuitto ym.1994) perustuvasta metsien kehitysvaihtoehtoja tuottavasta metsikkösimulaattorista ja lineaarisesta optimoinnista (Lappi 1992).
- MELA (Metsälaskelma)-ohjelmisto on Suomen oloihin kehitetty metsätalouden analyysi- ja suunnitteluohjelmisto, jonka avulla voidaan laatia laskelmia ja ennusteita metsien tulevaisuuden kehityksestä alueellisen, kansallisen ja kansainvälisen päätöksenteon tueksi.
 - Soveltuu mm. metsäpoliittiseen päätöksentekoon, metsäteollisuuden investointipäätöksiin, metsätalouden kestävyys arviointiin ja metsien sertifiointiin.

Skenaariolaskelmien lähtötilannetta tarkasteltiin kahteen omistajaryhmään jaoteltuna:

1. Yksityiset:

- Yksityiset metsänomistajat
- Yksityiset toiminimet
- Perikunnat

2. Muut:

- Yhteisöt: kunnat, seurakunnat, muut yhteisöt (osuuskunnat, kommandiitti- ja asunto-osakeyhtiöt ja säätiöt)
- Osakeyhtiöt (metsäteollisuutta harjoittavat yhtiöt ja muut yhtiöt)
- Yhtiöiden eläkesäätiöt
- Valtio (Metsähallitus ja muut valtion virastot)

- **Laskelmissa käytetty metsä- ja kitumaan pinta-ala yhteensä 1.512 miljoonaa hehtaaria, joka jakautui omistajaryhmittäin:**

- 54.7% yksityiset
- 45.3% muut

- **Suojelualueiden kokonaispinta-ala 0.08 miljoonaa hehtaaria, joka jakautui:**

- 5.2% yksityiset
- 94.8% muut

Laskelmissa käytetyt hakkuuskenaariot

1. Nyky-skenaario: hakkuut pysyvät viiden edellisen vuoden keskiarvossa, noin 5.5 miljoonassa kuutiossa noudattaen toteutuneen kertymän puutavaralajijakaumaa.

- Kuvissa lyhenne Nyky

2. Optimi-skenaario: Hakkuut lisääntyvät yhdellä miljoonalla kuutiolla ja lisäyksen puutavaralajijakauman annetaan ratketa optimoinnin tuloksena.

- Kuvissa lyhenne Optimi

3. 50/50 -skenaario: Hakkuut lisääntyvät yhdellä miljoonalla kuutiolla. Tilaajan kanssa sovitusti lisäyksestä 50 % on oltava tukkia ja 50 % kuitua.

- Kuvissa lyhenne 50/50

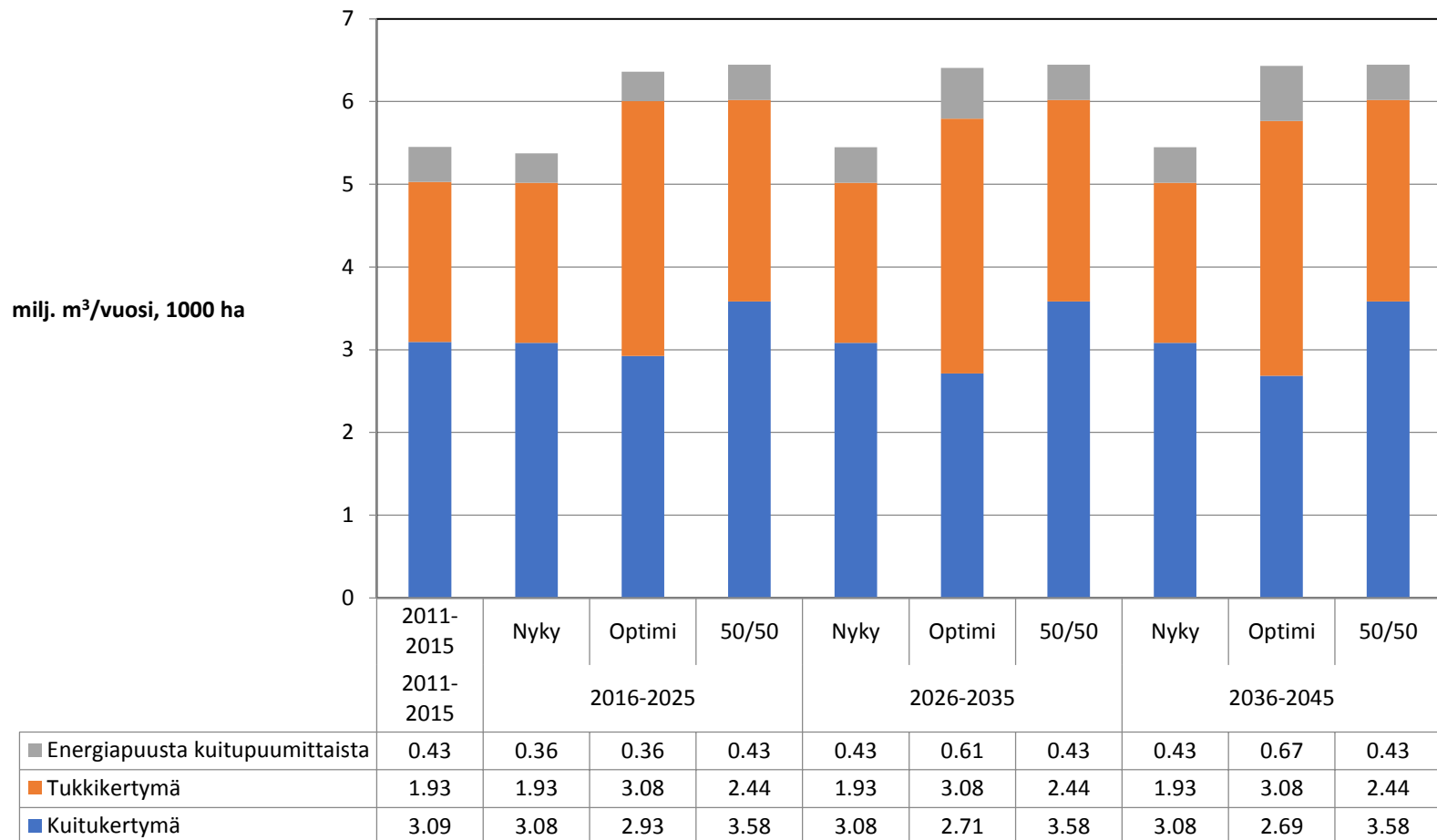
Metsien käsittely noudattaa kaikissa skenaarioissa Tapion metsänhoidon suosituksia (Äijälä ym. 2014, Koistinen ym. 2016). Käsittelyvaihtoehtojen valinta ja metsien kehitys ratkeaa optimoinnin tuloksena. Tavoite on kaikissa skenaarioissa nettotuottojen nykyarvon maksimointi 4 %:n korolla ja optimointi valitsee sen ja rajoitteiden suhteen tehokkaimmat käsittely- ja kehitysvaihtoehdot.

Monimuotoisuusindikaattorit

- **Hakkuuskenaarioiden vaikutusta maakunnan metsäluonnon monimuotoisuuteen arvioitiin tarkastelemalla monimuotoisuuden tasoa heijastavien indikaattorien arvoissa tapahtuvia muutoksia.**
- **Monimuotoisuutta kuvaavina indikaattoreina käytettiin:**
 - **Vanhojen (yli100 vuotta) metsien pinta-ala**
 - **Säästöpuun määrä**
 - **Kuolleen puun määrä**
 - **Lehtipuun tilavuus**
 - **Mustikkasato**
 - **Puuston hiilinielu**
- **Monimuotoisuusindikaattoreiden kehitykselle laskettiin eri hakkuuskenaarioiden mukaiset malliperustaiset arviot.**

Tukki- ja kuitu- ja energiapuukertymä

Tukkikertymän, kuitukertymän ja energiaksi käytetyn runkopuun kehitys vuosina 2016 - 2045 Nyky-, Optimi- ja 50/50 -skenaarioissa. Kuvissa vasemmalla näkyvät myös vuosien 2011–2015 toteumakeskiarvot (Peltola 2014).

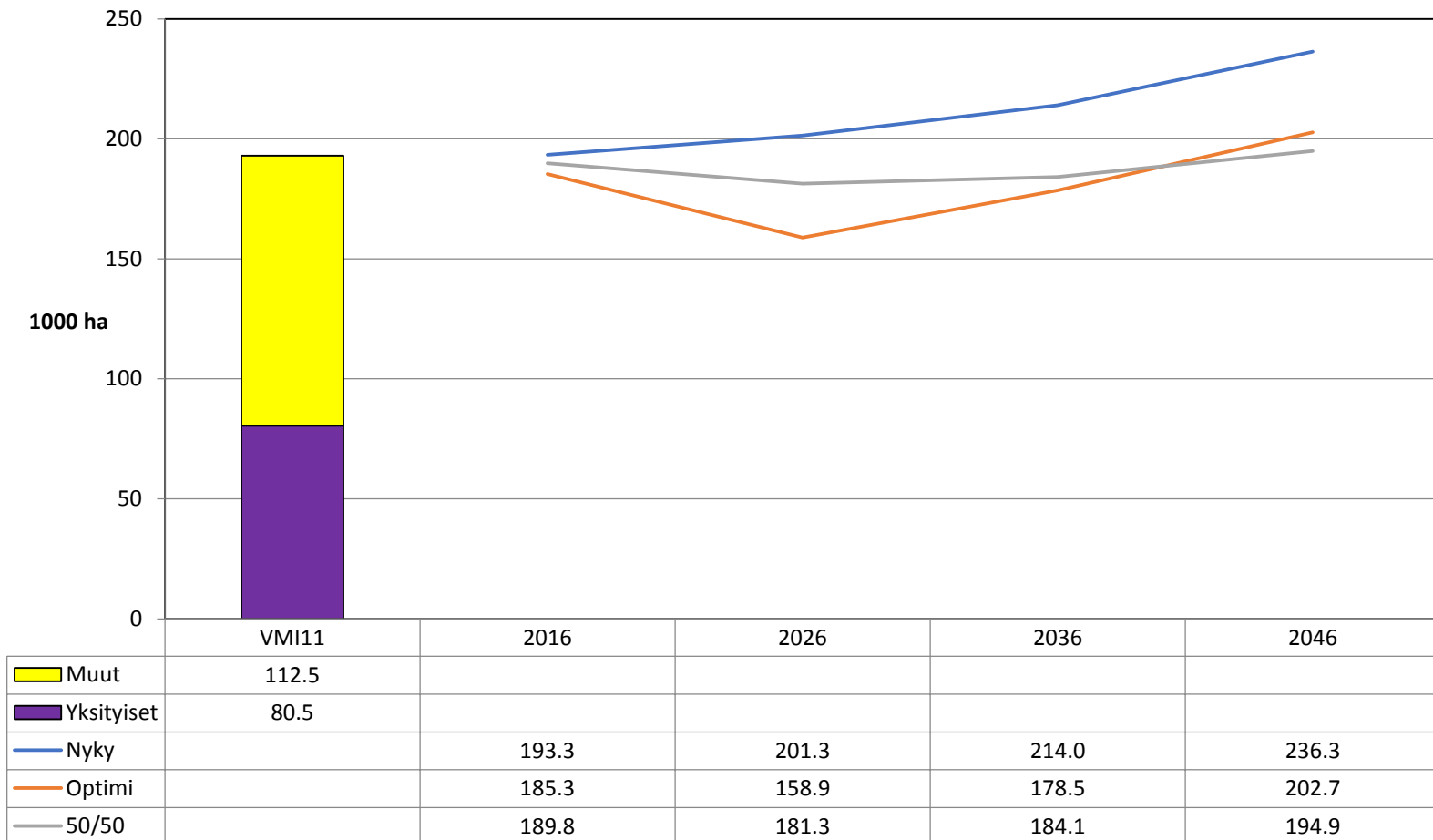


Tukki- ja kuitu- ja energiapuukertymä

- Ainespuun (tukki- ja kuitupuu) vuotuinen hakkuukertymä kertymä oli Pohjois-Karjalan alueella noin 5.0 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (2011-2015). Energiaksi käytetyn runkopuun kertymä oli noin 0.43 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (2011-2015).
- Tukkikertymän osuus kasvaa vuosien 2011-2015 tasosta vuoteen 2025 mennessä Optimi -skenaariossa n. 60 % (3.08 milj. m³ vuodessa) ja 50/50 -skenaariossa n. 26% (2.44 milj. m³ vuodessa). Nyky -skenaarion tukkikertymä pysyy laskentaoletusten mukaisesti nykytasolla. 50/50 -skenaariossa ainespuun kokonaiskertymä (myös tukki- ja kuitukertymä) pysyy noin 6 milj. m³/v tasolla myös seuraavilla kymmenvuotisjaksoilla (2026-2035 ja 2036-2045), kun taas Optimi -skenaariossa kokonaiskertymä vakiintuu 5.8 miljoonaan kuutiometriin vuodessa.
- Nyky -skenaariossa energiaksi ohjautuvan ainespuurunkoisen runkopuun kertymä laskee 0.36 miljoonaan kuutiometriin vuodessa (n. -16% lasku) vuoteen 2025 mennessä vakiintuen sitten alkuperäiselle tasolle. Optimi -skenaariossa kertymä aluksi laskee Nyky -skenaarion tavoin, mutta nousee 2026-2035 kaudella 0.61 miljoonaan kuutiometriin vuodessa (42% kasvu). 50/50 -skenaariossa ainespuukokoisen energiapuun vuotuinen hakkuukertymä vakiintuu heti ensimmäisellä kaudella 0.43 milj. kuutiometriin. Erot Optimi- ja 50/50 -skenaarioissa johtuvat ainespuun rajoitteista.
 - Puupohjaisen metsäenergian kertymä kasvoi kuitenkin kaikissa skenaarioissa hakkuutähteen lisääntyneen korjuun myötä. Kasvava ainespuukäyttöä tarkoittaa Suomessa aina puupohjaisen energiantuotannon lisäystä sivuvirtojen ansiosta.

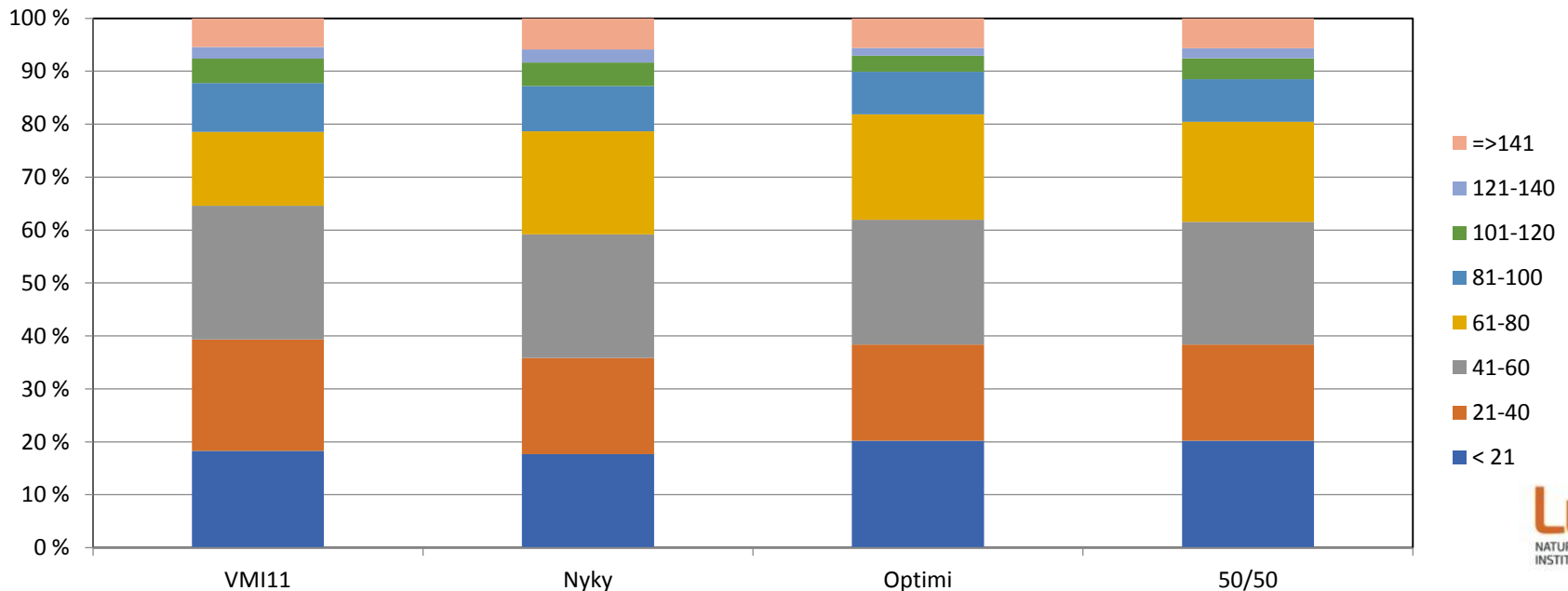
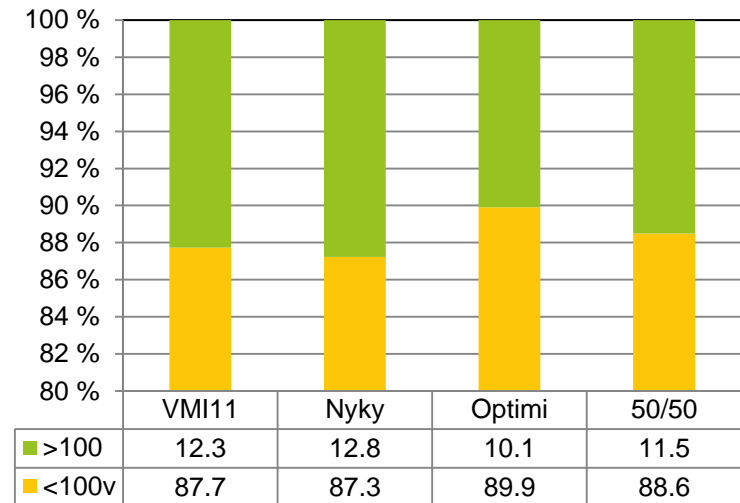
Vanhojen (>100 v) metsien pinta-ala

Vanhojen metsien pinta-alan kehitys vuosina 2016 - 2046 yhteensä Nyky-, Optimi- ja 50/50 -skenaarioissa sekä Korhonen ym. (2017) tutkimukseen perustuva vertailutaso omistajaryhmittäin.



Metsien ikärakenteen muuttuminen vuoteen 2046 mennessä eri hakkuuskenaarioissa

Metsien ikärakenteen kehitys vuosina 2016 - 2046 Nyky-, Optimi- ja 50/50 -skenaarioissa sekä Korhonen ym. (2017) tutkimukseen perustuva vertailutaso.



Vanhojen (>100 v) metsien pinta-ala

- Vanhat metsät ovat merkittävä elinympäristö usealle uhanalaisille lajeille. Vanhojen metsien väheneminen on yksi taantumisen syy reilulle neljännekselle uhanalaisista ja silmälläpidettävistä metsälajeista (433 lajille 1 590 lajista, Rassi ym. 2010).
- Vanhojen, yli 100-vuotiaiden metsien (metsä- ja kitumaa) määrä Pohjois-Karjalassa on noin 193 000 hehtaaria (VMI11, Korhonen ym. 2017), joista 58% on muiden kuin yksityisten omistamilla mailla.
- Nyky -skenaariossa, jossa uudistushakkuiden määrä nousee muita skenaarioita vähemmän, vanhojen metsien osuus kasvaa vuoteen 2026 mennessä noin 201 300 hehtaariin (n. 4.1% lisäys), kun niiden määrä vähenee Optimi -skenaariossa 158 900 hehtaariin (17.8% vähennys) ja 181 300 hehtaariin 50/50 -skenaariossa (6.2% vähennys). Tämän jälkeen vanhojen metsien määrä laskelmien mukaan alkaa kuitenkin kasvamaan kaikissa skenaarioissa.

Vanhojen (>100 v) metsien pinta-ala

- Vanhojen metsien määrän vähenemisellä voi olla negatiivisia vaikutuksia vanhoista metsistä riippuvaisten lajien, kuten monien lintujen populaatioihin (esim. Fraixedas Nuñez ym. 2015).
- Skenaarioiden ennusteet metsien ikärakenteen muutoksista ovat todennäköisesti oikeansuuntaisia, mutta todellisuudessa metsien uudistaminen ei välttämättä noudata puuhuollon mukaista optimaalista järjestystä.
- Tuloksista ei voida arvioida vanhojen metsien pirstoutumisastetta, joka vaikuttaa erityisesti suurilla, yhtenäisillä alueilla vaativien vanhojen metsien lajien esiintymiseen.

Säästöpuun määrä

Säästöpuun määrän kehitys vuosina 2016 - 2046 Nyky-, Optimi- ja 50/50 -skenaarioissa.



Säästöpuun määrä

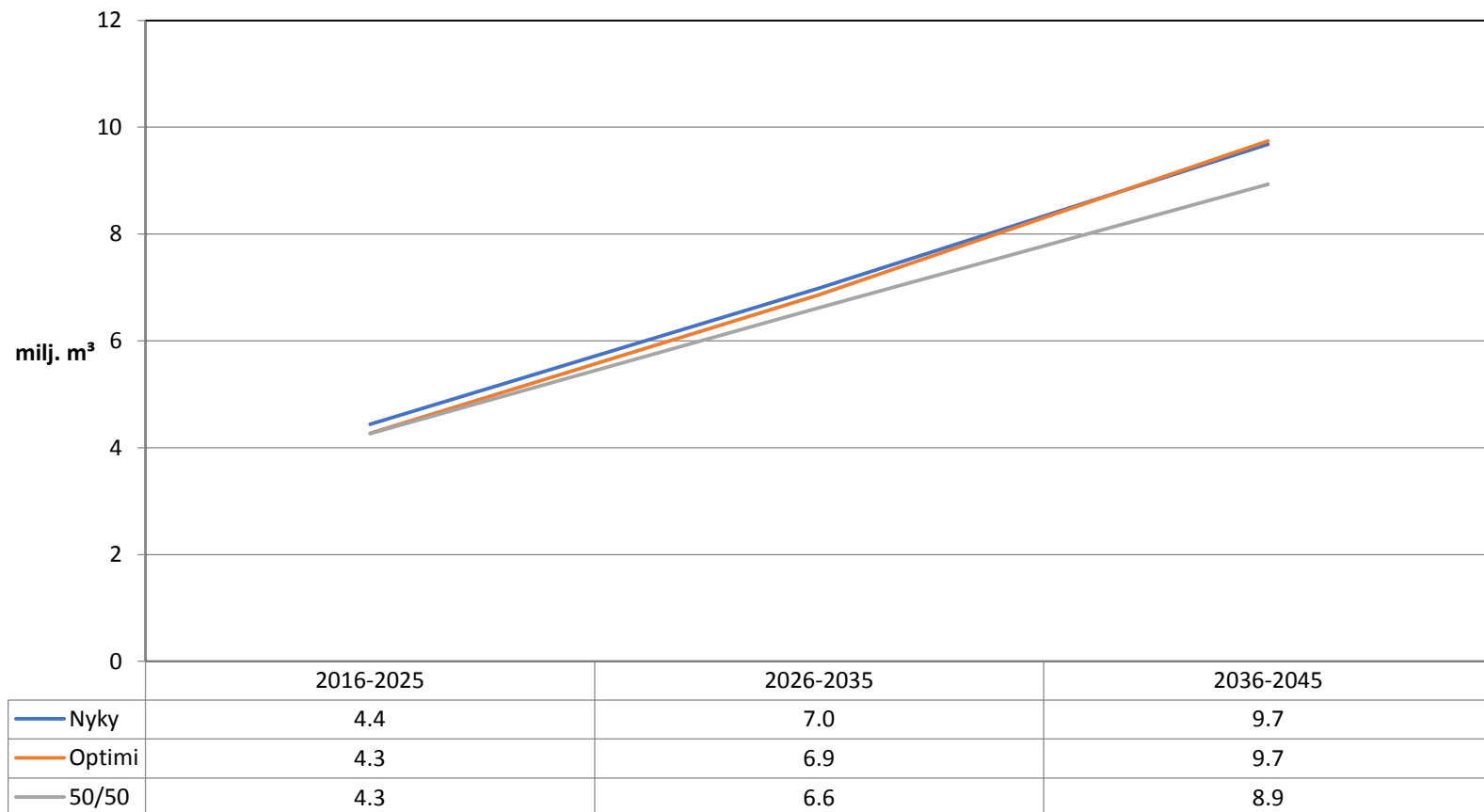
- **Säästöpuiden jättämisellä voidaan vaikuttaa puiden ikä- ja kokorakenteeseen. Elävien säästöpuiden tarkoitus on turvata elävien järeiden puiden esiintyminen sekä järeän lahoppuun muodostuminen metsän kehityksen kaikissa vaiheissa. Säästöpuut ovatkin tehokas tapa lisätä metsien monimuotoisuutta ilman, että metsänkasvatuksen taloudellinen tulos siitä kärsii (Siitonen 2002, Matveinen ym. 2015).**
- **Säästöpuun määrän kaksinkertaistamisella voidaan lisätä lahoppuun määrää pitkällä aikavälillä noin 1.5 kuutiometriä hehtaarilla (Korhonen ym. 2015).**
- **Talousmetsien luonnonhoidon laadun seurantatulosten mukaan yksityismaiden avohakkuualoille on vuosittain jätetty keskimäärin 0,3 milj. kuutiometriä säästöpuuta (Peltola 2014).**

Säästöpuun määrä

- Tämän selvityksen skenaariolaskelmissa uudistushakkuiden yhteydessä jätettiin suositusten mukaisesti säästöpuita uudistusosalalla olevien puulajien suhteessa 5 m³/ha (Äijälä ym. 2014).
 - Säästöpuiden määrästä lähtötilanteessa ei ole luotettavaa mitattua tietoa, joten tulokset kuvaavat lähinnä eri skenaarioiden välisiä eroja.
- Skenaariolaskelmien mukaan säästöpuiden määrässä ei ole suuria skenaarioiden välisiä eroja ensimmäisen kymmenvuotisjakson aikana. Vuodesta 2026 eteenpäin säästöpuiden määrä on Nyky -skenaariossa alhaisin pienemmästä uudistusosalasta johtuen, kun taas Optimi- ja 50/50 -skenaariot eivät juurikaan eroa toisistaan.

Kuolleen puun määrä

Kuolleen puun (yli 10 cm) määrän kehitys vuosina 2016 - 2045 Nyky-, Optimi- ja 50/50 -skenaarioissa.



Kuolleen puun määrä

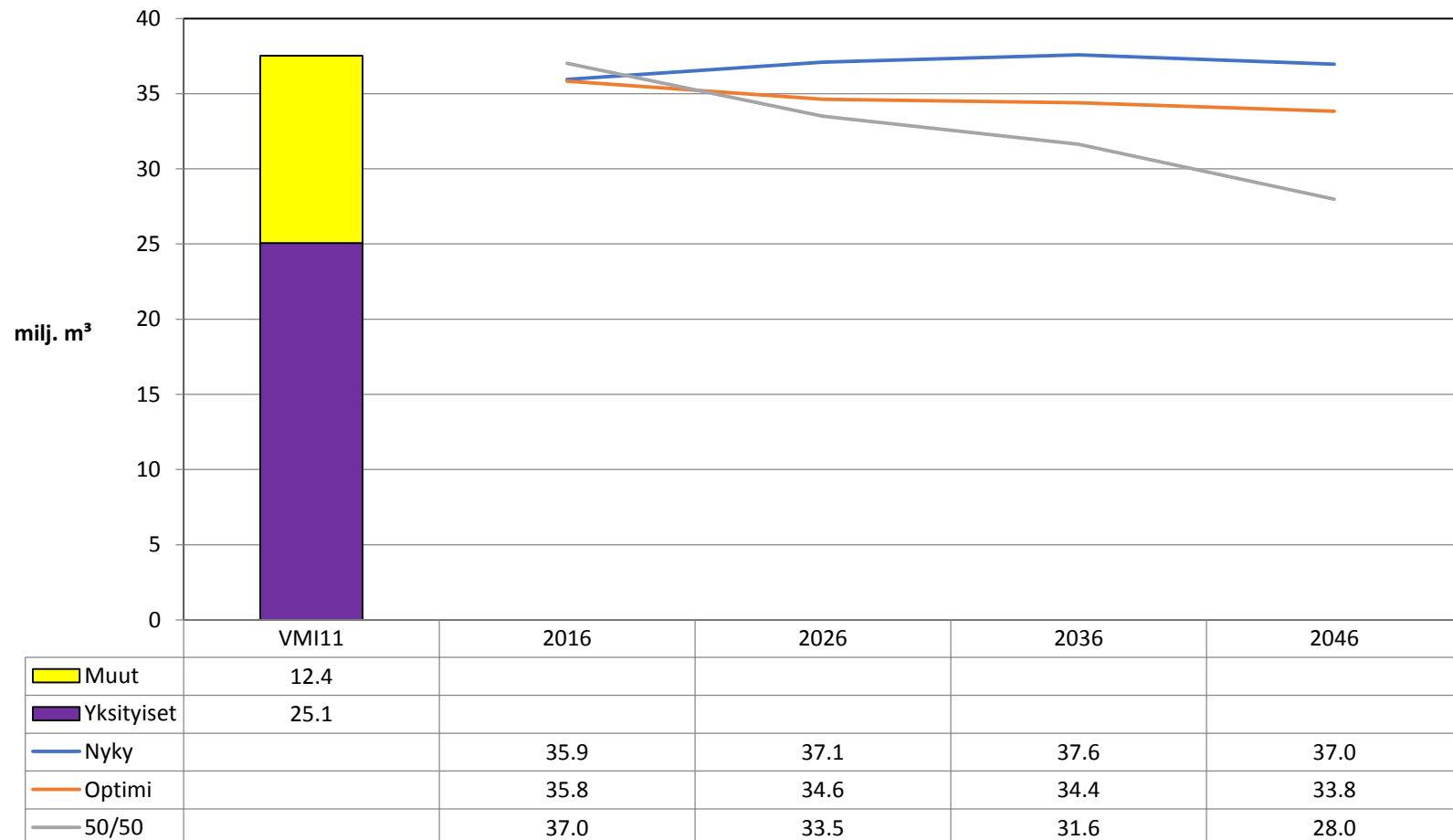
- **Kuolleen puun määrä vaikuttaa keskeisesti metsäluonnon monimuotoisuuden kehitykseen (Siitonen 2012). Kuolleen, lahoavan puun merkitys lajistolle on suuri, sillä Suomessa elää yli 4 000 lahoppuusta riippuvaista lajia (Penttilä ym. 2004, 2006, Norden ym. 2013). Kuolleen puun väheneminen on keskeinen taantumisen syy kolmasosalle uhanalaisista ja silmälläpidettävistä metsälajeista (523 lajille 1 590 lajista, Rassi ym. 2010) ja miltei kaikille uhanalaisille ja silmälläpidettäville metsäluontotyypeille.**
- **Kuolleen puuston tilavuuden kehitys laskettiin MELA-simuloinnin tuottaman luonnonpoistuman sekä VMI11:ssä mitatun kuolleen puuston lähtötilavuuden avulla.**
- **Kuolleen puuston määrän kehitystä pitää tulkita eri skenaarioiden välisinä eroina, koska laskelmat eivät huomioi olemassa olevia kuolleen puuston määriä**
 - Mallipohjaisia, paljon epävarmuutta

Kuolleen puun määrä

- **Kaikilla tarkastelluilla skenaarioilla metsiin jätettävän kuolleen puuston määrän lisääminen nykytasosta olisi mahdollista.**
- **Nyky -skenaariossa kuolleen puun (yli 10 cm) tilavuus lisääntyy kausilla 2016-2025 ja 2026-2035 eniten. Koko tarkastelujakson aikana (vuoteen 2045 mennessä) kuolleen puuston määrä lisääntyy vähiten 50/50 -skenaariossa.**
 - 50/50 -skenaariossa on enemmän harvennusta, jolloin itseharveneminen on vähäisempää.
 - Negatiivinen vaikutus lahoppuulajistoon, joka tyypillisesti tarvitsee runsaasti aikaa kotiutuakseen sopiviin lahoppuihin.

Lehtipuun tilavuus

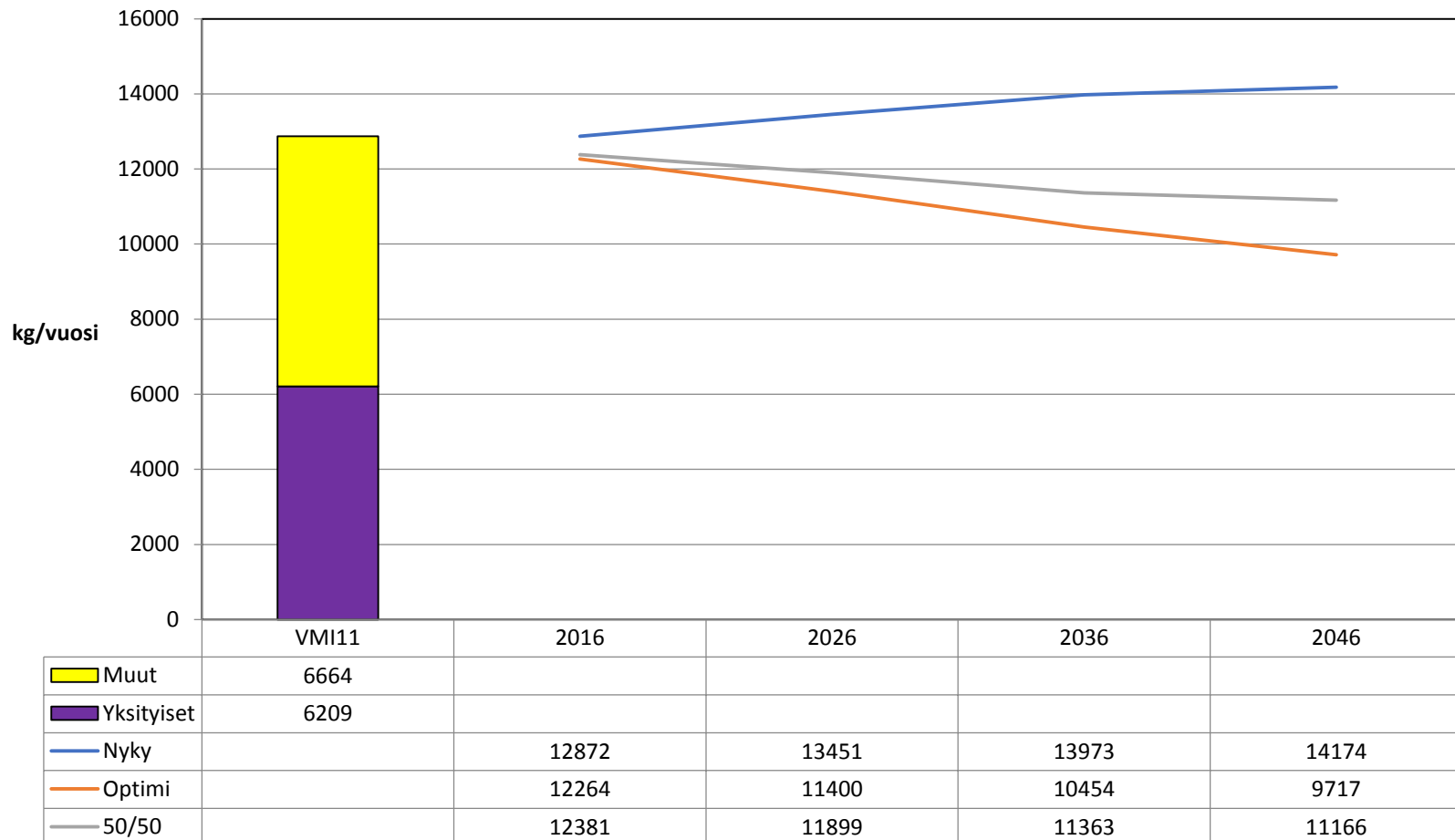
Lehtipuutilavuuden kehitys vuosina 2016 - 2046 Nyky-, Optimi- ja 50/50 -skenaarioissa sekä vertailutaso omistajaryhmittäin.



- Lehtipuuston suosiminen lisää talousmetsien monimuotoisuutta, ja lehtipuun tilavuus on yleisesti käytetty mittari, joka korreloi Suomen metsien monimuotoisuuden kanssa. Etenkin haapa, raita ja jalot lehtipuut ovat säästämisen arvoisia, sillä ne tarjoavat ravintoa ja suojaa monipuoliselle lajistolle (Saaristo & Vanhatalo 2015).
- Lähtötilanteessa valtaosa, n. 66.9% (12.4 milj. m³) Pohjois-Karjalan lehtipuutilavuudesta on yksityisten maanomistajien mailla.
- Optimi -skenaariossa lehtipuun tilavuus vähenee 34.6 miljoonaan kuutiometriin vuonna 2026 ja 50/50 -skenaariossa 33.5 miljoonaan kuutiometriin.
- Lehtipuun määrässä on 50/50 -skenaariossa voimakkaimmin laskeva trendi tarkastelujakson loppuun saakka (vuosi 2046).
 - Skenaariolaskelmien simuloituissa harvennushakkuissa pyritään säästämään pääpuulajia, joka yleensä on mänty tai kuusi.

Mustikkasato

Mustikkasadon kehitys vuosina 2016 - 2046 Nyky-, Optimi- ja 50/50 - skenaarioissa sekä Korhonen ym. (2017) tutkimukseen perustuva vertailutaso omistajaryhmittäin.



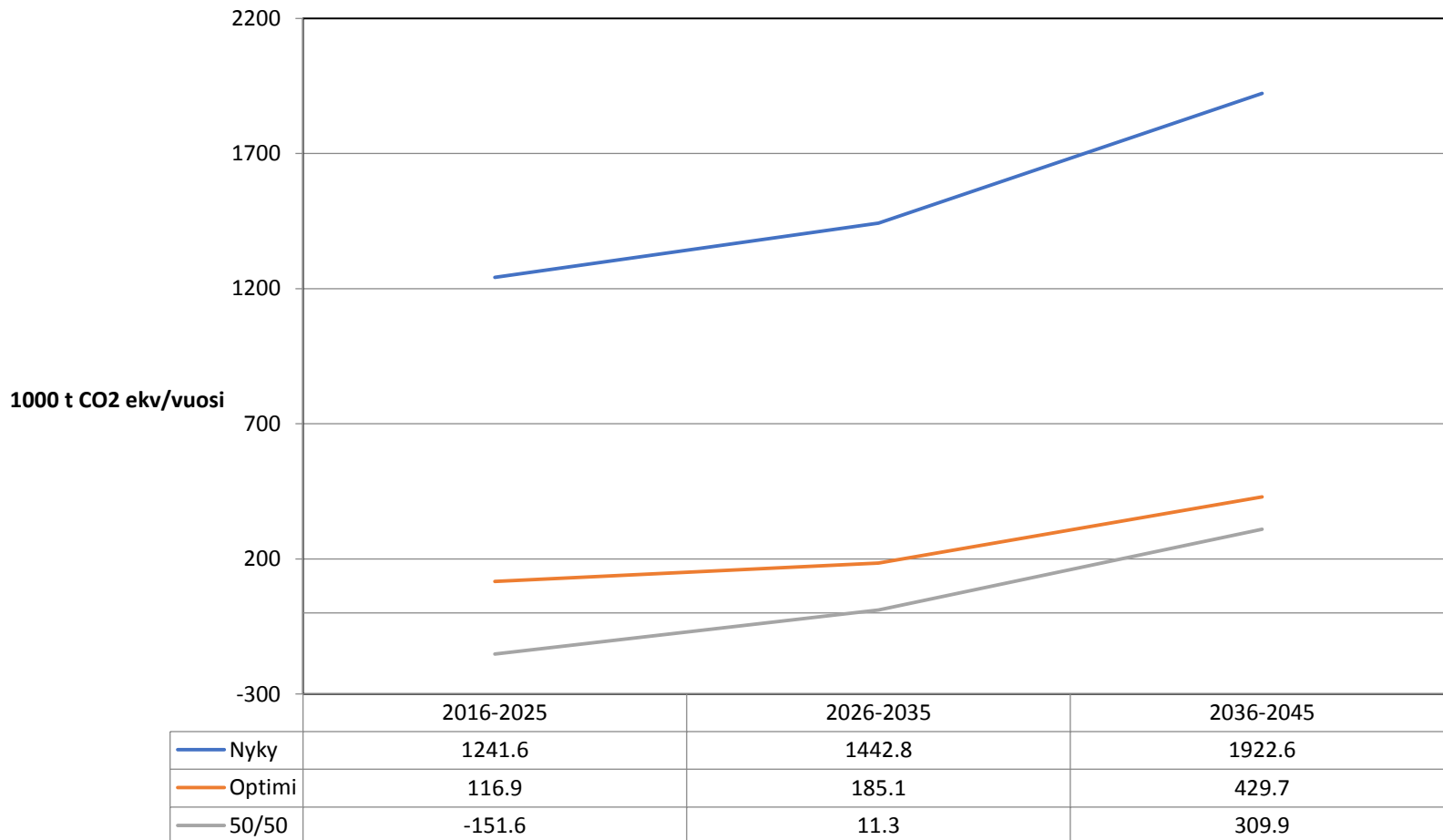
Mustikkasato

- Mustikka on sateenvarjolaji, josta on hyötyä metsän muille lajeille. Mustikka on esimerkiksi kanalintujen tärkein ravintokasvi ja tarjoaa tärkeän suojan niiden poikasille. Mustikan kukkia, marjoja, lehtiä ja/tai versoja hyödyntävät myös monet muut linnut, samoin kuin nisäkkäät, perhoset ja kimalaiset ja muut hyönteiset.
- Mustikasta on vastikään tehty Pohjois-Karjalassa MELA-ohjelmistolla arviot siitä, miten eri hakkuuskenaariot vaikuttavat maakunnan metsien mustikkasatoihin (Kilpeläinen ym. 2017).
- Keskimääräinen vuotuisen mustikkasadon on arvioitu olevan Pohjois-Karjalassa 10.7 miljoonan kilon (Turtiainen ym. 2005, 2007) ja 12.1 miljoonan kilon (Kilpeläinen ym. 2017) välillä. Tästä hieman yli puolet (51.8%) on muiden kuin yksityisten maanomistajien mailla.

- **Miljoonan kuutiometrin hakkuulisäys vaikuttaa selkeästi mustikan satoennusteisiin**
 - Lähtötilanteeseen (2011, VMI11) verrattuna mustikkasato pienenee Optimi -skenaariossa 11.4 miljoonaan kiloon vuonna 2026 (-11.4% vähennys) ja 11.9 miljoonaan kiloon (-7.6% vähennys) 50/50 -skenaariossa, kun taas Nyky -skenaariossa mustikkasadon ennustetaan kasvavan 13.5 miljoonaan kiloon (5.5% lisäys).
- **Erot skenaarioiden välillä selittyvät uudistushakkuiden kasvulla. Mustikka on peitteisten metsien kasvi, joka kärsii uudistushakkuista ja erityisesti niiden yhteydessä toteutettavasta maanmuokkauksesta.**
 - Maanmuokkaus rikkoo kasvin maanalaiset osat ja toipuminen vie useita vuosia.

Puuston hiilinielu

Puuston hiilinielu Nyky-, Optimi- ja 50/50 -skenaarioissa vuosina 2016 – 2045. Positiivinen arvo tarkoittaa nielua ja negatiivinen päästöä.



- Suomen metsien hiilinielua eli ilmakehästä metsiin sitoutuvan hiilidioksidin määrää sekä puuston biomassaan ja maaperään sitoutuneen hiilen määrää seurataan valtakunnan metsien inventoinneissa.
- Puuston hiilinielun muutosta kymmenvuotiskausille on arvioitu MELA-ohjelmistoon sisältyvien Repolan (2008, 2009) biomassamallien avulla.
- Puuston biomassavarastot laskettiin kunkin kymmenvuotiskauden alkuhetkellä (2016, 2026, ...) ja biomassan muutos saatiin kahden peräkkäisen tilan (varaston) erotuksena ja vuosittainen muutos oli erotuksen lineaarihajotelma.

- **Optimi -skenaariossa metsien nielu pysyy suunnilleen samalla tasolla vuodesta 2015 vuoteen 2035, kasvaen kolmannelle kymmenvuotiskaudelle. 50/50 -skenaariossa nielu pienenee ensimmäiselle kymmenvuotiskaudelle, saavuttaen lähtötason toisella kaudella. Nyky -skenaario eroaa selvästi Optimi- ja 50/50 -skenaarioista: jo ensimmäisellä kaudella puusto on suuri nielu kasvaen voimakkaasti seuraavina kymmenvuotiskausille.**
- **Nyky -skenaariossa nielu on ensimmäisellä kaudella (2016-2025) jopa lähes miljoona CO² ekvivalenttia vuodessa suurempi Optimi- ja 50/50 -skenaarioon verrattuna**
 - Miljoonan kuution hakkuulisäys vähentää puuston hiilinielua vastaavalla määrällä
 - 50/50 -skenaariossa hakkuut kohdistuvat nuoreen, kasvavaan puustoon, kun taas perusskenaariossa hakataan varttuneempaa puustoa

Optimi- ja 50/50 -skenaarioiden vertailu

- **Optimi -skenaariossa monimuotoisuutta kuvaavien indikaattoreiden arvoista lehtipuun määrä ja puuston hiilinielu suurempia kuin 50/50 -skenaariossa**
 - Optimi -skenaariossa puusto pysyy hiilinieluna, kun taas 50/50 -skenaariossa puusto selkeästi hiilen lähde ensimmäisellä kymmenvuotisjaksolla
 - Hakkuiden lisääminen pienentää metsien hiilinielua vähintään vuosikymmeniksi eteenpäin verrattuna tilanteeseen, jossa niitä ei lisätä.
- **50/50 skenaariossa vanhojen metsien pinta-alassa tapahtuva väheneminen on ensimmäisellä 10-vuotiskaudella pienempi kuin Optimi -skenaariossa**
 - Ero tasoittuu seuraavilla kausilla
- **Mustikkasato säilyy koko tarkastelujakson parempana 50/50 -skenaariossa**

Johtopäätökset

- **Hakkuiden lisääminen miljoonalla kuutiometrillä nykyisestä tasosta vähentää metsien monimuotoisuutta ja pienentää metsien hiilinielua vähintään vuosikymmeniksi.**
- **Hakkuukohteiden valinta ja hakkuutapojen huolellinen suunnittelu mahdollistaa hakkuiden lisäämisen siten, että vaikutukset monimuotoisuutta kuvaaviin indikaattoreihin ovat pienempiä kuin esitetyissä skenaarioissa.**
 - Tässä työssä toimenpiteet määriteltiin puuhuollon kannalta optimaalisesti.
- **Laskelmiin ja todennäköisesti toteutuvaan kehitykseen liittyvän epävarmuuden takia tarvitaan lisätarkasteluita keinoista, joilla voidaan vaikuttaa monimuotoisuuteen.**

Johtopäätökset

- **Mahdollisia kehittämishankkeita:**
 - Korvaako lisäpanostus luonnonsuojeluun hakkuulisäysten vaikutukset monimuotoisuuteen?
 - Auttaako hakkuiden ohjaaminen nuorempiin metsiin ja lehtipuiden säästäminen harvennuksessa turvaamaan monimuotoisuutta?
 - Mikä vaikutus on uudistushakkuiden vähentämisellä ja siirtymisellä muihin uudistamismenetelmiin (peitteinen metsänhoito)?

Skenaariolaskelmiin liittyviä varauksia

- Kuten mallinnukseen yleensä, myös MELA-ohjelmistoon ja tähän suunnitelmaan valittuihin hakkuuskenaarioihin liittyy rajoitteita ja oletuksia.
- Käytetyt monimuotoisuusindikaattorit valittiin aineiston saatavuuden ja kattavuuden perusteella. Eri kasvilajeihin liittyvät mallilaskelmat ovat parhaillaan kehitteillä ja tuovat tulevaisuudessa uutta ja monipuolisempaa tietoa hakkuiden monimuotoisuusvaikutuksista.
- Tulokset ovat vaikutusanalyysyjä erilaisille hakkuuskenaarioille ja hakkuut kohdentuvat niissä puuhuollon kannalta optimaalisesti.
- On huomattava, että tulokset ovat alueellisia ja niitä mitataan koko Pohjois-Karjalan alueen kattavilla indikaattoreilla. Skenaarioissa ei oteta kantaa niiden alueelliseen jakaantumiseen.

Lähteet

- Fraixedas Nuñez, S., Lindén, A., Lehtikainen, A. (2015). Population trends of common breeding forest birds in southern Finland are consistent with trends in forest management and climate change. *Ornis Fennica* 92: 187–203.
- Hirvelä, H., Härkönen, K., Lempinen, R. & Salminen, O. 2017. MELA2016 reference manual. Natural resources and bioeconomy studies 7/2017. Natural Resources Institute Finland. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-358-1>.
- Hynynen, J., Ojansuu, R., Hökkä, H., Salminen, H., Siipilehto, J. & Haapala, P. 2002. Models for predicting the stand development – description of biological processes in MELA system. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 835. 116 s.
- Kilpeläinen, H., Salminen, O., Härkönen, K., Miina, J. & Kurttila, M. 2017. Integrating bilberry yield into regional long-term forest scenario analyses. *Scandinavian Journal of Forest research*, DOI: 10.1080/02827581.2017.1407821
- Korhonen, K. T.; Auvinen, A.-P.; Kuusela, S.; Puntilla, 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: 36 s.
- 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: 86 s.
- Koistinen, A., Luoro, J.-P. & Vanhatalo, K. (toim.) 2016. Metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen, työopas. Tapion julkaisu. http://tapio.fi/wp-content/uploads/2015/06/MHS-Energiapuun-korjuun-suositukset_verkkojulkaisu2.pdf.
- Kuitto, P.-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä, J. 1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. Summary: Mechanized cutting and forest haulage. *Metsätehon tiedotus* 410 (Metsäteho Report 410). 38 pp. + appendices.
- Lappi, J. 1992. JLP: A Linear Programming Package for Management Planning. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 414. 134 sivua.
- 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., Puntilla P., Sahi V., Syrjänen K., Tiitinen-Salmela S., Tonteri T. 2015. Metsäelinympäristöt. Teoksessa: Kotiaho J.S., Kuusela S., Nieminen E., Päivinen J. (toim.), Elinympäristöjen tilan edistäminen Suomessa. ELITE-työryhmän mietintö elinympäristöjen tilan edistämisen priorisointisuunnitelmaksi ja arvio suunnitelman kokonaiskustannuksista. *Suomen ympäristö* 8/2015. s. 100–122.
- Peltola A. (toim.). (2014). *Metsätilastollinen vuosikirja 2014*. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2014. Metsäntutkimuslaitos. 428 s.
- Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslén, A. & Mannerkoski, I. (eds.) 2010: *The 2010 Red List of Finnish Species*. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 685 p.
- Repola, J. 2008. Biomass equations for birch in Finland. *Silva Fennica* 42(4): 605-624.
- Repola, J. 2009. Biomass equations for Scots pine and Norway spruce in Finland. *Silva Fennica* 43(4): 625-647.
- Saaristo, L. & Vanhatalo, K. (toim.) 2015. *Metsänhoidon suositukset talousmetsien luonnonhoitoon*, työopas. Tapion julkaisu.
- Siitonen, J. 2002. Säästöpuut ja tekopötkelöt - monimuotoisuutta uudistusaloille. *Metsäntutkimus* 6 1: 15-16.
- Siitonen, J. 2012. Monimuotoisuus. Teoksessa: Asikainen, A., Ilvesniemi, H., Sievänen, R., Vapaavuori, E. & Muhonen, T. (toim.) *Bioenergia, ilmastonmuutos ja Suomen metsät*. Metlan työraportteja 240, s. 154–163.
- Siitonen, M., Anola-Pukkila, A., Haara, A., Härkönen, K., Redsvén, V., Salminen, O. & Suokas, A. (eds.) 2001. MELA handbook 2000 edition. The Finnish Forest Research Institute. 498 p. Publication in pdf-format <http://mela2.metla.fi/mela/julkaisut/oppaat/mela2000.pdf>.
- Valtakunnan metsien 11. inventointi (VMI11). 2013. Maastotyön ohjeet 2013. Koko Suomi ml. Ahvenanmaa. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. 191.
- Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. *Metsänhoidon suositukset*. Metsätalouden kehittämisskeskus Tapion julkaisu. http://www.metsanhoitosuositukset.fi/wp-content/uploads/2016/08/Metsanhoiton-suositukset_Tapio_2014.pdf



BIO4ECO
Interreg Europe



European Union
European Regional
Development Fund

Kiitos!



Project smedia