

Hannu Hökkä<sup>1</sup> ja Jaakko Repola<sup>2</sup>

## Pienaukkohakkuun uudistumistulos Pohjois-Suomen korpikuusikossa 10 vuoden kuluttua hakkuusta

---

Hökkä H., Repola J. (2018). Pienaukkohakkuun uudistumistulos Pohjois-Suomen korpikuusikossa 10 vuoden kuluttua hakkuusta. Metsätieteen aikakauskirja 2018-7808. Tutkimusartikkeli. 17 s. <https://doi.org/10.14214/ma.7808>

### Tiivistelmä

Tutkimuksessa tarkastellaan pienaukkohakkuun uudistumistulosta kahdessa korpikuusikkoon perustetussa kenttäkokeessa. Talvella 2004–2005 hakattiin Tervolan Lintupirtillä 24 kpl läpimitaltaan 10, 15 ja 20 m pienaukkoa ja Oulun Asmonkorvessa 18 kpl läpimitaltaan 15, 20 ja 25 m:n pienaukkoa. Keväällä 2015 inventoitiin yli 20 cm pituisten kasvatuskelpoisten taimien määrä, taimien keskipituus ja pituuskasvu. Taimien pituuskasvulle laadittiin regressiomalli, jolla ennustettiin rinnankorkeuden saavuttamisikää. Tulosten mukaan kummassakin kokeessa 10 vuoden kuluttua hakkuusta pienaukoilla oli kasvatuskelpoisia kuusia hieman yli 2200 ha<sup>-1</sup> (vaihtelu 0–3000 ha<sup>-1</sup>) ja niiden keskipituus oli Tervolassa 73 cm ja Oulussa 84 cm. Taimien keskipituus ja koivun taimien osuus kasvoivat aukon koon kasvaessa. Tervolan pienillä avohakkuualoilla (pinta-alaltaan 0,2–0,3 ha) oli keskimäärin 750 kasvatuskelpoista kuusta ja 650 koivua hehtaarilla. Tulosten perusteella pienaukkohakkuun uudistumistulos korpikuusikossa oli keskimäärin varsin hyvä ja selvästi ylitti metsälain vähimmäisvaatimuksen 10 vuodessa, joten sitä voidaan suosittelaa korpikuusikoiden luontaisen uudistamisen menetelmäksi.

**Asiasanat** alkukehitys; korpi; luontainen uudistaminen; pienaukko; pituus; pituuskasvu; runkoluku; uudistumistulos

**Yhteystiedot** <sup>1</sup>Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat, Oulu; <sup>2</sup>Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat, Rovaniemi

**Sähköposti** [hannu.hokka@luke.fi](mailto:hannu.hokka@luke.fi)

**Hyväksytty** 21.5.2018

---

## 1 Johdanto

Korpikuusikoiden luontaisesti hyvä taimettuminen on tunnettu kauan (esim. Lukkala 1946). Se perustuu kuusen kykyyn taimettua varjoisissa oloissa järeänkin puuston alla (Leemans 1991). Toinen syy on rahkasammalien edullinen vaikutus havupuun siementen itämiseen (esim. Place 1955; Wood ja Jeglum 1984). Nykyisin yleisin käytössä oleva korpikuusikoiden luontaisen uudistamisen menetelmä on suojuspuuhakkuu, jonka on todettu antavan hyvän uudistumistuloksen. Se on kaistalahakkuun ohella metsänhoitosuosituksen mukainen luontaisen uudistamisen vaihtoehto korpikuusikoille (Äijälä ym. 2014). Ruotsissa suojuspuuhakkuuta vastaava ”skärnhuggning” tai ”högskärm” -hakkuutapa on ollut käytössä korpikuusikoiden luontaisessa uudistamisessa (Hånell 1993; Holgen ja Hånell 2000) ja kivennäismailla (Sikström 1997; Sikström ym. 2005). Uudistumistulokset ovat olleet hyviä varsinkin kosteilla kasvupaikoilla (Sikström 1997).

Käytännössä valtaosa korpikuusikoista uudistetaan kuitenkin kivennäismaiden kuusikoiden tapaan eli avohakkuulla ja metsänviljelyllä (esim. Siipilehto ym. 2014). Koska turvemaat sijaitsevat yleensä alavilla mailla, toistuvat hallatuhot hidastavat merkittävästi kuusen viljelytaimikon alkukehitystä suuremmilla aukoilla (Hånell 1993; Sikström 1997; Moilanen ym. 1995; Moilanen ym. 2011). Pohjois-Pohjanmaan pohjoisosissa ja Lapissa hallatuhot ovat muuta maata vähäisempiä, koska kasvukausi alkaa sen verran myöhemmin, että kevähallaloja esiintyy enää vähän. Pohjois-Suomessa viljelyuudistamisen kannattavuus turvemailla on vielä kivennäismaitakin heikompi useasta syystä. Hakkuukertymä on pienempi ja puuston laatu heikompi, minkä vuoksi myös tukkipuukertymä on pienempi kuin kivennäismaiden uudistamiskypsissä kuusikoissa. Hakkuutulot suhteessa uudistamiskuluihin ovat pienemmät. Taimikon alkukehityksen turvaaminen edellyttää turvemailla todella intensiivistä heinäntorjuntaa ja taimikonhoitoa. Turvemailla pintakasvillisuuden kilpailu on erityisen voimakasta (Hannerz ja Hånell 1993), sillä korprien maatunut turve sisältää runsaammin typpeä kuin kivennäismaan humuskerros (Hannerz ja Hånell 1997). Koska turvemaiden päätehakkuun yhteydessä on lähes aina tehtävä ojien kunnostus, vesistöriskit alueelta kulkeutuvien ravinteiden ja kiintoaineen muodossa (esim. Nieminen ym. 2017) ovat erityisen suuria. Ojien perkaus on myös merkittävä turvemaiden metsänkasvatuksen lisäkustannus.

Myös suojuspuuhakkuun käyttöön liittyy ongelmia. Suojuspuuhakkuussa jätetään 100–300 kpl valtapuita suojaamaan ja täydentämään taimiainesta siemennyksellään (Äijälä ym. 2014). Vaikka suojuspuiksi suositellaan jätettävän pääosin koivuja, merkittävä osuus hakkuukypsästä tukkipuustosta sitoutuu kuusisuojuspuihin jopa 5–10 vuodeksi ja riski niiden arvon laskemisesta esimerkiksi tuulituhojen vuoksi on merkittävä (Hånell ja Ottosson-Löfvenius 1994; Sikström 1997; Moilanen ym. 2011). Osa taimista tuhoutuu suojuspuita korjattaessa. Edellä mainituista syistä viljavien korprien edullisten luontaisen uudistamisen menetelmien kehittämiseksi on siis tarvetta.

Coates ja Burton (1997) totesivat kirjallisuustarkastelun perusteella, että vanhassa metsässä, missä laajamittaisia häiriöitä – lähinnä metsäpaloja – ei esiinny, kuusen uudistuminen tapahtuu ennen muuta metsikön latvusaukoissa, jossa vaihtuvalla taimiaineksella on mahdollisuus vakiintua (myös Leemans 1991). Tällainen pienaukko voi syntyä yhden tai useamman puun kuoleamisen, kaatumisen tai hakkuun seurauksena. Latvusaukoissa tapahtuvaa luontaista uudistumista mukaileva hakkuutapa on pienaukkohakkuu, jossa tehdään useita, halkaisijaltaan noin puuston valtapituuden suuruisia aukkoja ja jätetään aukkojen välimetsä pystyyn. Pienaukkohakkuun tavoitteena on lisätä valon määrää maan pinnassa ja saada vaihtuva taimiain vakiintumaan ja taimien kasvu käyntiin. Pitämällä aukon koko suhteellisen pienenä rajoitetaan pintakasvillisuuden kilpailua valon lisääntyessä ja toisaalta vähennetään hallavaurioiden riskiä. Cajander (1934) osoitti, että eteläsuomalaisella lehtomaisella kankaalla kuusialikasvoksen pituuskasvu reagoi valon lisääntymiseen kun pienaukon läpimitta ylitti 12 m, ja kun läpimitta ylitti 25 m, kaikki pienaukon taimet kasvoivat hyvin. Myöhemmin on todettu, että myös pienaukon sisällä on taimien sijainnin mukaan

paikallista vaihtelua puiden kasvussa, koska valaistusolot vaihtelevat aukon eri osissa (Drobyshev ja Nihlgård 2000; Chantal ym. 2003). Mikäli korpien uudistuminen pienaukkojen avulla onnistuu metsähoidollisesti kohtuullisessa ajassa, on se metsänomistajalle edullisempaa ja ympäristölle vähemmän kuormittavaa kuin uudistaminen avohakkuun ja viljelyn avulla.

Pienaukkohakkuun toimivuutta korpikuusikon luontaisessa uudistamisessa on testattu kahdessa Pohjois-Suomeen perustetussa kenttäkokeessa, joiden tavoitteena oli selvittää, kuinka päätehakkuuvaiheen korpikuusikko uudistuu luontaisesti vaihtelevan kokoisissa pienaukoissa. Alkuvaiheen (3–7 vuotta hakkuun jälkeen) raportoitujen tulosten mukaan kuusikoissa oli valmiina runsaasti luontaista alikasvosta, joka elpyi hakkuun jälkeen ja lisäksi hakkuun jälkeen pienaukkoihin syntyi uutta taimiainesta (Hökkä ym. 2011, 2012; Hökkä ja Mäkelä 2014). Maanmuokkauksesta ei ollut hyötyä taimettumisen edistämässä (Hökkä ym. 2012). Taimien pituuskasvu näytti pienaukoissa kiihtyvän neljän vuoden kuluttua hakkuusta, mutta oli hitaampaa kuin viljelykuusikoissa (Hökkä ja Mäkelä 2014).

Koska pienaukkojen uudistumisprosessi oli edellisten julkaisujen tuloksissa kesken, ei niistä saatu lopullista käsitystä uudistamistavan tuloksellisuudesta. Tässä artikkelissa raportoidaan kymmenen vuotta pienaukkohakkuun jälkeen mitattu uudistumistulos em. kokeilla ja tehdään päätelmät menetelmän soveltumisesta korpikuusikoiden luontaiseen uudistamiseen Pohjois-Suomessa.

## 2 Aineisto

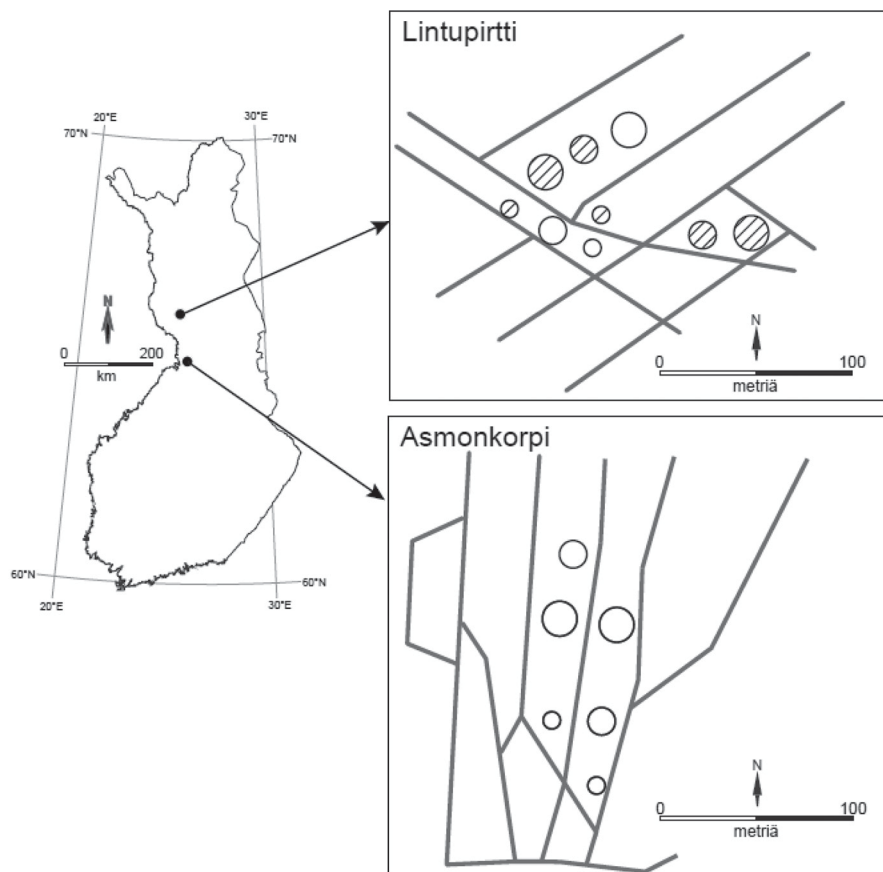
### 2.1 Kokeet

Talvella 2004–2005 perustettiin kaksi pienaukkohakkuun kenttäkoetta Pohjois-Suomeen, toinen Tervolaan, Lintupirtille ja toinen Oulun Sanginjoelle, Asmonkorpeen (Kuva 1). Tervolan kohde oli valittu Metsähallituksen uudistamiskypsistä korpikuusikoista Lapin kolmion alueelta. Kohteen valinnalle oli kaksi perustetta. Käytännön ongelmat viljavien korpien metsänviljelyn onnistumisessa Lapin kolmion alueella ja laaja uudistamisvaiheessa olevien ojitettujen korpien alue Tervolan Lintupirtillä, jonne isonkin koekentän sijoittelu oli mahdollista. Tervolan kohteen vertaluksi haettiin eteläisempi kohde, joka löytyi Oulun kaupungin Sanginjoelta. Toisin kuin Lintupirtin laaja korpialue, Asmonkorpi on tyypillisempi korpi, eli juottimainen suomuodostuma kivennäismaiden välissä. Se oli kuitenkin niin iso, että usean pienaukon koekokonaisuus toistoineen voitiin perustaa.

Lintupirtin kohde on 1960-luvulla ojitettu puustoinen korpi, nyt kasvupaikaltaan ruohoturvekangas (Laine ym. 2012). Asmonkorpi taas on 1930-luvulla ojitettu alun perin vähäpuustoinen suo, nykyisin kasvupaikaltaan mustikkaturvekangas I. Turvepaksuus oli Lintupirtillä 10–50 cm ja Asmonkorvessa 35–60 cm. Molemmissa kohteissa puusto oli kokeen perustamishetkellä kuusi-valtainen, sekapuuna vaihtelevasti hieskoivua. Valtapituus oli Tervolassa 17–18 m ja Oulussa 19–23 m (Taulukko 1).

Kummassakin kohteessa testattiin kolmen kokoista pienaukkoa. Tervolassa aukot olivat halkaisijaltaan 10, 15 ja 20 m ja Oulussa 15, 20 ja 25 m, vastaten kooltaan 78–491 m<sup>2</sup> (Kuva 1). Suurimman aukon läpimitta oli kummassakin kohteessa jokseenkin sama kuin puuston valtapituus. Aukkojen läpimitta – puuston valtapituus -suhteet olivat Tervolassa 0,57, 0,84 ja 1,11 ja Oulussa 0,73, 0,92 ja 1,20. Aiempien tutkimusten perusteella tiedettiin, että tätä suuremmat aukot lisäävät selvästi lehtipuun uudistumista aukkoihin (Leemans 1991; Qinghong ja Hytteborn 1991).

Pienaukot sijoitettiin valittuihin tutkimusmetsiköihin niin, että aukkojen väliin jäi vähintään 15–20 metrin levyinen hakkaamaton metsä. Luontaisia latvusaukkoja pyrittiin sijoittelussa välttämään, mutta Tervolassa se ei täysin onnistunut, sillä puusto oli ennen hakkuuta vaihtelevan



**Kuva 1.** Kokeiden sijainti ja koejärjestelyt lohkolla 1 Tervolassa (Lintupirtti) ja Oulussa (Asmonkorpi). Tervolan kokeen laikutetut pienaukot merkitty viivoituksella (laikutetut ei mukana tässä tutkimuksessa).

**Taulukko 1.** Tervolan ja Oulun koeobjektien puustotunnukset hakkuun ajankohtana (L = lohko).

Paikkakunta/lohko (L)	Runkoluku, ha <sup>-1</sup>	Pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Puustotunnus		
			D <sub>Med</sub> , cm	H <sub>Dom</sub> , m	V, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
Tervola/L1	1478	27	20	17	181
Tervola/L2	1901	29	20	18	198
Tervola/L3	1776	33	21	18	227
Tervola/L4	1322	25	22	18	170
Tervola, keskimäärin	1619	29	21	18	194
Oulu/L1	672	35	27	22	340
Oulu/L2	672	31	29	23	288
Oulu/L3	1017	24	23	19	193
Oulu, keskimäärin	787	30	26	21	274
Koko aineisto, keskimäärin	1263	29	23	19	228

D<sub>Med</sub> = puuston mediaaniläpimitta,  
H<sub>Dom</sub> = valtapituus (100 paksuimman puun keskipituus),  
V = tilavuus.

kokoista ja ryhmittäistä, joten latvuskerros oli epäyhtenäisempi kuin Oulussa. Pienaukon keskipiste pyrittiin sijoittamaan aina saran keskelle, jotta vanha oja-aukko ei vaikuttaisi tulokseen. Oulussa vain muutamassa suurimmassa pienaukossa aukon reuna sivusi oja-aukkoa tai ojamaita, mutta taimikoeala ei koskaan sijoittunut vanhaan oja-aukkoon. Tervolassa osin epätasaisemman ojavälin ja osin vanhemman, suunnaltaan poikkeavan ja monenkertaisen ojituksen vuoksi joitakin oja-aukkoja sijoittui pienaukoille. Kummankin koekohteen osalta on huomattava, että puustoa oli aiemmin käsitelty harvennushakkuin ja metsiköissä oli olemassa jonkinlainen vanha ajouraverkosto. Vanhan ajouran mahdollista vaikutusta tuloksiin ei selvitetty.

Koejärjestely perustui satunnaistettuihin lohkoihin. Lohkotusta käytettiin erottamaan toisistaan eri metsikkökuviot, joihin pienaukot tehtiin. Lohkojen välillä oli vähäistä vaihtelua mm. kasvupaikkatyyppin tai turpeen paksuuden suhteen. Tervolassa oli neljä lohkoa, joissa kussakin oli jokaista aukkokokoa toistettu 2–4 kertaa. Oulun kokeessa oli kolme lohkoa, joissa kussakin kolme aukkokokoa kahdesti toistettuna. Kaikkiaan Tervolassa oli 24 ja Oulussa 18 pienaukkoa. Tervolassa tehtiin vertailun vuoksi jokaisen lohkon yhteyteen pienialainen avohakkuu, jossa poistettiin kaikki puusto noin 0,2–0,3 ha:n alalta.

Ennen pienaukkojen hakkuuta kaikki puut ( $d_{1,3} > 4,5$  cm) aukon ja 5 m leveän vaipan alueelta mitattiin (puulaji ja läpimitta rinnankorkeudelta) ja niiden sijainti kartoitettiin ja poistettavat puut merkittiin. Koepuista mitattiin pituudet hypsometrillä. Mittausten perusteella laskettiin hehtaarikohtaiset puustotunnukset joka pienaukolle (Taulukko 1).

Hakkuu tehtiin kummassakin kohteessa talvella 2004–2005 maan ollessa jäässä. Ajoura avattiin siten, että se kulki kullakin lohkolle pienaukolta toiselle. Tervolassa pienimmät aukot voitiin hakata käytännössä ajouralta poistumatta, muilla pienaukoilla koneet kulkivat kahdella uralla tai tekivät tarvittavia pistouria välttämättä ajamasta pienaukon keskikohdan yli. Koska poistuvaa puustoa oli suhteellisen paljon, hakkuu tehtiin avohakkuuna pyrkimättä erityisemmin varomaan alikasvosta. Hakkuun ja ajon jälkeen pääosa hakkuutähteistä ja latvuksista siirrettiin pienaukon reunaan ajokoneen kuormaimella.

## 2.2 Taimimittaukset

Kymmenvuosimittauksessa keväällä 2015 inventoitiin samat taimikoealat kuin aiemmissa inventoinneissa. Joka pienaukolle oli sijoitettu viisi taimikoealaa, joista isoin (säde 1,79 m; pinta-ala 10 m<sup>2</sup>) keskelle ja neljä pienempää (1,26 m; 5 m<sup>2</sup>) kussakin pääilmansuunnassa 1,5 m:n etäisyydelle pienaukon ulkoreunasta (ks. Hökkä ym. 2011). Tervolan pienillä avohakkuualueilla käytettiin vain pienempää 1,26 m säteistä taimikoealaa, joita sijoitettiin systemaattisesti hilan muotoon koko aukon alueelle 18 tai 20 kpl.

Jokaiselta taimikoealalta luettiin vähintään 20 cm pitkien taimien kokonaismäärä puulajeittain (kuusi, hieskoivu, mänty). Jokaiselta taimikoealalta valittiin 0–3 kpl kehityskelpoista tainta (ensisijaisesti havupuu, hyväkuntoinen, kasvuisa valtataimi, vähintään 60 cm etäisyys toiseen kasvatuskelpoiseen taimeen), joista määritettiin puulaji ja pituus cm:n tarkkuudella sekä havupuista vuosittaiset pituuskasvut enintään 10 vuotta taaksepäin 1 cm:n tarkkuudella. Kasvatuskelpoisten taimien maksimimäärä pienellä taimikoealalla oli 2 kpl ja isolla koealalla 3 kpl, kuitenkin siten, että koko pienaukolla oli korkeintaan 9 kasvatuskelpoista tainta, mikä vastasi hehtaarikohtaisena taimimääränä n. 3000 ha<sup>-1</sup>. Taimia ei tässä inventoinnissa kyetty erottelemaan sen suhteen, olivatko ne syntyneet ennen hakkuuta vai hakkuun jälkeen.

### 3 Menetelmät

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan kasvatuskelpoisten taimien hehtaariohtaisia määriä ja keskipituuksia kokeittain taulukoituna puulajin ja aukon koon mukaan sekä keskimäärin. Kaikkien taimien puulajeittaiset runkoluvut on esitetty liitetaulukossa 1, saatavilla osoitteessa <https://doi.org/10.14214/ma.7808>, mutta tulosten analyysi ja tulkinta perustuu käytännön kannalta keskeisen uudistumistuloksen, eli kasvatuskelpoisten taimien määrän ja pituuden tarkasteluun. Hehtaariohtaiset taimimäärät on laskettu erikokoisille pienaukoille kaikkien ko. kokoisilla pienaukoilla sijainneiden taimikoealojen taimimäärien ( $\text{ha}^{-1}$ ) keskiarvona. Tervolassa tuloksiin laskettiin mukaan vain muokkaamattomien pienaukkojen taimet, koska aiemmassa selvityksessä todettiin, että muokkaus vaikutti selvästi taimimääriin (Hökkä ym. 2012). Pienaukon koon vaikutusta kasvatuskelpoisten taimien lukumääriin ja keskipituuksiin testattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä kummallakin kokeella erikseen.

Kasvatuskelpoisten taimien pituuskasvulle laadittiin regressiomalli ja mallilla laskettiin ennuste rinnankorkeuspituuden saavuttamisajasta (vrt. Hökkä ja Mäkelä 2014). Malli laadittiin lineaarisena sekamallina, jossa taimien vuotuista pituuskasvua selitettiin taimen alkupituudella, hakkuusta kuluneella ajalla, pienaukon koolla ja taimen sijainnilla (taimikoealan sijainti).

### 4 Tulokset

#### 4.1 Kasvatuskelpoisten taimien runkoluku

Tervolassa kasvatuskelpoisten taimien keskimääräinen runkoluku oli erikokoisilla pienaukoilla yli  $2200 \text{ ha}^{-1}$  ja otannan mukaisesti valtaosa niistä oli kuusia (Taulukko 2). Taimimäärä oli vähäisin 15 metrin aukolla, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Oulussa kasvatuskelpoisia taimia oli jokseenkin saman verran eli vähän yli  $2200 \text{ ha}^{-1}$  (Taulukko 2). Pienimmällä aukolla oli keskimäärin vähiten kasvatuskelpoisia taimia, mutta ero suurempiin aukkoihin verrattuna oli tilastollisesti vain suuntaa-antava ( $p=0.099$ ). Myöskään suuremmat aukot eivät poikenneet tilastollisesti toisistaan taimimäärien suhteen.

**Taulukko 2.** Kasvatuskelpoisten taimien puulajeittainen ja yhteinen runkoluku ( $\text{ha}^{-1}$ , suluissa keskihajonta) erikokoisilla pienaukoilla ja keskimäärin Tervolan ja Oulun kokeilla.

Puulaji	Pienaukon halkaisija, m				Keskimäärin
	10	15	20	25	
Tervola					
Kuusi	2300 (894)	2025 (1092)	2275 (874)	-	2200 (925)
Koivu	100 (283)	-	100 (185)	-	67 (193)
Yhteensä	2400 (950)	2025 (1092)	2375 (789)	-	2267 (926)
Oulu					
Kuusi	-	1778 (911)	2500 (624)	2444 (689)	2241 (782)
Koivu	-	111 (172)	56 (136)	56 (136)	74 (143)
Yhteensä	-	1889 (861)	2556 (655)	2500 (658)	2315 (754)
Keskimäärin	2400	1957	2465	2500	2330

**Taulukko 3.** Kasvatuskelpoisten taimien puulajeittainen keskipituus (cm, suluissa keskihajonta) eri kokoisilla pienaukoilla ja keskimäärin Tervolan ja Oulun kokeilla.

Puulaji	Pienaukon halkaisija, m				Kaikki aukot keskimäärin
	10	15	20	25	
Tervola					
Kuusi	61,0 (41,3)	76,7 (65,3)	77,1 (43,5)	-	71,4 (50,9)
Koivu	79,4 (-)	-	143,0 (37,5)	-	122,0 (45,7)
Puulajit keskimäärin	61,5 (40,8)	76,7 (65,3)	81,2 (45,6)	-	73,0 (51,3)
Oulu					
Kuusi	-	72,0 (46,4)	77,5 (25,5)	102,2 (45,1)	83,9 (40,1)
Koivu	-	83,0 (50,9)	62,0 (-)	86,0 (-)	78,5 (31,4)
Puulajit keskimäärin	-	73,4 (46,5)	77,5 (25,5)	101,0 (44,1)	84,0 (39,4)

## 4.2 Kasvatuskelpoisten taimien keskipituus

Tervolassa kasvatuskelpoisten kuusten keskipituus lisääntyi aukon koon kasvaessa (Taulukko 3), ja ero keskipituudessa aukon koon suhteen oli tilastollisesti suuntaa-antava ( $p=0,075$ ). Samoin koivuista pisimmät olivat 20 m:n aukoilla. Ero keskimääräisessä pituudessa oli 11–31 cm eri kokoisilla aukoilla, mutta se ei ollut tilastollisesti merkitsevää.

Myös Oulussa kasvatuskelpoisten kuusten keskipituus kasvoi aukon koon kasvaessa, varsinkin siirtymä 20 m:n aukolta 25 m:n aukolle oli selvä (Taulukko 3). Tästä huolimatta ero pieneen ( $p=0,197$ ) ja keskikokoiseen ( $p=0,285$ ) aukkoon verrattuna ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Kuusten keskipituus oli Oulussa 11 cm suurempi kuin Tervolassa. Kasvatuskelpoisia koivuja oli Oulussa varsin vähän, joten niiden keskipituudessa ei ollut selvää trendiä aukon koon suhteen.

## 4.3 Tyhjien koealojen osuus

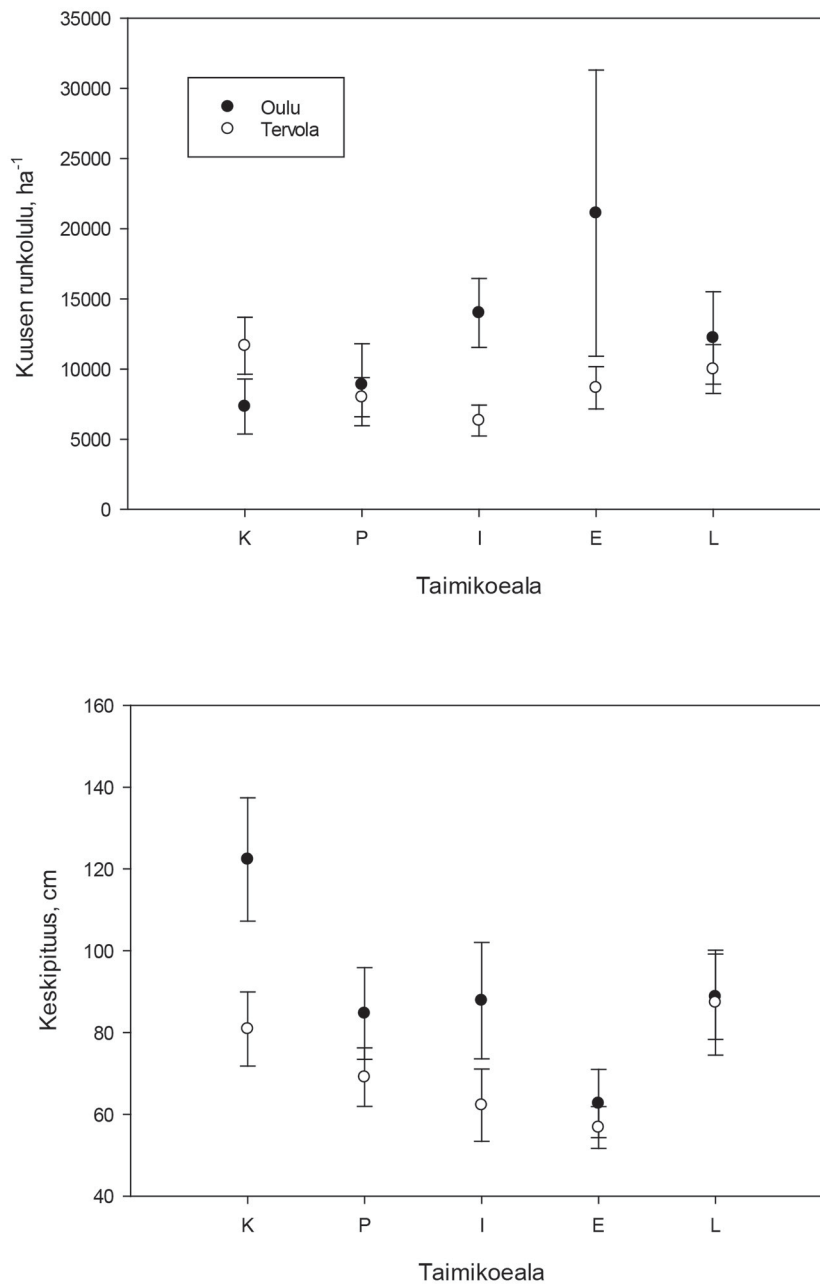
Tervolassa niiden taimikoealojen osuus, joissa ei ollut yhtään kasvatuskelpoista tainta, oli keskimäärin 21 %. Vähiten tyhjiä taimikoealoja oli suurimmilla pienaukoilla (15 %). Tervolassa yhdellä pienaukolla ei ollut yhtään kasvatuskelpoista tainta.

Oulussa tyhjien taimikoealojen osuus oli hieman pienempi kuin Tervolassa, keskimäärin 18 %. Selvästi eniten tyhjiä taimikoealoja oli pienimmällä pienaukoilla (30 %). Suuremmilla pienaukoilla tyhjien taimikoealojen osuus oli noin 10 % (20 m:n aukolla 13 %, 25 m:n aukolla 10 %). Toisin kuin Tervolassa Oulussa ei ollut yhtään tyhjää pienaukkoa. Oulussa noin puolella ja Tervolassa vähän yli kolmanneksella pienaukoista kaikilta taimikoealoilta löytyi kasvatuskelpoisia taimia.

## 4.4 Taimimäärät ja keskipituudet pienaukkojen eri osissa

Koska kasvatuskelpoisten taimien maksimimäärä oli rajattu  $3000 \text{ ha}^{-1}$  taimettumisen intensiteettiä pienaukkojen eri osissa tarkasteltiin kokonaistaimimäärän perusteella. Pienaukoille sijoitettujen viiden taimikoealan keskimääräiset kokonaistaimimäärät vaihtelivat jonkin verran koealojen välillä mutta erityisesti alueiden välillä. Kuusen osalta suurin taimimäärä oli Tervolassa pienaukon keskimääräisellä koealalla ja pienin pienaukon itäreunan koealalla kun taas Oulussa eniten taimia oli pienaukon eteläisellä koealalla ja vähiten keskikoealalla. (Kuva 2). Vaihtelu oli kuitenkin suurta, eivätkä erot olleet pääosin tilastollisesti merkitseviä.





**Kuva 2.** Kuusen taimien kokonaisrunkoluku ja kasvatuskelpoisten kuusen taimien keskipituus eri taimikoealoilla (K = keskikoeala, P = pohjoinen koeala, I = itäinen koeala, E = eteläinen koeala, L = läntinen koeala) Oulun ja Tervolan kokeilla. Janat ilmaisevat keskiarvon keskivirheen.

Kasvatuskelpoisten kuusen keskipituus suhteessa sijaintiin pienaukolla oli jokseenkin samanlaista molemmilla alueilla, ts. pisimmät taimet olivat keski- ja länsireunan koealoilla ja lyhimmät eteläreunan koealoilla (Kuva 2). Erityisesti Oulun kokeella keskikoealan ja eteläisen koealan välinen ero kasvatuskelpoisten kuusen pituudessa korostui.



#### 4.5 Kasvatuskelpoisten kuusentaimien pituuskasvu

Kasvatuskelpoisten kuusten pituuskasvulle laadittiin malli pituuskasvun vuotuisien mittauksien perusteella. Vuosittaisten pituuskasvujen avulla laskettiin taimen pituus hakkuun ajankohdalla ja käytettiin alkupituutta mallin selittäjänä. Tervolassa hakkuun jälkeisen 10-vuotiskauden keskimääräinen pituuskasvu oli 6,3 cm ja Oulussa 8,2 cm vuodessa.

Mallin mukaan kuusen taimien pituuskasvu oli sitä nopeampaa mitä pidempi taimi oli hakkuuhetkellä (Taulukko 4). Pituudeltaan 20 cm puu kasvoi keskimäärin 5 cm  $v^{-1}$  ja 100 cm puu kasvoi 10 cm  $v^{-1}$ . Pienaukon koolla oli myös vaikutusta kuusen pituuskasvuun. Pienimmät aukot (läpimitta 10 m ja 15 m) indikoivat keskimäärin 16–26 % heikompa pituuskasvua suurimpiin aukkoihin (läpimitta 20 m ja 25 m) verrattuna. Tämä kasvuero vielä lisääntyi kun hakkuusta oli kulunut yli viisi vuotta. Myös taimien sijainti pienaukolla oli merkittävä selittäjä. Pienaukon keskellä ja pohjoisreunalla sijaitsevat taimet kasvoivat parhaiten, noin 10–20 % paremmin kuin itä-, etelä- ja länsireunalla sijaitsevat taimet. Mallin satunnaisosan mukaan kokeiden välillä ja kokeiden lohkojen välillä ei ollut merkitsevää eroa kasvun tasossa.

Mallilla ennustettiin pituuskasvu taimelle, jonka pituus vastasi kasvatuskelpoisten taimien keskipituutta (30 cm) hakkuun jälkeen. Simulointi osoitti, että taimi saavutti rinnankorkeuden 10–15 vuoden kuluttua hakkuusta riippuen siitä, minkä kokoisella pienaukolla ja missä kohden aukkoa taimi sijaitsi (Kuva 3).

**Taulukko 4.** Kasvatuskelpoisten kuusten pituuskasvumalli. Vastemuuttujana on vuoden pituuskasvu,  $\log(i_h + 0,5)$ , cm.

Muuttuja	Estimaatti	Keskivirhe
Vakio	1,273	0,043
$h/(h+200)$	2,797	0,136
$d_{10m}$	-0,266	0,059
$d_{15m}$	-0,179	0,059
Keski	0,218	0,045
Pohjoinen	0,107	0,047
$Aika_{>5v} \times Suuret$	0,0113	0,004
Mallin satunnaisosa:		
$var(koe)$	0	
$var(koe \times lohko)$	0	
$var(koe \times lohko \times pienaukko)$	0,0044	0,0041
$var(\dots pienaukko \times taimikoeala)$	0,034	0,0065
$AR1$	0,270	0,0288
Residuaali	0,119	0,0048

$h$  = puun pituus (cm),

$d_{10m}$  = dummy-muuttuja pienaukoille, joissa läpimitta on 10 m,

$d_{15m}$  = dummy-muuttuja pienaukoille, joissa läpimitta on 15 m,

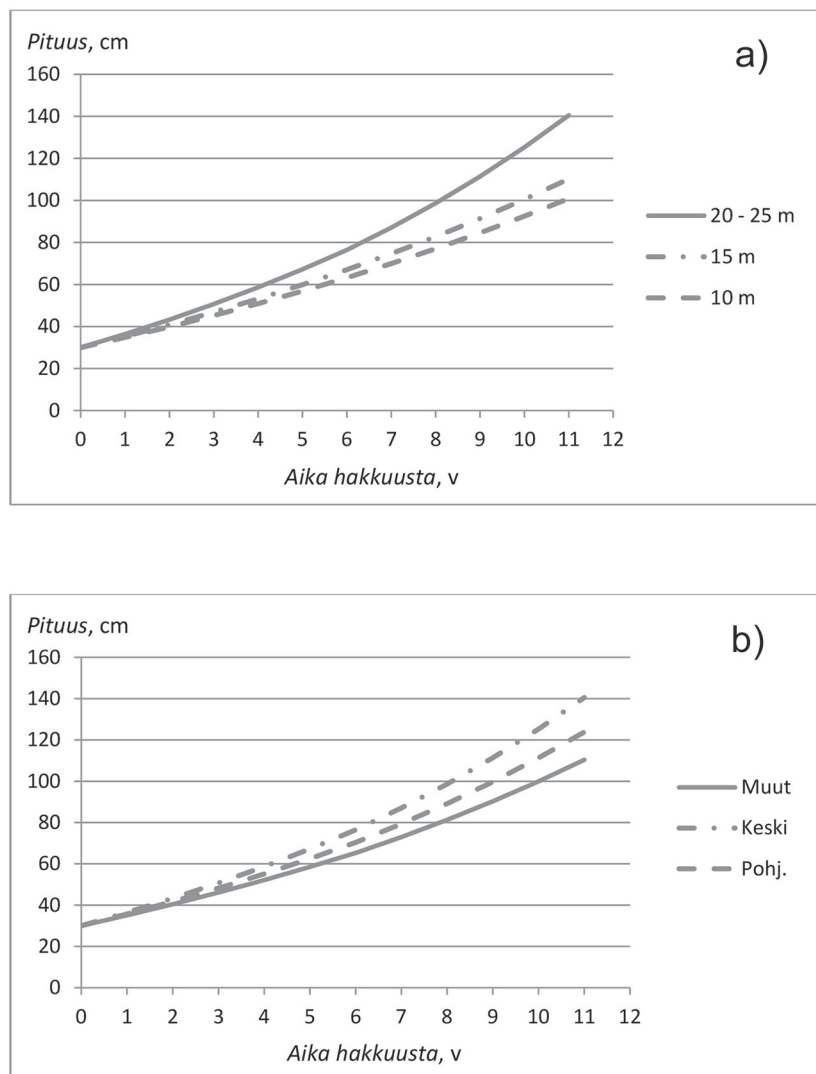
Keski = dummy-muuttuja taimikoealalle, joka sijaitsee pienaukon keskellä,

Pohjoinen = dummy-muuttuja taimikoealalle, joka sijaitsee pienaukon pohjoisreunassa,

$Aika_{>5v}$  = Aika hakkuusta (0 jos <5 v),

Suuret = dummy-muuttuja pienaukoille, joissa läpimitta on 20 m tai 25 m,

$AR1$  = peräkkäisten havaintojen korrelaatio.



**Kuva 3.** Pituuskasvumallilla (Taulukko 4) simuloitu kasvatuskelpoisen kuusen taimen pituuskehitys hakkuun jälkeen erikokoisilla pienaukoilla (a) ja pienaukon sisällä eri taimikoealoilla (b). Simuloinnin lähtöhetkellä taimen pituus on kehityskelpoisten kuusentaimien keskipituus aineistossa (0,30 m) hakkuun jälkeen.

#### 4.6 Tervolan avohakkuualat

Tervolan kokeen pienillä avohakkuualoilla taimimäärät olivat huomattavasti pienempiä kuin pienaukoilla. Kasvatuskelpoisia kuusia oli keskimäärin  $828 \text{ ha}^{-1}$  ja koivuja  $586 \text{ ha}^{-1}$  (Taulukko 5). Kuusten keskipituus oli  $77,5 \text{ cm}$  ja koivun  $65,5 \text{ cm}$ . Lohkojen välillä oli vaihtelua taimettumisessa siten, että lohko 4 oli kaikkein heikoin eli kasvatuskelpoisia kuusia vain  $400 \text{ ha}^{-1}$  (kaikkiaan taimia  $400 \text{ ha}^{-1}$ ).

Avohakkuualojen taimikot olivat epätasaisempia kuin pienaukoissa. Kaikkiaan 54 % taimikoealoista ei ollut kasvatuskelpoisia taimia.

**Taulukko 5.** Kasvatuskelpoisten taimien keskimääräinen puulajeittainen runkoluku ja keskipituus (suluissa keskihajonta) pienillä avohakkuualoilla Tervolan kokeella.

Tunnus	Puulaji		Yhteensä/Keskimäärin
	Kuusi	Koivu	
Runkoluku, ha <sup>-1</sup>	828 (1299)	586 (1060)	1414
Keskipituus, cm	77,5 (60,5)	65,4 (25,6)	74,9

## 5 Tarkastelu

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin pienaukkohakkuulla 10 vuodessa saatua uudistumistulosta Pohjois-Suomen korpikuusikossa kahden kenttäkokeen perusteella. Tulos oli yhdenmukainen aiempien ennakkotulosten kanssa, jotka viittasivat merkittävään alikasvostaimien määrään heti hakkuun jälkeen (Hökkä ym. 2011), uusien taimien runsaaseen syntymiseen (Hökkä ym. 2011, 2012) ja hyvään alkukehitykseen hakkuun jälkeen (Hökkä ja Mäkelä 2014). Kasvatuskelpoisten taimien määrän ja keskipituuksien perusteella uudistumistulos 10 vuoden kohdalla täyttää metsälain vähimmäisvaatimukset riittävästä uudistumisesta Pohjois-Suomessa (20 v. hakkuusta vähintään 1100 kasvatuskelpoista tainta hehtaarilla, joiden keskipituus on 0,5 m) (Kuva 4). Metsänhoito-



**Kuva 4.** Erinomainen ja välttävä uudistumistulos Oulun Asmonkorven kokeella.

suositusten mukainen runkolukutavoite taimikonhoidon jälkeen Pohjois-Suomen kuusitaimikoissa (1800–2000 ha<sup>-1</sup>) myös täyttyy (Äijälä ym. 2014). Molempien kokeiden kasvatuskelpoisten taimien (maksimi 3000 ha<sup>-1</sup>) määrän keskiarvo erikokoisissa aukoissa oli yli 2200 ha<sup>-1</sup> ja jopa kaikkein pienimmällä, läpimitaltaan 10 metrin pienaukolla Tervolassa kasvatuskelpoisia taimia oli n. 2400 ha<sup>-1</sup>. Toisaalta Oulun kokeen pienimmällä 15 m:n läpimittaisella aukolla kasvatuskelpoisia taimia oli n. 600 ha<sup>-1</sup> vähemmän kuin isommilla aukoilla. Tämä johtunee pienten aukkojen hitaammasta pituuskehityksestä Oulussa, jolloin kasvatuskelpoisen taimen 20 cm vähimmäispituuden saavuttaneita taimia oli pienimmässä aukossa vähemmän kuin isoissa.

Kivennäismaan VMT-tyypillä Kainuussa Valkonen ja Siitonen (2016) raportoivat keskimäärin 1700 ha<sup>-1</sup> kasvatuskelpoista yli 10 cm pituisia tainta 13–15 vuoden kuluttua hakkuusta pienaukoilla, joiden koko vaihteli 0,09–0,37 hehtaarin välillä. Kasvatuskelpoisten taimien maksimimääränä tutkimuksessa pidettiin 1800–2000 ha<sup>-1</sup>. Etelä-Suomen MT-tyypin kasvupaikalla Valkonen ym. (2011) löysivät keskimäärin 1300 ha<sup>-1</sup> yli 10 cm pitkiä kasvatuskelpoisia taimia 10–11 vuoden kuluttua hakkuusta, jossa tehtiin 40×40 metrin kokoisia pienaukkoja. Tervolan kokeella kasvatuskelpoisten kuusen taimien kokonaismäärä oli keväällä 2012 (Hökkä ja Mäkelä 2014) 1645 ha<sup>-1</sup>, mutta tuossa keskiarvossa ovat mukana myös laikutetut pienaukot. Vastaavalla tavalla laskettu kasvatuskelpoisten kuusen taimien runkoluku tässä tutkimuksessa oli 1842 ha<sup>-1</sup>, mikä osoittaa, että määrä oli lisääntynyt 12 % (197 kpl) kahdessa vuodessa.

Pienaukon koko ei tässä tutkimuksessa vaikuttanut merkittävästi kokonaistaimimäärään, mutta koivun osuus kasvoi aukon koon kasvaessa. Viime mainittu tulos on yhdenmukainen aiempien tutkimusten kanssa, ja selittyy sillä, että hieskoivu pioneeripuulajina vaatii uudistuakseen enemmän valoa toisin kuin kuusi (esim. Leemans 1991). Valkosen ym. (2011) tutkimuksessa asia ilmeni koivun runkoluvun lisääntymisenä, kun etäisyys reunametsästä kasvoi. Suurimmillakaan aukoilla tässä tutkimuksessa koivu ei kuitenkaan runsastunut niin paljon, että se olisi vaikuttanut kasvatuskelpoisten kuusten runkolukuun. Toisin sanoen tämän tutkimuksen suurimmat pienaukot olivat edelleen riittävän pieniä estämään koivun voimakkaan uudistumisen, joka voi merkittävästi haitata havupuiden uudistumista viljavien turvemaiden uudistamiskohteilla (esim. Moilanen ym. 2011). Koivun menestymiseen on voinut myös vaikuttaa hirvi, sillä erityisesti Tervolan kohteella hirvikanta on ollut runsas. Hirven vaikutusta ei selvitetty mittauksissa. Aiemman harvennushakkuun aiheuttama valon määrän lisääntyminen ja maanpinnan rikkoontuminen ajourilla voivat osin selittää suhteellisen runsasta alikasvoksen määrää, joka todettiin pienaukkohakkuun jälkeen (Hökkä ym. 2011). Valtaosa kasvatuskelpoisiin luetuista taimista lieneekin syntynyt ennen hakkuuta.

Kasvatuskelpoisten taimien pituus oli suurin suurimmissa pienaukoissa, mikä kuvastanee suurempaa valon saatavuutta ja sitä kautta parempia kasvuoloja. Hökkä ja Mäkelä (2014) totesivat 20 metrin pienaukoilla kuusten pituuskasvun olleen Tervolan kokeella keskimäärin nopeampaa kuin pienemmällä aukoilla. Pituuskasvua verrattiin myös eri tutkimuksista raportoitujen suojuspuu-, eri-ikäis- ja avohakkuualojen kuusen taimien pituuskehitykseen (Hökkä ja Mäkelä 2014). Jos otettiin huomioon erot ilmasto-oloissa, kivennäismaiden pienaukkojen kuusten pituuskasvu (Cajander 1934) oli verrattavissa Tervolan tulokseen. Ylispuiden poiston jälkeen (Örlander ja Karlsson 2000; Valkonen 2000) pituuskehitys oli nopeampaa, mutta kivennäismaiden eri-ikäismetsikössä (Eerikäinen ym. 2014; Lundqvist 1989) selvästi hitaampaa kuin korprien pienaukoissa. Turvemaiden viljelytaimikoissa kuusen taimien keskipituus 9,2 vuoden iässä oli 1,1 m (Siipilehto ym. 2014), eli 26–37 cm pidempi kuin tässä tutkimuksessa 10 vuoden iässä. Viljelyaineiston keskimääräinen sijainti oli kuitenkin selvästi etelämpänä kuin tämän aineiston.

Tässä tutkimuksessa laaditun kasvumallin mukainen pituuskehitys oli riippuvainen puun alkupituudesta, pienaukon koosta ja sijainnista aukolla. 20 ja 25 metrin läpimittaisilla pienaukoilla puiden pituuskasvu oli nopeampaa kuin sitä pienemmällä aukoilla. Pituuskasvumallin perusteella aukon koon merkitys kasvunopeudelle vain korostuu kun hakkuusta on kulunut yli viisi vuotta,

mikä on yhdenmukaista aiempien tutkimusten tulosten kanssa: valtapuuston poiston jälkeen alikasvoskuusien pituuskasvu paranee 4–5 vuoden kuluttua valoilmaston muuttumisesta (Valkonen 2000; Koistinen ja Valkonen 1993; Örländer ja Karlsson 2000; Nilson ja Lundqvist 2001). Mallilla ennustettu pituuskehitys oli kuitenkin hieman hitaampaa, kuin mitä Hökkä ja Mäkelä (2014) malli ennusti.

Tervolan pienten avohakkuualojen tulokset olivat heikompia kuin pienaukoilla. Avohakkuuiden koko vaihteli 0,21–0,30 ha:n välillä ja oli siis hyvin lähellä metsälain mukaisen pienaukkohakkuun (0,3 ha) kokoa. Noin 0,2–0,3 ha:n pinta-ala tarkoittaa halkaisijaltaan 50–60 metrin pienaukkoa. Hökkä ym. (2012) totesivat, että viiden vuoden kuluttua hakkuusta yli 10 cm pitkien kuusen taimien kokonaismäärä oli pienillä avohakkuualoilla keskimäärin  $1670 \text{ ha}^{-1}$ , mutta toisaalta tyhjiä koealoja osuus oli n. 65 %. Tämän tutkimuksen mukaan avohakkuualojen tyhjiä koealoja osuus oli vähentynyt viidessä vuodessa ja oli nyt 54 %, vaikka kehityskelpoisiksi luettiin tässä vähintään 20 pitkät taimet. Vaikka kasvatuskelpoisten kuusen ja koivun taimien yhteenlaskettu runkoluku ylitti  $1200 \text{ ha}^{-1}$  ja taimien keskipituus oli yli 50 cm, koivun yli 40 % osuutta taimien runkoluvusta on pidettävä liian suurena. Ero 20–25 metrin läpimittaisen pienaukon uudistumistulokseen on selvä. Merkittävin syy uudistumistuloksen eroon lienee pintakasvillisuuden kilpailu, joka merkittävästi haittaa kuusen taimettumista kun aukon koko on suuri. Suurempi aukko samalla edistää koivun uudistumista. Aiempien tulosten perusteella tiedetään, että maanmuokkausta ei voida suositella ainakaan kilpailun vähentämiseksi koska laikutus huononsi kuusen uudistumistulosta sekä pienaukoilla että avohakkuualoilla (Hökkä ym. 2012).

Käytännön kannalta taimikoiden epätasaisuus ei näyttäisi olevan ongelma pienaukoissa. Tyhjiä taimikoealoja määrä Tervolan pienaukoilla oli 21 % ja Oulussa 18 %. Hyppösen (2002) Lapin mäntytaimikoille käyttämän luokittelun mukaan tulos olisi tilajärjestykseltään hyvä (<30 %). Oulussa jokaisella pienaukolla oli vähintään yksi taimi ja vain yhdellä Tervolan pienaukoista ei ollut yhtään kasvatuskelpoista kuusen tainta. On todennäköistä, että myös heikosti taimettuneet pienaukot tulevat täydentymään, mutta pidemmän ajan kuluessa. Kun pienillä avohakkuualoilla oli keskimäärin 54 % taimikoealoista ilman yhtään kasvatuskelpoista tainta, voidaan todeta, että tutkittuja pienaukkoja selvästi suuremmat aukot uudistuivat sekä hitaammin että epätasaisemmin.

Aineiston alueellinen edustavuus on rajallinen, sillä se perustui vain kahteen kenttäkokeeseen, mutta toisaalta kummassakin paikassa pienaukkojen määrä oli varsin suuri, ja kokonaismäärää (42 kpl) voidaan pitää korkeana. Paikallisesti siis varsin laaja olosuhdevaihtelu oli mukana, mikä heijastui ainakin Tervolan kokeessa, jossa taimien kokonaismäärä pienaukossa vaihteli välillä 0–> $50000 \text{ ha}^{-1}$  (ks. liitetaulukko 1). Silmämääräisesti arvioiden Tervolassa kaikkien viljavimmat ohuturpeiset lehtokorpea edustavat pienaukot taimettuivat heikoimmin runsaan ruohokasvillisuuden vuoksi, kun taas paksuturpeiset rakkasammalpintaisten ruohokorvet taimettuivat selvästi paremmin. Vaikka kangassammalpintojen peittävyysosuus taimikoealojen kenttäkerroksen kasvillisuudesta oli selvästi suurin, esiintyi rakkasammalta näidenkin pintojen sisällä, mikä todennäköisesti on edistänyt taimettumista. Oulun kokeella saniaiset, lähinnä metsäalvejuuri, muodostivat taimettumista haittaavan kasvuston (Kuva 4).

Pienaukon sisällä taimikoealojen keskimääräiset kokonaistaimimäärät vaihtelivat jonkin verran, koska mm. tulosäteilyn määrä ei ole sama kaikissa osissa pienaukkoa. Kuusen taimien pituuskasvu oli nopeinta aukon keskiosassa ja hitainta eteläreunassa, missä kuitenkin oli runsaasti taimia. Kasvuolojen erojen vuoksi pienaukolle kehittyy kokojakaumaltaan ja tiheydeltään jonkin verran epätasainen taimikko. Vaikka tässä tutkimuksessa käytettiin ympyränmuotoisia pienaukkoja, vähemmän säännöllisissä aukoissa tulos lienee vastaavanlainen. On kuitenkin ilmeistä, että tasaisin taimien kehitys saavutetaan silloin, kun etelän suunnalta varjostavaa reunametsää on vähiten, ts. pohjois-etelä –suuntaisissa aukoissa. Tällaiset aukot lähestyvät perinteistä korprien luontaisen uudistamisen menetelmää, eli kaistalehakkuuta.



Tulosten soveltamiseen etelämmäksi on syytä esittää joitakin varauksia. Ensimmäinen liittyy ilmasto-olojen erilaisuudesta aiheutuviin eroihin ns. raakahumuksen muodostumisessa, joka voi Etelä-Suomessa olla voimakasta (Saarinen ja Hotanen 2000). Mitä paksumpi raakahumuskerros on, sitä vähemmän siinä on rakkasammalta ja pinta myös kuivempi, jolloin siementen itäminen vaikeutuu. Tämä vaikuttaa taimettumiseen ja myös alikasvoksen esiintymiseen. Toiseksi, myös korpipuustojen luontainen aukkoisuus ja erirakenteisuus voivat olla voimakkaampia pohjoisessa (Heikurainen 1971; Hökkä ja Laine 1988), jolloin pienenkin latvusaukon syntymien voi lisätä valon määrää maan pinnassa enemmän kuin yhtenäisemmässä ja tasarakenteisemmässä latvustossa. Tämä edistää sekä alikasvoksen syntymistä että hakkuun jälkeistä taimettumista. Erot kokeiden välillä latvuston peittävyudessa ja ympäröivän puuston määrässä selittänevät osaltaan sitä, miksi 15 metrin pienaukko Oulussa taimettui heikommin kuin isommat, mutta 10 metrin pienaukko Tervolassa taimettui hyvin. Oulun kokeessa puuston runkoluku oli vajaa puolet Tervolan puuston runkoluvusta, mutta tilavuus oli keskimäärin 18 % suurempi kuin Tervolassa ja puut olivat selvästi järeämpiä. Tämä viittaa tasaisempaan puustorakenteeseen Oulussa kuin Tervolassa. Eteläisessä Suomessa korpipuustot voivat vielä enemmän poiketa Tervolan kokeesta, jolloin puuston valtapituutta pienempi pienaukon läpimitta ei välttämättä olisi uudistumiselle riittävä.

Metsänhoitosuosituksissa (Äijälä ym. 2014) pienaukolla tarkoitetaan pienehköä avohakkuuta ja hakkuutapa ymmärretään eri-ikäisen metsän hakkuutapana. Mikäli aukon koko on enintään 0,3 ha, ei kyse ole uudistusalaista, eikä pienaukkoon kohdistu metsälain mukaista uudistamisvelvoitetta. Tämän tutkimuksen suurimmatkin pienaukot olivat kooltaan selvästi tätä pienempiä (0,05 ha), joten lähes kymmenen kertaa suuremman pienaukon uudistamiseen ei tuloksia voida suoraan yleistää. Tervolan pienten avohakkuualojen tulosten perusteella voidaan kuitenkin nähdä, että 0,2–0,3 ha kokoisilla pienaukoilla uudistumista kyllä tapahtuu, mutta se tulee olemaan hitaampaa ja epätasaisempaa kuin pienaukoissa. Ilmeinen syy tähän on pintakasvillisuuden voimakkaampi kilpailu silloin kun aukon koko on merkittävästi suurempi kuin ympäröivän puuston valtapituus. Korpikuusikoiden pienaukoissa, joiden läpimitta on jokseenkin sama kuin puuston valtapituus, uudistuminen tämän tutkimuksen tulosten perusteella onnistuu hyvin. Tämä tulos yhdistettynä aiempiin tuloksiin korprien luontaisen taimettumisen ja uudistumisen potentiaalista (Lukkala 1946; Sikström 1997; Moilanen ym. 2011) edelleenkin vain korostavat sitä, että korprien uudistamisessa luontainen uudistaminen tulisi olla tasavertainen vaihtoehto metsänviljelylle, varsinkin kun jälkimmäiseen näyttää liittyvän useita ongelmia (Hånell 1993; Moilanen ym. 1995; Sikström 1997; Moilanen ym. 2011).

Pienaukkojen avulla tehtävää koko metsikkökuvion uudistamista voidaan siis jatkaa viimeistään kymmenen vuoden kuluttua ensimmäisen pienaukon tekemisestä, koska alkuperäinen aukko on siihen mennessä riittävästi taimettunut. Todennäköisesti myös uutta alikasvosta on syntynyt reunavaikutuksen vuoksi aukkoa ympäröivä puuston alle. Uudistaminen voi jatkua pienaukkojen laajentamisella tai yhdistämällä toisiaan lähellä olevia pienaukkoja toisiinsa. Mitä pitempi aikaväli hakkuilla on ja mitä useammassa vaiheessa aukkoja laajennetaan, sen suurempi on syntyvän taimikon kokovaihtelu, mikä puolestaan antaa mahdollisuuden myöhemmin kasvatuksen aikana korostaa erikokoisuutta ja tavoitella erirakenteista metsikköä (Valkonen 2017). Monivaiheisen pienaukkojen laajentamisen tuloksena on pitkä uudistamisvaihe, mikä toisaalta voi olla myös tavoite, mikäli halutaan välttää laajan avohakkuunäkymän avaamista yhdellä kertaa esimerkiksi maisemallisesti aroilla kohteilla. Pienaukkouudistamisen etuna on uudistamiskustannusten puuttuminen, mikä parantaa kasvatuksen kannattavuutta ja voi kumota pitkän uudistamisajan vaikutuksen.

## Kiitokset

Metsähallitus ja Oulun kaupunki antoivat alueet käyttöön kokeiden perustamiseksi. Tarmo Aalto, Eero Siivola, Esko Jaskari ja Pekka Närhi Luken Rovaniemen yksiköstä tekivät taimimittaukset maastossa. Kaksi anonyymia tarkastajaa esitti käsikirjoitukseen lukuisia rakentavia korjausehdotuksia. Esitämme kaikille edellä mainituille kiitokset tutkimuksen edistämisestä.

## Kirjallisuusluettelo

- Cajander E.K. (1934). Kuusen taimistojen vapauttamisen jälkeisestä pituuskasvusta. Über den Höhenzuwachs der Fichtenpflanzenbestände nach der Befreiung. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 19(5): 1–53. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-metla-201207171051>.
- Chantal M., Leinonen K., Kuuluvainen T., Cescatti A. (2003). Early response of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings to an experimental canopy gap in boreal spruce forest. *Forest Ecology and Management* 176(1–3): 321–336. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00273-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00273-6).
- Coates K.D., Burton P.J. (1997). A gap-based approach for development of silvicultural systems to address ecosystem management objectives. *Forest Ecology and Management* 99(3): 337–354. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00113-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00113-8).
- Drobyshev I., Nihlgård B. (2000). Growth response of spruce saplings in relation to climatic conditions along a gradient of gap size. *Canadian Journal of Forest Research* 30(6): 930–938. <https://doi.org/10.1139/x00-008>.
- Eerikäinen K., Valkonen S., Saksa T. (2014). Ingrowth, survival and height growth of small trees in uneven-aged *Picea abies* stands in southern Finland. *Forest Ecosystems* 1(5): 1–10. <https://doi.org/10.1186/2197-5620-1-5>.
- Hannerz M., Hånell B. (1993). Changes in the vascular plant vegetation after different cutting regimes on a productive peatland site in Central Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8(1–4): 193–203. <https://doi.org/10.1080/02827589309382769>.
- Hannerz M.; Hånell B. (1997). Effects on the flora in Norway spruce forests following clearcutting and shelterwood cutting. *Forest Ecology and Management* 90(1): 29–49. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03858-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03858-3).
- Heikurainen L. (1971). Virgin peatland forests in Finland. *Acta Agralia Fennica* 123: 11–26.
- Holgen P., Hånell B. (2000). Performance of planted and naturally regenerated seedlings in *Picea abies* -dominated shelterwood stands and clearcuts in Sweden. *Forest Ecology and Management* 127(1–3): 129–138. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00125-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00125-5).
- Hyppönen M. (2002). Männyn luontainen uudistaminen siemenpuumenetelmällä Lapissa. Metsän-tutkimuslaitoksen tiedonantoja 844. 69 s. + osajulkaisut.
- Hånell B. (1993). Regeneration of *Picea abies* forests on highly productive peatlands – clearcutting or selective cutting? *Scandinavian Journal of Forest Research* 8: 518–527. <https://doi.org/10.1080/02827589309382798>.
- Hånell B., Ottosson-Löfvenius M. (1994). Windthrow after shelterwood cutting in *Picea abies* peatland forests. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9(1–4): 261–269. <https://doi.org/10.1080/02827589409382839>.
- Hökkä H., Laine J. (1988). Suopuustojen rakenteen kehitys ojituksen jälkeen. *Silva Fennica* 22(1): 45–65. <https://doi.org/10.14214/sf.a15498>.
- Hökkä H., Repola J., Moilanen M., Saarinen M. (2011). Seedling survival and establishment in small canopy openings in drained spruce mires in northern Finland. *Silva Fennica* 45(4): 633–645. <https://doi.org/10.14214/sf.97>.



- Hökkä H., Repola J., Moilanen M., Saarinen M. (2012). Seedling establishment on small cutting areas with or without site preparation in a drained spruce mire – a case study in northern Finland. *Silva Fennica* 46(5): 695–705. <https://doi.org/10.14214/sf.920>.
- Hökkä H., Mäkelä H. (2014). Post-harvest height growth of Norway spruce seedlings in northern Finland peatland forest canopy gaps and comparison to partial and complete canopy removals and plantations. *Silva Fennica* 48(5) article 1192. <https://doi.org/10.14214/sf.1192>.
- Hörnberg G. (1995). Boreal old-growth *Picea abies* swamp forests in Sweden – disturbance history, structure and regeneration patterns. Swedish University of Agricultural Science, Department of Forest Vegetation Ecology, Umeå, Sweden. Dissertations in Forest Vegetation Ecology 7. 25 s.
- Koistinen E., Valkonen S. (1993). Models for height development of Norway spruce and Scots pine advance growth after release cutting in southern Finland. *Silva Fennica* 27(3): 179–194. <https://doi.org/10.14214/sf.a15671>.
- Laine J., Vasander H., Hotanen J.-P., Nousiainen H., Saarinen M., Penttilä T. (2012). Suotyypit ja turvekankaat – opas kasvupaikkojen tunnistamiseen. Metsäkustannus Oy, Helsinki. 160 s.
- Leemans R. (1991). Canopy gaps and establishment patterns of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in two old-growth coniferous forests in central Sweden. *Vegetatio* 93: 157–165.
- Lukkala O.J. (1946). Korpimetsien luontainen uudistaminen. Referat: Die naturliche Verjungung der Bruchwälder. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 34(3). 150 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-metla-201207171066>.
- Lundqvist L. (1989). Blädning i ganskog – strukturförändring, volymtillväxt, inväxning och föryngring på försöksytor skötta med stamvis blädning. Swedish University of Agricultural Sciences, Institute of Silviculture, Umeå. 22 s.
- Moilanen M., Ferm A., Issakainen J. (1995). Kuusen ja koivuntaimien alkukehitys korven uudistamisaloilla. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1995(2): 115–130. <https://doi.org/10.14214/ma.5950>.
- Moilanen M., Issakainen J., Vesala H. (2011). Metsän uudistaminen mustikkaturvekankaalla – luontaisesti vai viljellen? *Metlan työraportteja* 192. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2287-6>.
- Nieminen M., Sarkkola S., Laurén A. (2017). Impacts of forest harvesting on nutrient, sediment and dissolved organic carbon exports from drained peatlands: a literature review, synthesis and suggestions for the future. *Forest Ecology and Management* 392: 13–20. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.02.046>.
- Nilson K., Lundqvist L. (2001). Effect of stand structure and density on development of natural regeneration in two *Picea abies* stands in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16(3): 253–259. <https://doi.org/10.1080/713785124>.
- Place I.C.M. (1955). The influence of seedbed conditions on the regeneration of spruce and balsam fir. Canada Department of Northern Affairs and Natural Resources, Forestry Branch. Bulletin 117. 87 s.
- Qinghong L., Hytteborn H. (1991). Gap structure, disturbance and regeneration in a primeval *Picea abies* forest. *Journal of Vegetation Science* 2(3): 391–402. <https://doi.org/10.2307/3235932>.
- Saarinen M., Hotanen J.-P. (2000). Raakahumuksen ja kasvillisuuden yhteisvaihtelu Pohjois-Hämeen vanhoilla ojitusalueilla (Summary: Covariation between raw humus layer and vegetation on peatlands drained for forestry in western Finland). *Suo* 51(4): 227–242.
- Siipilehto J., Saarinen M., Hökkä H. (2014). Taimikoiden pituuskehityksen luotettavuus sovellettaessa MOTTI-ohjelmiston kangasmaiden ennustemalleja turvekankaille. *Metlan työraportteja* 294. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2473-3>.
- Sikström U. (1997). Avgång i skärmen och plantetablering vid föryngring av gran under högskärm – en surveystudie. Skogforsk, Arbetsrapport Nr 396. 136 s.
- Sikström U., Pettersson F., Jacobsson S. (2005). Naturlig föryngring anv gran under högskärm.

Resultat från Skogforsk, Nr 19. 4 s.

- Valkonen S. (2000). Kuusen taimikon kasvattamisen vaihtoehdot Etelä-Suomen kivennäismailla: puhdas kuusen viljelytaimikko, vapautettu alikasvos ja kuusi-koivusekataimikko. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 763. 83 s. + 4 osajulkaisua. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1721-8>.
- Valkonen S. (2017). Metsän jatkuvasta kasvatuksesta. Metsäkustannus Oy. 125 s.
- Valkonen S., Siitonen J. (2016). Tree regeneration in patch cutting in Norway spruce stands in northern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 31(3): 271–278. <https://doi.org/10.1080/02827581.2015.1099726>.
- Valkonen S., Koskinen K., Mäkinen J., Vanha-Majamaa I. (2011). Natural regeneration in patch clear-cutting in *Picea abies* stands in Southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 26(6): 530–542. <https://doi.org/10.1080/02827581.2011.611818>.
- Wood J.E., Jeglum J.K. (1984). Black spruce regeneration trials near Nipigon, Ontario: planting versus seeding, lowlands versus upland, clearcut versus stripcut. Canadian Forest Service, Sault Ste. Marie, Ontario, Information Report O-X-361. 19 s.
- Äijälä O., Koistinen A., Sved J., Vanhatalo K., Väisänen P. (toim.) (2014). Hyvän metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Metsäkustannus Oy. ISBN 978-952-6612-32-4. 181 s.
- Örlander G., Karlsson C. (2000). Influence of shelterwood density on survival and height increment of *Picea abies* advance growth. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15(1): 20–29. <https://doi.org/10.1080/02827580050160439>.

39 viitettä.

## Liitteet

Liitetaulukko\_1.pdf; saatavilla osoitteessa <https://doi.org/10.14214/ma.7808>.