



HELSINGIN YLIOPISTO
MAATALOUS-METSÄTIEEELLINEN TIEDEKUNTA

Rauduskoivun kylvö metsänuudistamismenetelmänä

Axel Öhman

Maisterintutkielma

Helsingin yliopisto

Metsätieteiden maisteriohjelma

Metsien ekologia ja käyttö

Joulukuu 2023

Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos/Institution– Department Metsätieteiden osasto, metsätieteiden maisteriohjelma	
Tekijä/Författare – Author Axel Öhman			
Työn nimi / Arbetets titel – Title Rauduskoivun kylvö metsänuudistamismenetelmänä			
Oppiaine /Läroämne – Subject Metsien ekologia ja käyttö			
Työn laji/Arbetets art – Level Maisteritutkielma		Aika/Datum – Month and year Joulukuu 2023	
		Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages 41	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Ilmastonmuutoksen tuomat riskit ja yhteiskunnalliset muutokset luovat painetta puulajivalikoiman ja metsänuudistamismenetelmien monipuolistamiselle. Tuhoherkän kuusen kasvatukselle päävaihtoehto on rehevämmissä kohteilla rauduskoivun kasvatusta. Rauduskoivun kylvö on uudistamistapana istutusta edullisempi ja etuna rauduskoivun luontaiseen uudistamiseen verrattuna on, että kylvössä voidaan käyttää jalostettua siementä. Kylvetty rauduskoivikko voi myös tiheydensä vuoksi selvittää paremmin hirvieläintuhoilta kuin istutuskoivikko.</p> <p>Tutkimuksen tarkoitus oli selvittää rauduskoivun kylvön toimivuutta metsänuudistamismenetelmänä Etelä-Suomessa. Yhteensä yli 23 metsänomistajan koivukylvökohteiden soveltuvuus tutkimukseen selvitettiin paikka- ja metsävaratiedon sekä metsänomistajien antamien tietojen perusteella. Kohteet löytyivät Suomen metsäkeskuksen kautta metsänkayttöilmoitusten yhteydessä ilmoitetun suunnitellun uudistamistavan perusteella. Suurimmalla osalla kohteista ei kuitenkaan ollut kylvetty koivua ja muutama kohde karsiutui pois muista syistä. Inventointiin ja tulosanalyyysiin voitiin ottaa vain viisi 3–7-vuotiaista kylvettyä rauduskoivikkoa. Kohteiden omistajiin oltiin yhteydessä ja heiltä kysyttiin tarvittavat tiedot kohteesta, heiltä pyydettiin suostumus mittauksiin ja heiltä kysyttiin heidän kokemuksiansa rauduskoivun kylvöstä.</p> <p>Inventoitavilta kohteilta mitattiin ympyräkoelaotannalla taimikon runkoluku puulajeittain, rauduskoivun pituus sekä tehtiin havainnot maalajista ja muita yleisiä havainnot. Maalajin vaikutusta rauduskoivun tiheyteen tarkasteltiin koelatasolla, analysoitiin tilastollisesti yksisuuntaisella varianssianalyysillä ja erojen merkitsevyys testattiin Tukeyn testillä. Tulokset sisältävät myös lyhyen yhteenveton metsänomistajahaastattelussa esiin tulleista kokemuksista ja näkökohdista.</p> <p>Kohteiden taimettuminen oli epätasaista kehityskelpoisten rauduskoivujen tiheyden vaihdella välillä 967–4172 runkoa hehtaarilla. Maalajin vaikutus rauduskoivun tiheyteen oli tilastollisesti merkitsevä; hienoilla ja keskikarkeilla maalajeilla oli karkeisiin maalajeihin verrattuna korkeampi rauduskoivujen ja muiden kasvatuskelpoisten puulajien tiheys ja taimettumattomien koelajien osuus oli alhaisempi. Hienoilla maalajeilla kehityskelpoisiksi luokiteltujen rauduskoivujen tiheys oli 3359 ± 1921/ha, keskikarkeilla maalajeilla 2420 ± 2254/ha ja karkeilla maalajeilla 1478 ± 1548/ha.</p> <p>Tutkimuksen tulokset ovat otantaan hyväksytyjen kohteiden rajallisen lukumäärän takia huonosti yleistettävissä. Tulokset ovat kuitenkin samansuuntaisia aikaisempien rauduskoivun kylvöstä saatujen tutkimustulosten kanssa. Rauduskoivun kylvö onnistuu parhaiten kohteilla, joilla on hyvin kosteutta pidättävä maalaji ja joilla heinittyminen on kohtuullista. Myös käytettävissä olevan siemenen laatu ja itävyys on huomioitava. Olemassa olevan tiedon perusteella rauduskoivun kylvöä ei voi pitää erityisen varmana uudistamismenetelmänä. Kuitenkin se voi olla varteen otettava vaihtoehto edellä mainitun kaltaisilla kohteilla, joilla kuusen istutus ei tuhokestävyyss- tai maisemasyistä tule kyseeseen, eikä rauduskoivun istutus hirvieläintuhoon riskin takia tai kustannussyistä ole vaihtoehto.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Rauduskoivun kylvö, metsänuudistaminen, rauduskoivu, koivu, maalaji			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsinki University Library – Helda / E-thesis (opinnäytteet) ethesis.helsinki.fi			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

Sisällysluettelo

1	KOIVUN UUDISTAMINEN JA KASVATUS	5
1.1	Koivu suomalaisessa metsänhoidossa	5
1.2	Koivun metsänhoidolliset ominaisuudet - sen kasvatuksen edut ja riskit	6
1.3	Koivulle uudistaminen	9
1.4	Rauduskoivun kylvön yleisyys metsänuudistamismenetelmänä	10
1.5	Koivun suorakylvö – aikaisempia tuloksia	11
1.6	Kylvössä käytetyt menetelmät ja tekniikka	13
1.7	Tutkimuskysymys ja hypoteesit	14
2	MATERIAALIT JA MENETELMÄT	16
2.1	Inventoidut kohteet	16
2.2	Maastomittauksen menetelmät	17
2.3	Tulosten analysointi	19
3	TULOKSET	20
3.1	Taimikoiden tiheys ja tilajärjestys	20
3.2	Taimikoiden pituus	22
3.3	Maalajin vaikutus taimettumiseen	23
3.4	Metsänomistajien kokemuksia rauduskoivun kylvöstä	26
4	TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	30
4.1	Tulosten tarkastelu	30
4.2	Jalostetun rauduskoivun siemenen saatavuus ja laatu	32
4.3	Johtopäätökset	34
	LÄHTEET	37

1 KOIVUN UUDISTAMINEN JA KASVATUS

1.1 Koivu suomalaisessa metsänhoidossa

Koivulajit rauduskoivu (*Betula pendula* Roth) ja hieskoivu (*Betula pubescens* Erh.) ovat pohjoisen Euroopan kaksi yleisintä lehtipuulajia. Molemmat koivulajit esiintyvät yleisesti laajasti euraasialaisessa maanosassa ja ovat tärkeimpiä lehtipuulajeja metsätalouden kannalta Pohjois- ja Itä-Euroopassa (Raulo 1981, Hynynen ym. 2010). Niitä nimitetään yleisesti yksinkertaisesti koivuiksi ilman erottelua näiden kahden lajin välillä, koska ne ulkomuodoltaan ja käytöltään muistuttavat niin läheisesti toisiaan. Kuitenkin näiden kahden lajin välillä on merkittäviä eroja mitä tulee kasvuun (biomassan tuottokykyyn) sekä morfologisiin ominaisuuksiin kuten rungon muotoon ja kapenemiseen (Hynynen ym. 2010). Metsätalouden kannalta rauduskoivu on näiltä ominaisuuksiltaan edullisempi, etenkin laadukkaan sahatararaksi kelpaavan tukin tuottamisessa, sillä hieskoivun kasvu heikkenee verraten varhaisessa vaiheessa ja tuottaa harvemmin suoraa järeätä runkopuuta (Raulo 1981, Hynynen ym. 2010). Siksi rauduskoivu yleensä on suositumpi vaihtoehto koivulle uudistettaessa pohjoiseurooppalaisessa metsänhoidossa (Niemistö ym. 2008). Hieskoivu on vaatimattomampi kasvupaikan maalajin ja vesitalouden suhteen. Se menestyy paremmin kuin rauduskoivu savi- ja turvemaidella, joilla ilmavuus ainakin ajoittain on vähäistä ja sietää tulvimista paremmin (Hynynen ym. 2010, Wang ym. 2016). Siksi hieskoivua suositellaan kasvatettavaksi lähinnä edellä mainituilla ongelmakasvupaikoilla (Niemistö ym. 2008, Metsänhoidon suositukset 2023).

Suomessa kaskiviljelyyn perustuva maatalous edisti koivun luontaista uudistumista suurissa osissa maata aina 1900-luvun alkupuolelle asti. Muutaman vuoden viljelyn jälkeen kaskialueet jätettiin luontaisesti metsittymään ja etenkin Itä-Suomessa, jossa kaskiviljely oli pitkään yleistä, koivu hyötyi selvästi muihin puulajeihin verrattuna (Raulo 1981). Koivuvaltaisten metsien osuus on muuttunut merkittävästi 1900-luvun aikana. Ennen vuotta 1950 koivuvaltaisten metsien osuus oli yli 15 % mutta oli 1970-luvulle tultaessa vähentynyt 6:een %, jonka jälkeen se on taas kivunnut 10:een %. Kuitenkin koivuvarat ovat nyt suuremmat kuin koskaan 1900-luvulla (Korhonen ym. 2017). Tosin suurin osa koivusta kasvaa sekapuina metsissä, joissa pääpuulaji on jokin muu (SVT 2023). Valtion metsävarojen inventoinnissa (VMI) 2017–2021 Suomen koivuvarat olivat 417 miljoonaa kuutiometriä, josta 30 % oli

rauduskoivua ja 70 % hieskoivua. Koivun osuus puustosta oli noin 17 %. Rauduskoivun esiintyvyys painottui Etelä-Suomeen ja kangasmaille kun taas hieskoivua oli enemmän Pohjois-Suomessa ja soilla (SVT 2023).

1.2 Koivun metsänhoidolliset ominaisuudet - sen kasvatuksen edut ja riskit

Koivu on pioneerilaji, mikä merkitsee, että se uudistuu etenkin merkittävän häiriön seurauksena. Tämä häiriö voi olla luonnontuho, kuten metsäpalo tai tuulituho tai ihmisen aiheuttama, kuten päätehakkuu (Nyland 2016). Koivu uudistuu ja kasvaa huonosti varjoisissa olosuhteissa ja siksi metsänhoidossa soveltuu lähinnä vain päätehakkuiden ja pienaukkohakkuiden uudistamiseen (Äijälä ym. 2019). Rauduskoivulla valopuuna on pääpuulajeistamme alhaisin itseharventamiskynnys (Hynynen 1993). Siksi rauduskoivua kannattaa kasvattaa harvempana kuin kuusta tai mäntyä, jos tavoitteena on nopea tukkipuun tuotanto. Sen sijaan paremman teknisen laadun rauduskoivulla saavuttaa kuusikkojen sekapuuna kasvatettuna puhtaisiin koivikoihin verrattuna (Kaurala ym. 2004). Suomessa rauduskoivun kasvatusta onkin yleisintä kuusikoiden ja männiköiden sekapuuna, jossa se oikein hoidettuna voi hyödyttää puuston laatua ja vastustuskykyä sekä lisätä luonnon monimuotoisuutta (Perala ja Alm 1990, Äijälä ym. 2019). Luonnon kylvämää koivua kasvaakin usein uudistusaloille, joille on perustettu kuusen- tai männyntaimikko, varsinkin kosteilla kasvupaikoilla. Tällaisissa tapauksissa sitä usein jätetään täyttöpuuksi taimikonhoidon yhteydessä, ainakin niihin kohtiin missä kelpollisia havupuuntaimia ei ole. Taimikonhoitoa suoritettaessa tällaisilla kohteilla on parempi suosia rauduskoivua hieskoivun sijasta sekä siemensyntyisiä taimia vesasyntyisten sijasta (Äijälä ym. 2019).

Metsänhoidossa koivulle uudistaminen tapahtuu luontaisesti uudistaen, istuttamalla tai kylvämällä. Rauduskoivulle uudistaminen on Suomessa käytännössä ensisijainen vaihtoehto kuusen istuttamiselle. Tämä johtuu siitä, että kuusi ja koivu on pääpuulajeistamme katsottu sopivimmiksi rehevämpien kohteiden metsänuudistuksessa, kun taas männyn katsotaan tuottavan liian huonolaatuista puuta rehevämmillä mailla kasvatettuna (Äijälä ym. 2019). Monet syyt voivat johtaa päätökseen, että koivun kasvatusta sopii paremmin kuin kuusen kasvatusta tietyllä kohteella. Merkittävä syy on kuusen herkkyyden erilaisia metsätuhoja kohtaan, joista osa ei iske koivuun ja osa ei ole koivulle yhtä vakavia. Monen tuhonaiheuttajan esiintyvyy-

den ja vakavuuden voidaan olettaa vain pahentuvan ilmastonmuutoksen myötä. Ilmastonmuutoksen on ennustettu johtavan kuivuusjaksojen yleistymiseen sekä myrskyjen yleistymiseen ja voimistumiseen kuusen ollessa pääpuulajeistamme herkin kärsimään niin kuivuudesta, kuin mahdollisesti myös tuulituhoista (Venäläinen ym. 2020). Usein äärimmäiset sääilmiöt altistavat seurannaisvaikutuksille, kuten lahotartunnalle tai hyönteistuholle (Venäläinen ym. 2020). Kuusi on myös erityisen altis korjuuvaurioille pinnallisen juuristonsa sekä ohuen kuorensa takia. Kuusen juurikääpä (*Heterobasidium parviporum*) on yksi merkittävimmistä kuusen tuhonaiheuttajista ja voi säilyä tartuttamiskykyisenä maaperän juuristossa uudistushakkuun jälkeen kymmeniäkin vuosia (Piri ym. 2019). Lahoa kuusikkoa uudistettaessa onkin järkevintä vaihtaa puulajia esimerkiksi koivuun ja kasvattaa ainakin yksi sukupolvi puhtaana koivikkona ja niin, että juurikääpätartuntaa ylläpitävä kuusialikasvos poistetaan (Piri ym. 2019). Kirjanpainajahyönteisen (*Ips typographus*) aiheuttamat tuhot ovat olleet merkittäviä varsinkin viime vuosina, ja ovat Keski-Euroopassa aiheuttaneet erittäin mitavia tuhoja viime vuosina paikoin johtaen kuusen kasvattamisen rajoittamiseen (Melin ym. 2022). Suomessa tavoitellaan enemmän lehtipuu- ja sekametsäkasvatusta osana tämän mitataavan ongelmien ennaltaehkäisyä (Äijälä ym. 2019, Huuskonen ym. 2021).

Toinen merkittävä syy koivun kasvattamisen suosimiselle voi olla maiseman estetiikka, sillä koivumetsää pidetään yleisesti kauniimpana kuin kuusimetsää. Etenkin nuoret koivikot saivat tutkimuksessa korkeammat pisteet kuin samanikäiset kuusikot (Silvennoinen 2017). Koivulle uudistamista olisi hyvä suosia etenkin asutuksen lähistöllä ja muuten maisemallisesti merkittävillä kohteilla.

Rauduskoivun jalostuksessa on saavutettu merkittäviä viljelyaineiston kasvu- ja laatu paranuksia. Suomessa jalostuksen kohteena on ollut lähinnä rauduskoivu, mutta myös pienessä mittakaavassa hieskoivu. Jalostustyötä on Suomessa tehty isommassa mittakaavassa 1960-luvun alusta lähtien (Niemistö ym. 2008). Vertailtaessa jo 1970- ja 1980-luvuilla istutettujen ensimmäisen polven siemenviljelysten jälkeläistöjä paikallisiin metsikköeriin, voitiin havaita merkittävien laatu paranusten lisäksi 26–29 % kasvunlisäys (Hagqvist ja Hahl 1998 viitattu Niemistö ym. 2008). Jalostettujen puusukupolvien kasvu lienee tätäkin parempaa.

Yhteenveto rauduskoivulle uudistamisen mahdollisista eduista ja riskeistä kuusen istutukseen verrattuna:

- + Järkevä vaihtoehto kuusen juurikäävän saastuttamilla kohteilla.
- + Koivulla on alhaisempi riski merkittävillä hyönteistuhoilta.
- + Koivu on vastustuskykyisempi monelle abioottiselle tuhonaiheuttajalle kuten tuuli- ja lumituhoilta sekä ilmansaasteille (lehtipuut yleisesti).
- + Koivikolla on korkeampi maisema-arvo kuusikkoon verrattuna.
- + Suurempi kasvunlisäys jalostetun siemenmateriaalin käytöllä rauduskoivulla verrattuna jalostettuun havupuuhun.
- + Nopeampi alkuvaiheen kasvu voi johtaa alhaisempiin taimikonhoitokustannuksiin.
- Korkeampi hirvieläintuhoriski, hirvituhojen vaikutukset vakavia etenkin harvoissa (istutetuissa) taimikoissa.
- Koivupuun kysyntä ja hintataso tähän asti alhaisempi ja tulevaisuuden kysyntä epävarmempaa.

Yhteenveto rauduskoivun kylvön mahdollisista eduista ja riskeistä muihin rauduskoivun uudistamismenetelmiin verrattuna:

- + Mahdollisuus käyttää jalostettua siementä toisin kuin luontaisessa uudistamisessa.
- + Suurempi varmuus kuin luontaisessa uudistamisessa.
- + Halvempi menetelmä istutukseen verrattuna.
- + Suurempi tiheys kuin istutuksessa takaa riittävän tiheyden, vaikka tulisi jonkin verran hirvi- tai myyrätuhoja.
- + Suurempi tiheys taimikon alkuvuosina parantaa taimien laatukehitystä ja mahdollistaa parhaimpien taimien valinnan taimikonhoitovaiheessa.
- + Uudistaminen vaatii vähemmän työvoimaa muuten mahdollisesti kiireiseen vuodenaikaan sekä rajallisen työvoiman saatavuuden vallitessa.
- + Suurempi varmuus siitä, että kangasmaalle syntyvä koivun taimikko on raudus- eikä hieskoivua.
- Epävarmempi menetelmä istutukseen verrattuna.
- Hitaampi alkukehitys altistaa heinä- ja vesakasvillisuuden kilpailulle.
- (Jalostettua) siementä kulutettava moninkertaisesti taimitarhakasvatettuihin taimien käyttöön verrattuna.
- Lyhyempi aikaikkuna kevätkylvölle istutukseen verrattuna.

- Korkeammat taimikonhoitokustannukset istutukseen verrattuna.
- Kylvötaimet ovat alkuvuosina pinnallisen juuristonsa takia haavoittuvaisempia rousteelle ja kuivuudelle istutustaimiin verrattuna.

1.3 Koivulle uudistaminen

Koivu ovat tuulipölytteinen ja ristisiittoinen puulaji. Sama puuyksilö tuottaa sekä hede- että emikukintoja ja hedenorkosta touko-elokuun aikana leviävät siitepölyhiukkaset voivat lentää satoja tai jopa tuhansia kilometrejä (Niemistö ym. 2008). Tämä edistää geneettistä monimuotoisuutta populaatioiden sisällä ja niiden kesken (Niemistö ym. 2008, Dubois ym. 2020). Siitepölyhiukkanen itää ja hedelmöittää emikukan, siemen kypsyy ja leviää tuulen mukana yleensä heinä-elokuussa (Niemistö ym. 2008). Etelä-Suomessa koivun hyvä siemensato hyvä yleensä 2–3 vuoden välein. Raudus- ja hieskoivu tuottavat pääpuulajeistamme lukumääräisesti eniten siemeniä; vuotuinen siemensato on Etelä-Suomessa keskimäärin jopa kymmeniätuhansia siemeniä neliometriä kohden (Nygren 2020). Koivu kykenee myös lisääntymään vesomalla puun tyvellä sijaitsevista tyvisilmuista, jos pääpuu kaatuu tai heikkenee. Vesat yleensä kasvavat nopeasti alkuvuosinaan emäpuun juuriston turvin. Vesasyntyisten koivujen kasvatus ei kuitenkaan ole tarkoituksenmukaista niiden huonon teknisen laadun, lahoriskin ja nopeasti heikentyvän kasvun takia (Niemistö ym. 2008, Äijälä ym. 2019).

Koivun siemenen on aikaisen leviämisen takia pysyttävä lepotilassa suhteellisen pitkän ajan koska taimen elossa pysymisen ja kehityksen kannalta on tärkeää, että siemen itää vasta seuraavana keväänä. Syksyllä lyhenevä päivän pituus estää siemenen itämisen ja talvella sen saama kylmäsittely stimuloi sen itämään heti kosteus- ja lämpöolojen muuttuessa suotuisiksi keväällä. Talvehtinut tai muuten kylmäsittelty koivun siemen itää jo noin +10 °C lämpötilassa (Mork 1944 viitattu Nygren 2003, 2020).

Koivun siemenen itämisen ja sirkkataimen kehityksen alussa on tärkeää, että maan kosteustaso pysyy riittävänä. Kuivana kasvukautena riski on suuri, että paljon sirkkataimia menehtyy. Maanmuokkaus on yleensä edellytys tyydyttävän uudistamistuloksen saavuttamiseksi koivulla siemenestä (Raulo ja Lähde 1979, Karlsson 1994, Niemistö ym. 2008). Maanmuokkaus parantaa taimien veden ja ravinteiden saantia (Laine ym. 2019) ja parantaa koivujen

kasvua taimivaiheessa (Karlsson ym. 1998), mikä myös parantaa koivujen edellytyksiä kilpailuun muuta kasvillisuutta vastaan. Maan korkea kosteuspitoisuus vaikuttaa positiivisesti siemensyntyisen koivun itävyyteen ja tiheyteen uudistusaloilla (Karlsson 1994, Lidman ym. 2023) ja korkeamman kosteuspitoisuuksien maalajeilla maanmuokkauksen siemensyntyisen koivutaimikon syntymistä edistävä vaikutus on vähäisempi (Lidman ym. 2023). Kuivilla maalajeilla maanmuokkaukseen ei takaa onnistunutta koivun uudistumista (Lidman ym. 2023).

Koivun uudistamisen päämenetelmä on Suomessa istutus. Rauduskoivulle uudistettavasta pinta-alasta 83 % uudistettiin istuttamalla vuosina 2015–2022, loput lähinnä luontaisen uudistamisen kautta (SMK, metsänkäyttöilmoitukset). Istutuksen edut siemenestä uudistamisen menetelmiin ovat ainakin kasvuetumatka muuhun kasvillisuuteen nähden, tasainen tilajärjestys ja se, että onnistuminen riippuu vähemmän uudistamisvuoden sääolosuhteista. Ainakin kuivemmilla kasvupaikoilla koivun istuttaminen lienee varmempaa kuin uudistaminen siemenestä.

Rauduskoivulle uudistettaessa siemenestä, kylväen tai luontaisesti uudistaen, edellisen puusukupolven lehtipuiden vesat voivat koitua ongelmaksi. Vesat kasvavat nopeammin kuin siemensyntyiset lehtipuut ja kilpailevat siten resursseista heti taimien alkukehitysvaiheessa. Koska etenkin pieniläpimittaisen lehtipuun on todettu tuottavan runsaasti vesoja (Solomon ja Blum 1967), runsas pienten lehtipuiden määrä päätehakkuukohteella voi merkitä huonompia kilpailuolosuhteita siemensyntyisten taimien alkukehitykselle. Lisäksi heinittyminen voi koitua ongelmaksi etenkin rehevillä kohteilla, ja kohteilla, joilla on jo valmiiksi vahva heinäkasvillisuus, kuten pellonmetsityskohteilla (Perala ja Alm 1990, Karlsson 1994, Niemistö ym. 2008). Tämän vuoksi rauduskoivun kylvö soveltuu huonommin tällaisille kohteille.

1.4 Rauduskoivun kylvön yleisyys metsänuudistamismenetelmänä

Suomen virallisten tilastojen (2023) mukaan metsänistutuksen pinta-ala vuonna 2020 oli 72 021 hehtaaria ja metsäkylvön pinta-ala oli 23 249 hehtaaria. Metsäkylvön pinta-alasta noin 80 % kylvettiin koneellisesti ja 20 % käsin. Ylivoimaisesti tavallisin kylvöpuulaji on mänty. Myös kuusen kylvöä tehdään vähäisessä määrin. Rauduskoivun kylvöllä uudistet-

tavaksi ilmoitettu pinta-ala oli 1990-luvun loppupuolella vuositasolla yli 1000 hehtaaria, kun se 2010-luvun alussa oli enää vain noin 100 hehtaaria.

Rauduskoivulle uudistettavaksi on Suomen metsäkeskukselle uudistushakkuiden yhteydessä metsänkäyttöilmoituksissa ilmoitettu vuosina 2015–2022 yhteensä 33 230 ha, mikä vuositasolla on 4154 ha eli alle 3 % vuosittaisesta metsänuudistamisalasta. Suurin osa tästä rauduskoivulle uudistettavasta pinta-alasta ilmoitettiin uudistettavaksi istutuksen tai luontaisen uudistamisen kautta. Ainoastaan 456,7 ha (vuositasolla keskimäärin 57 ha) tästä ilmoitettiin uudistettavaksi kylvöinä. Näiden rauduskoivun kylvökohteiden lukumäärä on 289 ja kylvökohteiden keskimääräinen pinta-ala on 1,6 ha. Eniten koivun kylvökohteita on metsänkäyttöilmoitusten perusteella tältä tarkasteluajalta Pirkanmaalla (65), Päijät-Hämeessä (44), sekä Etelä-Savossa (27). Maakunnista pohjoisimmissa, Lapissa, Kainuussa, Pohjois-Pohjanmaalla ja Keski-Pohjanmaalla uudistamistapaa ei ollut käytetty. Nämä luvut ovat tosin vain suuntaa antavia, sillä osa näistä kohteista on uudistettu jollain muulla menetelmällä kuin on metsänkäyttöilmoituksen yhteydessä ilmoitettu. Toisaalta rauduskoivun kylvöä on voitu käyttää osa- tai päämenetelmänä myös uudistamisaloilla, joilla uudistamismenetelmäksi on metsänkäyttöilmoituksessa merkitty jokin muu menetelmä.

1.5 Koivun suorakylvö – aikaisempia tuloksia

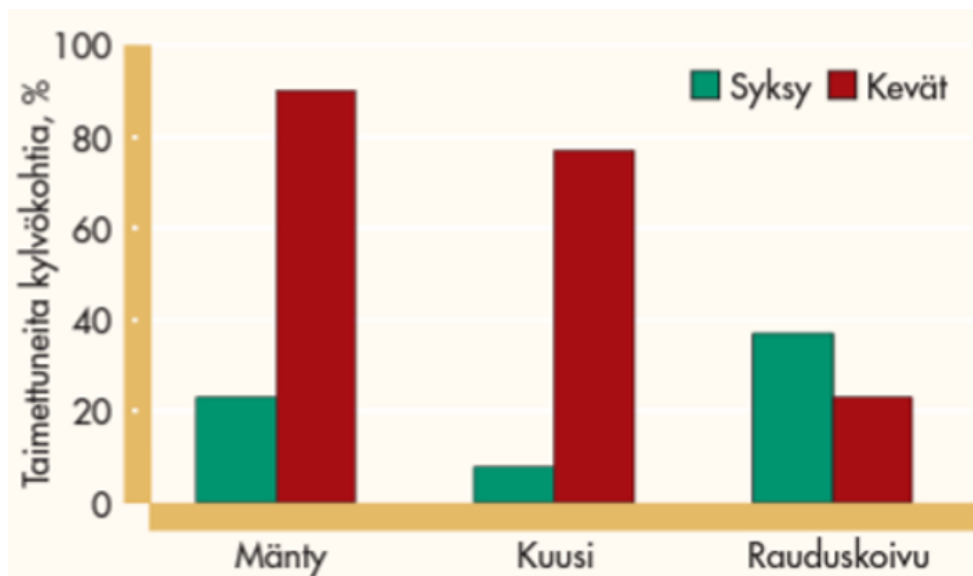
Koivun kylvöä on Suomessa käytetty metsän uudistamismenetelmänä erittäin vähän. Menetelmän käytettävyydestä on kuitenkin tehty joitain tutkimuksia, usein yhteydessä muiden puulajien kylvötutkimusten kanssa. Perala ja Alm (1990) väittävät koivun kylvön olevan ”yleensä luotettava menetelmä” (käännetty englannista). Hynynen ym. (2010) toteavat (käännetty englannista): ”koivun kylvö on toistuvasti mainittu vartenotettavana metsän uudistamismenetelmänä oppikirjoissa, kuitenkin sitä ei ole tähän mennessä laajemmin käytetty.” Kinnusen (2002) mukaan kuusen ja koivun kylvöstä on sen verran vaihtelevia tuloksia, ettei sitä voida suositella yleiseen käytäntöön etenkin, koska kylvö yleensäkin on riskialttiimpaa rehevillä kohteilla. Tämä on tärkeä huomio, sillä rauduskoivun kasvatukseen parhaiten soveltuvilla rehevämmillä kohteilla ja erityisesti pellonmetsityskohteilla ruohot ja muu kasvillisuus voivat estää tai rajoittaa koivun taimettumista (Perala ja Alm 1990, Karls-

son 1994, Niemistö ym. 2008). Lisäksi hienojakoisille maille kylvö sopii huonosti, sillä pintarouta eli rouste voi nostaa sirkkataimia maasta (Äijälä ym. 2019).

Koivun itämiseen ja taimettumiseen tarvitaan runsaasti kosteutta (Niemistö ym. 2008). Maanpinnan kosteuden pidätyskyky riippuu maalajista ja siitä, miten maanpintaa on käsitelty. Kivennäismaan paljastaminen luo koivulle paitsi suotuisimmat itämisolosuhteet myös paremmat edellytykset kilpailuun resursseista muun kasvillisuuden kanssa. Maanmuokkaus onkin useassa kenttäkokeessa todettu olevan yksi pääedellytys tyydyttävän koivun kylvötuoksen saavuttamiseksi. Totaaliset, 100 % kivennäismaan pinnasta paljastavat ja pintakasvillisuuden poistavat maanmuokkausmenetelmät ovat johtaneet parhaimpiin taimettumistuloksiin niin metsä- kuin pellonmetsityskohteilla (Raulo ja Lähde 1979, Karlsson 1994).

Koivun siemen itää varmimmin, kun se kylvetään tarpeeksi kauan ennen kesän lämpöä. Tällöin siemen ehtii vettyä kunnolla ja maan kosteus riittää taimen alkukehitykselle. Ensimmäisen kasvukauden sääolosuhteet voi myös olla ratkaiseva tekijä kylvön onnistumiselle. Vaikka taimettuminen onnistuu parhaiten maanmuokkausjäljen alavammissa kohdissa (Stener 2003), taimien jatkokehityksen kannalta on edullisempää, jos ne kasvavat kohoamissa (Laine ym. 2019). Ruotsalaisessa pellonmetsityskenttäkokeessa hiekka- ja hietaamaan kohteet taimettuivat parhaiten, jos ylin maakerros oli kokonaan poistettu ennen koivun kylvöä, kun taas märillä kohteilla päästiin tyydyttäviin tuloksiin jopa ilman maanmuokkausta (Karlsson 1994). Taimettumista koivun kylvökohteilla on saatu parannettua myös lisäämällä turvetta (peat litter) kylvökohtiin (Karlsson 1994). Myös kylvökohtien peittämisen kevytsoralla tai niiden kattamisen muovilla on havaittu parantavan taimettumista (Kinnunen 2002).

Tärkeää menetelmän käyttökelpoisuuden kannalta olisi, että sillä syntynyt taimikko olisi suositusten mukaisesti täystiheä, tarpeeksi tasainen ja hyvälaatuinen. Stenerin (2003) Etelä-Ruotsissa suorittamissa kenttäkokeissa, jossa kylvettiin jalostettua koivunsiementä metsämaahan, 47 % kylvökohdista olivat taimettuneet vuoden kuluttua kylvöstä, mutta kohteiden välinen vaihtelu oli suurta (23–89 %). Lisäksi osuus taimettuneita kylvökohtia laski vielä hieman toisen kasvukauden jälkeen. Suomalaisessa tutkimuksessa rauduskoivun taimettumisessa ei voitu todeta olevan merkittäviä eroja syys- ja kevätkylvettyjen kohteiden välillä kolmena peräkkäisenä vuonna (Kuva 1). Tämä saattaa johtua osin siitä, että koivun siemen toisin kuin havupuiden siemen kestää kylmempiä lämpötiloja menettämättä elinkykyään, vaikka sen vesipitoisuus olisi korkea (Schönborn 1964 viitattu Nygren 2003).



Kuva 1. Koivun itäminen onnistui yhtä hyvin niin syksyllä kuin keväällä toisin kuin havupuilla, joilla ero oli merkittävä kevätkylvön eduksi (Kinnunen 2002).

1.6 Kylvössä käytetyt menetelmät ja tekniikka

Koivun siemen tarvitsee itääkseen ja sirkkataimen kehitykseen runsaasti kosteutta (Niemistö ym. 2008). Koivun kylvöä ei tämän vuoksi kannata tehdä mättäille tai kohoumille (Valkonen ym. 2001, Niemistö ym. 2008). Sopivimmat maanmuokkaustavat koivun kylvökohteilla ovat täten äestys ja laikutus. Tosin alavilla mailla riskinä on, että taimettumisalustasta tulee liian märkä. Itämiseen tarvittavan runsaan kosteuden takia koivun kylvö kannattaa suorittaa myöhään syksyllä tai aikaisin keväällä (Niemistö ym. 2008).

Koivun siemen tarvitsee itääkseen myös runsaasti valoa eikä sitä tämän takia kylvettäessä kannata peittää (Valkonen ym. 2001). Riskinä voi myös olla, että kevyt koivun siemenen kulkeutuu helposti tuulen mukana (Valkonen ym. 2001) tai huuhtoutuu rankkojen sateiden mukana etenkin, jos kylvö on tehty kohoumaan tai mättäälle (Niemistö ym. 2008). Jättämällä ohut humuskerros kylvökohtaan voidaan ehkäistä roustetuhon ja sadeeroosiota (Nygren 2011).

Koivun kylvö on vaativaa havupuiden kylvöön verrattuna pienen siemenkokonsa takia. Koivun siemen voi olla vaikea levittää ja saada pysymään kylvökohdassa etenkin, jos maan pinta on kuiva tai jos kylvöajankohtana tuulee. Koivun käsikylvössä on usein käytetty kosteaan hiekkaan sekoittamista, mutta sen itävyyttä parantavaa vaikutusta ei ole toistaiseksi voitu todistaa (Niemistö ym. 2008). Stener (2003) suosittelee siemenen sekoittamista hienoon maa-ainekseen käyttäen noin 25 siementä sisältävää ”nokarettia” kylvökohtaa kohden ja käyttämään noin 1 x 2 m tiheyttä kylvökohtien välillä. Olettaen, että osa kylvökohdista epäonnistuu, kylvökohtia kannattaakin olla 4000–5000 hehtaaria kohden ja kylvökohdat voi merkitä esimerkiksi värillä tikulla, jotta ne taimikonhoidon yhteydessä helposti huomataan (Niemistö ym. 2008).

Koivun kylvöön on myös kehitetty koneellisia ratkaisuja. Aiemmin mainituista, koivun siemenen ominaisuuksiin liittyvistä syistä yleensä äkeen kanssa käytettävät jatkuvatoimiset kylvölaitteet soveltuvat huonosti, jos ollenkaan, koivun kylvöön. Suomalaisen Newforest Oy:n patentoima SeedGun on myös koivun kylvölle soveltuva kylvölaite, joka voidaan asentaa maanmuokkauksessa käytettävään koneeseen, yleensä kaivinkoneeseen. SeedGun toimii paineilmajärjestelmän avulla ja kuljettaja voi maanmuokkauksen yhteydessä kohdistaa säädettävän suuruisen siemennerän sopiviin kylvökohtiin (Newforest Oy 2023). Siemenen levityksen kohdennettavuus sopivimpiin kylvökohtiin on edellytys siemenmenekin minimoinnille sekä parhaan kylvötuloksen saavuttamiseksi. Niemistön ym. (2008) mukaan koneellisen kylvön tuloksia ei olla verrattu käsikylvön tuloksiin, mutta käytännön havainnot ovat osoittaneet, ettei menetelmien toimivuudessa ole merkittäviä eroja.

1.7 Tutkimuskysymys ja hypoteesit

Tämän tutkielman tarkoitus oli selvittää rauduskoivun kylvön toimivuutta ja varmuutta metsänuudistamismenetelmänä Etelä-Suomessa. Tarkoituksena oli tutkia missä määrin rauduskoivun kylvökset ovat itäneet ja alkaneet kasvaa ja mikä maalajin merkitys on onnistumiselle. Tutkimusta varten tarkoitus oli inventoida uudistusaloja/taimikoita, joilla oli suoritettu rauduskoivun kylvö 3–7 vuotta ennen inventointiajankohtaa.

Aiempien tutkimusten perusteella oletuksena oli, että maalajilla ja maanmuokkauksella on ollut merkittävä vaikutus taimettumisen onnistumiseen. Taimettumisen odotettiin myös onnistuneen paremmin kohteilla, jossa aikaisempi puusukupolvi on ollut varjostava kuusikko verrattuna kohteisiin, joilla on ollut runsaasti vesoittuvia pieniläpimittaisia lehtipuunkantoja tai voimakas heinäkasvillisuus.

2 MATERIAALIT JA MENETELMÄT

2.1 Inventoidut kohteet

Tutkimus suoritettiin rauduskoivun kylvökohteiden inventointina. Tarkoituksena oli mitata 3–7-vuotiaiden kylvökohteiden taimettumista, tiheyttä, puulajisekoitusta ja taimien pituutta. Kohteiden oli oltava vähintään 3-vuotiaita, sillä kuolleisuus on siemensyntyisillä taimilla suurimmillaan ensimmäisenä kasvukautena (Kinnaird 1974, Niemistö ym. 2008). Lisäksi pienet taimet ovat vaikeammin havaittavissa ja mitattavissa. Toisaalta pituuden mittaaminen vaikeutuu taimien ollessa yli 2 metriä pitkiä ja tarkoitus oli ensisijaisesti mitata kohteita, missä taimikonhoitotoimenpiteitä ei ollut vielä tehty. Nymanin (1999) mittauksissa kylvetyt rauduskoivikot olivat saavuttaneet kahden metrin pituuden 6–7-vuotiaina. Näistä syistä otanta rajattiin korkeintaan 7-vuotiaisiin kohteisiin.

Mittauskohteiksi pyrittiin löytämään Etelä-Suomen alueella vuosina 2016–2021 perustettuja rauduskoivun kylvökohteita. Tiedot kohteiden sijainnista ja metsäomistajien yhteystiedot saatiin Suomen metsäkeskukselta metsänkäyttöilmoitusten yhteydessä ilmoitettujen metsänuudistamismenetelmien perusteella. Mitattavien kohteiden oli oltava puhtaasti rauduskoivun kylvökohteita eli muita uudistamismenetelmiä ei ollut käytetty eikä rauduskoivuja saanut olla jätettynä siemenpuiksi. Lisäksi metsänomistajalta oli saatava suostumus mittauksiin. Metsänomistajaan tai metsänomistajan edustajaan otettiin yhteys ja heiltä kysyttiin tiedot kylvöajankohdasta, käytetyn siemenen alkuperästä eli onko käytetty jalostettua vai metsikkösiementä, maanmuokkaus- ja kylvömenetelmistä sekä mahdollisista muista suoritetuista toimenpiteistä. Koska maanmuokkaus aiemmissa tutkimuksissa on todettu olevan lähes välttämätön edellytys koivun kylvön onnistumiselle, muokkaamattomia kohteita ei otettu mukaan tutkimukseen. Lisäksi kohteilla ei ollut vielä tehty taimikonhoitotoimenpiteitä. Metsänomistajilta kysyttiin myös minkälaisia kokemuksia, huomioita tai näkökohtia heillä mahdollisesti oli rauduskoivun kylvöön liittyen. Keskeisimmät näistä on esitetty erillisessä kappaleessa osana tuloksia.

Tavoitteena oli löytää vähintään 15 yllä listatut kriteerit täyttävää kohdetta. Yhteensä yli 23 metsänomistajan koivukylvökohteiden soveltuvuus selvitettiin paikka- ja metsävaratiedon sekä metsänomistajan antamien tietojen perusteella. Suurimmalla osalla kohteista ei kuiten-

kaan ollut kylvetty koivua ja muutama kohde karsiutui pois muista syistä. Lopuksi mittaukseen hyväksyttiin seitsemän (7) kohdetta, joista vain viiden (5) tulokset päätyivät vertailukelpoisina tulosanalyysiin. Kyseisistä kohteista (Taulukko 1) neljä (kohteet 1, 2, 3 ja 4) sijaitsevat Uudellamaalla ja kohde 5 sijaitsee Pirkanmaan eteläosassa. Uudellamaalla sijaitsevat kohteet on uudistettu kaivinkonelaikutuksen yhteydessä tehdyllä SeedGun-konekylvöllä ja kohde 5 on kylvetty kaivinkonelaikutuksen jälkeen käsin. Kohteet 1 ja 2 ovat kylvetty keväällä 2016, kohteet 3 ja 4 ovat kylvetty keväällä 2018 ja kohde 5 on kylvetty keväällä 2017. Kaikki kohteet olivat metsänomistajan kertoman mukaan olleet kuusimetsiä tai kuusisekametsiä ennen uudistamista.

Taulukko 1. Perustiedot mitatuista koivun kylvökohteista sisältäen kylvöajankohdan, kohteen pinta-alan ja metsätyypin.

Yleishavaintoina kohteen kosteus ja kivisyys sekä oliko ympäröivässä metsässä rauduskoivuja, jotka mahdollisesti siemennyksellään ovat vaikuttaneet kohteen taimettumiseen.

Kohde nro	Kylvöajan-kohta	Kohteen pinta-ala ha	Kohteen metsätyyppi	Yleishavainnot kohteesta
1	Kevät 2016	2,6	OMT	Rauduskoivua ei juurikaan lähiympäristössä.
2	Kevät 2016	1,0	MT	Rauduskoivua lähiympäristössä. Kosteaa kohde.
3	Kevät 2018	6,3	MT	Osin hyvin kivistä, kuivahko kohde. Ei juurikaan rauduskoivua lähiympäristössä.
4	Kevät 2018	4,9	MT	Osin hyvin kivistä. Ei juurikaan rauduskoivua lähiympäristössä.
5	Kevät 2017	5,1	OMT	Osin kivistä, rauduskoivua lähiympäristössä.

2.2 Maastomittauksen menetelmät

Maastomittaukset suoritettiin toukokuussa 2023 linjoittaisena ympyräkoelaotantana, jolla pyrittiin kattamaan koko uudistamiskohde mahdollisimman tasaisesti. Koelajojen asettelua voinee kutsua semisystemaattiseksi, sillä etukäteen määriteltiin vain kohteen koelajukokomäärä ja arvioitiin koelajojen väli metreissä, jotta ne jakautuisivat mahdollisimman tasaisesti inventoitavalle kohteelle. Maastossa koelajavälit mitattiin askelmitalla ajan säästämiseksi.

Koealan mittauksessa käytettiin 1,78 m sädettä (koealojen pinta-ala 10 m²) ja jokaiselta kohdeelta mitattiin 29–51 kpl koealaa. Koealalukumääräksi tavoiteltiin 30–50 kappaletta kohdetta kohden, sillä systemaattisten inventointimenetelmien otantavirheen on todettu pienevän nopeasti aina 30–50 koealalukumäärään asti ja sen jälkeen hitaasti (Pohtila 1977).

Koealat mitattiin vain kohdista, joissa oja, kallio, hakkuutähteet tai vastaava rakenne estää taimettumisen korkeintaan puolella pinta-alasta ja niin että lähin elävä ainespuumittainen puu on vähintään kolmen metrin päässä. Muuten koealaa siirrettiin eteenpäin kahdella metrillä. Jokaiselta koealalta mitattiin kaikkien elävien taimien lukumäärä puulajeittain. Korkeintaan 6000/ha tiheyttä vastaava lukumäärä terveitä ja runkomuodoltaan hyvälaatuisia rauduskoivun taimia laskettiin koealalta kehityskelpoisiksi taimiksi. Koealan pisimmän kehityskelpoiseksi luokitellun rauduskoivun pituus mitattiin kymmenen senttimetrin tarkkuudella. Kehityskelpoiseksi luokiteltujen taimien piti olla vähintään 50 cm etäisyydellä toisistaan. Tämä merkitsee sitä, että jos koealan kaikki kehityskelpoiset rauduskoivun taimet olisivat mahtuneet säteeltään 50 cm ympyrän sisälle, vain yksi niistä voitiin laskea kehityskelpoiseksi taimeksi. Samalla menetelmällä laskettiin myös kehityskelpoisten mäntyjen ja kuusten lukumäärä (enintään 6000/ha vastaava luku laskettiin puulajeittain koealalta), mutta muiden puulajien kuin rauduskoivujen pituutta ei mitattu. Hieskoivua ei luokiteltu kasvatuskelpoiseksi puulajiksi, koska kaikki inventoidut kohteet olivat kivennäismaakohteita eikä Metsänhoidon suosituksissa (2023) hieskoivua joitain poikkeuksia lukuun ottamatta suositella kasvatettavaksi kivennäismailla. Jokaiselta koealalta arvioitiin myös erikseen maalaji silmämääräisesti luokitellen. Maalaji tarkastettiin ensisijaisesti koealan keskipisteestä ja luokiteltiin yhteen seuraavista neljästä luokasta; karkea (hiekkamoreeni), keskikarkea (hieta, hietamoreeni), hieno (hieno hieta, hiesu, savi) tai turve. Maalajin tarkastamisessa käytettiin tarvittaessa lapiota. Kohteiden metsätyyppi tarkistettiin myös maastossa, mutta uudistusalan metsätyyppiluokituksen olleessa vaikeaa luotettiin ensisijaisesti metsävaratiedoissa olevaan luokitukseen.

Pohjoismaissa aiemmin yleinen niin kutsuttu nollaruutumenetelmä on inventointitapa, jossa ottamalla iso määrä pieniä koealoja lasketaan niiden koealojen osuus, joilla ei ole yhtään kehityskelpoista tainta (Pohtila 1977). Menetelmän etu on, että sillä taimikon tiheet kohdat eivät tuloksissa kompensoi niitä kohtia, joilla taimettuminen ei ole onnistunut. Otantavirhe on mitta siitä erotuksesta, joka todellisen lukuarvon ja otantamittauksella saadun arvon välillä on. Se voidaan ilmaista estimaatin keskivirheenä ja riippuu populaation varianssista

sekä havaintojen lukumäärästä (Pohtila 1977). Pohtilan (1977) tutkimustulokset taimikon inventoinnin tarkkuudesta näyttävät tämän tutkielman kannalta relevanteilta. Tutkimuksessa todettiin, että pieni koealakoko systemaattisessa otannassa johtaa suureen keskivirheeseen. Toisaalta inventoijan lukuvirheet taimien määrästä lisääntyvät sen myötä, kun koealakohtaisten taimien lukumäärä lisääntyy. Tästä syystä, sekä myös koealamittaukseen käytetyn ajan rajoittamiseksi, on tähän tutkimukseen valittu suhteellisen pieni koealakoko. Samoista koealoista on lisäksi laskettu nollaruutujen osuus yhtenä taimettumisen tasaisuuden mittana.

2.3 Tulosten analysointi

Taimikoita kuvaavat tunnusluvut eli pituuden ja runkoluvun keskiarvot ja vaihteluvälit laskettiin ja esitettiin kohteittain sekä runkoluvun osalta myös maalajeittain. Taimikoiden nollaruutusadannes, eli niiden koealojen osuus, joilla ei ollut yhtään kehityskelpoista rauduskoivua, laskettiin erikseen eri kohteille sekä maalajeittain. Maalajin vaikutus rauduskoivujen tiheyteen analysoitiin tilastollisesti yksisuuntaisella varianssianalyysillä ja erojen tilastollinen merkitsevyys testattiin Tukeyn testillä. Aineistoa käsiteltiin ja tilastolliset analyysit suoritettiin tietokoneohjelmissa Microsoft Excel sekä IBM SPSS.

3 TULOKSET

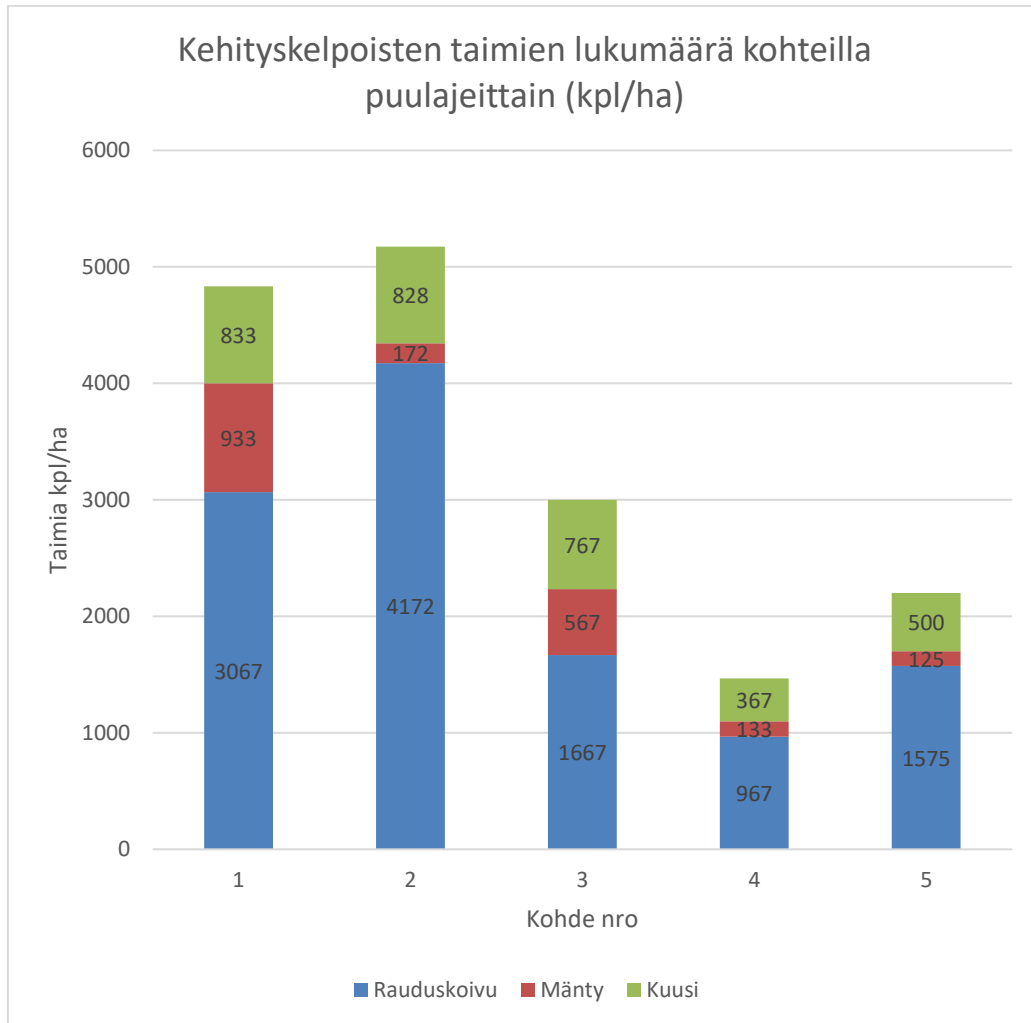
3.1 Taimikoiden tiheys ja tilajärjestys

Rauduskoivujen kokonaislukumäärä vaihteli mitatuilla kohteilla välillä 2133–16310 runkoa hehtaarilla (Taulukko 2). Kehityskelpoisiksi luokiteltujen rauduskoivujen lukumäärä vaihteli välillä 967–4172 runkoa hehtaarilla (Taulukko 2, Kuva 1). Kun mukaan lasketaan kehityskelpoisten kuusten ja mäntyjen lukumäärä, kohteiden runkoluku oli 1467–5172 runkoa hehtaarilla. Metsänhoidon suositusten (2023) mukaan rauduskoivun tavoiteltu kasvatustiheys on 1600 runkoa hehtaarilla. Kehityskelpoisiksi luokiteltujen rauduskoivujen lukumäärää tarkastellessa voidaan todeta, että mitatuista kohteista kolme ylsivät tähän tiheyteen. Kun tarkasteluun sisällytetään kehityskelpoiset kuuset ja männyt, vain kohde 4 ei täyttänyt tätä vaatimusta. Kaikkien puulajien lukumäärä vaihteli kohteilla 8433:sta 17700:ään hehtaarilla. Tähän lukuun sisältyy myös taloudellisessa mielessä kasvatuskelvottomat puulajit, kuten hieskoivut, haavat, lepät, raidat ja pajut. Näiden puulajien lukumäärällä ja pituuksilla kasvatettaviin puulajeihin verrattuna on merkitystä lähinnä vain taimikon hoitotarpeen kannalta. Kova kilpailu taimikon kehityksen alkuvaiheessa voi vaikuttaa negatiivisesti kasvatettavien puiden selviytymiseen ja pituuskasvuun. Inventoiduilla kohteilla ei havaittu hirvieläin- tai muita tuhoja rauduskoivulla.

Taulukko 2. Hehtaarikohtaiset runkolukumäärät yhteensä ja puulajeittain mitatuilla kohteilla

Rauduskoivun osalta taulukossa on niin kokonaismäärä kuin tiheyden ja laadun perusteella kehityskelpoiset (kk). ”Kaikki puulajit” sisältää myös muut puulajit kuin taloudellisessa mielessä kasvatuskelpoiset eli hieskoivut, haavat, raidat, lepät, ym.

Kohde nro	Kaikki puulajit	Rauduskoivu	Raudus kk	Mänty kk	Kuusi kk	Yhteensä kk
1	17700	7633	3067	933	833	4833
2	24034	16310	4172	172	828	5172
3	11133	3833	1667	567	767	3000
4	8433	2133	967	133	367	1467
5	8825	4825	1575	125	500	2200



Kuva 1. Kehityskelpoiseksi luokiteltujen rauduskoivujen, mäntyjen ja kuusten lukumäärä hehtaarilla mitatuilla kohteilla.

Käytännössä uudistamistuloksen arvioinnissa on taimimäärän ja -laadun lisäksi tarkasteltava myös taimien tilallista jakautumista. Kehityskelpoisten taimien määrissä tämä on jo osaksi huomioitu, koska kehityskelpoisiksi taimiksi on koelalla laskettu puulajikohtaisesti korkeintaan 6000/ha, joiden on ollut oltava vähintään 50 cm etäisyydellä lähimmästä kehityskelpoiseksi luokitellusta saman puulajin taimesta. Istutettuun taimikkoon verrattuna kylvö- ja luonnontaimet jakautuvat yleensä epätasaisemmin kohteelle ja uudistumisen onnistumisen kannalta onkin tärkeää, että kehityskelpoisia taimia on riittävästi mahdollisimman suurella osalla uudistettavasta kohteesta. Luontaisesti syntyneiden ja kylvötaimikoiden tilajärjestyksen mittaamiseen yleisesti käytetty tunnus on nollaruutujen osuus. Kohteilla 1 ja 2 nollaruutujen osuus oli alhainen, 10 % ja 0 % (Taulukko 3). Muilla kolmella kohteella nollaruutujen osuus oli huomattava, 28–53 %. Kun taimettuneiksi koeloiiksi lasketaan mukaan myös ne

koealat, joilla oli kehityskelpoista kuusta tai mäntyä, nollaruutujen osuus alenee 0–40 %:iin. Kohteet 1 ja 2 olivat näin laskettuna lähes täysin taimettuneita (0 % ja 3 % nollaruutuja). Kohteilla 3, 4 ja 5 nollaruutujen osuus oli 20 %, 40 % ja 20 %.

Taulukko 3. Kohdekohtaisesti mitattujen 10 m² koealojen lukumäärä sekä nollaruutujen osuus, kun lasketaan kaikki koealat, jolla ei ole kehityskelpoisia (kk) rauduskoivuja, ja kun lasketaan koealat, jolla ei ollut mitään kehityskelpoisia taimia.

Kohde nro	Mitattujen koealojen lukumäärä	0-ruutujen osuus % raudus kk	0-ruutujen osuus % kaikki kk
1	30	10	3
2	29	0	0
3	30	33	20
4	30	53	40
5	40	28	20

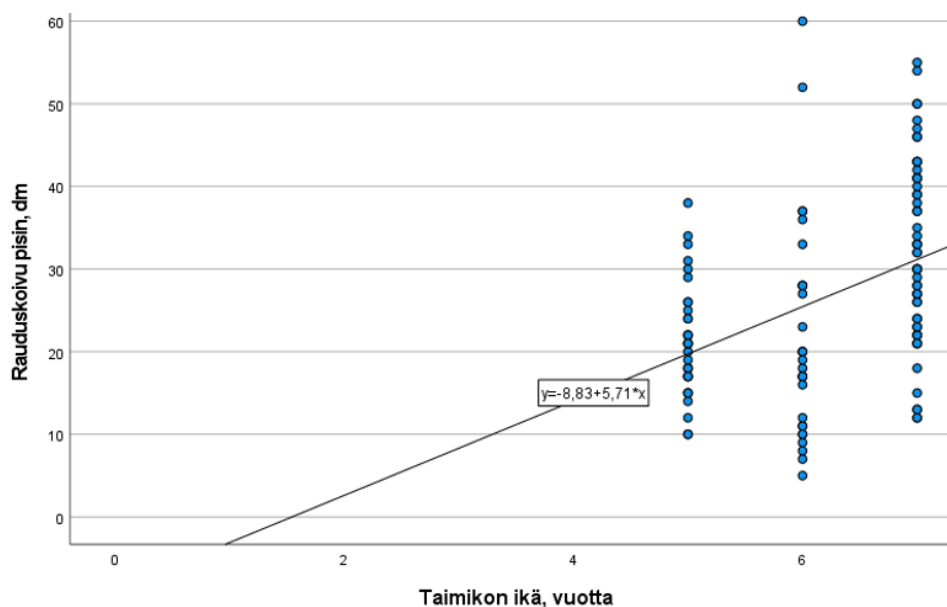
3.2 Taimikoiden pituus

Koealojen pisimpien rauduskoivujen keskipituus oli 5-vuotiailla kohteilla 20,6–21,7 desimetriä, 6-vuotiaalla kohteella 21,9 desimetriä ja 7-vuotiailla kohteilla 27,4–36,4 desimetriä (Taulukko 4, Kuva 2). Mitatut koivikot olivat siis saavuttaneet kahden metrin pituuden viiden vuoden iässä ja kolmen metrin pituuden seitsemän vuoden iässä. Kohteilla 1, 2 ja 5 oli jonkin verran taimia ja taimiryhmiä edellisen puusukupolven ajalta ja vaikka tällaisia taimia sisältävät koealat pyrittiin siirtämään, niitä todennäköisesti on joitain yksittäisiä mukana tuloksissa. Tämä näkyy suhteellisen isona keskihajontana kehityskelpoisten rauduskoivun taimien pituuksissa erityisesti näillä kohteilla (Taulukko 4, Kuva 2). Jokaisella kohteella oli myös kohtia, joilla rauduskoivun pituus oli merkittävästi alle kohteen keskiarvon. Pituuden hajontaan vaikuttanee myös vaihtelu maalaji- ja kosteusolosuhteissa kylvökohtien välillä. Kohteilla 3, 4 ja 5 esiintyi osalla aloista huomattavaa kivisyyttä, joka osaltaan näyttää vähentäneen taimettumista. Monet kiviset koealat olivatkin hyvin huonosti, jos ollenkaan, taimettuneita ja taimet olivat usein lyhyempiä kuin koealoilla, jotka eivät olleet kivisiä.

Taulukko 4. Mitattujen kohteiden ikä, rauduskoivujen keskipituus ja keskipituuden keskihajonta

Keskipituus on koealojen pisimmän kehityskelpoisen rauduskoivujen keskiarvo desimetreissä. Keskipituuden keskihajonta on näiden koealojen pisimpien rauduskoivujen kohteensisäinen keskihajonta.

Kohde nro	Kohteen ikä vuotta	Keskipituus rauduskoivu (dm)	Keskipituuden keskihajonta (dm)
1	7	27,4	10,7
2	7	36,4	9,6
3	5	21,7	7,0
4	5	20,6	6,6
5	6	21,9	13,2



Kuva 2. Koealojen pisimpien rauduskoivujen pituudet desimetreissä taimikoiden iän mukaan. Pistekuvioon on sovitettu lineaarinen regressioviiva.

3.3 Maalajin vaikutus taimettumiseen

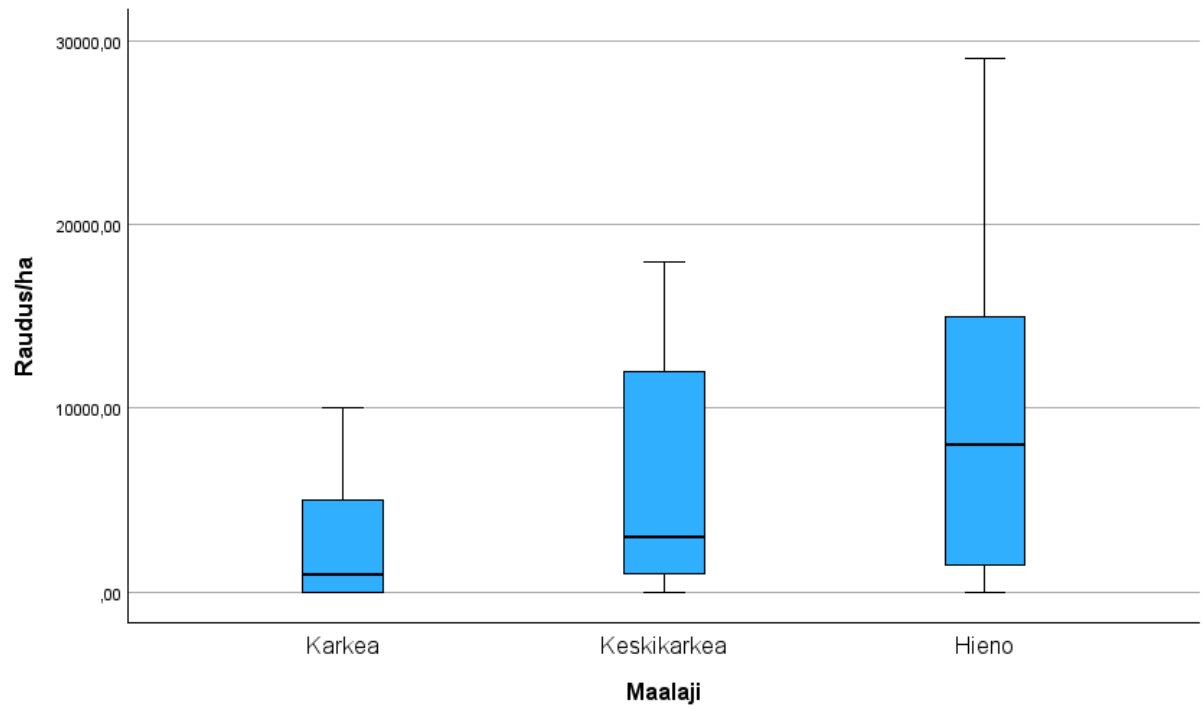
Inventoinnin yhteydessä jokaiselta koealalta arvioitiin silmämääräisesti maalaji koealan keskipisteestä tai sen läheltä. Rauduskoivun taimettuminen oli onnistunut paremmin hienoilla maalajeilla kuin karkeammilla maalajeilla (taulukot 5 ja 6). Nollaruutujen osuus oli korkeinta karkeilla maalajeilla 28 %, kun se keskikarkeilla maalajeilla oli 24 % ja hienoilla maalajeilla 15 % (Taulukko 5). Luontaisesti uudistuneet mänty ja kuusi kompensoivat

kaikilla maalajeilla rauduskoivua osalla niistä koealoista, joilla ei rauduskoivun taimettuminen ollut onnistunut.

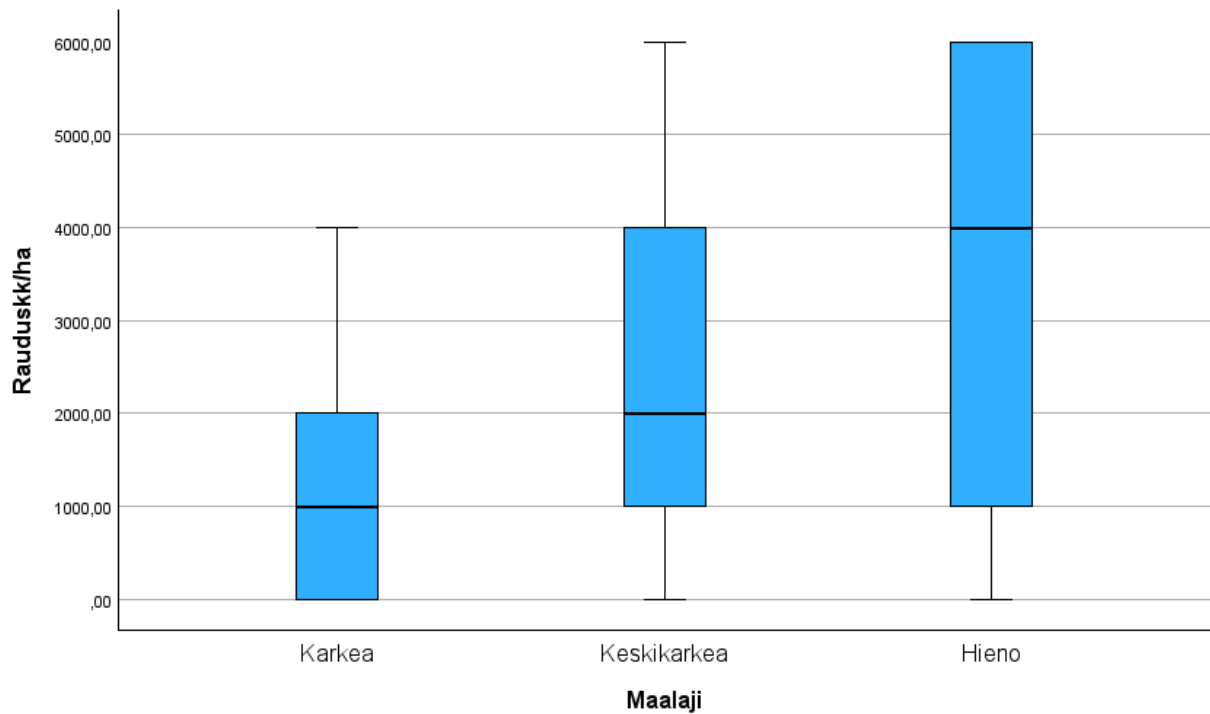
Taulukko 5. Koealojen lukumäärä maalajeittain ja nollaruutujen osuus, kun koealat on luokiteltu maalajeittain. Koealat, joilla ei ole yhtään kehityskelpoista (kk) rauduskoivua ja koealat, joilla ei ole yhtään kehityskelpoista taimea, mikäli myös kehityskelpoiset kuuset ja männyt hyväksytään täydennyspuiksi (kaikki kk).

Maalaji	Alojen lukumäärä kpl	0-ruutujen osuus % rauduskoivu kk	0-ruutujen osuus % kaikki kk
Turvemaa	1	0	0
Karkea	69	28	22
Keskikarkea	50	24	14
Hieno	39	15	13
Kaikki maalajit	158	23	17

Rauduskoivun kasvutiheyttä ja tiheyden vaihtelua eri maalajeilla tarkasteltaessa voidaan todeta, että maalajien välillä on merkittäviä eroja (Kuvat 3 ja 4). Karkean maalajin koealoilla kehityskelpoisten rauduskoivujen lukumäärä oli keskimäärin 1478 hehtaarilla keskivaihtelun ollessa 1549 runkoa hehtaarilla (Taulukko 6). Keskikarkean maalajin koealoilla kehityskelpoisten rauduskoivujen lukumäärä oli puolestaan 2420 ± 2254 /ha ja hienojen maalajien koealoilla 3359 ± 1921 /ha. Rauduskoivujen kokonaistiheys oli karkeilla maalajeilla 3304 ± 5197 , keskikarkeilla maalajeilla 6820 ± 10191 , ja hienoilla maalajeilla 12872 ± 16240 .



Kuva 3. Kaikkien rauduskoivujen tiheys (kpl/ha) ja tiheyden hajonta maalajeittain laatikko-janakuviossa kuvattuna.



Kuva 4. Kehityskelpoisten rauduskoivujen tiheys (kpl/ha) ja tiheyden hajonta maalajeittain laatikko-janakuviossa kuvattuna.

Taulukko 6. Rauduskoivujen tiheys (kpl/ha) ja tiheyden keskihajonta eri maalajeilla

Maalaji	Kaikkien rauduskoivujen lukumäärä ja keskivaihtelu (kpl/ha)	Kehityskelpoisten rauduskoivujen lukumäärä ja keskivaihtelu (kpl/ha)
Karkea	3304 ± 5197	1478 ± 1549
Keskikarkea	6820 ± 10191	2420 ± 2031
Hieno	12872 ± 16240	3359 ± 2254
Kaikki maalajit	6778 ± 11067	2241 ± 2033

Maalajin vaikutusta rauduskoivun tiheyteen tarkasteltiin tilastollisesti yksisuuntaisen varianssianalyysin avulla. Erojen tilastollinen merkitsevyys testattiin Tukeyn testillä. Maalajin vaikutus rauduskoivun kokonaislukumäärään oli tilastollisesti merkitsevä (p-arvo 0,000). Keskikarkean ja hienon maalajin välinen ero oli tilastollisesti merkitsevä (p-arvo 0,020), kuten myös karkean ja hienon maalajin välinen ero (p-arvo 0,000). Karkean ja keskikarkean maalajin välinen ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä (p-arvo 0,170).

Maalajien välillä voitiin todeta olevan tilastollisesti merkitsevä ero myös, kun analyysiin otettiin vain kehityskelpoisiksi luokiteltujen rauduskoivujen lukumäärä (p-arvo 0,000). Tulosten mukaan karkean ja hienompien maalajien välillä oleva ero oli tilastollisesti merkitsevä. Karkean ja keskikarkean maalajin välisen eron p-arvo oli 0,023, ja karkean ja hienon maalajin välisen eron p-arvo oli 0,000. Sen sijaan keskikarkean ja hienon maalajin ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä (p-arvo 0,057).

3.4 Metsänomistajien kokemuksia rauduskoivun kylvöstä

Mittaukseen valittavien rauduskoivun kylvökohteiden selvittämistä varten saatiin Suomen metsäkeskuksen tiedonluovutuspyynnöllä tiedot kaikista uudistamiskohteista vuosilta 2015–2022, joille oli metsänkäyttöilmoituksen yhteydessä ilmoitettu uudistamistavaksi rauduskoivun kylvö. Paikkatietoaineisto saatiin shapefile-muodossa ja metsänomistajien tiedot saatiin yhdistettynä omistamaansa kiinteistöön. Näiden tietojen perusteella otannan vaatimukset mahdollisesti täyttävien kohteiden omistajiin otettiin yhteyttä ja heiltä kysyttiin kohteen uudistamistavasta sekä muita yleistietoja kohteesta. Suurimman osan selvityksen alla olevien kohteiden osalta osoittautui, että ne olikin uudistettu jollain muulla menetelmällä kuin

rauduskoivun kylvöllä. Osa metsänomistajista eivät tienneet tarpeeksi eivätkä pystyneet selvittämään, mitä kohteellaan oli tehty eikä heidän kohteitaan siksi voitu sisällyttää otantaan. Niillä metsänomistajilla ja metsänomistajien edustajilla, joilla oli kokemusta koivun kylvöstä, oli kuitenkin kiinnostavaa kokemustietoa ja näkökohtia aiheeseen liittyen, joita tässä kappaleessa on lyhyesti esitetty.

Syinä rauduskoivun kylvön valitsemiseksi kohteen uudistamistavaksi useampi metsänomistaja mainitsi edellisen puusukupolvessa esiintyneen kuusen tyvilahon ja että kuusen istutuksen sijaan on kohteilla ollut parempi vaihtaa puulajia. Eräs metsänomistajan edustaja sanoi, että koivun kylvöön oli päädytty useilla, etenkin tyvilahojen kuusikoiden päätehakkuukohteella, koska koivun tai männyn istutus kyseisellä seudulla hirvieläintuhojen takia on turhaa. Kylvämällä saatiin riittävän tiheä taimikko aikaiseksi, jotta vähäiset hirvieläintuhot eivät haittaisi. Yksi metsänomistaja mainitsi syyksi koivun kylvölle turvekangaskohteella edellisen mäntyvaltaisen puusukupolven tyvitervastaudin. Kaksi metsänomistajaa sanoi päätyneensä koivun kylvöön ajanpuutteen takia; kylvö on istutukseen verrattuna vähätisempi uudistamistapa. Tämä on totta uudistamisvuonna, mutta ei välttämättä koko uudistamisketjun kokonaisuutta ajatellen koska kylvö voi istutukseen verrattuna johtaa suuritiseempään taimikonhoitoon.

Muutamalla metsänomistajalla oli aikaisempaa kokemusta rauduskoivun kylvöstä. Eräs metsänomistajan edustaja, joka oli uudistanut usean alan SeedGun-konekylvöllä, sanoi että menetelmä on toiminut vaihtelevasti eri aloilla ja että heinittyminen on ollut ongelma osalla kohteista. Osalla kyseisen metsänomistajan kohteista oli täydennyksenä turvauduttu kuusen istutukseen ja osalla luontaisesti syntynyt mänty ja kuusi täydensi taimikon täystiheäksi. Myös taimikon alkukehityksen hitaus istutettuun koivikkoon verrattuna mainittiin. Erään metsänomistajan, jonka metsissä oli käytetty rauduskoivun kylvöä uudistamismenetelmänä vuosien ajan, vuosina 2009 ja 2010 kylvetyt kohteet olivat onnistuneet paremmin kuin 2018 kylvetyt kohteet. Syyksi tähän konekylvöt suorittanut yrittäjä epäili saatavilla olevan koivun siemenen huonontunutta laatua. Rauduskoivun siemenen huono laatu ja itävyys viime vuosina nousi myös esiin keskustelussa erään toisen konekylvöä suorittavan yrittäjän kanssa.



Kuva 5. Kuvan kylvörauduskoivikko oli kuvaamisajankohtana 4-vuotias. Kuva: Pasi Puttonen.

Kylvetyn rauduskoivikon jatkohoidosta todettiin, että se hyvin onnistuessaan olisi harvennettava kohtalaisen aikaisin, ehkä jo viiden vuoden ikäisenä. Kylvötuppaissa taimet voivat olla hyvin tiheässä (Kuva 5). Eräs metsänomistaja sanoi koivun kylvön tuottaneen täystiheän nuoren metsän, mutta että monet puut olivat tyveltä mutkaisia. Korkea tiheys ja tupasmainen tilajärjestys voikin johtaa siihen, että puut kasvavat pois päin toisistaan, jolloin muodostuu tyvimutka (Stiell 1982). Hoitokustannusten säästämiseksi olisi hyvä, jos yksi taimikonhoitokerta riittäisi. Esimerkiksi kylvörauduskoivikko kuvassa 6, joka kuvaamisajankohtana oli 13-vuotias, oli noin viiden vuoden ikäisenä harvennettu noin 3000 rungon hehtaari tiheyteen. Taimikon pituus oli yli 10 metriä ja runkojen muodosta ja latvusten pituudesta päätellen ensiharvennus olisi suoritettava pian.



Kuva 6. Kuvan kylvörauduskoivikko oli kuvaamisajankohtana 13-vuotias. Kohteella esiintyy jonkin verran tyvimutkaa. Kuva: Axel Öhman.

4 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 Tulosten tarkastelu

Taimikon kasvatuskelpoisuutta on arvioitava puulajien, tiheyden, taimien pituuden, terveyden ja tilallisen jakautumisen näkökulmasta. Mitatuista viidestä kohteesta kolmella yllettiin Metsänhoidon suositusten (2023) mukaiseen tiheyteen rauduskoivutaimikolla eli vähintään 1600:n runkoon hehtaarilla (Äijälä ym. 2019). Tulokset olivat rauduskoivun kylvösten keskimääräisten tiheyksien suhteen samansuuntaisia Nymanin (1999) tulosten kanssa. Tulosten epätasaisuus eri kohteiden välillä vastasi pitkälti Nymanin (1999) ja Stenerin (2003) saamia tuloksia, inventoitujen kohteiden joukossa oli sekä hyvin että huonosti taimettuneita kohteita. Koealat, joilla oli korkea maan kosteuspitoisuus tai hyvin kosteutta pidättävä maalaji (hieno tai keskikarkea maalaji) olivat taimettuneet paremmin kuin matalan kosteuspitoisuuden tai karkean maalajin koealat. Nämä tulokset ovat samansuuntaisia Lidmanin ym. (2023) ja Karlssonin (1994) saamien tulosten kanssa. Voidaan siis todeta, että hyvin kosteutta pidättävät maalajit ovat sopivampia rauduskoivun kylvölle kuin huonosti kosteutta pidättävät maalajit.

Täydennysistutus olisi käytännössä ainoa keino saavuttaa rauduskoivun täystiheys kohteilla, joilla oli jääty alle tavoitetiheyden. Kyseisillä 5-vuotiailla kylvökohteilla muokkausjälki oli pääosin jo kasvanut umpeen, minkä vuoksi täydennyskylvö tai rauduskoivun luontainen uudistuminen olisivat myöhässä. Jos tulokseksi hyväksytään rauduskoivu-mänty-kuusisekametsä, tyydyttävään tulokseen oli päästy neljällä kohteella. Tosin mitatuissa 5–7-vuotiaissa taimikoissa kuuset ja männyt olivat osin jääneet taimikon valtapituuskehityksestä jälkeen. Niiden kasvattaminen taimikon sekapuina vaatisi todennäköisesti aikaistettua taimikonhoitoa kuin mitä rauduskoivujen kehityksen kannalta olisi välttämätöntä. Tämä voi johtaa ylimääräiseen taimikonhoitokertaan ja siten myös korkeampiin uudistamiskustannuksiin.

Mittauksessa kehityskelpoisiksi taimiksi laskettiin koealaa kohti enintään 6000 taimea/ha vastaava lukumäärä puulajeittain. Tämän takia kehityskelpoisiksi taimiksi saattoi teoreettisesti yhdellä koealalla tulla lasketuksi 6000 rauduskoivua/ha, 6000 mäntyä/ha sekä 6000 kuusta/ha vastaava lukumäärä taimia eli yhteensä 18 000 taimea/ha. Yhteensä 25 koealalla

158:stä 6000:n kehityskelpoisen taimen määrä ylitettiin. Jos taimikonhoidon jälkeiseksi tiheydeksi tavoitellaan esimerkiksi 2000 runkoa/ha, suurin osa tällaisten tiheidten kohtien taimista päätyisi joka tapauksessa poistettaviksi. Siksi kaikkien kehityskelpoisten taimien hehtaarikohtainen lukumäärä ei yksinään kuvaa kovin hyvin taimikon kasvatuskelpoisuutta. Toisin tiheydellä voi olla taimikon tuhostävyyden kannalta suuri merkitys esimerkiksi hirvieläin- tai muun nisäkästuhon sattuessa. Lisäksi kohtuullisen korkealla tiheydellä taimikkovaiheessa voi olla positiivisia vaikutuksia puiden laatukehitykseen (Niemistö ym. 1997).

Kylvetyt rauduskoivikot olivat keskimäärin saavuttaneet kahden metrin pituuden viiden vuoden iässä ja kolmen metrin pituuden seitsemän vuoden iässä. Nymanin (1999) Päijät-Hämeessä mitaamat kylvetyt rauduskoivikot olivat saavuttaneet kahden metrin pituuden keskimäärin seitsemän vuoden iässä. Tämä ero voi ainakin osittain selittyä sillä, että Nymanin tutkimuksessa mitattiin kaikkien kehityskelpoisiksi luokiteltujen rauduskoivujen pituus, kun taas tässä tutkimuksessa mitattiin vain koealan pisimmän kehityskelpoisen rauduskoivun pituus. Pituuden suureen keskihajontaan vaikuttaa todennäköisesti osaltaan se, että vaikka edellisen puusukupolven aikana syntyneitä rauduskoivuja sisältäviä koealoja ei mitattu, on sellaisia todennäköisesti epähuomiossa päätyneet joitain mukaan tuloksiin. Myös joitain hieskoivuja tai vesasyntyisiä rauduskoivuja on saattanut epähuomiossa tulla lasetuksi mukaan kehityskelpoisiksi taimiksi. Käytännössä on mahdotonta tietää, mitkä rauduskoivun taimet ovat syntyneet kylvetystä siemenestä ja mitkä ovat luontaisesti uudistuneita. Kohdat, joissa rauduskoivun valtapituus oli selvästi alle kohteen keskiarvon, olivat pääasiassa karkean maalajin koealoja ja kivisiä koealoja, joita oli monta kohteilla 3, 4 ja 5. Hyvin kiviset kohteet näyttävät siis tämän tutkimuksen yhteydessä tehtyjen havaintojen mukaan soveltuvan huonosti rauduskoivun kylvölle.

Kylvövuoden sääolosuhteilla on suuri merkitys kylvösiemenen itämisen ja taimettumisen onnistumisen kannalta. Tämä voi osaltaan myös selittää kohteiden välisiä eroja uudistamistuloksessa. Jos otanta olisi ollut suurempi, olisi eroja voitu tarkastella myös kylvövuosittaisen sääolosuhdevaihtelun osalta. Myös erilaiset työskentelytavat maanmuokkauksessa ja kylvössä ovat voineet vaikuttaa tulokseen. Tutkimusta varten mitatuista kohteista vuonna 2016 kylvetyt kohteet olivat taimettuneet paremmin kuin 2017 ja 2018 kylvetyt kohteet. Mitatuista kohteista vuonna 2016 kylvetyillä kohteilla oli vain hienoja ja keskikarkeita maalajeja, kun taas etenkin 2018 kylvetyt kohteet olivat merkittävältä osalta karkeampien

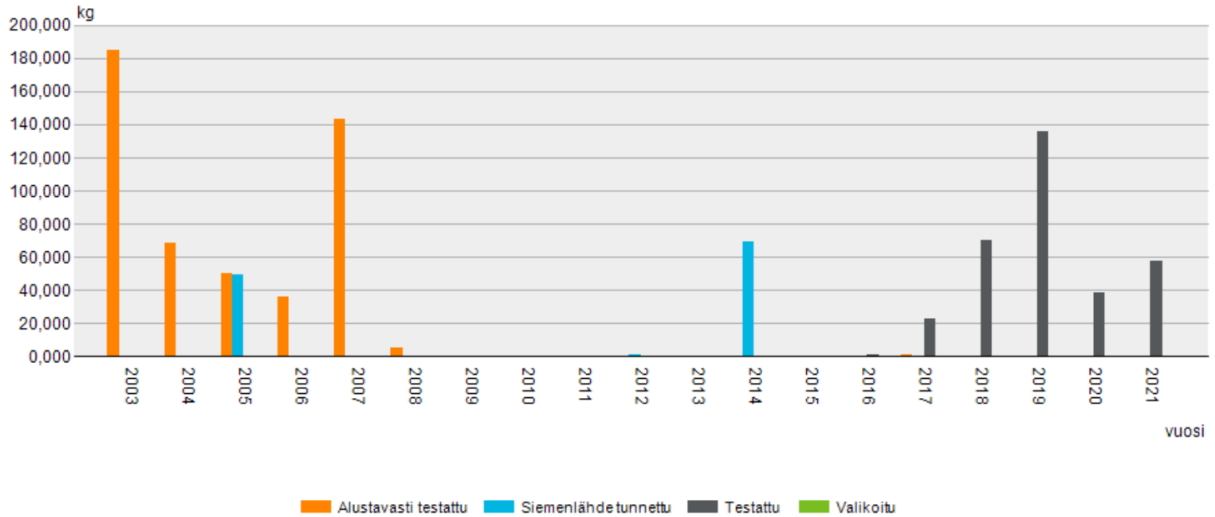
maalajien kohteita. Lisäksi on todennäköistä, että käytetyn kylvösiemenen laatu ja itävyys on vaihdellut eri kohteilla. Tämän tutkimuksen perusteella ei otannan suppeuden ja muiden yllä mainittujen tekijöiden vuoksi voi vetää mitään pitkälle meneviä johtopäätöksiä rauduskoivun kylvön käytettävyydestä metsänuudistamismenetelmänä.

4.2 Jalostetun rauduskoivun siemenen saatavuus ja laatu

Metsänjalostuksella pyritään tuottamaan perinnöllisiltä kasvu-, laatu- tuhokestävyysominaisuuksiltaan paremmin kannattavan metsänkasvatuksen ja puutuotteiden jatkojalostuksen tarpeita vastaavaa metsänviljelyaineistoa. Metsänkasvatuksen kannattavuuden kannalta onkin ratkaisevan tärkeää, onko metsäkylvössä käytettävissä jalostettua siementä vai metsikkösiementä. Suomessa jalostettua rauduskoivun siementä on tuotettu 1970-luvulta lähtien (Haapanen ja Mikola 2008). Toisin kuin havupuiden siementä, jalostettua rauduskoivun siementä tuotetaan muovihuoneissa nopean kiertoajan saavuttamiseksi ja taustapölytyksen estämiseksi. Rauduskoivun nopean kasvun ja varhaisen kukinnan ansiosta sen jalostuksessa on päästy pääpuulajeistamme pisimmälle. Jalostettua siementä käyttämällä voidaankin saavuttaa selvien laatuparannusten lisäksi ainakin 26–29 % kasvunlisäys (mukaan Hagqvist ja Hahl 1998 viitattu Niemistö ym. 2008).

Haapanen ja Mikola (2008) totesivat rauduskoivun teollisen kysynnän epävarmuuden johtaneen rauduskoivun viljelypinta-alojen supistumiseen ja että tämä voisi johtaa vähentyneisiin panostuksiin rauduskoivun jalostukseen tulevaisuudessa. Rauduskoivulla onkin vuonna 2023 vain kaksi jalostuspopulaatiota, jotka rajoittuvat eteläisille kohdealueille (Ruokavirasto 2023). Maa- ja metsätalousministeriö julkaisi vuonna 2023 uuden Metsäpuiden siemenviljelysten perustamisohjelman (Antola ym. 2023), jossa jalostetun metsänviljelyaineiston tuotantarvetta arvioidaan. Ohjelmassa todettiin rauduskoivun siemenen tarpeen lisääntyvän rauduskoivun istutuksen ennustetun lisääntymisen takia. Ohjelmassa arvioitiin vuotuisiksi siementuotantarpeeksi 39 kg (vrt. Kuva 7). Kyseinen tuotantotaso arvioitiin vain taimituotannon tarpeisiin riittäväksi. Ohjelman mukaan metsäkylvöihin ei enää ole tarkoitus tuottaa siemenviljelyssiementä toisin kuin vielä aikaisemmassa ohjelmassa vuodelta 2011. Perusteluna ohjelmassa mainittiin tälle vain, että rauduskoivun metsäkylvön määrä on hyvin alhainen. Aikaisemmin Maa- ja metsätalousministeriön vuonna 2004 asettama siemenhuoltotyö-

ryhmä oli esittänyt, että myös metsäkylvöihin käytettävästä rauduskoivun siemenestä puolet pitäisi olla siemenviljelyksillä tuotettua (Antola ym. 2023).



Kuva 7. Rauduskoivun siemenkeräyksen vuosittaiset määrät (kg) metsänviljelyaineiston luokittain vuosina 2003–2021 (SVT 2023). Siemenluokat: Alustavasti testattu: Siemenet on kerätty siemenviljelyksiltä, joiden kloonit on valittu emopuiden ulkoasun perusteella. Siemenlähde tunnettu: Siemenet on kerätty yhdellä lähtöisyysalueella sijaitsevasta siemenlähteestä tai metsiköistä. Valikoitu: Siemenet on kerätty yhdellä lähtöisyysalueella sijaitsevasta ulkoisten ominaisuuksien perusteella valitusta rekisteröidystä siemenkeräysmetsiköstä. Testattu: Siemenet on kerätty siemenviljelyksiltä, joiden kloonit on valittu testitulosten perusteella.

Vuodesta 2016 lähtien käytännössä kaikki myyntiin kerätty rauduskoivun siemen on ollut testattua (Kuva 7). Tämä tarkoittaa, että siemenet on kerätty viljelyksiltä, joilla käytetyt kloonit on valittu testitulosten perusteella. Kuvasta voidaan myös nähdä, että rauduskoivun siemenen, etenkin jalostetun siemenen keräys on ollut erittäin vähäistä 2008 ja 2016 välisenä aikana. Osasyynä oli koivun siemenviljelmien uudistaminen 2010-luvun alkupuolella. Nykyään testattu rauduskoivun siemen tulee vuonna 2015 Saarijärven Patamaan (Sv 460) ja Hausjärven Oittiin (Sv 466 ja Sv 468) perustetuista siemenviljelmistä (Ruokavirasto 2023).

Metsäpuunsiementä kuluu merkittävästi enemmän uudistettua metsähehtaaria kohti suorakylvössä verrattuna siihen, että siemenestä kasvatetaan taimet taimitarhalla, joilla ala uudistetaan. Jalostetun siemenen käytön metsäkylvössä voidaankin nähdä arvokkaan siemenen tuhlaamisena etenkin rajallisen saatavuuden vallitessa. Rauduskoivun suorakylvössä voisi käyttää seosta, jossa on sekä jalostettua siementä että metsikkösiementä. Koska jalostettujen rauduskoivujen kasvu on nopeampaa kuin metsikkökoivujen, voidaan olettaa jalostetusta siemenistä kasvaneiden rauduskoivujen päihittävän metsikkösiemensyntyiset

rauduskoivut pituuskasvussa taimikonhoitovaiheeseen tultaessa. Täten metsikkösiemenestä syntyneet rauduskoivut toimisivat ainoastaan taimikon täytepuina.

4.3 Johtopäätökset

Rauduskoivun kylvö voi epäonnistua monesta syystä. Ellei siemen kylvettäessä saa tarttua maanpintaan, se voi kulkeutua tuulen kanssa tai huuhtoutua sateen mukana. Hienoilla maalajeilla rouste voi nostaa rauduskoivun sirkkataimet. Karkeammilla maalajeilla ja kohoumissa (mättäissä) olosuhteet voivat olla liian kuivat. Toisaalta painaumissa voi maalajista ja kohteen kuivatustilanteesta riippuen olla riski, että vesi jää seisomaan, mikä voi heikentää tai estää siementen itämistä ja taimien kasvua. Heinittyminen voi koitua ongelmaksi kylvetyn rauduskoivikon ensimmäisinä kasvukausina etenkin rehevillä kohteilla. Valmiiksi hyvin heinittyneillä kohteilla, kuten pellonmetsityskohteilla, edellytykset kylvön onnistumiselle ovat heikommät kuin kohteilla, joilla edellisen puusukupolven varjostavuus on pitänyt ruohokasvillisuuden aisoissa.

Tutkimukseen ei saatu tavoiteltua määrää rauduskoivun kylvökohteita inventoitavaksi. Kuitenkin tulosten ja aiempien tutkimusten perusteella voidaan todeta, että rauduskoivun kylvö onnistuu parhaiten hyvin kosteutta pidättävillä, keskikarkeilla ja hienoilla maalajeilla. On huomioitava, että kaikkein hienoimmat maalajit eli savimaat eivät pidätä hyvin kosteutta kuivina kausina (Laine ym. 2019), eivätkä siksi oletettavasti sovi rauduskoivun kylvölle. Inventoiduilla kohteilla ei ollut savea, vaan tämän tutkimuksen tuloksissa hieno maalaji tarkoittaa lähinnä hiesua ja hienoa hietaa. Tutkimus- ja kokemustiedon perusteella muita edellytyksiä kylvön onnistumiselle on, että se suoritetaan riittävän aikaisin keväällä tai jo myöhään syksyllä ja että maanmuokkaus tehdään riittävän voimakkaana, kivennäismaata paljastavalla tavalla. Onnistuminen riippuu myös käytetyn siemenen laadusta, ensimmäisten kasvukausien sääolosuhteista sekä ensimmäisinä talvina mahdollisesti tapahtuvista roustevaurioista. Tämän tutkimuksen perusteella ei voida vetää johtopäätöksiä aiemman puusukupolven vaikutuksesta kylvön onnistumiselle, sillä kaikki mitatut kohteet olivat metsänomistajien kertoman mukaan ennen hakkuuta kuusikoita tai kuusisekametsiä. Myöskään runsaan pieniläpimittaisten lehtipuukantojen määrän vaikutusta uudistumisen onnistumiseen ei tässä tarkasteltu. Oletettavasti se kuitenkin voi johtaa runsaaseen vesoittumiseen, mikä voi

heikentää kylvettyjen rauduskoivujen alkukehitystä. Konekylvöllä ja käsikylvöllä saatujen tulosten välillä ei käytännössä ole havaittu merkittäviä eroja (Niemistö ym. 2008). Kuitenkin konekylvön etu voi olla, että kosteus säilyy parhaiten tuoreessa muokkausjäljessä.

Tulevaisuudessa metsänuudistamista olisi mahdollista tehdä enemmän niin, että kohteen sisäisen maalaji- ja muun vaihtelun mukaan valitaan kullekin pienalueelle sopivin menetelmä. Tämä voisi olla tapa edistää metsän kasvua ja terveyttä. Esimerkiksi niin, että rauduskoivua kylvetään niille osille kohteesta, joilla on hienojakoisempi maalaji, kun taas karkeamman maalajin kohtiin kylvetään mäntyä. Toinen esimerkki voisi olla kohde, josta osalle istutetaan kuusta, mutta osalle kohteesta kylvetään edellisen puusukupolven juurikäpätartunnan vuoksi rauduskoivua. Tällaisen metsänuudistamismenetelmien täsmäkohdentamisen hallinnoimista voidaan helpottaa nykyaikaisilla paikkatietodokumentointityökaluilla. Suomalaisen Risutec Oy:n kehittämää ASTA-paikkatietohallinnointijärjestelmää käytetään maanmuokkauksen yhteydessä maanmuokkauskohtien lukumäärän ja sijainnin dokumentointiin (Risutec Oy 2023). ASTAa voidaan myös käyttää SeedGun-konekylvön yhteydessä, jolloin paikkatietojärjestelmään dokumentoituu eri muokkaus- ja kylvötavat (Newforest Oy 2023). Näitä tietoja voidaan hyödyntää myöhemmissä metsänhoitotoissa, tai esimerkiksi jo istutuksessa, jos kohteesta osa on kylvetty ja osa on tarkoitus istuttaa.

Rauduskoivun kylvöä ei kaiken kaikkiaan voida pitää erityisen varmana metsänuudistamismenetelmänä, eikä se ainakaan sovi rehevämpien kohteiden yleisuudistamismenetelmäksi. Kuitenkin rauduskoivun kylvö on varteen otettava vaihtoehto sellaisilla kohteilla, joilla menetelmällä olemassa olevan tiedon perusteella on parhaat mahdollisuudet onnistua. Kokeustiedon perusteella kylvöllä voi saavuttaa täystiheitä ja hyvälaatuisia rauduskoivikoita. Rehevämmillä uudistamiskohteilla, joilla kuusen tuhokestävyys arvioidaan olevan heikko tai joilla kuusta ei esimerkiksi maisemasyistä haluta kasvattaa, rauduskoivun kasvatus lienee oloissamme päävaihtoehto. Rauduskoivun kylvöllä on onnistuessaan monia etuja rauduskoivun muihin uudistamistapoihin verrattuna, joista menetelmän edullisuus ja tiheän taimikon tuoma tuhokestävyys sekä mahdollisuus käyttää jalostettua siemenmateriaalia lienevät tärkeimmät. Avain onnistumiseen on maalajiin ja muihin kohdekohtaisiin tekijöihin perustuva oikea kohdevalinta.

Metsänuudistamisen eri vaihtoehtojen tuomia mahdollisuuksia on syytä tutkia ja kehittää tulevaisuutta ajatellen. Metsänuudistamismenetelmien monipuolistamisella voidaan hajauttaa metsätalouden riskejä ja saavuttaa ekologisia ja sosiaalisia hyötyjä. Metsänhoito on pitkäjänteistä työtä eikä kaikkia tulokseen vaikuttavia tekijöitä koskaan voida ennustaa metsänuudistamismenetelmää valittaessa. Tämä tutkielma on hyvä päättää erään viisaan metsätutkijan toteamaan: ”metsänhoito ei ole raketitiedettä, vaan se on paljon, paljon monimutkaisempaa.”

LÄHTEET

- Antola, J., Haapanen, M., Himanen, K., Leinonen, K., Paanukoski, S. & Stenvall, N. 2023. Metsänjalostuksen hyödyt käytäntöön – metsäpuiden siemenviljelysten perustamisohjelma 2060 Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2023:19. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/165115>
- Dubois H., Verkasalo, E. & Claessens, H. 2020. Potential of Birch (*Betula pendula* Roth and *B. pubescens* Ehrh.) for Forestry and Forest-Based Industry Sector within the Changing Climatic and Socio-Economic Context of Western Europe. *Forests* 2020, 11(3), 336. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/f11030336>
- Haapanen M. & Mikola, J. 2008. Metsänjalostus 2050 — pitkän aikavälin metsänjalostusohjelma. Metlan työraportteja. ISBN 978-951-40-2048-1.
- Hagqvist, R. & Hahl, J. 1998. Rauduskoivun siemenviljelysten jalostushyöty Etelä- ja Keski-Suomessa. Metsänjalostussäätiön tiedonantoja. 32 s. ISSN 0789-0044; 13.
- Huuskonen, S., Domisch, T., Finér, L., Hantula, J., Hynynen, J., Matala, J., Miina, J., Neuvonen, S., Nevalainen, S., Niemistö, P., Nikula, A., Piri, T., Siitonen, J., Smolander, A., Tonteri, T., Uotila, K. & Viiri, H. 2021. What is the potential for replacing monocultures with mixed-species stands to enhance ecosystem services in boreal forests in Fennoscandia? *Forest Ecology and Management* vol 479 (1) 118558. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037811272031327X>
- Hynynen, J. 1993. Self-thinning models for even-aged stands of *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula pendula*. *Scandinavian Journal of Forest Research* vol 8 (1-4): 326–336.
- Hynynen, J., Niemistö, P., Viherä-Aarnio, A., Brunner, A., Hein, S. & Velling, P. 2010. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry: An International Journal of Forest Research* Vol 83 (1), s. 103–119. Saatavissa: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpp035>
- Karlsson A. 1994. Farmland afforestation by natural regeneration and direct seedling of hairy birch and silver birch. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogs-skötsel.

- Karlsson A., Albrektson A., Forsgren A. & Svensson L. 1998. An analysis of successful natural regeneration of downy and silver birch on abandoned farmland in Sweden. *Silva Fennica* 32, s. 229–240.
- Kaurala, H., Herajärvi, H. & Verkasalo, E. 2004. Sahakoivun laatu puhtaissa koivikoissa ja kuusi–koivusekametsiköissä. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2004, s. 129–143.
- Kinnaird J. 1974. Effect of site conditions on the regeneration of birch (*Betula pendula* Roth. And *B. pubescens* Ehrh.), *Journal of Ecology* vol. 62, 467-472.
- Kinnunen, K. 2002. Kylvö metsänuudistamismenetelmänä. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2002, s. 47–49.
- Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Ahola, A., Heikkinen, J., Henttonen, H.M., Hotanen, J.-P., Nevalainen, S., Pitkänen, J., Strandström, M. & Viiri, H. 2017. Suomen metsät 2009–2013 ja niiden kehitys 1921–2013. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 59/2017. Luonnonvarakeskus.
- Laine, T., Luoranen, J. & Ilvesniemi, H. (toim.) 2019. Metsämaan muokkaus: kirjallisuuskatsaus maanmuokkauksen vaikutuksista metsänuudistamiseen, vesistöihin sekä ekologiseen ja sosiaaliseen kestävyYTEEN. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 58/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 83 s. s. 17, 26.
- Lidman, F.D., Karlsson, M. & Lundmark, T. 2023. Birch establishes anywhere! So, what is there to know about natural regeneration and direct seeding of birch? *New Forests* (2023). Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s11056-023-09971-z>
- Melin M., Kulha N., Ylioja T., Honkaniemi J. & Koivula M. 2022. Kirjanpainajatuhojen riskeistä erilaisissa metsissä ja niille altistavista tekijöistä. *Metsätieteen aikakauskirja* 2022–10722. Tieteen tori: Uudet metsätuhoriskit muuttuvassa ilmastossa. Saatavissa: <https://doi.org/10.14214/ma.10722>
- Metsänhoidon suositukset. 2023. Tapio. Saatavissa: <https://metsanhoidonsuosituks.fi/fi/toimenpiteet/puulajin-ja-uudistamismenetelman-valinta/toteutus#section-1464> [viitattu 24.11.2023].
- Mork, E. 1944. Om bjørkefruktens bygning, modning og spiring. *Meddelelser fra det Norske skogsforsøksvesen* Nr. 30: 423-471.

- Newforest Oy. [www-sivusto]. Saatavissa: [https://www.newforest.fi/seedgun-kylvomene-
telma/](https://www.newforest.fi/seedgun-kylvomene-
telma/) [Viitattu 30.3.2023, 15.11.2023].
- Niemistö, P., Hukki, P. & Verkasalo, E. 1997. Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 3/1997, s. 349–374.
- Niemistö, P., Viherä-Aarnio, A., Velling, P., Heräjärvi, H., & Verkasalo E. (toim.). 2008. Koivun kasvatusta ja käyttöä. Metsäntutkimuslaitos ja Metsäkustannus. ISBN 978-952-5694-12-3.
- Nygren, M. 2003. Metsäpuiden siemenopas. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 882. s. 37, 67.
- Nygren, M. 2011. Metsänkylvöopas – Kylvön biologiaa ja tekniikkaa. Metsäkustannus Oy. s. 60, 62.
- Nygren, M. 2020 Metsäpuiden uudistumisbiologia. Metsäkustannus Oy. s. 76, 118.
- Nyland, R. 2016. *Silviculture: Concepts and Applications* (3rd ed.). Long Grove, IL: Waveland Press. 663 s. s. 31.
- Nyman, S. 1999. Rauduskoivun kylvön onnistuminen Salpausselän metsänhoitoyhdistyksen alueella. Pro-gradu tutkielma, Helsingin Yliopisto, Maatalous- ja metsätaloustieteellinen tiedekunta.
- Perala, D. & Alm, A. 1990. Regeneration silviculture of birch: A review. *Forest Ecology and Management*, vol. 32 (1). s. 39-77.
- Piri, T., Selander, A., Hantula, J., Kuitunen, P. 2019. Juurikäpätuhojen tunnistaminen ja torjunta. Suomen metsäkeskuksen julkaisu. Saatavissa: <https://www.metsakeskus.fi/fi/ajankohtaista/julkaisut>
- Pohtila, E. 1977. Taimiston inventoinnin tarkkuus. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 92(2). s. 1–43.
- Raulo, J. 1981. Koivukirja. K. J. Gummerus Oy.
- Raulo, J. & Lähde E. 1979. Rauduskoivun viljelytutkimuksia Suomen Lapissa. Metsäteollisuuden keskusliitto, Helsinki.

- Risutec Oy [www-sivusto]. Saatavissa: <https://risutec.fi/fi/asta-peruskoneeseen-asennettava-metsatalouden-gps-jarjestelma/> [viitattu 5.12.2023].
- Ruokavirasto 2023. Hyväksytyt siemenviljelykset [www-sivusto]. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/kasvit/metsapuiden-siemenet-ja-taimet/perusaineisto/kayttoaluekartat/Hyvaksytyt-siemenviljelykset/> [Viitattu 1.11.2023].
- Schönborn, A. 1964. Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume. Bayerischer Landwirtschaftsverlag GmbH, München. 158 s.
- Silvennoinen H. 2017. Metsämaiseman kauneus ja metsänhoidon vaikutus koettuun maisemaan metsikkötasolla. *Dissertationes Forestales* 242. 86 s. Saatavissa: <https://doi.org/10.14214/df.242>
- Solomon, D. & Blum, B. 1967. Effect of tree size on the sprouting capacity of red and sugar maple. U. S. Forest Service Research Paper NE-59.
- Stener, L-G. 2003 Fältsådd av björk i södra Sverige: ett alternativ till plantering. *Skogforsk* nr 18 2003.
- Stiell, W. M. 1982. Growth of clumped vs. equally spaced trees. *The Forestry Chronicle* Feb 1982. s. 23–25.
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Metsänhoito- ja metsänparannustyöt [verkkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 23.2.2023, 19.9.2023]. Saantitapa: <https://www.luke.fi/fi/tilastot>
- Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. 2001. Onnistunut metsänuudistaminen. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti ja sen tekijät. s. 139–141.
- Venäläinen A., Lehtonen I., Laapas M., Ruosteenoja K., Tikkanen O.-P., Viiri H., Ikonen V.-P. & Peltola H. 2020. Ilmastonmuutos lisää metsätuhojen riskejä Suomessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 2020–10454. *Tieteen tori*. s. 9. Saatavissa: <https://doi.org/10.14214/ma.10454>
- Wang, A-F, Roitto, M., Sutinen, S., Lehto, T., Heinonen, J., Zhang, G. & Repo, T. 2016. Waterlogging in late dormancy and the early growth phase affected root and leaf morphology in *Betula pendula* and *Betula pubescens* seedlings. *Tree Physiology*, vol 36 (1), 86–98. Saatavissa: <https://doi.org/10.1093/treephys/tpv089>

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2019. Metsänhoidon suositukset. Tapion julkaisuja.