



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 24/2022

Puulajivalikoiman monipuolistaminen metsänviljelyssä

Synteesiraportti

Seppo Ruotsalainen, Katri Himanen, Anneli Viherä-Aarnio, Leena Aarnio,
Matti Haapanen, Jaana Luoranen, Juho Matala, Johanna Riikonen,
Karri Uotila ja Tiina Ylioja

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 24/2022

Puulajivalikoiman monipuolistaminen metsänviljelyssä

Synteesiraportti

Seppo Ruotsalainen, Katri Himanen, Anneli Viherä-Aarnio, Leena Aarnio,
Matti Haapanen, Jaana Luoranen, Juho Matala, Johanna Riikonen, Karri Uotila
ja Tiina Ylioja



Maa- ja metsätalousministeriö



Viittausohje:

Ruotsalainen, S., Himanen, K., Viherä-Aarnio, A., Aarnio, L., Haapanen, M., Luoranen, J., Matala, J., Riikonen, J., Uotila, K. & Ylioja, T. 2022. Puulajivalikoiman monipuolistaminen metsänviljelyssä : Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 24/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 135 s.

Seppo Ruotsalainen ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0002-2547-0282>



ISBN 978-952-380-393-0 (Painettu)

ISBN 978-952-380-394-7 (Verkkójulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-394-7>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Seppo Ruotsalainen, Katri Himanen, Anneli Viherä-Aarnio, Leena Aarnio, Matti Haapanen, Jaana Luoranen, Juho Matala, Johanna Riikonen, Karri Uotila ja Tiina Ylioja

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2022

Julkaisuvuosi: 2022

Kannen kuvat: Katri Himanen

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Seppo Ruotsalainen¹⁾, Katri Himanen²⁾, Anneli Viherä-Aarnio³⁾, Leena Aarnio³⁾, Matti Haapanen³⁾, Jaana Luoranen²⁾, Juho Matala⁴⁾, Johanna Riikonen²⁾, Karri Uotila²⁾ ja Tiina Ylioja³⁾

Luonnonvarakeskus (Luke):

¹⁾Vipusenkuja 5, 57200 Savonlinna, ²⁾Juntintie 154, 77600 Suonenjoki ,

³⁾Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, ⁴⁾Yliopistokatu 6B, 80100 Joensuu

Kuusen osuus on 2000-luvulla kasvanut metsänviljelyssä. Viime vuosina sen osuus on ollut koko maan tasolla hieman yli 50 % ja useissa maakunnissa yli 70 % viljelypinta-alasta. Samanaikaisesti männyn, rauduskoivun ja muiden puulajien viljelyn osuus on supistunut huomattavasti. Syynä tähän on mm. kuusen hyvä viljelyvarmuus ja erityisesti sen muita puulajeja selvästi vähäisempi hirvituhoalttius.

Kuusen ennakoidaan kuitenkin kärsivän ilmastonmuutoksesta, sillä se on altis mm. ennustetulle kuivuuden lisääntymiselle ja siitä aiheutuville seuraustuhoille. Kuusen vakavan tuhonaiheuttajan juurikäävän ennakoidaan myös hyötyvän ilmastonmuutoksesta. Tästä syystä kuusen viljelyyn sisältyy hyötyjen lisäksi riskejä erityisesti sille liian karuilla kasvupaikoilla. Puulajiston yksipuolistuminen johtaa myös puusta riippuvaisen lajiston yksipuolistumiseen. Kuusen yksipuolinen suosiminen ravinteikkaimmilla kasvupaikoilla ei tue metsien monimuotoisuutta.

Tässä selvityksessä arvioidaan kotimaisten, vähän viljeltyjen lehtipuiden sekä ulkomaisten puulajien käytön lisäämisen mahdollisuuksia ja riskejä muuttuvassa ilmastossa. Tavoitteena on tuottaa tietoa puulajivalikoiman monipuolistamisesta ilmastonmuutokseen sopeutumiseksi ja metsäluonnon monimuotoisuuden ylläpitämiseksi. Raportti pohjautuu aiemmin julkaistusta kirjallisuudesta ja käytännön toimijoiden kokemuksista kerättyyn tietoon. Tarkastelussa on ensisijaisesti puulajien viljelyn lisääminen, mutta useat tarkastellut seikat koskevat myös näiden lajien luontaista uudistamista tai uudistumista.

Selvityksessä tarkasteltiin 25 puulajia, joista seitsemällä (tervaleppä, hieskoivu, tammi, siperianlehtikuusi, douglaskuusi, hybridihaapa ja kontortamänty) arvioitiin olevan parhaat mahdollisuudet taloudellisesti kannattavaan viljelyyn. Useimmilla näistä lajeista viljelyn lisäämisen esteenä ovat kuitenkin hirvieläintuhot sekä epävarmuus niiden puutavaran kelpaavuudesta puunjalostusteollisuudelle. Joillakin lajeilla on ongelmia myös viljelymateriaalin saatavuudessa. Eräiden lajien, kuten tervalepän ja tammen, viljelyä voidaan perustella myös niiden merkityksellä luonnon monimuotoisuudelle.

Näiden vähän viljeltyjen puulajien, kuten myös männyn ja rauduskoivun viljelymäärien kasvatamisen yksi keskeinen edellytys on hirvieläintuho-riskien merkittävä vähentäminen. Puulajivalikoiman monipuolistamisen rajoitteena metsänviljelyssä on myös vähemmän käytettyjen lajien viljelyketjujen tämänhetkinen kalleus verrattuna pääpuulajeihimme. Monipuolinen puulajisto on kuitenkin vakuutus epävarman tulevaisuuden varalle. Jos näiden vähän viljeltyjen puulajien viljelyä halutaan lisätä, tarvitaan viljelyyn, tuhoihin sekä siemen- ja taimituotantoon liittyvää tutkimus- ja kehitystyötä. Tämä tarve vaihtelee puulajeittain ja aihepiireittäin. Tutkimus auttaisi alentamaan viljelykustannuksia, ja näin tekemään näistä puulajeista kilpailukykyisempiä vaihtoehtoja metsänviljelyssä.

Asiasanat: hirvituhot, ilmastonmuutos, kuusi, metsänviljely, monimuotoisuus, puulajit

Esipuhe

Tämä synteesiraportti on laadittu osana maa- ja metsätalousministeriön (MMM) ja Luonnonvarakeskuksen (Luke) rahoittamaa, Luken toteuttamaa Metsien kasvun edistäminen jalostetun metsänviljelyaineiston käytön avulla (MEKANEN) -hanketta. Hankkeen vastuututkija on Pekka Helenius ja raporttiin liittyvästä hankkeen osasta on vastannut Seppo Ruotsalainen. Raportti on kirjoitettu vuosien 2020–2022 aikana.

Raportin kirjoittajien pääasialliset vastuut ovat jakautuneet seuraavasti: Seppo Ruotsalainen on kirjoittanut johdannon ja ulkomaisten lajien yleisesittelyn sekä toimittanut tekstiä. Katri Himanen on vastannut siementuotantoon liittyvistä kysymyksistä, toimittanut tekstiä, valinnut raportin kuvat ja taivuttanut raporttia. Anneli Viherä-Aarnion vastuulla ovat olleet kotimaisten puulajien yleisesittely sekä lainsäädäntöön ja sertifiointiin liittyvä luku. Leena Aarnio on vastannut puuraaka-aineeseen liittyvästä osuudesta sekä osallistunut myös tuhoekysymyksiä käsittelevien osuuksien kirjoittamiseen. Matti Haapanen on tuottanut metsänjalostusta ja Jaana Luoranen metsänviljelyä koskevat tekstit. Juho Matala on vastannut hirvieläintuhojen käsittelystä ja Johanna Riikonen taimituotantoa koskevasta tekstistä sekä ilmastonmuutosluvusta. Karri Uotila on tehnyt viljelyketjujen kustannusvertailut, ja Tiina Ylioja on kirjoittanut tuhoja koskevat tekstit muilta kuin hirvieläimiä koskevilta osilta sekä vieraslajitarkastelun. Kaikki kirjoittajat ovat luke-neet läpi koko raportin sisällön ja kommentoineet sitä.

Tekstin osia ovat kommentoineet sen kirjoittamisen eri vaiheissa Satu Rantala, MMM (lainsäädäntö ja sertifiointi -luku), Markku Nygren ja Gunilla Holmberg, Massbybackan taimisto (siementuotantoa koskevat tekstin osat) sekä Tuula Piri, Luke (juurikäpäluku). Luonnonvarakeskuksen Kannattava ja vastuullinen alkutuotanto -tutkimusohjelman ohjelmajohtaja Mikko Kurttila, Tuottavat metsät -fokusalueen tutkimuspäällikkö Johanna Routa sekä hankkeen vastuututkija Pekka Helenius ovat lukeneet raportin käsikirjoituksen ja kommentoineet sitä rakentavasti. Esitämme heille kaikille parhaat kiitokset. Kiitämme myös kaikkia raporttia varten tietoja toimittaneita henkilöitä.

Raportin valokuvien ottajat on kuvateksteissä ilmaistu nimikirjaimin.

MH – Matti Haapanen
KH – Katri Himanen
SK – Sirpa Kolehmainen
TN – Teijo Nikkanen
EO – Erkki Oksanen
AP – Anna Poimala
SR – Seppo Ruotsalainen
MV – Martti Venäläinen

Sisällys

Tiivistelmä	3
Esipuhe	4
1. Johdanto	7
2. Ilmastonmuutoksen vaikutus metsiin	12
3. Lainsäädäntö ja sertifiointi	15
4. Puulajien esittely	17
4.1. Yleistä	17
4.2. Kotimaiset lajit.....	18
4.2.1. Tervaleppä.....	18
4.2.2. Hieskoivu.....	23
4.2.3. Metsätammi.....	28
4.2.4. Muut jalot lehtipuut.....	36
4.2.5. Muut kotimaiset lehtipuut	45
4.3. Ulkomaiset lajit	48
4.3.1. Siperianlehtikuusi eli arkangelinlehtikuusi	48
4.3.2. Douglaskuusi.....	55
4.3.3. Hybridihaapa	62
4.3.4. Kontortamänty.....	67
4.3.5. Muut ulkomaiset puulajit	75
5. Tuhot ja vieraslajikysymys	79
5.1. Tuhonaiheuttajien vaikutus ja huomiointi puulajivalinnassa	79
5.1.1. Nykyiset tuhonaiheuttajat.....	79
5.1.2. Tulevaisuuden tuhonaiheuttajat.....	81
5.2. Uudistamisvaiheen tärkeimmät tuhonaiheuttajat.....	81
5.2.1. Hirvieläintuhojen vaikutus puulajivalintaan	81
5.2.2. Myyrien ja jänisten aiheuttamat ongelmat	84
5.2.3. Kuusen- ja männynjuurikäpäsyyden huomiointi puulajivalinnassa	86
5.2.4. Tukkimiehentäi	86
5.3. Vierasperäiset puulajit ja tuhokysymys	87
6. Puulajien viljelyketjujen kustannusvertailu	90
7. Tarvittavat toimenpiteet ja tutkimuksen katvealueet	95
7.1. Jalostus ja siemenlähteet	95

7.2. Siementuotanto.....	95
7.3. Taimikasvatus.....	97
7.4. Metsänviljelyketju.....	98
7.5. Puustotuhot.....	99
8. Yhteenveto.....	100
Viitteet.....	103
Liitteet	129

1. Johdanto

Metsien kasvun ja sitä kautta tehokkaan hiilensidonnan edistäminen muuttuvassa ilmastossa edellyttää metsien pysymistä terveinä. Yksipuolinen puulajien käyttö metsänviljelyssä voi lisätä esimerkiksi hyönteis- ja sienituhojen riskiä ilmaston lämmetessä, sään ääri-ilmiöiden lisääntymisessä ja tautipaineen kasvaessa (Felton ym. 2016). Luonnon monimuotoisuuden suojeleminen on tärkeää paitsi luontoekosysteemien itsensä myös luonnonvarojen kestävästä käytöstä ja siten ihmisen hyvinvoinnin kannalta (Euroopan komissio 2020). Metsäekosysteemissä puut ovat merkittävien ja leimallisten kasvillisuuden osa, joka vaikuttaa ratkaisevasti sekä muuhun kasvillisuuteen että sen varassa toimeentulevaan eliöstöön. Lajistoltaan ja ikärakenteeltaan monipuolinen ja vaihteleva puusto ylläpitää luonnon monimuotoisuutta, koska erilaiset puut tarjoavat elinympäristöjä monipuoliselle puusta riippuvaiselle eliölajistolle (Kuuluvainen ym. 2004, Keto-Tokoi & Siitonen 2021). Monimuotoisuus ei kuitenkaan välttämättä edellytä eri-ikäisrakenteisuutta tai puulajiston täyttä kirjoa joka metsikkökuviolla, vaan se voi ilmetä myös aluetasolla.

Metsien puulajisto muuttuu luonnonkatastrofien, sukkession ja pitkällisten prosessien, kuten ilmastomuutoksen seurauksena. Suomen metsistä noin 87 % on ns. talousmetsiä, eli ne eivät ole suojeleksen piirissä (Korhonen ym. 2021). Metsien puulajikoostumus ja ikärakenne määräytyvät talousmetsissä pääosin ihmisen toiminnan tuloksena, vaikka merkittävä osa metsistä uudistetaan luontaisesti ja myös viljelymetsiin syntyy tyypillisesti luontaisia taimia. Toisaalta ilmastomuutos ja esimerkiksi ihmisen voimakkaasti ohjailema hirvieläinten määrä vaikuttavat puulajisuhteisiin myös talouskäytön ulkopuolisilla alueilla. Talousmetsissä puulajivalinnalla on vaikutuksia monimuotoisuuden lisäksi myös sosiaalisen kestävyuden ulottuvuuksiin, kuten maisemaan, sekä metsänkasvatuksesta saatavissa oleviin taloushyötyihin. Eri puulajeilla on erilaiset kasvupaikkaoptimiit, ja jos lajia viljellään sille huonosti sopivalla paikalla, menetetään osa parhaasta saatavilla olevasta puuntuotoksesta.

Puulajikysymystä on tarkasteltava pitkällä aikavälillä; nykytilanteessa pääpuulajimme voivat olla taloudellisesti kannattavin vaihtoehto, mutta koko kiertoajan mittaisessa tarkastelussa tilanne voi olla toinen. Metsien rakenteen monipuolistaminen on riskien hajauttamista sekä muuttuvien ympäristötekijöiden että taloudellisen toimintaympäristön suhteen. Tarvetta selvittää viljeltävien puulajien valikoimaa on korostettu mm. Siementuotannon kehittämissuunnitelman raportissa (Maa- ja metsätalousministeriö 2018).

Metsänviljelypinta-alojen perusteella viljeltyjen puulajien valikoima on selvästi yksipuolistunut 1990-luvun lopulta alkaen (Kuva 1). Koko maan tasolla kuusen osuus on kasvanut 33 %:sta 52 %:iin ja koivun osuus laskenut noin 10 %:sta pariin prosenttiin. Muiden kuin kolmen pääpuulajin osuus viljelyssä on kutistunut vajaasta kolmesta prosentista yhteen promilleen, mihin on eniten vaikuttanut hybridihaavan ja visakoivun viljelyn hiipuminen. Kuusen osuus metsänviljelyssä on lisääntynyt erityisesti Etelä- ja Keski-Suomessa, missä sen osuus on viime vuosina ollut useilla alueilla yli 70 % (Kuva 2). Pohjois-Suomessa puolestaan mänty on vallitseva puulaji metsänviljelyssä, kuten se on ollut jo pitkään.

Yhtenä syynä kuusen viljelyn suosion lisääntymiseen pidetään sitä, että se on muita puulajiamme kestävämpi hirvituhoja vastaan (Viiri 2007). Kuusen istutuksen suosion taustalla voivat olla myös sen viljelyn hyvä onnistuminen (Saksa & Kankaanhuhta 2007) ja kuusipuutavaran hinnannousu 2000-luvun alkuvuosina.

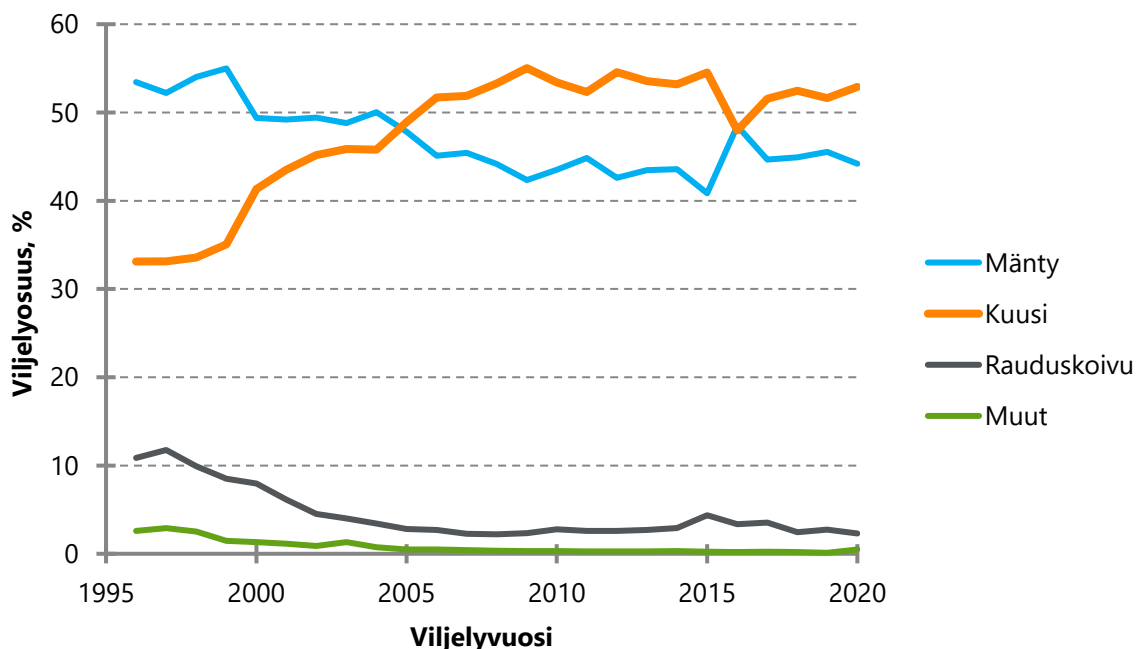
Kuusen viljelyn lisääntyminen alkaa näkyä myös metsien rakenteessa; viimeisimmän valtakunnan metsien inventoinnin (VMI12, 2014–2018) (Korhonen ym. 2021) tulosten mukaan nuorimassa ikäluokassa kuusivaltaisten metsien osuus on kaksinkertainen (38 %) seuraavaan

ikäluokkaan (21–40 vuotta) verrattuna, kun taas lehtipuuvaltaisen metsien osuus on nuorimassa ikäluokassa alle puolet ikäluokan 21–40 osuudesta. (Kuva 3).

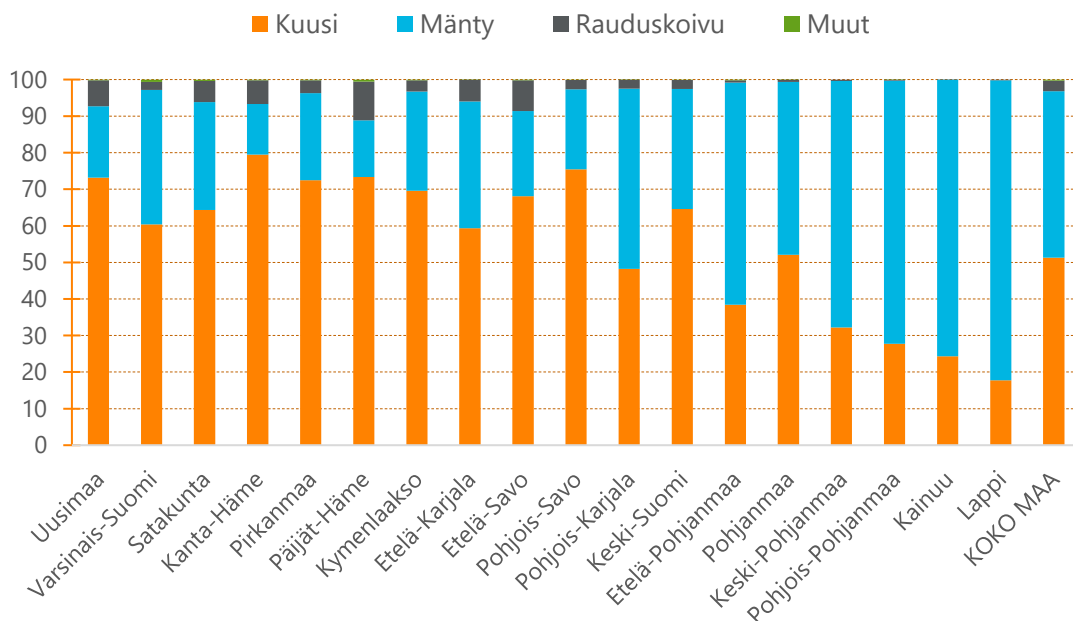
Kuusivaltaisten metsien osuuden kasvaminen voi johtaa metsätuhojen lisääntymiseen, jos ilmasto muuttuu ennusteiden mukaisesti niin, että kesien kuivuus lisääntyy ja sulan maan aikaan osuvien kovien tuulten määrä lisääntyy (Veijalainen ym. 2012, Lehtonen ym. 2020). Muuttuva ilmasto suosii suorien kuivuus- ja tuulituhojen lisäksi kirjanpainajaa sekä juurikäpää (Lehtonen ym. 2020, Venäläinen ym. 2020). Nämä ongelmat korostuvat viljeltäessä kuusta liian karuilla kasvupaikoilla ja sen kiertoajan loppupuolella. Kuusen viljely sille liian karuilla mailla johtaa myös mittaviin kasvutappioihin verrattuna alueelle paremmin sopivaan mäntyyn. Tuhoriskiä voidaan alentaa lyhentämällä kiertoaikoja, mutta tämä voi samalla tarkoittaa tuotoksen alenemista ja ilmastomuutosta hillitsevän metsien hiilivaraston pienenemistä.

Monimuotoisuuden kannalta kuusen viljelyn suosio on ongelmallisinta ravinteikkaimmilla kasvupaikoilla, erityisesti lehdossa. Lehtipuut ja eteläisimmässä Suomessa jalot lehtipuumme menestyvät näillä kasvupaikoilla, jolloin kuusi vie niille soveltuvaa elintilaa. Metsien uhanalaisista lajeista 45,3 % elää lehdossa (Hyvärinen ym. 2019). Näistä lajeista osa on riippuvaisia lehtipuulajeistamme. Lehtolajiston uhanalaisuuden taustalla on elinympäristöjen pienialaisuus – merkittävä osa lehdosta on raivattu pelloiksi – jolloin jäljellä olevien, suojelun ulkopuolella olevien lehtometsien viljelyssä sekä lehtoja ympäröivien peltojen metsityksissä puulajivalinnoilla voidaan tukea lajistollista monimuotoisuutta.

Kuusen viljely painottuu Etelä- ja Keski-Suomeen, missä myös kuusen nykyiset ja ennustetut tulevat ongelmat korostuvat. Siitä syystä tämä tarkastelu keskittyy pääosin kyseiselle alueelle. Lisäksi useimmat mahdolliset vaihtoehtoiset puulajit eivät ilmastollisista syistä edes menesty Pohjois-Suomessa.



Kuva 1. Puulajien osuudet kokonaisviljelyalasta koko Suomessa. Lähde: Luonnonvarakeskus. Tilastotietokanta.

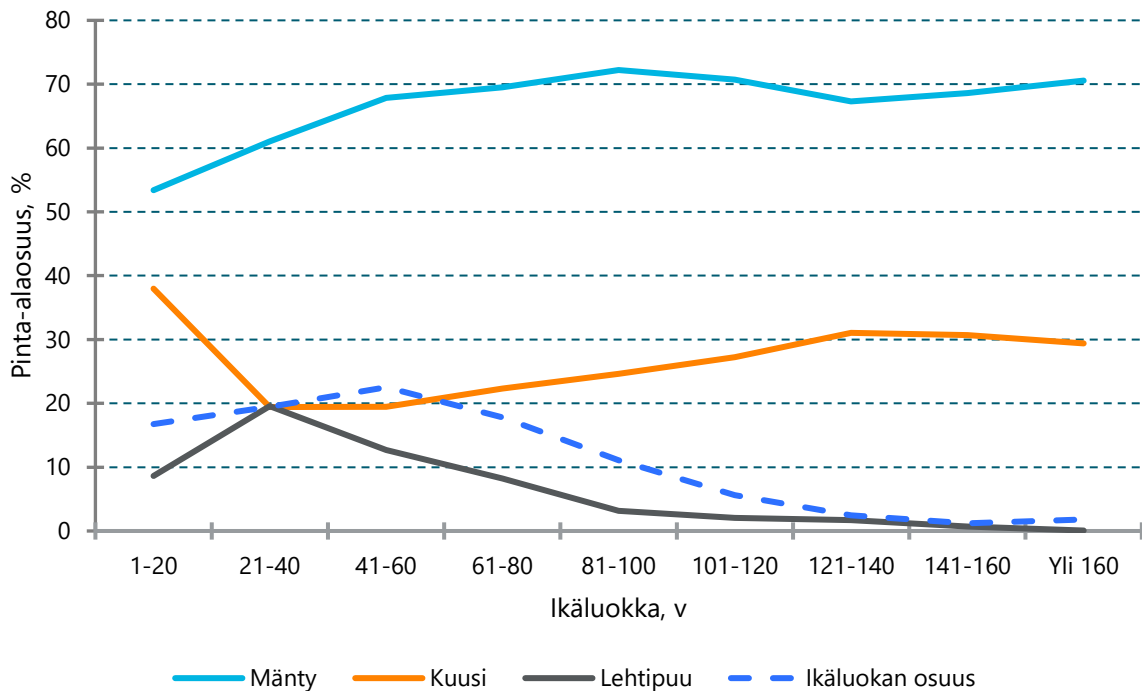


Kuva 2. Puulajien viljelypinta-alan osuus maakunnittain vuosien 2016–2020 keskiarvona. Lähde: Luonnonvarakeskus. Tilastotietokanta.

Metsien puulajikoostumukseen voidaan vaikuttaa paitsi metsänviljelyssä, myös taimikonhoidossa ja ensiharvennuksessa tehtävillä puulajivalinnoilla. Useimmille uudistusaloille tulee luontaisen siemennyksen kautta useiden puulajien taimia, joista voidaan saada hoitotoimien avulla syntymään vähemmistöpuulajeja sisältäviä sekametsiä ja joskus jopa jonkin harvinaisemman puulajin puhdas metsikkö. Luonnonsiemennyksen suosiminen soveltuu erityisen hyvin sellaisille puulajeille, joiden lisäämisen pääasiallinen peruste on niiden merkitys luonnon monimuotoisuudelle, ei niinkään niiden taloudellinen arvo. Tällaisilla puulajeilla voi olla vaikea saada viljelyssä tarvittavia siemeniä tai taimia, joten luontaisen uudistumisen hyödyntäminen on helpoin tai perustamiskustannuksiltaan edullisin tapa lisätä niiden osuutta metsissä. Toisaalta on huomioitava, että puulajeilla, joiden populaatiot ovat tyypillisesti pieniä, esimerkiksi jalot lehtipuut, luontaisesti syntyvän taimiaineksen perinnöllinen vaihtelu voi olla vähäistä. Tällöin perinnöllisen monimuotoisuuden turvaaminen voi edellyttää viljelyä.

Kuusen viljelyn viimeaikainen suosio ei ole vielä muuttanut metsiemme puulajisuhteita kuusen hyväksi, vaan mänty on VMI12 (2014–2018) (Korhonen ym. 2021) tulosten mukaan koko maan tasolla selvästi kuusta runsaampi puulaji sekä tilavuudella että runkoluvulla mitaten (Taulukko 1). Männyn osuus metsien puustosta on tilavuuden perusteella tasan puolet ja runkoluvusta 23 %. Kuusella vastaavat osuudet ovat 30 % ja 18 %. Kuusettuminen koskee ensisijaisesti Etelä-Suomea ja nuorimpia ikäluokkia.

Luontaisen uudistumisen suuresta merkityksestä metsien puulajikoostumukselle kertoo se, että tilavuudeltaan kolmanneksi merkittävin puulaji on hieskoivu (12 %), selvästi rauduskoivua (5 %) suuremmalla osuudella, vaikka hieskoivun viljely on ollut hyvin marginaalista. Runkoluvulla mitaten hieskoivu on ylivoimainen ykkönen metsiemme puulajien joukossa (40 %). Myös haapaa on lähes 2 % sekä tilavuudesta että runkoluvusta, ja runkoluvussa sekä harmaaleppä (2,5 %) että pihlaja (8,7 %) yltävät yli yhden prosentin osuuteen. Luontainen uudistuminen tarjoaa siis hyvän lähtökohdan metsien puulajivalikoiman monipuolistamiseen näiden lähinnä monimuotoisuutta turvaavien lajien osalta, mikäli liian suuri hirvieläinkanta ei tee tällaisia ponnisteluja turhiksi.



Kuva 3. Vallitsevan puulajin osuus ikäluokittain puuntuotannon metsämaalla koko maassa VMI12:n (2014–2018) mukaan. Ikäluokan osuutta kuvaava käyrä (katkoviiva) kertoo kyseisen ikäluokan osuuden metsämaan pinta-alasta. Lähde: Korhonen ym. 2021.

Ulkomaiset puulajit tarjoavat yhden mahdollisuuden laajentaa metsiemme puulajivalikoimaa, vaikka niiden käyttö metsänviljelyssä onkin hyvin vähäistä, eivätkä sen paremmin lainsäädäntö kuin meillä yleisesti käytetyt metsien sertifiointimenetelmäkään rohkaise niiden käyttöön. Vauruksellisen suhtautumisen taustalla on mm. huoli muualta tuotujen puulajien hallitsemattomasta leviämisestä luonnossa sekä vähäisessä määrin kasvatettujen lajien puutavaran kysynnän epävarmuus. Toisaalta ne voivat tarjota hyvän puuntuotoskykynsä, kestävyytensä tai tuottamansa arvokkaan raaka-aineen vuoksi taloudellisesti kilpailukykyisen vaihtoehdon paikallisille puulajeille. Ulkomaiset puulajit voivat myös tulla kysymykseen, jos puuston kasvunopeus ja siten hiilensidonnin tehokkuus ovat metsätalouden ensisijaisia tavoitteita. Tehokas ja voimaperäinen puuntuotanto ulkomaisten puulajien avulla jollain monimuotoisuuden kannalta toisarvoisella kasvupaikalla voi mahdollistaa suojelun ja paremman monimuotoisuuden huomioimisen tämän tarkoituksen kannalta arvokkaammilla alueilla.

Metsien puulajiston yksipuolisuuden vaaraan on kiinnitetty huomiota myös metsänhoidon ohjeistuksessa. Vaikka ensisijaisesti suositellaankin käyttämään pääpuulajeja, ohjeissa kehoitetaan monimuotoisuuden vuoksi käyttämään puulajeja monipuolisesti ja suosimaan sekapuustoja (Äijälä ym. 2019). Metsänviljelyssä käytettävien puulajien kirjoa pyritään kasvattamaan myös valtion tukitoimin. Uudessa joutoalueiden metsitystuessa kustannuskorvaus maksetaan 20 %:lla korotettuna (300 €/ha), jos vähintään neljännes viljelyalan taimista on jaloja lehtipuuta tai tervaleppää (Metsäkeskus 2021b).

Ilmastonmuutoksen voidaan sanoa jossain määrin muuttaneen koko alkuperäinen-vierasperäinen-käsiteparin perusteita: kun olosuhteet muuttuvat riittävästi, alueen alkuperäislajistokaan ei välttämättä ole enää riittävän hyvin sopeutunut uusiin olosuhteisiin. Tässä tilanteessa on mahdollista, että muualta siirretyt populaatiot tai lajit ovatkin alun perin alueella kasvaneita paremmin sopeutuneita muuttuneisiin olosuhteisiin. Tällöin ihminen voi toiminnallaan nopeuttaa

sopeutumista käyttämällä paremmin sopeutunutta metsänviljelyaineistoa (avustettu leviäminen; Winder ym. 2011).

Jotta metsien kasvu ja monimuotoisuus pystytään varmistamaan myös tulevaisuudessa, tässä selvityksessä arvioidaan kotimaisten, vähän viljeltyjen lehtipuiden sekä ulkomaisten puulajien viljelyn lisäämisen mahdollisuuksia ja riskejä muuttuvassa ilmastossa. Tavoitteena on tuottaa tietoa puulajivalikoiman monipuolistamisesta ilmastonmuutokseen sopeutumiseksi ja metsäluonnon monimuotoisuuden lisäämiseksi. Selvitys myös vastaa osaltaan Metsäpuuiden siementuotannon kehittämisryhmän vuonna 2018 esittämään huoleen puulajivalikoiman yksipuolisuudesta.

Taulukko 1. Kymmenen puuston kokonaistilavuuden mukaan yleisimmän puulajin osuudet puuston tilavuuden ja runkoluvun mukaan ilmaistuna koko maassa VMI12:n (2014–2018) mukaan. ”Lehtikuusi” pitää sisällään kaikki *Larix*-suvun lajit, tarkoittaen pääasiassa siperianlehtikuusta. Lähde: Korhonen ym. 2021.

Puulaji	Puulajin osuus, %	
	Tilavuus	Runkoluku
Mänty	50,1	23,3
Kuusi	29,9	18,0
Rauduskoivu	4,9	4,2
Hieskoivu	11,7	39,8
Haapa	1,6	1,7
Harmaaleppä	0,7	2,5
Tervaleppä	0,3	0,3
Pihlaja	0,3	8,7
Raita	0,3	0,7
Lehtikuusi	0,08	0,03

2. Ilmastomuutoksen vaikutus metsiin

Maapallon ilmasto lämpenee kasvihuonekaasujen, kuten hiilidioksidin, metaanin ja typpioksiduulin pitoisuuksien kohotessa ilmakehässä ihmistoiminnan seurauksena. Suomi ja muut pohjoiset alueet ovat lämmenneet 1800-luvun lopulta lähtien enemmän kuin maapallo keskimäärin. Suomen vuosikeskilämpötila on noussut 2,3 °C:lla, ja lämpeneminen on kiihtynyt 1960-luvulta alkaen (Mikkonen ym. 2015). Lämpötilat ovat kohonneet erityisesti talvella, jolloin lämpötila on noussut 2–3 °C, kun taas kesä on lämmennyt runsaan asteen. Myös kevätkuukausien lämpötilat ovat nousseet vuosikeskiarvoa enemmän. (Lehtonen ym. 2020, Aalto ym. 2021). Huippukorkeiden kuukausi- ja vuodenaikaiskeskilämpötilojen esiintyminen on yleistynyt ja kylmien jaksojen harvinaistunut viimeisten vuosikymmenten aikana. Muissa ilmaston piirteissä, kuten sateisuudessa, tuulisuudessa ja pilvisyydessä ei ole havaittu suuria pitkäaikaismuutoksia (Räisänen & Ruokolainen 2008, Gregow ym. 2020). Kevään alkaminen on aikaistunut, mitä havainnollistaa jopa 12 vuorokaudella aikaistunut lehtien puhkeaminen keväällä sadan vuoden aikana (Linkosalo ym. 2009). Suomen ilmasto lämpenee tällä hetkellä vajaa puoli astetta vuosikymmenessä (Lehtonen ym. 2020).

Ilmastomuutoksen kehittymistä arvioidaan niin sanottujen RCP-skenaarioiden avulla (Representative Concentration Pathways eli pitoisuuksien kehityskulun skenaariot), jotka kuvaavat kasvihuonekaasu- ja hiukkaspäästöjen kertymistä ilmakehään. Skenaarioita on neljä: RCP2.6 (optimistisin eli hyvin vähän kasvihuonekaasupäästöjä), RCP4.5, RCP6.0 ja RCP8.5 (pessimistisin eli erittäin runsaasti päästöjä) (van Vuuren ym. 2011). Pessimistisimmän skenaarion mukaan lämpötila nousee Suomessa 1–4 °C kesällä ja 2–7 °C talvella vuosisadan toisen puoliskon aikana verrattuna ajanjaksoon 1981–2010 (Ruosteenoja ym. 2016). Jos kasvihuonekaasupäästöjä onnistutaan vähentämään kohtuullisesti (skenaario RCP4.5), Keski-Suomessa vallitsisi tuolloin samankaltaiset lämpöolot kuin Puolassa tällä hetkellä (Ruosteenoja 2013). Lämpeneminen pidentää kasvukausia ja suurentaa kasvukauden aikana kertyvää lämpösomaa. Ruosteenojan ym. (2020) mukaan (skenaario RCP4.5) boreaalisella vyöhykkeellä (eräiden erikoistermien selitykset, ks. Liite 7) terminen kesä (vuorokauden keskilämpötila > 10 °C) tulee pitenemään, ja terminen talvi (vuorokauden keskilämpötila < 0 °C) lyhentymään noin 2 viikkoa sekä alku- että loppupäästä vuosisadan puoliväliin mennessä verrattuna ajanjaksoon 1971–2000. Pohjois-Suomessa kesät voivat pidentyä, ja Etelä-Suomessa talvet lyhentyä keskimääräistä enemmän.

Ilmastomuutoksen vaikutukset metsien kasvuun ja rakenteeseen ovat vaikeasti ennustettavissa, koska ne tulevat todennäköisesti olemaan erilaisia eri leveyspiireillä, erilaisilla kasvupaikoilla ja eri lajien välillä, ja ovat sitä suurempia mitä voimakkaammin ilmasto muuttuu (Venäläinen ym. 2020). Pienetkin muutokset kasvuolosuhteissa voivat aiheuttaa muutoksia lajien välisessä kilpailussa (Hänninen 2016). Boreaalisten metsien kasvua rajoittaa nykyilmastossa kasvukauden pituus, alhaiset lämpötilat kasvukaudella ja paikoitellen alhainen ravinnetaso. Ilmastomuutoksen myötä näiden rajoitteiden merkitys vähentyy kasvukausien pidentyessä ja lämmitessä, sekä maaperän orgaanisen aineksen hajoamisnopeuden kiihtyessä (Venäläinen ym. 2020). Valojakson pituuden pysyminen muuttumattomana ja pilvisyyden ennustettu lisääntyminen syksyllä tosin hillitsevät kasvukauden pitenemisen vaikutusta kasvuun etenkin syksyllä (Hänninen 2016). Ilmakehän kohoava hiilidioksidipitoisuus kiihdyttää yhteyttämistä ja parantaa veden käytön tehokkuutta, mikä saattaa edelleen nopeuttaa metsien kasvua tulevaisuudessa (Ainsworth & Rogers 2007).

Arviot metsätalouden pääpuulajiemme (kuusi, mänty ja rauduskoivu) menestymisestä 50–100 vuoden ajanjaksolla vaihtelevat laskelmissa käytettävän ilmastomuutosmallin ja maantieteellisen sijainnin mukaan. Pohjoisilla alueilla erityisesti koivun kasvu saattaa lisääntyä, mutta myös kuusi ja mänty saattavat hyötyä muuttuvista olosuhteista. Etelä-Suomessa kasvu puolestaan

vähentynee erityisesti kuusella, mutta myös männyllä (Kellomäki ym. 2018, Venäläinen ym. 2020).

Ennusteiden mukaan lämpimät jaksot eri vuodenaikoina yleistyvät edelleen ja hellepäivien lukumäärä kasvaa vuosisadan loppuun mennessä, kun taas kylmiä jaksoja esiintyy entistä harvemmin (Kim ym. 2018). Keväällä ja kesällä kuivuusjaksot saattavat lisääntyä lämpenemisen, aikaistuneen kevään ja vähälumisten talvien seurauksena (Veijalainen ym. 2012). Myös kevään ja kesän kuivuusjaksot saattavat muuttaa olosuhteet joillekin lajeille, kuten kuuselle, vähemmän optimaalisiksi (Venäläinen ym. 2020). Maan kosteussisällön ennustettu pieneneminen kesällä voi johtaa myös metsäpaloavaaran kasvamiseen (Lehtonen ym. 2016). Kesällä rajuilmoihin liittyviä voimakkaita tuulenpuuskiä saattaa esiintyä useammin kuin nykyilmastossa (Gregow ym. 2020).

Puulajien välillä on havaittu eroja tuulituhoalttiudessa, vaikka aina ei voidakaan varmasti erottaa puulajin ja kasvupaikan vaikutusta. Keski-Euroopassa on todettu tuhojen olevan suurimpia kuusella, douglaskuusella, kontortamännyllä ja poppeleilla, keskimääräisiä männyllä, pyökillä ja koivuilla ja vähäisimpiä lehtikuusella, tammella, lehmuksella ja saarnella. Talviaikainen lehdetömyys pienentää talvisia tuulituhoja. (Hanewinkel ym. 2013, Mason & Valinger 2013)

Talvisin sadepäivien lukumäärä kasvaa ja pilvisuus lisääntyy (Ruosteenoja ym. 2016). Maaperän roudan syvyys vähenee, jolloin maan kantavuus huonontuu. Vaikka Pohjois-Euroopassa ei ole odotettavissa suurta muutosta tuulisuudessa tai talvimyrskyjen esiintyvyydessä, roudan väheneminen ja maaperän märkyys syystalvella lisäävät tuulituhojen riskiä. Lumipeitekausi lyhenee erityisesti Etelä-Suomessa, mutta runsaiden lumisateiden määrä ja puiden lumituhoriskit saattavat ajoittain jopa lisääntyä (Lehtonen ym. 2020). Lumipeitteen puuttuminen ja toistuvat maaperän jäätyminen ja sulamisen jaksot voivat aiheuttaa tuhoa taimikoissa (Williams ym. 2015). Lumipeitekauden lyheneminen Etelä-Suomessa altistaa etenkin vastaistutetut taimet talvituholle ja ahavalle, koska vaikka roudan syvyys pienenee, ei maa kuitenkaan ole täysin roudattonta. Eteläiset lajit, myös lehtipuut, voivat haihduttaa runsaasti lämpöjaksojen aikana talvella, mikä lisää niiden talviaikaisen kuivumisen riskiä niiden levinneisyysalueensa pohjoisrajalla ja sen ulkopuolella (Tranquillini 1982).

Lämpenevän ilmaston myötä bioottiset metsätuhot yleistyvät erityisesti Etelä- ja Keski-Suomessa. Ilmastonmuutos tekee Suomessa jo nykyisinkin metsätuhoja aiheuttavien tuhohyönteisten, kuten kirjanpainajan (*Ips typographus*) (Kuva 4) ja tukkimiehentäin (*Hylobius abietis*) lisääntymis- ja kehittymisolosuhteet suotuisammiksi, ja mahdollistaa myös aiemmin harvinaisten tuhohyönteisten yleistymisen. Pidempi kasvukausi ja leudommat talvet lisäävät kuusen- ja männynjuurikäävän (*Heterobasion parviporum* ja *H. annosum*) itiöintiaikaa. Lisäksi tuulituhojen, kuivuuden ja muiden stressitekijöiden heikentämä puusto on altis hyönteistuholaisille sekä lahottajasienille, kuten juurikäävälle (Lehtonen ym. 2020; Venäläinen ym. 2020). Samoin esimerkiksi juurikäävän heikentämät puut ovat entuudestaan herkkiä kuivuudelle ja siten seuraustuholle. Lahojuurisat kuuset roudattomassa maassa ovat alttiita tuulituhoille, mikä lisää etenkin kirjanpainajatuhojen mahdollisuuksia. Lämpimät kesät ja kuivuus voivat toisaalta vähentää sellaisten tautien riskiä, joiden itiöinti vaatii kosteita olosuhteita, esim. versosurma.

Suomen ilmastoa luonnehtivat suuret vuodenaikaisvaihtelut. Puulajin ja -populaation menestyminen boreaalisella vyöhykkeellä edellyttää sen vuosittaisen kehityssyklin ja ilmastollisen vuosisyklin synkronointia. Puiden on saavutettava riittävä pakkaskestävyys ennen syyshalloja ja toisaalta pakkaskestävyyden purkautuminen talvella tai liian aikaisin keväällä lauhojen jaksojen seurauksena altistaa ne myöhempien pakkasjaksojen aiheuttamille vaurioille, ellei uudelleen karaistumista ehdi tapahtua (Hänninen 2016). Ilman lämpötila ja yön pituus ovat tärkeimmät puiden vuosisyklin tapahtumien ajoittumista säätelevät tekijät. Kullakin puulajilla ja alkuperällä

on niille tyypillinen kriittinen yön pituus, jonka ylittyessä syksyllä niiden pituuskasvu päättyy, silmut alkavat muodostua ja karaistumiskehitys alkaa, edeten lämpötilan laskiessa (Ekberg ym. 1979). Tällöin silmut ovat fysiologisessa lepotilassa, jolloin ne eivät lähde kehittymään ennen tietyn ajan altistumista viileille lämpötiloille ($< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Tämän jälkeen riittävän pitkä altistus korkeille lämpötiloille saa aikaan puiden pakkaskestävyyden alenemisen, ja lopulta myös silmujen puhkeamisen. On mahdollista, että kevätkuukausien lämpötilojen kohotessa puiden pakkasvauriot yleistyvät (Hänninen 2016). Toisaalta lämpötilojen nousu talvella kiihdyttää solujen aineenvaihduntaa, jolloin puiden energiavarastot hiipuvat talven aikana. Tämä voi vaikuttaa puiden elinvoimaan ja vaurioalttiuteen talven jälkeen (Williams ym. 2015).



Kuva 4. Kirjanpainajan tappamia puita ja puuryhmiä pohjoissavolaisessa kuusikossa. Oikeanpuoleisessa kuvassa kirjanpainajan toukkakäytäviä kuusen kuoren sisäpinnalla. KH

Koska sääolosuhteet vaikuttavat puiden kukintarunsauteen, siementen tuleentumisajankohtaan sekä horrosilmiöiden kehittymiseen, ilmastonmuutos tulee oletettavasti vaikuttamaan luontaiseen uudistumiseen ja siementuotantoon. Lämpimät kesät indusoivat kukintaa monilla puulajeillamme (Zamorano ym. 2018). Lajin esiintymisalueen pohjoisrajoilla siemenet oletettavasti tuleentuvat aiempaa säännöllisemmin ilmaston lämmitessä. Esimerkiksi metsälehmuksen siementen tuleentumisen ja siten suvullisen lisääntymisen rajoittavana tekijänä ovat viileät syksyt (Pigott 1981). Toisaalta lämpenevä ilmasto oletettavasti suosii siemen- ja käpytuholaisia, joten vaikutukset lisääntymiskykyyn voivat olla myös negatiivisia.

3. Lainsäädäntö ja sertifiointi

Metsälaki täydentävine asetuksineen ottaa kantaa puulajikysymykseen silloin, kun hakkuiden seurauksena metsän uudistamisvelvoite astuu voimaan. Laki metsänviljelyaineiston kaupasta koskee käytettävää metsänviljelyaineistoa, eli siementen ja taimien kauppaa. Luonnonsuojelulain nojalla tietyt elinympäristöt tai puulajit voivat olla suojeltuja. Lainsäädännön lisäksi metsien käsittelyyn ja sen mukana myös puulajien käyttöön vaikuttavat metsäsertifiointijärjestelmät, joihin metsänomistajat voivat sitoutua. Suomessa on käytössä kaksi sertifikaattia, PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification) ja FSC (Forest Stewardship Council). Noin 90 % prosenttia Suomen metsistä on sertifioitu PEFC- ja 10 % FSC-järjestelmässä (Metsäkeskus 2022).

Metsälain ([20.12.2013/1085](#)) 8 §:n 1 momentissa tarkoitettussa metsän uudistamisessa taimikon saa perustaa männyn, kuusen, rauduskoivun, haavan, siperianlehtikuusen, vaahteran, tervalepän, tammen, kynäjalavan, vuorijalavan, metsälehtikuusen, saarnen ja hybridihaavan taimilla tai siemenillä, jotka ovat alkuperään ja kasvupaikkaan nähden sopivia. Taimikon saa perustaa hieskoivun taimilla tai siemenillä vain turvemilla, kangasmaiden soistuneissa osissa ja tiiviillä savitai hiesuvaltaisilla mailla. Muilla kasvupaikoilla hieskoivua voidaan käyttää asetuksen 30.12.2013/1308 mukaisesti täydentävänä puulajina pohjoisessa Suomessa enintään 50 % ja muualla enintään 20 % hyväksyttävistä taimista.

Jos taimikko perustetaan muilla kuin 1 momentissa mainituilla puulajeilla, on Metsäkeskukselle jätettävässä metsänkäyttöilmoituksessa esitettävä riittävä selvitys niiden kasvatuskelpoisuudesta ja alkuperän soveltuvuudesta uudistettavan alueen olosuhteisiin.

Laissa metsänviljelyaineiston kaupasta (5.4.2002/241) säädetään mm., että vain metsänviljelyaineistodirektiivin vaatimukset täyttävää luokiteltua ja hyväksyttyä metsänviljelyaineistoa saa myydä ja markkinoida metsänviljelytarkoituksiin. Myös muista Euroopan unionin maista maahantuotavan metsänviljelyaineiston on täytettävä laissa asetetut vaatimukset. EU:n ulkopuolista metsänviljelyaineistoa saa käyttää vain poikkeusluvalla. Laki koskee vain ammattimaista toimintaa.

Puulajien suojelua säädellään luonnonsuojelulaissa (1096/1996) luontotyyppien ja yksittäisten lajien suojelun kautta. Luonnonsuojelulain 29 §:ssä mainittuja suojeltuja luontotyyppisiä, joiden suojelun perusteena on nimenomaan puulaji, ovat luontaisesti syntyneet, merkittävilta osin jaloista lehtipuista koostuvat metsiköt, pähkinäpensaslehdot, tervaleppäkorvet ja katajakedot. Kyseisiin luontotyyppisiin kuuluvia luonnontilaisia tai luonnontilaiseen verrattavia alueita ei saa muuttaa niin, että luontotyyppien ominaispiirteiden säilyminen kyseisellä alueella vaarantuu. Mainituista luontotyypeistä annetaan tarkempia säädöksiä luonnonsuojeluasetuksessa (14.2.1997/160).

Luonnonsuojeluasetuksen (14.2.1997/160) liitteessä 3a mainittuja koko maassa rauhoitettuja puulajeja ovat kynäjalava (*Ulmus laevis*), vuorijalava (*U. glabra*) ja metsäomenapuu (*Malus sylvestris*). Ahvenanmaalla on lisäksi rauhoitettu muutamia puulajeja maakuntahallituksen omilla rauhoitussäännöksillä.

PEFC-sertifiointi edellyttää, että metsänuudistamisessa käytetään Suomen luontaiseen lajistoon kuuluvia puulajeja erityistapauksia lukuun ottamatta. Siperianlehtikuusi rinnastetaan Suomen luontaiseen lajistoon kuuluviin puulajeihin. Erityistapauksia ovat muun muassa puisto- ja taajamametsiköiden perustaminen, joulukuusten kasvatus ja havujen tuotanto, maiseman hoidon tai kulttuuriympäristön säilymistä varten istutetut metsiköt ja puut sekä hybridihaavan viljely (PEFC Suomi 2014). Tämän kriteerin toteutumisen indikaattorina on se, että Suomen

alueellisten PEFC-ryhmäsertifikaattien haltija Kestävän Metsätalouden Yhdistys ry. laatii vuosittain yhteenvedon muiden kuin Suomen luontaiseen lajistoon kuuluvien puulajien uudistamis-pinta-alasta.

FSC-sertifiointissa vierasperäisten lajien käyttöä valvotaan ympäristövaikutuksia koskevan periaatteen 6 mukaisesti haitallisten ekologisten vaikutusten välttämiseksi. Metsänomistajan tulee dokumentoida kaikkien metsänuudistamisessa käytettyjen vierasperäisten siementen ja taimien alkuperä viljelymateriaalin tuottajalta saadun tiedon mukaisesti (Suomen FSC-yhdistys 2011).

FSC-sertifikaatin mukaan metsänomistaja saa kasvattaa metsätalouskäytössä vierasperäisiä puulajeja korkeintaan 5 % metsämaan pinta-alasta. Metsänomistaja, jolla on alle 50 hehtaaria metsämaata, rajoittaa ulkomaisten puulajien käytön 2,5 ha pinta-alalle. Suurmetsänomistajat (metsäpinta-ala yli 500 ha) saavat uudistaa 5-vuotiskaudella vierasperäisille puulajeille korkeintaan 3 %:n osuuden viljely- tai uudistusalaista. Metsänomistajan tulee seurata ja dokumentoida vierasperäisten puulajien esiintymistä ja suurten metsänomistajien on poistettava istutusalueen ulkopuolelle levinneet vierasperäisen puulajin taimet, jos vierasperäinen puulaji leviää voimakkaasti. Tämä velvoite ei koske kuitenkaan siperianlehtikuusta. Vierasperäisten lajien sijaintitiedot on dokumentoitava metsäsuunnitelmaan.

Sen paremmin metsälaki kuin sertifiointisäännötkään eivät siis ehdottomasti kiellä ulkomaisten puulajien viljelyä, mutta rajaavat niiden käyttöä. Metsälaki on tässä suhteessa väljin, riittää kun pystyy ulkomaisen (tai muun metsälaissa mainitsemattoman) puulajin kohdalla osoittamaan, että laji on kasvatuskelpoinen ja käytetty alkuperä sopii kasvupaikalle. PEFC-sertifiointi rajaa ulkomaisten puulajien käytön erityistapauksiin. Esimerkkeinä mainitut tapaukset eivät sisällä tehokasta puuntuotantoa tai erikoispuutavaran tuotantoa, mutta eivät toisaalta sulje sitä pois-kaan.

FSC-sertifiointin asettamien pinta-alarajoitusten seurauksena ulkomaisten puulajien viljely jää käytännössä vähäiseksi metsissä, jotka on liitetty tähän sertifikaattiin. Nämä rajoitukset perustuvat kuitenkin kriteerejä mittaaviin indikaattoreihin, jotka ovat kansallisessa päätösvallassa. Tässä suhteessa onkin merkille pantavaa, että Ruotsin FSC-sertifikaatissa ei ole mitään pinta-alarajoitusta ulkomaisten puulajien käytölle, niiden käyttö on vain pystyttävä perustelemaan merkittävillä tuotos- tai muilla eduilla (Forest Stewardship Council 2020). Kansallisen päätäntävallan merkitystä sertifiointijärjestelmien toteuttamisessa korostaa myös Derks (2019). Esimerkiksi Uuden-Seelannin montereynmännyn (*Pinus radiata*) viljelykset kuuluvat FSC-sertifiointin piiriin (Forest Stewardship Council 2013).

4. Puulajien esittely

4.1. Yleistä

Seuraavassa esitellään kolme kotimaista (tervaleppä, hieskoivu ja tammi) ja neljä ulkomaista (siperianlehtikuusi, douglaskuusi, hybridihaapa ja kontortamänty) puulajia, joilla arvioidaan pitkäaikaisen koetoiminnan ja muun viljelyn perusteella olevan pääpuulajiemme lisäksi parhaat mahdollisuudet muodostaa kasvukykyisiä metsiköitä käytännön metsätaloudessa. Näitä lajeja viljellään nykyään tai on viljelty aikaisemmin jossain määrin, joten niistä on kertynyt jo käyttökokemuksia vuosien mittaan. Siperianlehtikuusi ja hybridihaapa on tässä tarkastelussa luokiteltu ulkomaisiksi lajeiksi, vaikka edellinen rinnastetaankin metsien PEFC-sertifiointisäännöissä kotimaisiin puulajeihin ja hybridihaapa on kotimaisen ja pohjoisamerikkalaisen haavan välinen risteymä.

Näiden lisäksi käsitellään lyhyesti muut Suomen jalot lehtipuut (tammen lisäksi) sekä eräitä muita kotimaisia ja ulkomaisia puulajeja. Tarkasteluun on otettu kaikki metsälaiissa metsänuudistamisessa sallituiksi esitetyt puulajit, luonnon monimuotoisuuden kannalta merkittävät lajit sekä sellaiset ulkomaiset puulajit, jotka ovat olleet esillä tutkimuksessa, käytännön metsätaloudessa tai julkisessa keskustelussa. Kotimaista metsähaapaa ei erikseen käsitellä, mutta hybridihaapaa koskeva esittely soveltuu pääosin myös siihen, lukuun ottamatta puuntuotoskykyä, joka on hybridihaavalla selvästi parempi.

Männyn ja rauduskoivun viljelymäärien palauttaminen vuosituhanen vaihteessa vallinneelle tasolle olisi mittakaavaltaan vaikuttavin viljeltyjen puiden monipuolistamistoimenpide. Erityisesti näiden puulajien viljelyn lisäämisellä pystyttäisiin vähentämään kuusen viljelyn lisääntymisestä johtuvia tulevaisuudessa todennäköisesti odottavia ongelmia. Männyn ja rauduskoivun viljely, taimikasvatus ja siementuotanto tunnetaan kuitenkin jo niin hyvin, että näitä lajeja ei ole syytä esitellä tässä yhteydessä (ks. Nygren 2003, Niemistö ym. 2008, Rikala 2012, Luoranen ym. 2020).

Puulajikuvauksiin on haettu kirjallisuudesta tietoa, jolla on merkitystä tarkasteltujen puulajien viljelyssä, kasvatuksessa ja käytössä sekä siemen- ja taimituotannossa. Tiedot ja niiden tieteellinen taso vaihtelevat puulajeittain. Kirjallisten lähteiden lisäksi kuvauksiin on sisällytetty myös käytännöstä saatuja havaintoja ja kokemuksia.

Raportissa käytetään kaikkien puulajien kohdalla yksinkertaisuuden vuoksi termiä "siemenet", vaikka ainoastaan havupuilla tämä on kasvitieteellisesti paikkansa pitävää. Koppisiemenisillä, eli kaikilla lehtipuilla, kukinnoista kehittyvä ja puusta irtoava uusi yksilö on hedelmä. Lehtipuiden hedelmätyyppien tarkat nimitykset voi tarkistaa esim. Metsäpuiden siemenoppaasta (Nygren 2003, s. 12). Puulajikohtaiset kuvaukset siementuotannollisista ominaisuuksista on laadittu raporttiin valituista keskeisistä puulajeista sekä jaloista lehtipuista.

Asetus metsänviljelyaineiston kaupasta edellyttää, että myytävien siemenerien itävyyden ja muiden ominaisuuksien määrittämisessä noudatetaan mahdollisimman tarkoin kansainvälisesti hyväksytyjä menetelmiä, käytännössä siementestausjärjestöjen ISTA:n (International Seed Testing Association) ja AOSA:n (Association of Official Seed Analysts) ohjeistuksia. Pienimuotoisen toiminnan yhteydessä voidaan asetuksen pohjana olevan EU-direktiivin mukaan poiketa näistä vaatimuksista. Ohjeistavana ja valvovana viranomaisena on Ruokavirasto. Idätysolosuhteiden tarkastelussa painopiste on tässä raportissa tutkimuskirjallisuudessa sekä lähteissä, jotka kuvaavat käytännön siementuotantoa. Siementestausjärjestöjen ohjeet ovat tarkastettavissa

järjestöjen omista julkaisuista. Siementen elävyyttä voidaan arvioida idätystestien lisäksi mm. solukkovärjäyksin sekä röntgenkuvauksella.

Raportin liitteissä 1, 2 ja 3 esitetään tässä raportissa käsitellyistä puulajeista, ja eräistä muistakin, yleisiä kokotietoja, tietoja puuraaka-aineen ominaisuuksista sekä viime vuosien taimituotantomääristä. Eri puulajien merkitystä muutamien naapurimaiden (Ruotsi, Viro, Latvia, Liettua ja Tanska) metsätaloudessa on tarkasteltu siemenviljelytilastojen avulla, koska siemenviljelysten perustaminen kuvastaa puulajin merkitystä maan metsätaloudessa, kun viljelymääristä on puutteellisesti tilastotietoa (Liite 4). Eräiden lajien jalostusta koskevat tilastotiedot on saatu Luonnonvarakeskuksen Metsägeneettisestä rekisteristä.

4.2. Kotimaiset lajit

4.2.1. Tervaleppä

Tervaleppä (*Alnus glutinosa*) esiintyy luontaisena Etelä- ja Keski-Suomessa, Kokkolan – Nurmeksen korkeudelle harvinaistuen siitä pohjoiseen mentäessä. Pohjoisimmat tervalepät löytyvät Rovaniemen korkeudelta (Väre ym. 2021). Tervalepän levinneisyysalue kattaa Euroopan keskiboreaaliselta lauhkealle vyöhykkeelle saakka ulottuen myös Pohjois-Afrikkaan ja Lounais-Siperiaan (Jonsell 2000).

Tervalepän kasvupaikkoja ovat järven- ja merenrannat sekä mätät, usein tulvaiset, rehevät korvet, puronvarret ja soiden laitamat (Väre ym. 2021). Tervaleppä on pioneeripuu, joka uudistuu myös kantovesoista siemenellisen lisääntymisen ohella. Siemenissä on kelluntaontelot, jotka auttavat siemenen leviämässä rannoilla ja sulamisvesien mukana (Kujala 1924, viitattu julkaisussa Nygren 2003).

Tervaleppä kasvaa usein monirunkoisina puuryhminä. Se saavuttaa yleensä 8–25 metrin pituuden, mutta pisin Suomessa mitattu tervaleppä on 33-metrinen (Liite 2). Tervaleppä on nuorena todella nopeakasvuinen. Hyvillä kasvupaikoilla se kasvaa komeaksi tukkipuuksi tavallisesti 30–50 vuoden kiertojalla (Kiuru 2008). Pienen tukkipuun koon se voi saavuttaa jo 25-vuotiaana (Pihlström 2021).

Tervaleppämetsiköiden monimuotoisuusarvo elinympäristöinä on suuri. Tervaleppäkorpi on luonnonsuojelulain nojalla suojeltu luontotyyppi, ja myös muut tervaleppää kasvavat korvet ovat arvokkaita elinympäristöjä (Meriluoto & Soininen 1998).

Tervalepän puuaine on keskiraskasta ja kuidut lyhyitä (Liite 3). Syyt ovat suoraa ja puu on tasa-laatuista, eivätkä vuosilustot erotu helposti. Tervalepän pinta- ja sydänpuu ovat samavärisiä, ja kaatamisvaiheessa väriltään lähes valkea puuaine muuttuu kaadon jälkeen punaruskeaksi. Tervaleppä on taipuisaa, eikä halkeile tai kieroudu pahasti kuivattaessa. Huolellisen kuivauksen jälkeen puuaine kestää hyvin kosteusvaihtelua. Tervaleppää voidaan käyttää vedessä oleviin rakenteisiin, kuten paaluihin, vaikka maassa puu lahoaa nopeasti (Fagerstedt ym. 2016).

Tervalepän puuaine on pehmeää, sitkeää ja kimmoisaa. Kauniina ja punertavana sitä käytetään mm. koristelaudoituksiin, paneeleihin, huonekaluihin ja soittimiin (Väre & Kiuru 2006, Fagerstedt ym. 2016). Laudepuuna se on noussut haavan rinnalle. Kauniin värinsä sekä tasa-aineisen ja helposti työstettävän puuaineensa ansiosta se on erityisesti taidepuuseppien suosiossa. ”Tervalepistä voisi kehittyä todellinen kotimainen jalopuu, joka nostaisi puunjaloituksemme uudelle tasolle. Laajempi teollinen hyödyntäminen olisi mahdollista, varsinkin jos otetaan mukaan vielä puuainekseltaan lähes samankaltainen harmaaleppä” toteaa taidepuuseppä Markku

Kosonen (2008). Tervaleppä on Baltiassa yleinen puulaji, ja sitä tuodaan Suomeen sekä raaka-puuna että sahatavarana (Louna 2021).

Tervaleppä soveltuu myös vaneripuuksi (Fagerstedt ym. 2016) sekä lastulevyn raaka-aineeksi (Claessens ym. 2010). (Kuva 5). Parasta vaneri- ja puusepänteollisuuden raaka-ainetta saadaan tukeista, jotka ovat vähintään kolme metriä pitkiä ja joiden läpimitta on 50–60 senttimetriä (Claessens ym. 2010). Suomessa tervaleppää on käytetty kuitupuuna muun lehtipuun joukossa, kun taas Keski-Euroopassa sitä kuidutetaan sellaisenaan (Ilvessalo-Pfäffli 2015).



Kuva 5. Tervaleppätukkeja tienvarsivarastossa. EO.

Tervaleppää voidaan istuttaa kasvupaikoille, jotka ovat liian kosteita useimmille puulajeillemme, kuten ravinteikkaimmat kosteat pellot, niityt, tulvamaat, sekä kosteat, runsasravinteiset metsämaat (Kiuru 2008). On kuitenkin muistettava, että tervaleppä on kasvupaikan suhteen vaateliias: seisovaa vettä, paksua turvekerrosta, jäykkää savimaata tai liian hapanta maata se ei siedä.

Sekä terva- että harmaalepän juuristossa symbioottisina elävät *Frankia*-sädebakteerit sitovat ilmakehän vapaata typpikaasua ammoniumtypeksi, joka on kasvien käytettävissä. Lepät saavat sädebakteereilta mineraalityppeä ja bakteerit puolestaan lepiltä yhteyttämistuotteita. Lepänlehtien typpipitoisuus on huomattavan korkea, 3–4 % ja lehtikarikkeidenkin 2–3 %. Muiden lehtipuiden lehtikarikkeessa tyypeä on 1 % ja männyn neulasissa vajaa 0,5 % niiden varistessa puusta (Mikola 1978). Tervalepikossa, jonka puuston kuutiomäärä oli 80 m³/ha ja ikä 16 vuotta, karikkeeseen mukana tuli maahan tyypeä 100 kg hehtaarille, kun hyväkasvuisella koivulla vastaava määrä oli 20–30 kg/ha (Mikola 1978). Tervaleppä on siten merkittävä maanparantaja.

Valkosen ym. (1995) kokoamien uudistamis- ja viljelyohjeiden mukaan jo olemassa olevilla kasvupaikoilla tervaleppä uudistuu parhaiten tyvi- ja kantovesoista, joskin vanhemmat esiintymät ovat usein suojelluilla kohteilla, joilla uudistamistoimet ovat kiellettyjä tai vain varovaiset

yksittäisten puiden poistot ovat mahdollisia (Hynynen ym. 2017). Uusille kasvupaikoille tervaleppä on uudistettava viljellen (Kuva 6). Viljelytiheydeksi suositellaan 1600–2000 tainta/ha, joskin 2500–3000 tiheydellä saadaan varmemmin suoria ja hieno-oksaisia runkoja. Tervaleppä sopeutuu pellonmetsitykseen havupuita paremmin nopeakasvuisuutensa takia (Valkonen ym. 1995).

Pintakasvillisuuden torjunnasta on huolehdittava ensimmäisinä vuosina. Nuorten taimien on todettu olevan hallanarkoja, joten hallanarimmille kasvupaikoille tervaleppää ei kannata istuttaa, ainakaan ilman verhopuustoa (Schalin & Seppälä 1964). Pintakasvillisuuskilpailun hillitsemiseksi maa olisi muokattava, mutta soveltuvimmasta menetelmästä ei löydy tutkimustietoa.

Valkosen ym. (1995) mukaan ensiharvennus on yleensä tarpeen vasta, kun tervalepät ovat noin 10-metrisiä, jos perustamistiheys on ollut alle 2500 tainta/ha. Tuossa vaiheessa harvennus voi olla voimakas, jopa puolet runkoluvusta. Myöhemmät harvennukset tehdään varovaisemmin vesioksien kehittymisen välttämiseksi. Latvuksen pituuden tulisi olla koko ajan 40–60 % puun pituudesta. Tukkipuuksi kasvatettavan tervalepän kiertoaika on 50–70 vuotta, sillä vanhemmissa puissa lahoviat yleistyvät (Hynynen ym. 2017).

Taimien suojausta jäniksiä ja hirviä vastaan ei yleensä ole tarvittu, mutta myyrät ja kaskaat voivat aiheuttaa lahovikoja nuoriin taimiin (Valkonen ym. 1995). Toisaalta tervalepän havaittiin kenttäkokeessa olleen tammen jälkeen toiseksi syödyin puulaji Etelä-Ruotsissa alueella, jolla esiintyi runsaasti metsäkauriita (yli 100 yksilöä/1000 ha) ja hirviä (3–6 yksilöä/1000 ha) (Kullberg & Bergström 2001). Kun Suomessa tervalepän vähäiset viljelykokemukset ovat kertyneet ajalta, jolloin pieniä hirvieläimiä on ollut nykyistä vähemmän ja niitä on viljelty todennäköisesti asutusten läheisyyteen, ei hirvieläinvahinkojen riski ole realisoitunut. Kuten edellä oleva ruotsalaistutkimus osoittaa, tervaleppä voi kärsiä tuhoista, mikäli sitä viljellään alueella, missä on runsaasti metsäkauriita.

Puolassa ja muuallakin Keski-Euroopassa havahduttiin 2000-luvulla joenvarsien yli 20-vuotiaiden tervaleppien ongelmiin, nk. lepäntaanteeseen, joiden pääasialliseksi aiheuttajaksi paljastui munasienihybridilaji *Phytophthora x alni*. Tämä aggressiivinen juuria ja puiden tyviä vioittava tuhonaiheuttaja on todennäköisesti syntynyt eurooppalaisella taimitarhalla kahden muun lajin risteymänä (<https://vieraslajit.fi/lajit/MX.5077010>). Lajia rajoittaa Suomessa alhaiset talvilämpötilat. Se leviää taimien mukana ja varmin tapa välttää ongelmia on huolehtia terveiden taimien käyttämisestä.

Paikoitellen, etenkin Itä-Suomessa idänlehtikuoriainen (*Agelastica alni*) voi syödä lepikoita lähes paljaaksi. Lajia tavataan terva- ja harmaalepällä, joskus myös koivulla. Toukat syövät lehtien yläpinnoilla muuttuen ne läpikuultavan verkkomaisiksi, mutta leppä toipuu tuhosta. Vastaavaa vahinkoa aiheuttaa myös lepänlehtikuoriainen (*Plagiosterna aenea*), joka on yleisempi harmaakuin tervalepällä (Saalas 1949). Tervalepän puuaineessa näkyy yleisesti miinaajakärpäsiin kuuluvan *Phytobia*-suvun ruskotäpläkärpäsen käytäviä, jotka ovat tuttuja koivikoista.

Tervalepän kukinta alkaa luonnossa nuorella iällä, noin kymmenvuotiaana (Coder 2008), ja vartesiemenviljelyksillä viidestä kymmeneen vuotta perustamisesta. Tervaleppä on yksikotinen ja tuulipölytteinen, ja sen siitepöly leviää kaukokulkeumana satoja kilometrejä (Picornell ym. 2020). Lepän siitepöly on keskikokoista (26–50 µm) (Halbritter ym. 2020) ja se aiheuttaa siitepölyallergiaa.

Tervaleppä kukkii aikaisin keväällä maaliskuussa ja siemenet kehittyvät saman vuoden aikana. Ne varisevat käpymäisistä eminorkoista loppusyksyllä ja talvella. Luonnossa vesikulkeuma on tuulikulkeumaa tärkeämpi siementen leviämiskeino (McVean 1955b).



Kuva 6. Tervalepän nelivuotias istutusala Pohjois-Savossa suolammen laidassa. Paakkutaimet on istutettu laikkumättäisiin. Kuusta kasvaa alalla luontaisena. KH

Runsaista siemenvuosia tervalepällä on noin joka toinen tai kolmas vuosi (Suszka ym. 1996). McVeanin (1955a) mukaan siemenistä merkittävä osa on tyhjiä. Kotimaisten siemenviljelyksillä tehtyjen havaintojen mukaan runsaasta kukinnasta huolimatta kehitys keskeytyy suuressa osassa emejä. Siemenviljelysten tuotanto on tämän vuoksi jäänyt suhteellisen niukaksi. Siementuotannon näkökulmasta tervalepällä ei ole merkittäviä siementuholaisia, vaikka linnut (esim. urpiaiset) käyttävät luonnossa sen siemeniä ravinnokseen. Suszka ym. (1996) mainitsevat siemenissä esiintyvän sieni-infektioita.

Tervalepän siementen keruu ja käsittely muistuttaa koivun siementen vastaavaa, ja samoja menetelmiä ja välineitä voidaan pääosin hyödyntää. Norkot eli leppien ”kävyt” kerätään puista syys–marraskuussa käsin riipimällä (Kuva 7). Norkkojen annetaan kuivua ja avautua ilmassa paikassa huoneenlämmössä tai niitä voidaan lämmittää 27–38 °C:een, mikä nopeuttaa avautumista (Suszka ym. 1996). Norakoista vapautuvat siemenet voidaan erotella roskista seuloilla ja puhaltimilla, mutta puhdistaminen on käsityövaltaista ja havupuita haastavampaa siementen keveyden takia. Täysien siementen paino on 1–1,5 mg:n luokkaa (Nygren 2003, Kaliniewicz ym. 2018). Kaliniewiczin ym. (2018) tutkimuksessa itämättömät siemenet olivat itäviä kevyempiä, mutta muut siementen kokoon tai muotoon liittyvät muuttajat eivät korreloineet itävyyden kanssa.

Tervalepän siemenet varastoidaan kuivina (vesipitoisuus noin 5–7 %) viileässä tai pakkasessa (Suszka ym. 1996, Chmielarz 2010) pääpuulajiemme tapaan. Siemenet säilyttävät itävyytensä vuosia. Tervalepän siemenissä esiintyy primäärihorrosta ja ne hyötyvät stratifioinnista (mm. Schalin 1967). Goslingin ym. (2009) mukaan siementen varastointi kosteina 4 °C:ssa 21 vuorokauden ajan nopeutti itämistä, nosti itämiskapasiteettia ja laajensi itämiselle suotuisaa lämpötila-alueita. Stratifioinnin pidentäminen 42 ja 48 vuorokauden voimisti näitä vaikutuksia. Ilman

stratifiointia itäminen oli täydellisintä vaihtuvassa 20/30 °C:n lämpötilassa (16 h / 8 h). Itämisen optimilämpötila on 26 °C:ta (McVean 1955b) ja itämisalustan suotuisin pH 4–5 (Schalin 1967).

Suomessa kaupallisten siemenerien itävyys on käytännön taimituotannossa ollut riittävää myös ilman erillistä stratifiointia. Taimitarhalla siemenet tavallisesti hajakylvetään ja itäneet sirkkaimet koulitaan paakkutaimikennostoihin.



Kuva 7. Tervalepän siemenviljelys Muuramessa. Lepän ”kävyt” kerätään loppusyksystä. MH (vas.) ja KH (oik.).

Enimmillään tervalepän taimia on istutettu 1990-luvun loppuvuosina yli 300 000 kpl:ta vuodessa, mutta nykyään niitä tuotetaan metsänviljelyyn muutamia kymmeniä tuhansia taimia vuosittain (Liite 1), lähinnä kevät- ja kesäistutuksiin. Viime vuosina taimituotanto on ollut jälleen lievässä kasvussa.

Taimia on kasvatettu koivun kasvatusohjelmaa käyttäen sekä 1- että 2-vuotiaiksi (Kuva 8). Toisena vuonna taimet ovat taimitarhaolosuhteissa alttiita *Phytophthora*-munasienen aiheuttamalle levälaikkutaudille. Koivuun verrattuna tervalepän kasvatuksessa on pidettävä erityistä huolta taimien riittävästä kosteudesta sekä lannoituksessa huomioitava lepän typensitomiskyky (TCV 2021). Muualla Euroopassa tuotetaan pääasiallisesti paljasjuurisia tervalepän taimia (Claessens ym. 2010). Pohjoismaista taimituotantoa koskevia tutkimustuloksia parhaista kasvatusmenetelmistä ja istutusajankohdista on saatavilla niukasti.

Tervaleppä on yksi Metsänjalostus 2050 -ohjelmassa jalostettavista puulajeista, kohdealueina Etelä- ja Keski-Suomi (Haapanen & Mikola 2008). Vuosina 1950–2006 on valittu yhteensä 309 tervalepän pluspuuta. Tervalepän jalostuksen pääpaino on tukkirungon laadun (rungon suuruus, oksikkuus ja tukin laatua heikentävät vesioksat) ja kasvun parantamisessa. Jalostusohjelmassa on mukana 152 plusleppää, joita risteytetään parhaillaan toisen polven valinta-aineistojen luomiseksi.

Tervalepällä on kaksi Etelä- ja Keski-Suomen siemenhuoltoa palvelevaa siemenviljelystä (Kuva 7). Lisäksi Ahvenanmaalle on perustettu rannikkoalueen tervalepällä yksi pieni siemenviljelys, jota ei ole vielä rekisteröity. Useimmissa naapurimaissamme on myös yhdestä kolmeen tervalepän siemenviljelystä, paitsi Liettuassa, missä niitä on peräti 19 (Liite 4).

Aikaisin kukkivan tervalepän siementuotanto kärsii kevähallioista, ja vuonna 2006 perustetuilta siemenviljelyksiltä on toistaiseksi saatu satoa vasta joitakin kilogrammoja. Tosin syksyllä 2021 saatiin Hollolassa sijaitsevalta siemenviljelykseltä kerättyä runsaahko sato. Tervalepän

siemenhuollon tilanne on kuitenkin yleisesti ottaen hyvä, erityisesti verrattuna useimpiin muihin kotimaisiin vähän viljeltyihin lehtipuulajeihin.



Kuva 8. Vasemmassa kuvassa kahden kuukauden ikäinen tervalepän paakkutaimi. Suojaputket vähentävät jänisten ja myyrien syöntiä istutuksen jälkeen, mutta ne lisäävät uudistamiskustannuksia. KH

4.2.2. Hieskoivu

Hieskoivu (*Betula pubescens*) on pioneeripuulaji, joka tuottaa runsaasti siementä ja metsittää tehokkaasti aukeita aloja. Se uudistuu hyvin myös kantovesoista. Kasvutavaltaan hieskoivu on yksi- tai monirunkoinen puu. Se saavuttaa yleensä 8–20 metrin pituuden, mutta pisin tunnettu hieskoivu Suomessa on yltänyt 30,4 m pituuteen (Väre ym. 2021, Liite 2). Hieskoivun kasvu hidastuu rauduskoivua nuorempana, ja noin 60–70-vuotiaana sillä alkaa ilmetä iästä johtuvaa rapistumista, lahovikoja ja kuolleita oksia.

Hieskoivu on levinnyt laajalle alueelle Euraasian viileässä ja lauhkeassa vyöhykkeessä, Lounais-Grönlannista ja Islannista poikki Euraasian Lena-joelle asti (Hultén & Fries 1986, Jonsell 2000). Suomessa hieskoivu kasvaa koko maassa (Väre ym. 2021). Se on rauduskoivua yleisempi muualla paitsi Saimaan alueella ja Suomenlahden kapealla rannikkokaistaleella. Erytisen runsaana hieskoivu esiintyy Pohjanmaan ja Länsi-Lapin soisilla seuduilla (Niemistö ym. 2008). Hieskoivu onkin lukumääräisesti Suomen selvästi yleisin puulaji, niitä on 40 % puiden runkoluvusta ja tilavuudessakin se on männyn ja kuusen jälkeen runsain puulaji (Taulukko 1). Hieskoivun alalaji, tunturikoivu (*B. pubescens* ssp. *czerepanovii*) muodostaa Pohjois-Suomessa ja muualla Fennoskandiassa laajan yhtenäisen, ekologisesti merkittävän koivuvyöhykkeen sekä pohjoisen ja vuoristojen metsänrajan.

Sekä hies- että rauduskoivua esiintyy hyvin monenlaisilla kasvupaikoilla tuoreilta ja runsasravinteisilta metsämaita aina kuiville kankaille ja kallioille. Molemmat lajit menestyvät kuitenkin

parhaiten ravinteikkailla hieta- ja moreenimailla (Niemistö ym. 2008). Hieskoivu on tyypillisesti soiden, kuten korpien, koivulettöjen, viljavien rämeiden ja ojikkojen sekä rantojen puulaji (Kuva 9). Hieskoivu on rauduskoivua paremmin sopeutunut viileään ilmastoon ja kosteisiin kasvupaikkoihin. Lapissa se kasvaa kuusen tavoin hienojakoisilla kosteilla mailla, kun taas rauduskoivu ja mänty suosivat maa-ainekseltaan karkeampia ja kuivempia kasvupaikkoja (Sutinen ym. 2002).



Kuva 9. Vesasyntyinen hieskoivikko turvemaalla. EO.

Sekä raudus- että hieskoivu parantavat kasvupaikkansa maaperää. Tässä suhteessa hieskoivu on jopa jossain määrin raudusta parempi. Hieskoivun juuristo sietää hapettomia olosuhteita ja avaa juurillaan ilmanvaihtokanavia syvemmälle maahan kuohkeuttaen sitä samalla (Huikari 1959). Tällä lienee suurin merkitys juuri tiiviillä ja vähähappisilla mailla. Koivun juuristo kasvaa syvemmälle maaperään kuin havupuiden, erityisesti kuusen, ja siten se pystyy nostamaan ravinteita syvemmltä ja palauttamaan ne lehtikarikkeen muodossa nopeasti uudelleen käyttöön (Laitakari 1934). Koivujen karike on vähemmän hapanta kuin neulaskarike, hajoaa neulaskariketta nopeammin ja nostaa humuksen pH:ta sekä maan biologista aktiivisuutta. Hieskoivun karike on nopeammin hajoavaa kuin rauduksen (Mikola 1956).

Havupuuvaltaisissa metsissä koivu on yleisyytensä vuoksi tärkein vaihtelua ja monimuotoisuutta lisäävä tekijä (Keto-Tokoi & Siitonen 2021). Koivikon karike sekä valo- ja lämpöolot parantavat maaperää, koivikossa pintakasvillisuus on rehevä ja monilajinen käsittäen ruohoja ja heiniä. Koivuvaltaisessa metsässä viihtyvät eri hyönteis-, lintu- ja riistalajit kuin havumetsissä.

Hieskoivun kuiva-tuoretiheys on keskimäärin 478 kg/m^3 , eli selvästi suurempi kuin männyllä (Liite 3). Sen kuidunpituus on vain 1,3 mm, eli huomattavasti pienempi kuin kuusella ja männyllä. Hieskoivu eroaa anatomisesti rauduskoivusta siten, että sillä on suuremmat solut, pidemmät kuidut ja alhaisempi puuaineen tiheys (Bhat 1980, Bhat & Kärkkäinen 1980, Björklund & Ferm 1982, Kärkkäinen 2003).

Hieskoivu on hajaputkiloinen lehtipuu, jonka puuaine on tasa-aineista, tiivistä, lujaa, kimmoisaa, sitkeää, taipuisaa ja melko kovaa. Väriltään puuaine on kellertävän tai punertavan valkoista ja himmeäkiiltoista. Pinta- ja sydänpuu ovat samanväriset ja vuosilustot heikosti erottuvia. Puuaineessa esiintyy tummia koivunruskotäpläkärpäsen toukan käytäviä rauduskoivujen tapaan (Nyman ym. 2002). Koivujen puuaine lahoaa helposti eikä sovi ulkokäyttöön (Fagerstedt ym. 2016).

Kuivattaessa hieskoivuun syntyy helposti halkeamia ja kieroutumia, joten kuivausprosessissa on noudatettava varovaisuutta. Koivupuun sopii erittäin hyvin työstettäväksi, ja pinnasta tulee kaunis. Myös pintakäsittely maalaamalla tms. on helppoa (Fagerstedt ym. 2016). Tämän mahdollistaa puuaineen tasainen vaaleus, joka on rauhallisen syykuvioinnin ohella eduksi myös käytettäessä koivua sisustustarkoituksiin (Niemi ym. 2008). Koivupuun kulutus- ja rasituskestävyys ovat kuusta ja mäntyä paremmat, mikä tekee koivusta hyvän pöydäpinta-, lattia- ja työtasomateriaalin. Koivu on yksi tärkeimmistä puulajeista suomalaisessa huonekaluteollisuudessa (Fagerstedt ym. 2016). Koivua voidaan myös lämpökäsitellä, jolloin puun kosteuseläminen vähenee ja väri muuttuu tummemmaksi. Lämpökäsiteltyä koivua käytetään lattialaudoissa ja parketeissa sekä sisustustuotteissa ja huonekaluissa (Niemi ym. 2008).

Hieskoivu sopii samoihin käyttökohteisiin kuin rauduskoivu (Niemi ym. 2008), eli saha-, vaneri- ja selluteollisuuden raaka-aineeksi. Kuidutusprosessissa voidaan sekoittaa lyhytkuituista koivupuuta muiden puulajien kanssa, jolloin pystytään valmistamaan korkealaatuisia painopapereita. Koivukuidun vaikutuksesta paperiin saadaan sileä ja läpikuultamaton pinta (Fagerstedt ym. 2016). Koivupuumassaa käytetään myös kartonkien ja pakkausten valmistukseen (Niemi ym. 2008).

Hieskoivusta on toivottu vaihtoehtoisia puulajia vaikeasti metsitettävälle kasvupaikoille, kuten turvemaille ja tiiviille vähähappisille savimaille, joilla havupuiden tai rauduskoivun kasvatusta ei onnistu. Kiinnostus hieskoivun viljelyyn heräsi 1970-luvun lopussa, kun viljelyksestä poistuneiden peltojen määrä lisääntyi (Saramäki 1981). Samaan aikaan rauduskoivun viljelyssä koettiin epäonnistumisia, jotka johtuivat usein sen istuttamisesta sopimattomille kasvupaikoille.

Metsälain mukaan hieskoivu on sallittu pääpuulajina turvemilla, kangasmaiden soistuneissa osissa ja tiiviillä savi- tai hiesuvaltaisilla mailla. Muilla kasvupaikoilla hieskoivu hyväksytään täydentävänä puulajina, ts. pohjoisessa Suomessa enintään 50 % hyväksyttävistä taimista ja muualla enintään 20 % hyväksyttävistä taimista.

Hyvillä kivennäismailla hieskoivu jää kasvun, tuotoksen ja tukkipuun saannon suhteen selvästi rauduskoivua heikommaksi (Raulo 1977, Reuhkala 2004, Niemi 2008). Hytösen ym. (2014) tutkimuksessa verrattiin näiden koivulajien kasvua ja rungon laatua 21- ja 22-vuotiaissa turvelloille ja kivennäismetsämaille perustetuissa viljelyksissä. Molemmilla kasvupaikoilla rauduskoivun kuolleisuus oli korkeampi, mutta toisaalta kasvu parempi. Ero rauduksen hyväksi oli

kuitenkin turvepelloilla pienempi. Turvepelloilla hieskoivun valtapituus, läpimitta ja keskikuumiomäärä olivat 96, 92 ja 82 % rauduskoivun vastaavista luvuista, mutta kivennäismailla 87, 84 ja 60 % (Hytönen ym. 2014).

Rungon ulkoinen laatu ja tukkisaanto on hieskoivulla huonompi kuin rauduksella, mihin on useita syitä. Hieskoivu järeytyy raudusta hitaammin, ja järeys on myös tärkeä laatutunnus. Eroa korostaa se, että hieskoivu kasvaa usein raudusta heikommilla kasvupaikoilla, ja vähempiarvoisena puulajina pidetyn hieskoivun vallitsevia metsiköitä myös saatetaan hoitaa rauduskoivumetsiköitä heikommin (Verkasalo 1997, Niemistö ym. 2008).

Istutettuja hieskoivikoita on hyvin vähän, lähinnä turvepelloilla (Kuva 10). Viljelytaimikoita kasvatetaan samoin kuin istutettuja rauduskoivikoita, mutta hieman tiheämpinä. Luontaisesti syntyneet hieskoivutaimikot ovat usein hyvin tiheitä, ja hieskoivu sietää varjostusta paremmin kuin rauduskoivu. Hieskoivun kasvatuksessa on monia vaihtoehtoja. Seuraavassa ne kuvataan lyhyesti Niemistön ym. (2008) mukaan:

Energiapuuta tuottaessa taimikkoa kasvatetaan harventamatta 10–11 metrin pituuteen, jolloin tehdään energiapuuharvennus ja jätetään 2000 runkoa kasvamaan ainespuuksi. Mikäli hieskoivikkoa kasvatetaan alun pitäen kuitupuuksi, tehdään taimikon harvennus tiheyteen 2000–2500 kpl/ha. Kuitupuuta tuottava kaupallinen ensiharvennus tehdään tällaisessa hoitatussa hieskoivikossa 13–15 metrin valtapituudessa, jolloin kasvamaan jätetään noin 1000 runkoa hehtaarille. Mikäli tavoitteena on vain kuitupuun kasvatusta, tehdään tämän jälkeen päätehakkua jo 50–60 vuoden iässä. Yhdistetyssä tukki- ja kuitupuun kasvatuksessa hieskoivikko harvennetaan toisen kerran 50 vuoden iässä noin 500 kpl/ha tiheyteen ja päätehakataan noin 20 vuotta myöhemmin.

Hieskoivu sopii verhopuustoksi kuuselle, silloin kun sillä on usean metrin pituusetumatka kuusentaimiin, ja kun koivikko on tiheä ja tasainen. Vesakoivuista saadaan verhopuusto nopeammin kuin siemensyntyisistä. Myös verhopuustoa harvennetaan, ja se poistetaan ennen kuin kuusten latvat piiskautuvat.

Turvetuotannosta vapautuneilla alueilla Pohjanmaalla on todettu kannattavaksi vaihtoehtoksi luontaisesti uudistuneen tai kylvetyt, sekä myöhemmissä sukupolvissa vesoista uudistetun, hieskoivun kasvatusta energiapuuksi harventamatta noin 25 vuoden kiertoajalla (Jylhä ym. 2015).

Hieskoivut, etenkin luontaisesti syntyneet hieskoivutiheiköt, eivät ole yhtä alttiita hirvituhoille kuin rauduskoivutaimikot (Danell & Ericson 1986). Niiden suhteellinen asema muihin lehtipuihin nähden voi jopa parantua hirvieläinten syödessä suosituimpia lajeja (esim. Hjeljord & Gronvold 1988). Hieskoivun elävyys oli raudusta parempi kaikissa metsiköissä turvepelloilla ja kivennäismetsämailla (Hytönen ym. 2014).

Hieskoivulla elää samaa sieni- ja hyönteislajistoa kuin rauduskoivulla ja sitä esittelevät mm. Niemistö ym. (2008). Pohjoisessa hieskoivun alalaji, tunturikoivu, on tunnettu tunturi- ja hallamittarin joukkoesiintymistä. Hieskoivun lehtiä voivat syödä tai miinata perhos- ja pistiäistoukat ja niillä elää myös kirvoja. Koivulla on *Gloeosporium*- *Marssonia*-, *Asteroma*- ja *Phomopsis* -sukujen sienilajeja, jotka aiheuttavat tautioireita lehdistä ja versoissa. Koivuruoste voi karistaa lehdet ennenaikaisesti (Poteri 1992). Ruotsissa *Anisogramma virgultorum* -sienen on havaittu vioittavan hieskoivun kasvaimia ja muokkaavan kasvumuotoa (Witzell & Karlsson 2002). Kumpikin koivuistamme on altis pronssijalososoukalle (*Agrilus anxius*), joka on pohjoisamerikkalainen, toistaiseksi vielä Euroopasta puuttuva vieraslaji-kovakuoriainen. Leviämistä pyritään estämään EU-tason kasvinterveyslainsäädännöllä ja tuontirajoituksilla.

Hieskoivu on siementuotannollisilta ominaisuuksiltaan pitkälti rauduskoivun kaltainen. Runsaat siemenvuodet toistuvat 2–3 vuoden välein. Hieskoivun siemenet tuleentuvat hieman rauduskoivua myöhemmin elo-syyskuussa (Suszka ym. 1996). Hies- ja rauduskoivun siemenet ovat likimain samanpainoisia, mutta populaatioiden ja puuyksilöiden välillä on eroja (Atkinson 1992, Nygren 2003). Hieskoivun lenninsiivet ovat raudusta pienemmät.



Kuva 10. Istutettu hieskoivikko. EO.

Hieskoivulla on rauduksen tapaan primäärinen siemenhorros, mutta se purkautuu tavanomaisen keruunjälkeisen viileävarastoinnin aikana, eikä taimituotannossa tarvita erillistä stratifiointia. Molempien koivulajien siemenet itävät täydellisesti 25–30 °C:n lämpötilassa (Mork 1951, Govorukha & Mamaev 1971, Nygrenin 2003 mukaan).

Biologisesti lyhytikäisenä puulajina hieskoivun kiertoaika on lyhyt eikä järeän tukkipuun kasvattaminen ole useimmiten mahdollista (Niemistö ym. 2008). Näin ollen taloudellisesti järkeviä uudistamistapoja hieskoivun uudistamiseen ovat luontainen uudistaminen ja kylvö. Jos uudistaminen halutaan tehdä istuttaen, hieskoivutaimien tuottaminen tapahtuu taimitarhalla rauduskoivun kasvatusohjelmilla. Nykyisin rauduskoivut kasvatetaan tosin pienissä paakuissa lyhyiksi taimiksi. Niiden soveltuvuudesta kosteille, heinittyville hieskoivun kasvupaikoille ei ole tutkittua tietoa. Menestyäkseen ne todennäköisesti tarvitsevat istutuspaikakseen mättään.

Sekä raudus- että visakoivun taimitarhakylvöissä on siirrytty viimeisen vuosikymmenen aikana pääosin ns. hajakylvöstä pillerikylvöön. Lenninsiivet hierotaan siemenistä irti ja siemenet kuorutetaan pillereiksi, jolloin ne voidaan kylvää taimitarhalla havupuiden siementen tapaan koneellisesti, mikä tehostaa tuotantoa. Oletettavasti myös hieskoivun siemenet voidaan pilleröidä vastaavalla tavalla. Menetelmän rajoitteena on, että pilleröidyt koivun siemenet säilyttävät itävyytensä korkeana vain 1–2 kylvökauden ajan, joten kulloinkin tarvittava siemenmäärä on tiedettävä etukäteen tavallista tarkemmin. Pienten siemenerien pilleröinti on myös suhteessa suuria eriä kalliimpaa.

Hieskoivun pluspuita on valittu vuosina 1948–1997 yhteensä 621 kpl:ta valtaosin Etelä- ja Keski-Suomesta. Tämän lisäksi pluspuiden jälkeläistöistä on valittu ns. V-kantapuita 271 kpl:ta. Hieskoivun kloonikokoelmissa on rekisteritietojen mukaan lähes kolmesataa pluspuuta (vajavaisten inventointitietojen vuoksi lukumäärä on varmistamaton). Suomessa on aiemmin ollut tuotannossa yhteensä neljä sittemmin lakkautettua hieskoivun muovihuonesiemenviljelystä. Naapurimaissamme ei ole metsätalouskäyttöön tarkoitettuja hieskoivun siemenviljelyksiä, mutta Tanskassa on kolme suojavyöhykkeiden ja puistoistutusten perustamiseen tarkoitettua hieskoivusiemenviljelystä (Liite 4, Forematis 2022).

Hieskoivun jalostuksen jatkamista pluspuuvalintaa pitemmälle ei ole nähty tarkoituksenmukaiseksi. Mikäli kiinnostus jalostetun aineiston viljelyyn lisääntyisi merkittävästi, edellytykset uusien muovinalaisten siemenviljelysten perustamiseksi ja siementuotannon aloittamiseksi vaikuttavat nykyisten jalostusaineistojen puolesta kohtalaisen hyviltä. Siementuotantoon liittyy noin viiden vuoden viive. Mahdollisesti lisääntyvän taimituotannon ja myös metsäkylvön siementarve voitaneen ainakin ensi vaiheessa tyydyttää pitkälle hakkuukeruilla hyvälaatuisista hieskoivikoista.

4.2.3. Metsätammi

Tammi (*Quercus robur*) on jaloista lehtipuistamme levinneisyydeltään eteläisin. Sitä kasvaa alkuperäisenä vain Ahvenanmaalla, Varsinais-Suomessa ja Uudellamaalla, juuri tammen mukaan rajatulla hemiboreaalisella tammivyöhykkeellä (Väre ym. 2021). Istutettuna tammi voi menestyä paljon luontaista levinneisyysalueitaan pohjoisempana, aina lisalmen – Oulun korkeudella asti (Kauppila ym. 2021) (Kuva 11). Sen levinneisyysalue Euroopassa ulottuu Brittein saarilta Etelä-Uralille ja Kaspianmerelle ja Italian eteläosista Skandinavian eteläosiin.

Tammi voi kasvaa monenlaisilla kasvupaikoilla, mutta parhaita maita sille ovat tuoreet – kosteat runsasmultaiset lehdot. Kuivilla ja kallioisilla paikoilla se jää yleensä kitukasvuiseksi. Avoimessa tilassa kasvaessaan tammesta tulee paksuoksainen, järeä- ja lyhytrunkoinen ja latvuksensa laajalle levittävä maisemapuu. Pituudeltaan tammi on useimmiten 10–25-metrinen, mutta tammen pituusennätys Suomessa on 32 m (Liite 2).

Tammen biodiversiteetti-arvo on hyvin suuri. Sen seuralaislajisto on suurempi kuin muilla jaloilla lehtipuilla. Se käsittää satoja eliölajeja: kääpiä, juurisieniä, perhosia, kovakuoriaisia, muita hyönteisiä ja selkärangattomia. Keto-Tokoin ja Siitosen (2021) mukaan tammella elää kaikkiaan noin 300 selkärangatonlajia, joista noin 110 on vain tammella eläviä spesialisteja. Myös kuolleesta puusta riippuvaisten käävökkäiden ja kovakuoriaisten määrä tammella on huomattavan suuri, yli 500 lajia.

Etenkin kookkaat, vanhat tammets tarjoavat monenlaisia elinympäristöjä ja ravintoa suurelle joukolle seuralaislajeja. Niiden latvuksesta löytyy valoisia ja varjoisia kohtia, tuoretta puuta ja lahoja oksia, lehtiä, terhoja jne. Monille hyönteisille ja sienille ovat erityisen tärkeitä ontot ns. mulmipuut (ks. Liite 7). Ontoissa puissa asuvat myös kolopesijät. Tammen rungoilla kasvaa harvinaisia kääpiä ja juurisieninä eteläisiä tatteja ja haperoita. Kookkaat, latvuksensa laajalle levittävät tammets ovat myös merkittäviä maisemapuita. Tammen lehtien suuri parkkihappopitoisuus tekee niistä hitaasti hajoavia, mikä voi köyhdyttää maaperää puhtaissa tammimetsissä.

Tammen puuaine on painavaa, kovaa, lujaa ja sitkeää. Tammipuun kuiva-tuoretiheys on meikäläisistä puulajeista korkein, keskimäärin 600 kg/m³, Liite 3). Tammen sydänpuu on lahonkestävää sekä ulkoilmassa että vedessä. Tammipuun kuivuus hitaasti ja sillä on taipumus halkeilla, joten se on kuivatettava huolellisesti. Tammea on muutoin helppo halkaista, viiluttaa ja työstää. Väriltään tammen ohut pintapuun on vaaleankellertävä, sydänpuu puolestaan on tuoreena

harmaankeltainen tummentuen ajan myötä ruskeaksi. Tammi on kehäputkiloinen lehtipuu, jolla kevätpuun putkilot erottuvat poikkileikkauksessa renkaana (Fagerstedt ym. 2016).

Tammea käytetään rakennuspuuna etenkin vaativissa kohteissa sisä- ja ulkorakenteissa. Se on erittäin suosittua huonekalupuuta sekä parkettien, ikkunanpuitteiden ja työkalujen varsien materiaali. Kotimainen huonekalu- ja sisustusteollisuus käyttää vuosittain tuhansia kuutioita tammisahatavaraa, joka tuodaan ulkomailta. Pidemmällä tähtäimellä tuonti olisi mahdollista korvata kotimaisella puulla. Louna ja Valkonen (1995) arvioivat, että silloisen vuotuisen tammen sahatavaran käyttömäärän tuottamiseen kotimaassa tarvittaisiin 12 000–18 000 hehtaaria tammimetsiä.

Tammi sopii hyvin viljeltäväksi ja kasvatettavaksi Etelä-Suomen parhailla mailla, Tapion metsänhoidon ohjeiden mukaan lehtomaisilla kankailla ja lehdoissa (Äijälä ym. 2019). Valkosen ym. (1995) mukaan riittävän laadun varmistamiseksi viljelytiheyden on oltava 10 000 tainta/ha. Tämä on saavutettavissa vain kylvöllä, mutta rehevillä kasvupaikoilla pintakasvillisuuden kilpailu tekee onnistumisesta epävarmaa. Kylvössä terhoja uhkaavat myös hiiret, myyrät, oravat, linnut ja muiden eläinten aiheuttamat tuhot (Löf ym. 2019). Kylvössä tarvitaan myös suurta terhomäärää. Löfin ym. mukaan hyvin itäviä terhoja pitäisi olla 3 000–10 000 hehtaarilla, jotta saadaan 1 000–3 500 vakiintunutta taimia hehtaarille. Skogskunskap-sivuston mukaan kylvöön tarvittaisiin jopa 20 000 terhoa/ha (40–70 kg). Terhot pitää kylvää myöhään syksyllä tai hyvin aikaisin keväällä kahden metrin välein oleviin riveihin, terhojen välin ollessa 30 cm. Kylvösyvyyden pitää olla 6 cm niin, että terhot tulevat kivennäismaahan. Löf ym. (2019) toteavatkin, että toistaiseksi istutus on varmempi menetelmä metsänuudistamisessa. Pellonmetsitykseen kylvökin voi sopia (Skogskunskap 2021). Suurin vuotuinen kerätty tammenterhojen määrä on viimeisten 15 vuoden aikana ollut 510 kg (vuonna 2018), josta 70 % saatiin siemenviljelykseltä (Luonnonvarakeskus 2022b). Nykyisellä siementuotantokapasiteetilla huippusadosta riittäisi terhoja enimmillään 12 hehtaarin metsäkylvöön.

Istutuksessa kustannustehokkainta on Valkosen ym. (1995) mukaan istuttaa sekametsiä. Riittävä vaikutus laatuun on saavutettavissa esimerkiksi istuttamalla 100–200 kpl:ta tammiryhmiä/ha, jokaiseen ryhmään 4–10 tainta ja välialueille muuta puulajia. Metsänhoitosuosituksissa (Äijälä ym. 2019) ohjeena on istuttaa noin 10 metrin välein 5–6 tammen ryhmiä, yhteensä 500–600 tammea/ha. Tammiryhmästä vain yksi kasvatetaan kiertoajan loppuun. Tällä menetelmällä taimet ovat suojassa paremmin myös jänis- ja hirvieläintuhoilta. Muutoin taimet on yleensä suojattava jänis- ja myyrätuhoja vastaan putkisuojin ja aitaamalla, mikä lisää viljelyn kustannuksia. Taimet harvennetaan 3–5 metrin pituisina niin, että ryhmään jää vain 2–4 parasta yksilöä. Noin 25 vuoden iässä jäljellä on enää paras yksilö ryhmässään.

Tuoreen puolalaistutkimuksen mukaan heidän olosuhteissaan kustannustehokkain ja tuhoriskeiltään pienin vaihtoehto on istuttaa taimet ryhmiin, ryhmässä tiheys 2 400 tainta/ha (yksi ryhmä 4,5 m x 5 m, ja sen sisällä 1 m x 1,5 m istutusvälit, ryhmien välillä 5 m) (Bolibok ym. 2021). Vertailuna oli istuttaminen riveihin tai heillä normaalia istutustiheyttä, 6 600 tammen tainta/ha, käyttämällä. Tämä 'ryhmäistutus' suojaa taimia paremmin hirvieläinten tuhoilta kuin tiheä rivi-istutus.

Taimien istuttaminen muokattuun maahan lisää tammen taimien eloonjäämistä ja kasvua (Gemmel ym. 1996). Muokkausmenetelmistä mätästys parantaa taimien kasvua ja elävyyttä muita menetelmiä enemmän (Bolte & Löf 2010). Syväistutuksella (10 cm) ei ole negatiivisia vaikutuksia myöhempään kehitykseen (Gemmel ym. 1996). Viljeltäessä tammea sen luontaisen levinneisyysalueen pohjoispuolella, viljelypaikan on oltava erityisen suotuisa, lämmin ja viljava ja myös alkuperän on oltava tunnetusti kestävä (Valkonen ym. 1995).



Kuva 11. Luontaiselta levinneisyydeltään eteläinen tammi selviää hyvin keskisessäkin Suomessa, mutta jää kasvultaan eteläisintä Suomea heikommaksi. Nykyilmastossa nuorten tammi-puustojen kasvu jää selvästi kuusesta, eli syntyy kasvutappiota. 22-vuotias tammien istutustaimikko Muuramessa. KH.

Taimikonhoidossa ja harvennuksissa tähdätään kiertoajan loppuun saakka kasvatettavien puiden laadun parantamiseen. Oksattomaksi ja suoraksi tukkipuuksi tammi kehittyy kasvaessaan metsikössä muiden puiden joukossa. Tammien taimikko pitäisikin kasvattaa hyvin tiheänä, jotta tuohon tavoitteeseen päästäisiin (Valkonen ym. 1995). Harvennusta ei saa tehdä liian voimakkaana, jotta oksat eivät kasva liian paksuiksi. Toisaalta liian tiheässä puiden kasvu kärsii. Oksia karsimalla saadaan tammien laatua parannettua, mutta puita on karsittava usein ja karsinta on aloitettava jo muutaman vuoden kuluttua viljelystä (Kuva 12). Runsaan valon vaikutuksesta rungon alaosaan kehittyvien vesioksien kasvua voidaan ehkäistä kasvattamalla tammien seassa tiheänä alikasvoksena muita lajeja. Tammimetsiköitä on harvennettava usein, 5–15 vuoden välein.

Ruotsissa järeän (läpimittavaatimus 70 cm) tukkipuun kasvattamiseen saattaa mennä 200–500 vuotta, joskin Valkonen ym. (1995) arvelevat, että jo 50 vuoden iässä voisi Suomen oloissa olla saatavissa hyvälaatuisia tukkipuuta. Pihlströmin ja Viherä-Aarnion (2020) mukaan Suomessa on saatu tammitukkia 70 vuoden kiertoajalla. Tämä on toki vaatinut jatkuvaa hyvää hoitoa. Tammien viljelyn taloudellinen kannattavuus on riippuvaista nopeasta järeytymisestä. Lyhyet kiertoajat kuitenkin rajoittavat em. monimuotoisuusvaikutusten realisoitumista.



Kuva 12. Huippulaatuisten tammen runkojen kasvattaminen vaatii jatkuvaa vesioksien leikkaamista ja muistuttaa työläydeltään visakoivun kasvatusta. Nuori viljelty tammimetsä Pohjan Fiskarsissa. MH

Valkonen ym. (1995) ehdottavat sekapuuston muiksi puulajeiksi koivua, kuusta tai tervaleppää. Sekapuustoisuus vähentää yhteen puulajiin kohdistuvaa hirvituhoriskiä. Tammesta tuloja on saatavissa vasta kiertoajan lopussa, mutta muista puulajeista aiemmin. Uudistusaloille sekapuustoa, varsinkin koivikkoa, syntyy yleensä riittävästi ilman, että sitä tarvitsee viljellä, mutta pellonmetsityksessä myös lisäpuulaji on viljeltävä. Tammi on alkuvaiheessa hidaskasvuinen, joten luontaista sekapuustoa joudutaan raivaamaan useita kertoja ennen kuin siitä ei ole enää haittaa tammien latvuksille. Käytännön kokemukset osoittavat, että sekaviljelyssä tammi saattaa jäädä kuusen jalkoihin, jos harvennuksia ei tehdä ajallaan.

Tammi maistuu erityisen hyvin myyrille, jäniksille ja hirvieläimille (esim. Kullberg & Bergström 2001, Bergquist ym. 2009), joten tuhojen välttämiseksi taimet on suojattava ja viljelykset jopa aidattava (Kuva 13). Tammen lehtiä syövät mm. monet perhostoukat ja runsastuessaan aiheuttavat lehtikadon myötä kasvun taantumaa ja mahdollisesti heikentävät puita. Esimerkiksi tammikäriäinen (*Tortrix viridiana*) on Suomessa aiheuttanut tuhoa erityisesti Turun Ruissalon tammimetsissä, joissa käriäistä on esiintynyt 1800-luvulta lähtien aina muutaman vuoden välein (Koponen ym. 1990).

Tammikäriäisen toukat syövät tammen lehtiä, mikä voi aiheuttaa oksakuolleisuutta ja taimilla sekä nuorilla tammilla jopa koko puun kuoleman erityisen voimakkaan syöntipaineen seurauksena. Sen sijaan suuret vanhat tammet toipuvat hyvin peräkkäistenkin vuosien lehtisyönnistä. Tammimetsän uudistuminen voi kuitenkin häiriintyä, mikäli runsaasti taimia kuolee käriäisen aiheuttamiin tuhoihin (Koponen ym. 1990). Hallamittari (*Operophtera brumata*) voi aiheuttaa tammelle voimakkaan lehtituhon, kuten Turun Ruissalossa vuonna 2011, jolloin tammet oli syöty laajalta alueelta paljaksi (Raisio 2016). Laji hyödyntää nuoria lehtiä, joiden tanniinipitoisuus on vielä alhainen. Tämän vuoksi hallamittarin muninnan on ajoitettava oikein suhteessa tammen silmunpukkeamiseen. Aikaikkuna on vain noin neljä päivää, joten puuyksilöiden välinen silmunpukkeamisen eriaikaisuus voi pelastaa osan puista hallamittarilta ja estää suuren koko metsikön laajuisen tuhon (Tikkanen & Julkunen-Tiitto 2003). Meillä toistaiseksi melko tuntematon tammenversojäytjäkoi (*Stenolechia gemmella*) on yleistynyt Etelä-Suomessa 2000-luvulla. Sen toukka kaivautuu nuoren kasvavan verson kärkeen ja syö verson ytimen

ontoksi. Tuho näkyy kellastuneina oksankärkinä, joita saattaa suuressa tammessa olla jopa tuhansia (Raisio 2016).



Kuva 13. Tammi on altis nisäkästuhonille. Taimia voidaan alkuvaiheessa suojata syönniltä putkilla tai aitaamalla. Oikeanpuoleisessa kuvassa kyljestynyt hirvieläintuho tammien rungossa. SR (vas.) ja KH (oik.).

Jo havaittujen lehdensyöjiä lisäksi laajalti Euroopassa tavattavan lehtinunnan (*Lymantria dispar*) toukat syövät myös tammien lehtiä. Suomessa lajista toistaiseksi tehty vasta satunnaisia havaintoja (Lehti 2021). Lehtinunnan leviäminen pohjoisemmaksi on mahdollista, ja toukkien on todettu kestävän pakkasta siten, että laji pystyisi hyvin talvehtimaan Etelä-Suomen metsissä (Fält-Nardmann ym. 2018a). Lehtinunnan toukat syövät huomattavan osan tammien lehdistä, mikä heikentää puiden kasvua ja lisää niiden kuolleisuutta (Fajvan & Wood 1996). Lehtinunna-tuho alentaa puiden vastustuskykyä, jolloin ne ovat alttiina myös muille bioottisille sekä abioottisille tuhoille (Doane & McManus 1981).

Tammien suvullinen lisääntyminen alkaa kotimaisten havaintojen mukaan jo alle 20-vuotiaissa tammimetsiköissä, vaikka kirjallisuudessa esitetäänkin huomattavasti korkeampaa ikää suvullisen lisääntymisen alkamiselle (Suszka ym. 1996). Vartesiemenviljelyksellä kukinnan on havaittu alkavan 5–10 vuodessa viljelyksen perustamisesta. Tammi on useimpien muiden puulajiemme tavoin 1-kotinen. Tuulipölytteisen tammien siitepöly on keskikokoista (26–50 µm) (Diethart ym. 2021). Morachon ym. (2016) tutkimuksessa pölytyksen mediaanietäisyys oli 31 m ja 95 % pölytyksestä tapahtui 390 m etäisyydellä.

Tammi kukkii lehtien puhkeamisen aikaan ja terhot kasvavat kokoa hitaasti kesän mittaan. Terhot irtoavat puista syys–lokakuussa ja niiden itäminen käynnistyy maassa heti. Sirkkajuuri työntyy terhosta ulos ennen talvea ja verson kasvu käynnistyy seuraavana kesänä. Terhot eivät kuivu muiden puulajiemme siementen tapaan tuleentumisen myötä, vaan niiden vesipitoisuus säilyy korkeana. Kuivuminen tappaa siemenen, minkä vuoksi tammien siementen käsittely ja varastointi poikkeaa suuresti pääpuulajeistamme.

Tammien siemensadon runsaus vaihtelee voimakkaasti vuosien välillä ja hyvät siemenvuodet toistuvat muutamia kertoja vuosikymmenessä (Hanley ym. 2019). Satovaihteluilla on lajin ydinesiintymisalueilla huomattavaa merkitystä terhoja syövien eläinten kantoihin (Groot

Bruinderink ym. 1994, Selva ym. 2012). Närhet ja jysijät syövät metsissä suuren osan terhoista, mutta toisaalta ne edesauttavat painavien terhojen leviämistä kuljettaessaan niitä ruokakätköihinsä (Ouden ym. 2005). Närhet hakevat terhoja puista myös ennen niiden varisemista, minkä vuoksi voidaan menettää suuri osa sadosta siemenviljelyksillä.

Suomessa tammenterhot on tavattu kerätä käsin puista tai siemenviljelysten vartteista. Tanskassa isomman mittakaavan keruissa suurten tammien alle voidaan levittää pressuja, joille terhojen annetaan varista (Himanen 2015). Myös kirsikan korjuuseen tarkoitettuja traktorikäyttöisiä puiden "ravistelijoita" on käytetty terhojen keruussa. Liian varhain, täysin vihreinä kerättyjen terhojen itävyys ja varastokestävyys on todennäköisesti tuleentuneita alempi. Liian pitkään odotettaessa linnut saattavat toisaalta viedä sadosta suuren osan. Suojaamattomaan maahan varisseita terhoja ei ole suotavaa kerätä niihin tarttuvien mikrobien vuoksi. Sopivaa keruu-aikaa voi arvioida paitsi terhojen rusketumisen perusteella, myös seuraamalla vesipitoisuuden alenemista. Terhojen koko vaihtelee puittain ja siemenviljelyksillä klooneittain. Tyypillisesti terhot painavat Suomessa 1–5 g.

Keruun jälkeen terhot on tärkeää puhdistaa roskista ja terhojen "hatuista", jotka irtoavat varsinaisesta siemenestä keruun yhteydessä tai sen jälkeen. Terhojen ei saa kuitenkaan antaa kuivua. Mm. Tanskassa terhot käytetään lämpimässä vesihautteessa (ks. jäljempänä), joka paitsi hävittää terhopikari-sienen, myös pesee ne roskista (Himanen 2015). Alkiottomat siemenet kelluvat vesialtaassa, ja ne poistetaan uponneiden joukosta. Vesiallaskäsittely toimii näin myös lajitteluna. Tämän jälkeen terhojen on hyvä antaa pintakuivahtaa esimerkiksi seulojen päällä, mutta kuivumisen lisäksi on huolehdittava, ettei käsittelytila ole liian lämmin (>20 °C) tai toisaalta pakkasen puolella.

Varastoinnin aikana terhojen vesipitoisuus tulee pitää 40–48 %:ssa (Suszka ym. 1996). Terhot voidaan säilyttää yksinkertaisimmillaan verkkopohjaisissa laatikoissa, jolloin ne mahtuvat pienimpään tilaan (Kuva 14). Tällöin varastotilan ilmakehän kosteuden tulee kuitenkin olla riittävän korkea, etteivät terhot kuivu. Kuivumisen estämiseksi terhoja on tavattu varastoida myös erilaisissa väliaineissa, kuten turpeessa tai hiekassa. Terhojen asettelu ja varastolaatikoiden purku vaatii tällöin kuitenkin oman työpanoksensa.

Korkeasta vesipitoisuudesta johtuen terhot ja niissä olevat mikrobit hengittävät voimakkaasti varastoinnin aikana. Tiiviisti suljetut laatikot ja pakkaukset, joissa happi loppuu ja joista hiilidioksidi ei pääse poistumaan, eivät siksi sovellu terhojen pitkäaikaiseen varastointiin. Hengityksestä johtuen terhomassa myös lämpenee itsestään. Tästä syystä ilman väliainetta varastoitavia eriä on hyvä välillä sekoittaa, jotta lämpötilaerot tasaantuvat. Terhojen sopiva varastointilämpötila on -2 – +4 °C. Terhot paleltuvat -5 – -8 °C:ssa, kun niiden vesipitoisuus on 40 % (Suszka ym. 1996).

Sirkkajuuret lähtevät toisinaan kasvuun jo terhojen varastoinnin aikana. Juuren katkeaminen estää itämisen ja taimen jatkokehityksen, joten terhojen käsittelyn ja pakkaamisen yhteydessä on oltava varovainen. Katkenneen juuren tilalle ei kasva uutta.

Tammen terhot kestävät puulajeistamme heikoiten varastointia. Tyypillisesti terhot kasvatetaan taimiksi keruuta seuraavana keväänä. Suszkan ja Tylkowskin (1980) tutkimuksessa osa terhoista säilyi itämiskykyisinä 3–5 vuoden varastoinnin ajan, mutta itävyys laski merkittävästi jo 1,5 vuoden varastoinnin aikana. Koska tammi ei tavallisesti tuota keruukelpoista terhosatoa joka vuosi, taimikasvatuksessa terhojen saatavuus on joinain vuosina tuotannon pullonkaula.



Kuva 14. Tammen terhot eivät kestä kuivumista. Ne voidaan varastoida turpeeseen tai muuhun väliaineeseen haudattuina (vas. kuva) tai avoimissa, verkkopohjaisissa konteissa, jos varastotilan ilmankosteus on korkea (oik. kuva, Tanskasta). Sirkkajuuri kasvaa usein terhosta ulos jo keruusyksynä. Sen katketessa terho menetetään, joten terhoja on käsiteltävä varastoitaessa varoen. KH

Tammen idätystestaus voidaan tehdä usealla tavalla. Terhot voidaan haudata puoliksi – terhon kanta eli puussa kiinni ollut pää ylöspäin – kosteaan väliaineeseen. Väliaineena voi olla turve, hiekka, vermikuliitti tai näiden seos (Suszka ym. 1996). Terhot voidaan idättää myös kosteissa imupaperikääröissä siten, että terhot kuoritaan ja niiden kantapuolesta leikataan noin 1/3 terhon pituudesta pois (Himanen 2015).

Sirkkajuuri lähtee kasvuun versoa alemmassa lämpötilassa, Suszkan ym. (1996) mukaan noin viidessä lämpöasteessa. Saman lähteen mukaan vastakerättyjen terhojen itävyys oli parempaa 16 °C:ssa kuin 24 °C:ssa, mutta tämä ero katosi viiden kuukauden viileävarastoinnin jälkeen. Sekä Suszkan ym. (1996) että Tanskassa tehtyjen havaintojen perusteella (Himanen 2015) idätys on hyvä tehdä noin 20 °C:ssa maltillisessa valaistuksessa.

Tammen taimia on tuotettu Suomessa viime vuosina keskimäärin noin 5 000 tainta vuodessa (Liite 1). Taimet kasvattavat voimakkaan paalujuuren heti siemenen idettyä, joten syvien kennojen käyttö voi olla tarpeellista (Kuva 15). Rakoseinämäiset kasvatuskennostot, joissa metsäpuiden taimia tyypillisesti kasvatetaan eivät paalujuuren katkeamisriskin vuoksi sovellu tammen kasvatukseen. Taimet ovat viileinä ja sateisina kesinä herkkiä härmälle (*Erysiphaceae*), jota voidaan torjua fungisidien avulla (Lilja ym. 2013). Taimia voidaan varastoida sekä pakkasvarastossa että ulkona, tosin ulkona varastoitaessa taimet saattavat kärsiä halla- ja ahavatuhoista. Tammen kasvatuksessa on tyypillistä, että taimierän sisällä on suuri kokovaihtelu.

Terhopikari (*Ciboria batchiana*, syn. *Sclerotinia pseudotuberosa*) on Euroopassa merkittävä tammenterhoja tuhoava sieni. Se tarttuu terhoihin niiden kehityksen aikana puussa ja jatkaa kasvuaan terhoissa varastoinnin aikana. Laji esiintyy Suomessa, mutta sen yleisyydestä siemenviljelyksillä tai siementuotannollisesta merkityksestä ei ole tietoa. Sieni pyritään hävittämään terhoista lämminvesikäsitteilyllä (n. 41 °C, 2,5 h) ennen varastointia. Menetelmä on yleisessä käytössä mm. Tanskassa (Himanen 2015). Myös erilaisia biofungisideja on kokeiltu sienien

torjunnassa menestyksellä (Knudsen ym. 2004). Koska terhot varastoidaan kosteassa, myös erilaiset homesienet voivat kasvaa niissä (Finch-Savage ym. 2003). Ehjissä ja terveissä terhoissa niiden aiheuttamat haitat jäänevät vähäisiksi.

Etelä-Ruotsissa (leveyspiiri 58 °N) tehdyssä tutkimuksessa havaittiin *Curculio venosus* -kärsäkään vaurioittaneen kymmeniä prosentteja tammen terhosadosta terhopikarin ohella (Andersson 1992). Laji ei tällä hetkellä esiinny Suomessa. Suomessa esiintyy toukkavaiheessa tammen-terhoja syövä tammikiiltokääriäinen (*Cydia splendana*), mutta sen siementuotannollisesta merkityksestä ei ole tietoa.



Kuva 15. Tammen paakkutaimien kasvatusta Etelä-Ruotsissa. KH

Tammen alkuperäsiirroista ei ole varsinaista tutkimustietoa, mutta yksittäisten tammenkasvattajien kokemukset viittaavat siihen, että Keski-Ruotsista, Virosta ja Venäjältä voidaan saada Suomen oloissakin kestävää viljelymateriaalia (Juha Raisio, Helsingin kaupunki, sähköpostiviesti 3.11.2021). Myös kokemukset Suomen sisällä tehdyistä alkuperäsiirroista viittaavat siihen, että tammi kestää hyvin 100–200 kilometrin siirron pohjoisen suuntaan.

Tammelle ei ole Suomessa jalostusohjelmaa, eikä nykyinen tai näköpiirissä oleva viljelymäärä anna sellaiseen tarvetta. Tammen pluspuita on kuitenkin valittu vuosien mittaan yhteensä 71 kpl:ta sekä luonnon- että viljelymetsistä. Niillä on perustettu kaikkiaan kolme siemenviljelystä,

joista tällä hetkellä tuotantokunnossa on yksi. Tämän lisäksi yksi geenivarakokoelma on vuonna 2021 rekisteröity siemenviljelykseksi, joten sitä voidaan käyttää lisäyslähteenä tammenviljelyssä. Näiden lisäksi kuusi metsikköä on rekisteröity tammen lisäyslähteiksi (Ruokavirasto 2022). Naapurimaissamme on Viroa lukuun ottamatta myös vähintään yksi tammen siemenviljelykussakin (Liite 4).

4.2.4. Muut jalot lehtipuut

Metsävaahtera (*Acer platanoides*)

Vaahtera on tavallisesti noin 10–20-metriseksi kasvava puu, mutta pisin Suomessa mitattu vaahtera on lähes 31 metriä pitkä (Väre ym. 2021, Liite 2). Vaahteran luontainen levinneisyysalue maassamme rajoittuu Pori-Tampere-Parikkala-linjan eteläpuolelle, mutta viljeltynä sitä tapaa myös pohjoisempana. Sen kasvupaikkoja ovat runsasravinteiset lehti- ja sekametsät. Kasvaakseen kookkaaksi puuksi vaahtera vaatii tuoreen, viljavan ja vettä hyvin läpäisevän maan. Vaahtera leviää helposti istutuksista ympäristöön, ja siksi alkuperäisten, luontaisten vaahteroiden ja viljelykarkulaisten erottaminen on vaikeaa.

Vaahteran puuaine on keskiraskasta, kovaa, sitkeää, kimmoisaa ja melko taipuisaa (Fagerstedt ym. 2016, Liite 3). Sitä on helppo työstää ja höylätyt pinnat ovat sileitä. Tämän vuoksi vaahteraa käytetään huonekalu- ja sorvipuuna, ja kovana puulajina se sopii myös parketteihin. Perinteisesti vaahteraa on käytetty sellaisiin käyttötarkoituksiin, joissa puulta vaaditaan suurta kulutuskestävyyttä, kuten työkaluihin. Vaahterapuu lahoaa helposti, joten ulkokäyttöön se ei sovellu.

Vaahtera on eteläisessä Suomessa arvokas maisemapuu koristeellisen kukintansa, tummanvihreän lehvästönsä sekä loistavien syysväriensä ansiosta (Kuva 16). Vaahtera on myös tärkeä ravintokasvi pölyttäjähönteisille (Väre & Kiuru 2006). Vaahteran arvo biodiversiteetin kannalta ei ole muutoin erityisen suuri, mutta se tarjoaa elinympäristön 25:lle pelkästään sen lehtiä ravintonaan käyttävälle hönteislajille (Keto-Tokoi & Siitonen 2021). Vaahtera varjostaa voimakkaasti, ja sen runsas lehtikarikeru tukahduttaa muuta kasvillisuutta. Vaahteran lehtikarikeru on melko hapanta, niukkaravinteista ja hitaasti hajoavaa, eikä sillä ole maata parantavaa vaikutusta (Hinneri 1982). Lehtojen hoidossa pyritään vaahteroiden joukossa suosimaan muita puulajeja (Väre & Kiuru 2006).

Tapion metsänhoidon suositusten (Äijälä ym. 2019) mukaan vaahterametsiköiden kasvatukseen ei ole taloudellisia perusteita, eikä vaahteran taimia olekaan viime vuosina tuotettu metsänviljelytarkoituksiin (Liite 1). Maisema-arvojen ja luonnon monimuotoisuuden kannalta vaahteraa voi kuitenkin sille soveltuvilla paikoilla viljellä.

Vaahteran siemensatojen vuosien välinen vaihtelu on vähäistä verrattuna esimerkiksi tammeen (Wesolowski ym. 2015) ja siementuotanto on tavallisesti runsasta. Siemenet tuleentuvat syyslokakuussa ja pääosa niistä varisee pian sen jälkeen maahan. Taimituotantoa varten siemenet kerätään ennen varisemista, kun niiden väri on muuttumassa vihreästä rusehtavaksi. Siemenistä ei irroteta lenninsiipiä, mutta ne puhdistetaan roskista.

Useimmista muista puulajeistamme poiketen vaahteran siemenet eivät kestä voimakasta kuivumista, eivätkä myöskään nopeaa kuivaamista. Keruun jälkeen siemeniä on hyvä kuivata kevyesti seulojen tai verkkojen päällä, jotta ylimääräinen pintakosteus kuivuu, mutta vesipitoisuus ei saa laskea 8 %:a alemmas (Suszka ym. 1996). Pitkäaikaisvarastointiin muutamassa pakkasasteessa sopii 10–15 %:n vesipitoisuus (Gosling 2007) (Kuva 17).



Kuva 16. Vaahteralla on värikäs ruska, mikä tekee siitä maisemallisesti arvokkaan. EO.

Useimmista muista puulajeistamme poiketen vaahteran siemenet eivät kestä voimakasta kuivumisesta, eivätkä myöskään nopeaa kuivaamista. Keruun jälkeen siemeniä on hyvä kuivata kevyesti seulojen tai verkkojen päällä, jotta ylimääräinen pintakosteus kuivuu, mutta vesipitoisuus ei saa laskea 8 %:a alemmas (Suszka ym. 1996). Pitkäaikaisvarastointiin muutamassa pakkasasteessa sopii 10–15 % vesipitoisuus (Gosling 2007) (Kuva 17).

Lajilla on syvä fysiologinen siemenhorros, joka täytyy purkaa ennen idätystä. Se purkautuu säilyttämällä siemenet kosteina noin 4 °C:ssa, kirjallisuuslähteestä riippuen 4–16 viikon ajan (Suszka 1996, Gosling 2007). Vaahteran optimaalisesta idätyslämpötilasta on kirjallisuudessa vaihtelevia tietoja. Siementen idätystesti ohjeistetaan tehtäväksi 4–10 °C:n lämpötilassa (Zasada & Strong 2008). Jensenin (2007) mukaan siemenet itivät stratifioinnin jälkeen täydellisesti alle 10 °C:n lämpötilassa, mutta itäminen oli nopeinta 22–28 °C:ssa.

Luonnonvarakeskuksen siemenlaboratoriossa tehdyissä kokeiluissa lokakuussa kerätyt, marraskuussa kosteaan turve-hiekkaseokseen haudatut siemenet lähtivät itämään kahden kuukauden 4 °C:n säilytyksen jälkeen, kun ne siirrettiin 7 °C:n lämpötilaan. Myös Konttinen (1995) kertoo siemenhorroksen purkaantuvan kokemustensa mukaan 2–2,5 kk kylmäkäsittelyssä, ja itämistä on syytä tarkkailla sen aikana.

Vaahteralla on Suomessa yksi, Hollolassa sijaitseva kloonisiemenviljelys, josta on vuonna 2021 kerätty ensimmäinen sato (Kuva 17). Vuonna 2021 Punkaharjulla ja Paimiossa sijaitsevat vaahteran geenivarakokoelmat on myös rekisteröity siemenviljelyksiksi. Ruotsissa ja Tanskassa on kummassakin yksi vaahteran siemenviljelys, mutta Baltian maissa niitä ei ole (Liite 4).



Kuva 17. Vaahteran siemenviljelys Hollolassa. Vaahteran siemenet varastoidaan viileässä. KH.

Lehtosaarni (*Fraxinus excelsior*)

Kotimainen saarnemme kasvaa yleensä 15–25 metrin pituiseksi puuksi (Väre ym. 2021), mutta pisin Suomessa mitattu saarni on 35 metriä pitkä (Liite 2). Saarni esiintyy meillä luonnonvaraisena eteläisimmässä osassa maata, Pori–Tampere–Hamina-linjan eteläpuolella. Sen kasvupaikoja ovat runsasravinteiset ja tuoreet, jopa märät, metsät ja korvet, puronvarret ja rannat, joilla pohjavesi on liikkuvaa. Parhaiten se menestyy, jos maaperä on kalkkipitoinen. Saarni on hyvin kylmänarka; sekä keväthallat että syys- ja talvipakkaset vahingoittavat sitä herkästi.

Saarni on tammen ja jalavien tapaan kehäputkiloinen lehtipuu, jolla kevätpuun suuret putkilot näkyvät poikkileikkauksessa vuosilustojen myötäisinä kehinä ja pitkittäisleikkauksessa uurteina. Saarnen puuaine on siitä syystä ulkonäöltään karkeaa. Se on myös painavaa, kovaa ja sitkeää puuta. Saarnen kuiva-tuoretiheys on noin 590 kg/m³ (Liite 3). Saarni on suosittua esim. huonekalu- ja parkettipuuna (Fagerstedt ym. 2016). Saarni sopii käytettäväksi suurta kulutuskestävyyttä vaativiin kohteisiin, kuten. urheiluvälineisiin, työkalujen varsiin ja kädensijoihin sekä parkkeihin.

Tapion metsänhoidon suosituksissa (Äijälä ym. 2019) saarnimetsikön perustamiseen annetaan kaksi vaihtoehtoa. Hallanarkana puulajina se voidaan istuttaa leppä- tai koivuverhopuuston alle, 500–700 tainta/ha tiheyteen. Avoalalle suositellaan sekametsää yhdessä esimerkiksi tervalepän kanssa. Tällöin saarnen taimia istutetaan 400–700 tainta hehtaarille, loput tervaleppää niin, että kokonaistiheydeksi tulee 2 500–3 000 tainta/ha. Toisaalta Pihlströmin ja Viherä-Aarnion (2020) mukaan saarnea voidaan istuttaa käyttäen koivun ja tervalepän viljelytiheyksiä, siis 1 600 tainta/ha. Maanmuokkauksen tarpeesta tai soveltuvista menetelmistä ei ole tietoa, mutta laikku- tai kääntömätöstys saattaisi vähentää pintakasvillisuuden kilpailua tehokkaimmin. Alkuvaiheessa saarni on nimittäin hyvin altis pintakasvillisuuden kilpailulle. Ylispuut poistetaan saarnien ollessa yli kaksimetrisiä (Valkonen 1996, Pihlström & Viherä-Aarnio 2020).

Saarnen kasvatuksessa on huolehdittava, että sen latvus säilyy riittävän suurena. Saarni ei ole kovin altis vesioksien muodostumiselle, joten harvennus voidaan tehdä suhteellisen voimakkaana. Kiertoaika on Pihlströmin ja Viherä-Aarnion (2020) mukaan noin 80 vuotta hyvissä olosuhteissa ja hyvin hoidetussa metsässä. Kiertoajan lopulla saarnimetsikössä on jäljellä 150–200 saarnea hehtaarilla.

Saarnen biodiversiteettiarvo on suuri, joskaan sillä elävien kasvinsyöjälajien määrä ei ole kovin suuri, noin 50, ja niistä saarneen erikoistuneita spesialisteja on vain kymmenkunta (Keto-Tokoi & Siitonen 2021). Saarnen kaarnan pH on korkea, joten sillä elää epifyytteinä vaatelialta jäkälä

ja sammalia. Saarnen lehtikarike on kalkkipitoista ja se parantaa maata. Saarnen läheisyydessä on myös rikas maaperäeläimistö ja pintakasvillisuus, joka kukkii näyttävästi keväällä. Saarni on tärkein puulaji lehdetniityillä, jotka ovat suojeltuja luontotyyppisiä. Erityisen arvokkaita saarnia ovat vanhat, ontot mulmipuut.

Saarnen kasvatusta meillä rajoittaa suuresti saarnensurma (*Hymenocyphus fraxineus*), joka tappaa ja ränsistyyttää saarnia (Kuva 18). Suomessa on maastoinventoinneissa todettu puuyksilöiden välistä vaihtelua saarnensurman esiintymisessä, mutta ei ole tietoa siitä missä määrin kyseinen vaihtelu on geneettistä (Jarkko Hantula, Luonnonvarakeskus, sähköpostiviesti 24.11.2021). Esimerkiksi Tanskassa on todettu saarnien välillä merkittävää geneettistä vaihtelua saarnensurmankestävyydessä (HealGenCAR; <https://www.youtube.com/watch?v=zsISJrbU2aw>).



Kuva 18. Saarnensurman tappamia ja harsuunuttamia saarnia Tammisaassa. AP

Viime vuosina etenkin kaupunkien ja pihojen saarnilla on yleistynyt saarnipistiäinen (*Tomostethus nigritus*). Sen aikuiset munivat latvuksiin ja toukat syövät saarnen lehdet lehtirangoille. Saarni kasvattaa uudet lehdet kesän kuluessa, mutta syönnin toistuaessa vuodesta toiseen se heikentää puun elinvoimaisuutta. Saarnea uhkaa myös alun perin Aasiasta kotoisin oleva jalo-kuoriainen, saarnenjalosoukko (*Agrilus planipennis*), joka on levittäytymässä idästä Suomea kohti (Raisio & Vihervuori 2021). Etelä-Suomessa nykyisetkään talvilämpötilat eivät olisi este sen menestymiselle, mutta lajin elinkierto olisi täällä kaksivuotinen (Orlowa-Bienkowskaja & Bienkowski 2016, 2020), mikä jonkin verran hillitsisi sen leviämisenopeutta.

Saarni aloittaa kukintansa kirjallisuuslähteestä riippuen 15–40 vuoden iällä (Suszka ym. 1996, Coder 2008), ja tuottaa siemeniä suhteellisen säännöllisesti. Tuulipölytteiset kukat avautuvat keväällä ennen lehtien puhkeamista. Sen kukkien sukupuolisuhdeet ovat hyvin vaihtelevia;

osittain emit ja heteet voivat olla eri puissa, mutta toisinaan samoissa puissa ja jopa kukissakin. Tietty puu saattaa kukkien suhteen käyttäytyä eri vuosina eri tavalla (Raisio 1996). Alun perin kaksineuvoisista kukista joko heteet tai sikiäimet abortoituvat (Wardle 1961).

Tertuissa kehittyvät siemenet tuleentuvat lokakuussa ja ne kerätään niiden värin muututtua vihreästä ruskeaksi, ennen talvea. Siemenet kuivataan 20 °C:n lämpötilassa 8–10 % vesipitoisuuteen. Lenninsiipiä ei tarvitse poistaa. Kuivatut siemenet säilyttävät itävyytensä pakkasvarastoituina (-3– -5 °C) vähintään kymmenen vuotta (Suszka ym. 1996).

Saarnen erityispiirteenä on, että sen alkioit kasvavat siemenen kehittyessä vain puoleen lopullisesta koostaan. Siementen itämiseksi ne vaativatkin stratifioinnin lämpimässä (6–16 viikkoa, 15–20 °C), jonka aikana alkio kasvaa täyteen mittaansa. Sen jälkeen siemenet vielä kylmästratifioidaan siemenhorroksen purkamiseksi (16–32 viikkoa kirjallisuuslähteestä riippuen, 3–5 °C) (Konttinen 1995, Gosling 2007). Siemenet voidaan tämän vuoksi kylvää taimitarhalla vasta 1,5 vuoden kuluttua siementen keruusta. Suszka ym. (1996) suosittelevat idätystestausta vaihtolämpötilassa, jossa yölämpötila (16 h) on 3–5 °C:ta ja päivälämpötila (8 h) 15–25 °C:ta. Käytännön taimituotannossa talvella kerätyt siemenet on hajakylvetty keväällä ulos, jolloin ne itävät vuoden kuluttua (Gunilla Holmberg, Massbybackan taimisto, sähköpostiviesti 29.12.2021).

Saarnensurmaa aiheuttavaa sientä on eristetty siemenistä (Cleary ym. 2019), ja siemenlevintää on epäilty yhdeksi taudin leviämistavaksi. Siementen kuumavesikäsitteilyä on tutkittu tapana hävittää sieni siemenistä (McCartan ym. 2015). Marčiulytien ym. (2017) tutkimuksen mukaan tautia ei kuitenkaan havaittu infektoituneista siemenistä kasvatetuissa taimissa.

Viime vuosina saarnen taimia on tuotettu taimitarhoilla metsänviljelyyn aivan satunnaisesti muutamia satoja kappaleita (Liite 1). Saarnella ei ole Suomessa siemenviljelyksiä, mutta kylläkin kaksi rekisteröityä siemenkeräysmetsikköä (Ruokavirasto 2022). Naapurimaissamme saarnen siemenviljelyksiä on Ruotsissa, Tanskassa ja Liettuassa (Liite 4).

Metsälehmus (*Tilia cordata*)

Metsälehmus on tavallisesti 15–30-metrinen puu (Kuva 19), joskin lehmuksen ennätyspituus Suomessa on yli 36 metriä (Liite 2). Metsälehmus on jaloista lehtipuista meillä laajimmalle pohjoiseen levinnyt. Sen levinneisyyden pohjoisraja kulkee Vaasa–Iisalmi–Nurmes-linjan korkeudella. Myös aiemmin lämpimällä ilmastokaudella noin 6 000–7 000 vuotta sitten lehmus oli yleisin jaloista lehtipuista, taantuen kuitenkin voimakkaasti ilmaston viiletessä, kuusen levittäytyessä Suomeen (Seppä ym. 2009) ja myös ihmisen toimien seurauksena. Voimakkaan vesomisen sekä taimien varjonsietokyvyn ansiosta metsälehmus on onnistunut säilyttämään jalansijansa kasvupaikoillaan, vaikka varsinaisia lehmusmetsiä ei enää juuri ole.

Parhaita kasvupaikkoja lehmukselle ovat tuoreet, runsasmultaiset lehdot, joissa on riittävästi kosteutta. Nykyisin lehmuksen tapaa usein kallionaluslehdosta.

Perinteisesti lehmuksen halutuin ja käytetyin osa oli sen sisäkuoresta saatava niini, jonka kiskonta köydenpunontaan ja veronmaksuun lienee ollut suurin syy lehmuksen harvinaistumiseen. Lehmuksen puuaine on tasa-aineista, himmeäkiiltoista, pehmeää, taipuisaa ja kevyttä (Fagerstedt ym. 2016, Liite 3). Helpon työstettävyytensä vuoksi lehmus on taiteilijoiden suosiossa, ja sitä käytetään mm. veistoksiin ja puu-upotuksiin.



Kuva 19. Metsälehmus Lapinjärvellä. EO

Taloudellisessa mielessä metsälehmuksen viljely ei ole kannattavaa, mutta monimuotoisuustekijät voivat puoltaa sen pienialaista viljelyä (Pihlström & Viherä-Aarnio 2020). Sitä voidaan viljellä myös yhdessä tammen kanssa. Tapion metsänhoidon suosituksissa (Äijälä ym. 2019) ohjeeksi annetaan istuttaa lehmuksia 5–6 taimen ryhmiin noin 10 metrin välein, 500–600 lehmusta/ha. Metsänhoidon suositusten mukaan kasvatukseen sopivat tammen ohjeet eli alussa tiheässä, myöhemmin lieviä ja usein toistuvia harvennuksia. Kiertoaika on noin 80–90 vuotta.

Biodiversiteetti-arvoltaan parhaita lehmuksia ovat osittain lahot ja ontot mulmia sisältävät puuvanhukset (Väre & Kiuru 2006). Ontoissa puissa asuvat myös tikat, pöllöt ja muut kolopesijät. Lehmuksella elää mm. harvinaisia kovakuoriaisia.

Metsälehmus ei kärsi vakavista hyönteistuhouista ja se toipuu vahingoista yleensä hyvin. Hallamittarin (*Operophtera brumata*) toukat saattavat syödä lehmuksen lehtiä, mutta siitä ei aiheudu

puulle pysyvää vahinkoa (Väre & Kiuru 2006). Metsälehmuksen lehtiä vahingoittaa myös sahapistiäisiin kuuluva lehmusetanainen (*Caliroa annulipes*), jota esiintyy Keski-Euroopassa lehmuksen lisäksi myös muilla lehtipuilla, kuten tammella ja pajulla (Schönrogge 1991). Lehmusetanainen munii alkukesällä lehden alapinnalle, josta toukat kuoriuduttuaan siirtyvät syömään lehden yläpintakerrosta. Lehti muuttuu pitsimäiseksi, mikä aiheuttaa puulle ulkonäköhaittaa. Mikäli tuho on laaja, lehdet voivat pudota ennen aikojaan ja seuraavan kauden kasvu saattaa heikentyä.

Jonkinasteista haittaa voi lehmukselle aiheuttaa myös niinimiinakoi (*Phyllonorycter issikiä*), joka on levinnyt Aasiasta Keski-Eurooppaan ja löydetty ensi kertaa Suomesta vuonna 2002 (Wullaert 2012). Perhosen toukat kaivavat lehmuksen lehtiin käytäviä, joiden runsas määrä muuttaa lehdet epämuodostuneiksi (Wullaert 2012). Voimakas tuho voi johtaa lehmuksen puuntuotto- ja lisääntymiskyvyn heikkenemiseen (De Jaegere ym. 2016).

Metsälehmus kukkii heinäkuussa, viimeisenä puistamme. Useimmista kotimaisista puulajeista poiketen se on myös hyönteispölytteinen. Lehmus tuottaa runsaasti mettä ja siitepölyä, jotka ovat ravintoa pölyttävälle mehiläisille, kimalaisille ja kukkakärpäksille (Jacquemart ym. 2018). Nykyilmastossa lehmuksen siemenet eivät eteläisessäkään Suomessa ehdi tuleentua joka vuosi. Pigottin (1981) mukaan elokuun lämpötilat riittävät Suomessa hedelmöitymisen tapahtumiseen, mutta syys- ja lokakuun matalat lämpötilat estävät alkion ja siemenvalkuaisen täydellisen kehittymisen (Kuva 20).

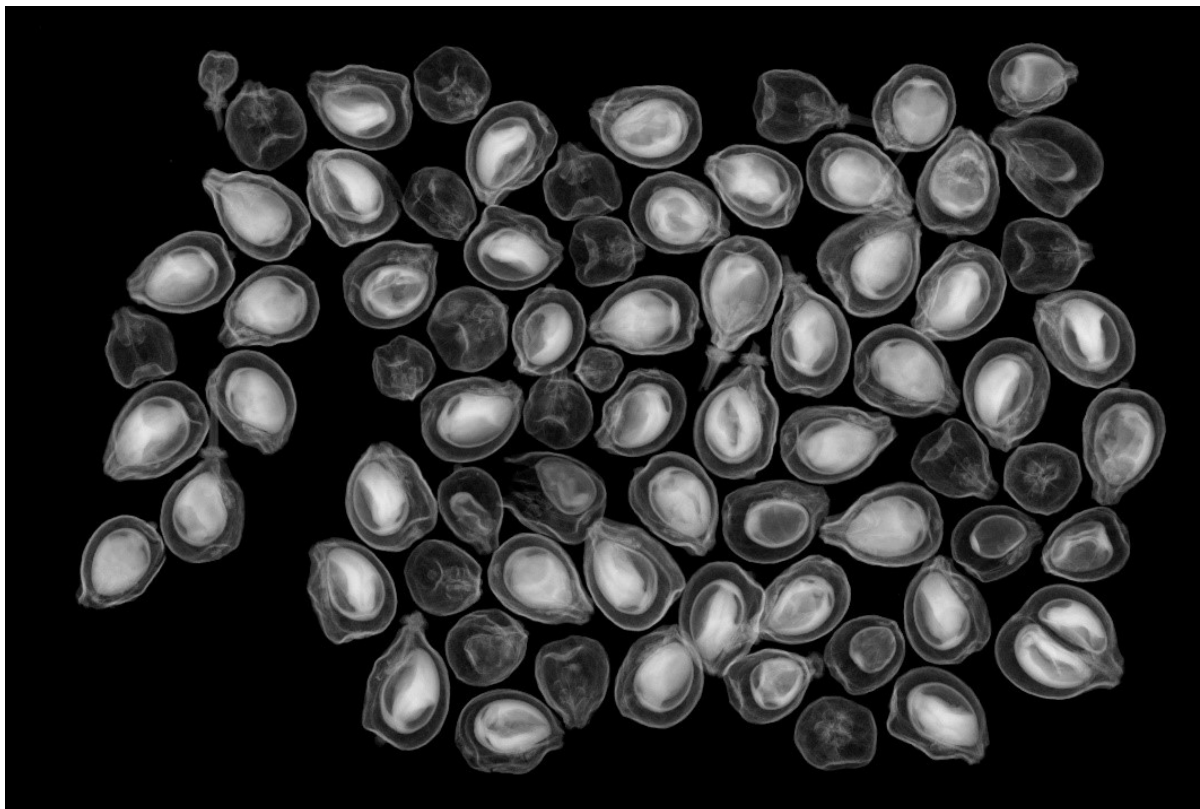
Lehmuksen siemenet kerätään puista loppusyksyllä. Lenninsiipi ja siementä ympäröivä hedelmänseinä poistetaan (Konttinen 1995). Lehmuksen siemenet säilyttävät itämiskykynsä useita vuosia -3– -10 °C:n lämpötilassa, kun siementen vesipitoisuus on 10–12 % (Suszka ym. 1996). Gosling (2007) suosittelee siementen 10–15 % vesipitoisuutta varastoinnissa.

Lehmuksella on syvä siemenhorros, jonka täydellinen purkaminen on haastavaa. Horroksen purkamiseksi siemeniä säilytetään ensin kosteina lämpimässä (15 °C) 16–20 viikkoa, jonka jälkeen kosteat siemenet siirretään edelleen kylmäsäilytykseen (4 °C) vastaavaksi ajaksi (Gosling 2007). Siemenistä voidaan kasvattaa taimia näin ollen vasta 1,5 vuoden kuluttua niiden keruusta. Käytännön taimituotannossa siemenet voidaan hajakylvää keväällä ulos, jolloin ne itävät vuoden kuluttua (Gunilla Holmberg, Massbybackan taimisto, sähköpostiviesti 29.12.2021).

Siemenhorroksen purkamisen hitauden vuoksi itävyyden testaus kestää käytännön tarpeita ajatellen usein liian kauan. Siementen elävyyttä voidaan arvioida tetrazolium- ja indigokarmiinivärjäysten avulla tai tyhjät ja vaurioituneet siemenet paljastavalla röntgenkuvauksella, jolloin tulokset saadaan päivissä.

Metsälehmuksen taimia voidaan tuottaa paitsi siemenistä, myös kasvullisesti mikrolisäämällä (Häyrynen 2011). Metsälehmuksen taimia on viime vuosina tuotettu metsänviljelyyn keskimäärin noin tuhat kappaletta vuodessa (Liite 1).

Metsälehmuksen kaksi geenivarakokoelmaa – toinen Paimiossa ja toinen Punkaharjulla - rekisteröitiin vuonna 2021 siemenviljelyksiksi. Metsälehmuksella on siemenviljelyksiä myös useimmissa naapurimaissamme, Liettuassa peräti 17 (Liite 4).



Kuva 20. Geenivarakokeelmasta kerättyjä metsälehmuksen siemeniä röntgenkuvattuina. Useimpien puulajien tapaan myös lehmuksen siemenistä osa on ns. tyhjiä, eli niistä puuttuu alkio ja muita sisärakenteita. Syksyn lämpötilojen alhaisuus rajoittaa nykyilmastossa lehmuksen siementen tuleentumista. KH

Vuorijalava (*Ulmus glabra*) ja kynäjalava (*U. laevis*)

Molemmat jalavalajit ovat harvinaisempia kuin muut jalot lehtipuumme ja luonnonsuojelulain nojalla rauhoitettuja. Vuorijalavaa tavataan hajanaisesti Pori-Tampere-Lappeenranta-linjan eteläpuolella, mutta sillä on erillisesiintymiä myös Keski-Suomessa sekä Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan lehtokeskuksissa. Kynäjalava puolestaan on rantojen puulaji, jonka esiintymät keskittyvät Kokemäenjoen vesistön järvien, Lohjanjärven ja Loviisan Tesjoen rannoille, tärkeimpänä niistä Vanajaveden Hattulan kasvupaikat.

Vuorijalava kasvaa näistä kahdesta lajista tavallisesti kookkaammaksi, saavuttaen yli 30 metrin pituuden, kynäjalavan jäädessä tavallisesti jonkin verran matalammaksi, noin 20-metriseksi (Väre ym. 2021). Molempien lajien pisimmät yksilöt ovat kuitenkin yli 30-metrisiä, pisin vuorijalava yli 38 metriä pitkä (Liite 2).

Kynä- ja vuorijalavan puuaine on hyvin samankaltaista. Jalavien puuaine on keskiraskasta, kovaa ja kimmoisaa ja pinnaltaan karkeahkoa (Liite 3, Fagerstedt ym. 2016). Se on arvostettua huonekaluteollisuudessa sorvattuna tai leikattuna viiluna. Sitä käytetään myös sisärakentamisessa mm. parketeissa ja ikkunanpuitteissa ja se soveltuu myös vedessä oleviin rakenteisiin.

Jalavia istutetaan noin 2 000 tainta/ha ja metsikkö kasvatetaan alkuvaiheessa tiheänä riittävän laadun takaamiseksi (Äijälä ym. 2019). Sekapuuna voidaan käyttää rauduskoivua tarvittavan alkuvaiheen tiheyden aikaansaamiseksi. Jalavien nauttima lainsuoja saattaa vaikeuttaa niiden metsätalouuskäyttöä, mutta se on ehkä mahdollista lain sallimalla poikkeusluvalla.

Molemmat jalavat ovat harvinaisina puina arvokkaita biodiversiteetin kannalta. Niiden lehtikarikerike parantaa maata, ja niillä elää epifyyttinä monipuolinen jäkälälajisto sekä harvinaisia lahottajia, esim. suomukääpä (*Polyporus squamosus*). Kynäjalavalla elää myös äärimmäisen uhanalainen jalavajäärä (*Rharnusium bicolor*) (Keto-Tokoi & Siitonen 2021).

Jalavien suurena uhkana Suomessa on hollanninjalavatauti, jota aiheuttavat *Ophiostoma ulmi* ja *O. novo-ulmi* -nimiset sienet. Tautia levittävät mm. *Scolytus*-suvun mantokuoriaiset. Tois-taiseksi Suomi on säilynyt ainoana Euroopan maana ilman pysyvää hollanninjalavatautia, mutta riski sen leviämislle kaakosta on suuri (Hantula 2021).

Jalavien suvullinen lisääntyminen käynnistyy verrattain myöhään, noin 35 vuoden iässä (Coder 2008). Molemmat jalavalajit ovat tuulipölytyisiä ja kukkivat keväällä ennen lehtien puhkeamista. Nielsenin ja Kjaerin (2010) tutkimuksessa vuorijalavan siitepölyn keskimääräinen leviämissetäisyys metsässä oli 104 m.

Jalavan siemenet kehittyvät pölytyksen jälkeen nopeasti ja tuleentuvat sekä varisevat kesäkuussa. Siemeniin maasta tarttuvien mikrobien vuoksi ne on parasta kerätä puista ennen varisemista, mutta vasta niiden värin muuttuessa vihreästä rusehtavaksi. Lenninsiipiä ei poisteta. Konttisen (1995) mukaan tuoret siemenet on ilmakeivattava varastointia varten.

Pääosa kynäjalavan tyhjiä siemenistä syntyy hedelmöittymisen epäonnistuessa (Perea ym. 2013). Siementuotannossa tyhjät siemenet voidaan poistaa puhaltimilla.

Vuurijalavan siemenet varastoidaan Goslingin (2007) mukaan 10–15 % vesipitoisuudessa alle 0 °C:n lämpötilassa. Barbourin ja Brinkmanin (2008) kokoamien tietojen mukaan vuurijalavan siemenet varastoidaan ”ilmakeivattuina” 1–10 °C:ssa ja kynäjalavan siemenet 22 °C:ssa. Siemenet säilyttävät elävyytensä näin varastoituina ainoastaan puoli vuotta. Kynäjalavan siemenet säilyttivät itävyytensä viiden vuoden ajan, kun ne varastoitiin noin 10 % vesipitoisuudessa -1–3 °C:ssa (Tylkowski 1987).

Konttisen (1995) sekä Barbourin ja Brinkmanin (2008) julkaisuissa kerrotaan, etteivät kummankaan jalavalajin siemenet hyödy stratifioinnista. Gosling (2007) kertoo puolestaan vuurijalavan siemenissä olevan syvä horros, jonka purkamiseksi suositellaan 8–12 viikon varastointia kosteina 4 °C:ssa.

Paras vuurijalavan itävyys on saavutettu 25/15 °C:n ja 30/20 °C:n idätyslämpötiloissa (korkeampi lämpötila päivällä 8 h ajan) siten, että päivällä idätys tapahtui valossa (Cicek ja Tikli 2007). Kynäjalavalla paras itävyys saavutettiin 30/20 °C:n vaihtolämpöidätyksessä ilman valaistusta. Barbourin ja Brinkmanin (2008) keräämien tietojen mukaan vuurijalavan idätystesti tehdään vaihtolämpötilassa (päivälämpötila 21–30 °C, yölämpötila 20–25 °C). Testi kestää 30–60 päivää. Kynäjalavan 30 päivän idätystesti tehdään tasaisessa 21 °C:n lämpötilassa (Kuva 21).

Jalavien taimia on Suomen taimitarhoilla tuotettu metsänviljelytarkoituksiin satunnaisesti keskimäärin muutamia satoja taimia vuodessa, vuurijalavaa jonkin verran enemmän kuin kynäjalavaa (Liite 1). Siemenet voidaan taimitarhalla kylvää heti keruun jälkeen kesällä, jolloin taimet ovat valmiita saman vuoden syksynä. Siemenet hajakylvetään ja koulitaan itämisen jälkeen kasvatuskennoihin (Gunilla Holmberg, Massbybackan taimisto, sähköpostiviesti 29.12.2021).

Kaksi kynäjalavan geenivarakokoelmaa on rekisteröity siemenviljelyksiksi vuonna 2021 ja yksi vastaava vuurijalavan kokoelma rekisteröidään samoin vuonna 2022. Naapurimaissamme ei ole yhtään jalavan siemenviljelystä (Liite 4).



Kuva 21. Itäneitä kynäjalavan siemeniä. KH

4.2.5. Muut kotimaiset lehtipuut

Harmaaleppä (*Alnus incana*)

Harmaaleppää kasvaa koko maassa lukuun ottamatta Ahvenanmaata ja tunturialuetta. Se on yksi- tai monirunkoinen, yleensä 15–20-metriseksi kasvava puu, joskin lajin pisin mitattu ennätyskylö on 27-metrinen (Väre ym. 2021, Liite 2).

Harmaaleppä on tyypillinen pioneeripuuna, joka metsittää maankohoamisrannikolla ensimmäisenä merestä nousseet alueet. Aiemmin se valtasi kaskiviljelystä hylätyt maat (Heikinheimo 1915), nykyisin taas sorakuopat, avohakkuualat ja hylätyt pellot. Harmaaleppä leviämiskyky perustuu runsaaseen siementuotantoon sekä voimakkaaseen vesomiseen. Se kasvattaa sekä kanto- että juurivesoja (Heikinheimo 1915).

Harmaaleppä puuaine on pehmeää, helppotyöstöistä ja punertavaa, kuten tervaleppä, joskin hieman vaaleamman sävyistä ja kevyempää (Fagerstedt ym. 2016, Liite 3). Harmaaleppä soveltuu tervaleppä tavoin käytettäväksi huonekaluihin, koristelaudoituksiin, paneelisiin ja lauteisiin. Käyttöä rajoittaa kuitenkin se, että usein sen runko on mutkainen ja tukkimitan täyttävillä puilla laho. Harmaaleppää on ajoittain käytetty kuitupuuna muiden lehtipuiden seassa ja lastulevyn raaka-aineena (Salmi 1993).

Harmaaleppä on nuorena nopeakasvuinen. Hyvillä kasvupaikoilla harmaaleppikoiden vuotuinen runkopuun tilavuuskasvu voi olla jo viiden vuoden ikään mennessä $5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Miettinen 1932).

Vuotuinen keskikasvu kulminoituu 15–20 vuoden iässä, minkä jälkeen se hidastuu. Harmaalepän ränsistyminen alkaa varsin nuorena, ja yli 40-vuotiaat harmaalepät ovat usein lahovikaisia (Hytönen & Saarsalmi 2015). Metsälain mukaan harmaaleppä ei kuulu niihin puulajeihin, joilla saisi metsänuudistamisessa perustaa taimikon, ts. sitä ei hyväksytä metsänuudistamiseen valtapuulajina.

Voimakkaan vesomisen ja nopean kasvun ansiosta harmaaleppä soveltuu kasvatettavaksi lyhyellä kiertoajalla (15–20 v.) energiapuuksi (Hytönen & Saarsalmi 2015), joskin sen puuaineen kuivatuoretiheys ja niin muodoin lämpöarvo kiintokuutiometriä kohti on selvästi pienempi kuin esim. koivulla (Liite 3, Hakkila 1970, 1978, Björklund & Ferm 1982).

Harmaaleppä on typensitoja ja maabiologisesti arvokas puulaji (Mikola 1955, 1978, Viro 1955). Se ei ole altis jänisten ja hirvieläinten syönnille. Harmaalepikoita on pidetty vähäarvoisina (Salmi 1993) ja kasvupaikalle sopimattomina ja vajaatuottoisina ja metsänhoidossa harmaalepistä on pyritty eroon (Raulo 1972). Sitä on kasvatettu lähinnä kuusentaimien verhopuustona.

Lehtotuomi (*Prunus padus*)

Tuomi kasvaa koko maassa. Se kasvaa tavallisesti 8–15-metriseksi, monirunkoiseksi puuksi, mutta Suomen ennätysyksilö on venynyt jopa 22 metrin pituuteen (Väre ym. 2021, Liite 2). Tuomi vesoo voimakkaasti ja juurtuu myös oksataivukkaista. Yleensä siitä kehittyy monirunkoinen ja mutkainen, mutta leikkaamalla se voidaan kasvattaa yksirunkoiseksi. Vapaassa tilassa kasvavan tuomen latvuksesta tulee symmetrisen pyöreä. Tuomi on nuorena nopeakasvuinen, mutta kasvu taantuu varhain.

Tuomen kasvupaikkoja ovat purojen ja jokien varret, rehevät rantametsät, pellonreunat, ojanvarret ja laidunmaat. Kalkkipitoisia maita tuomi karttaa (Pihlström & Viherä-Aarnio 2020).

Tuomen puuaine on tasa-aineista, ohutsyistä, taipuisaa, sitkeää ja melko pehmeää. Sitä on helppo halkaista ja työstää (Fagerstedt ym. 2016). Tuomen käyttöä rajoittaa runkojen pieni koko ja mutkaisuus. Perinteisesti tuomea on käytetty erilaisissa pienesineissä, ja sen taipuisuutta on hyödynnetty luokkien valmistuksessa ja punontatöissä (Salmi 1991). Pellonreunojen tuomitiheiköt raivataan usein energiapuuksi.

Tuomen maisema-arvo etenkin kukkivana on suuri, joskin sitä heikentävät tilapäisesti alkukesään ajoittuvat tuomenkehrääjäkoin (*Yponomeuta evonymellus*) massaesiintymät. Pellonreunojen ja ojanvarsien tuomipensastot ovat myös tärkeitä elinympäristöjä ja suojapaikkoja linnuille ja riistaeläimille. Hirvieläimille ja muille nisäkkäille tuomi ei yleensä maistu (Pihlström & Viherä-Aarnio 2020).

Tuomi on väli-isäntä kuusen tuomiruosteelle (*Thekopsora areolata*), joka vaurioittaa kuusen käpyjä ja versoja (Helenius ym. 2015). Taudista on haittaa kuusen jalostetun siemenen tuotannolle, taimituotannolle ja se aiheuttaa vikuutuksia myös taimikoissa ja joulukuusiviljelmillä. Tuomessa munina talvehtiva tuomikirva (*Rhopalosiphum padi*) puolestaan levittää viljojen kääpiökasvuviroosia, joka aiheuttaa merkittäviä satotappioita (Väisänen & Heliövaara 1991). Tästä syystä tuomea ei kannata suosia tällaisten kohteiden läheisyydessä.

Raita (*Salix caprea*)

Raita on yksi yleisimpiä pajulajejamme, ja sitä kasvaa koko maassa. Raita on tavallisesti 5–10-metrinen, yksi- tai monirunkoinen puu tai kookas pensas, mutta pisin mitattu raita on yltänyt 26 metrin pituuteen (Väre ym. 2021, Liite 2). Raidalle tyypillisiä kasvupaikkoja ovat metsien

laiteet ja aukkopaidat, tienvarret ja erilaiset joutomaat. Raita viihtyy kuivemmilla paikoilla kuin muut pajulajit, mutta parhaiten se kuitenkin menestyy tuoreilla mailla. Raita ei juurikaan muodosta metsiköitä vaan esiintyy yksittäisinä pensaina tai monirunkoisina puina. Kasvaessaan rehevällä maalla ja metsikön keskellä muun puuston puristuksessa raita voi kehittyä suorarunkoiseksi puuksi (Kuva 22).

Raidan puuaine on pehmeää, sitkeää ja kimmoisaa (Fagerstedt ym. 2016). Sen kuiva-tuoretiheys on 480 kg/m^3 (Liite 3). Puuaine on kaksivärinen: sydänpuu on vaaleanpunertava tai ruskea ja pintapuu kellanvalkoinen. Väri vaihtelunsa ja sorvattavuutensa ansiosta raita sopii tai-depuuseppien töihin. Raidan käyttöä on kokeiltu vastikään myös biokomposiittien ainesosana korvaamassa muovia (Kumar ym. 2020).

Raita uudistuu paitsi siemenistä myös vesomalla voimakkaasti kannosta, mutta juurivesoja se ei tuota. Vesojen pituuskasvu on nuorena nopeaa, jopa yli kolme metriä kesässä (Heino 1981). Raita myös vanhenee ja ränsistyy nopeasti saaden helposti lahovian. Raidoissa näkyy usein murtuneita haaroja ja oksia. Raita on hirvieläimille erityisen hyvin kelpavaa ravintoa ja ne voivat estää raidan kehittymisen puumaiseksi (esim. Andersson & Koivisto 1980, Heikkilä ym. 2003, Månsson ym. 2007).



Kuva 22. Raita kasvaa usein monirunkoisena tai pensasmaisena puuna, mutta toisinaan myös suorana ja yksirunkoisena, kuten kuvassa. Raidankeuhkojäkäleä on harvinainen, vanhoilla raidoilla, haavoilla (kuvassa) ja toisinaan muilla lehtipuilla kasvava suurikokoinen jäkäle. KH

Raidan biodiversiteetti-arvo on suuri. Luonnon monimuotoisuuden kannalta se on puulajeistamme merkittävimpiä (Väisänen 1990). Varhain kukkivana ja hyönteispölytteisenä puulajina se on tärkeä ravintokasvi erityisesti kimalaisille, mehiläisille ja muille pölyttäjähönteisille, kun muita ravinnon lähteitä on keväällä vähän (Heliölä 2021). Raidalla elää yli 400 kasvin-syöjä-hönteislajia, joista yli 130 on raidalle erikoistuneita (Keto-Tokoi & Siitonen 2021). Raidan kuorella elävä epifyyttilajisto on erilainen ja monilajisempi kuin esim. havupuilla ja koivulla. Esimerkiksi

raidankeuhkojäkäli (*Lobaria pulmonaria*) on raidalla elävä, silmälläpidettäväksi luokiteltu jäkäli (Kuva 22). Vanhoissa raidoissa elää harvinainen, anikselta tuoksuva raidantuoksukääpä (*Haploporus odorus*).

Kotipihlaja (*Sorbus aucuparia*)

Kotipihlaja kasvaa koko maassa. Pihlaja on tavallisesti 4–12-metrinen, yksi- tai monirunkoinen puu (Väre ym. 2021). Pisin Suomesta mitattu pihlaja oli kuitenkin 24 metrin pituinen (Liite 2). Pihlaja voi kasvaa hyvin monenlaisille kasvupaikoilla; lehdoissa, kuivissa kangasmetsissä, kalliorinteillä, rannoilla ja niityillä.

Pihlajan puuaine on keskiraskasta, kovaa, sitkeää ja melko taipuisaa (Liite 3, Fagerstedt ym. 2016). Kovuuden ja joustavuuden ansiosta pihlajasta on tehty mm. työkalujen varsia. Haravan piikit on perinteisesti tehty pihlajasta.

Pihlaja olisi suosittua huonekalupuuna, jos sitä olisi saatavilla enemmän. Sitä on helppo sorvata, kiillottaa ja petsata. Runkojen pieni koko ja ylipäättään pihlajan heikko saatavuus rajoittaa sen käyttöä, vaikka kiinnostusta puuseppien keskuudessa olisi. Erityisesti vuonna 1993 valmistuneeseen tasavallan presidentin virka-asuntoon Mäntyniemeeseen suunnitellut pihlajapuiset kalusteet nostivat pihlajan kysyntää, joka kuitenkin laantui, kun tarjontaa ei riittänyt suurempaan tuotantoon (Pihlström & Viherä-Aarnio 2020).

Pihlaja uudistuu runsaasti sekä kantovesoista että siemenistä, joita linnut levittävät. Se vaatii valoa kasvaakseen hyvin. Pihlaja on hidaskasvuinen, joten sen kasvatusta käyttökokoon vaatii aikaa ja kärsivällisyyttä kasvattajalta. Lisäksi pihlaja on hirvieläinten suosimaa ravintoa ja ne voivat syönnillään estää sen kehityksen puumaiseksi (Andersson & Koivisto 1980, Heikkilä ym. 2003, Månsson ym. 2007).

Pihlajan biodiversiteettiarvo on suuri. Sen lisäksi, että se on hirven suosima ravintokasvi, monet linnut syövät sen marjoja. Pihlajalla elää myös suuri määrä erilaisia kasvinsyöjähyönteisiä (Väisänen & Heliövaara 1994), joskin pihlajaan erikoistuneita lajeja on melko vähän (Keto-Tokoi & Siitonen 2021), sekä rungolla monipuolinen epifyyttilajisto (Kuusinen 1994). Myös pihlajan arvo maisemapuuna on merkittävä. Sen merkitystä korostaa se, että se on runkoluvulla mitaten Suomen neljänneksi yleisin puulaji (Taulukko 1).

4.3. Ulkomaiset lajit

4.3.1. Siperianlehtikuusi eli arkangelinlehtikuusi

Suomessa eniten viljelty ulkomainen puulaji, siperianlehtikuusi (*Larix sibirica*), luokitellaan lainsäädännössä ja PEFC-sertifioinnissa kotimaiseksi puulajiksi. Tälle on perusteena sen pitkä viljelyhistoria Suomessa, sen luontaisen levinneisyysalueen läheisyys ja todisteet sen aiemmasta esiintymisestä Suomen alueella. Siperianlehtikuusta on viljelty metsätalouspuuna nyky-Suomen alueella 1840-luvulta lähtien ja koristepuuna ilmeisesti selvästi aiemmin (Rokio 1909, Häyrynen 2008). Lähimmät luontaiset siperianlehtikuusen kasvupaikat ovat Äänisjärven rannoilla noin 200 km itään Suomen rajasta. Subfossiiliset todisteet osoittavat sen myös kasvaneen Suomen alueella ennen viimeisintä jääkautta (Hirvas 1991) ja koska Pohjois-Ruotsista on löytynyt todisteita myös sen jääkauden jälkeisestä esiintymisestä siellä (Kullman 1998), on hyvin todennäköistä, että sitä on kasvanut tuolloin myös Suomen alueella.

Tässä yhteydessä on syytä mainita seuraava nimistöön liittyvä seikka. Uusimman taksonomisen käytännön mukaisesti siperianlehtikuusen läntiset esiintymät on erotettu omaksi lajikseen arkangelinlehtikuuseksi (*Larix archangelica*) (Väre ym. 2021). Suomessa metsätalousmielessä viljeltyt lehtikuuset edustavat juuri tätä läntistä aluetta, joten lajista pitäisi käyttää uutta nimeä, mutta koska tämä muutos on vielä varsin huonosti tunnettu, sekaannusten välttämiseksi tässä raportissa pysytään vielä entisessä nimikäytännössä.

Siperianlehtikuusi kasvaa nykyään luontaisena Venäjän luoteisosissa, läntisimmissä osissa tyypillisesti sekametsinä. Se on valoa vaativa puulaji, joka pudottaa muiden lehtikuusten tapaan neulasensa syksyllä. Siperianlehtikuusi on luonteeltaan pioneeripuulaji, joka luonnonoloissa uudistuu hyvin metsäpalon jälkeen. Paksu kaarna suojelee yleensä suurimpia puita tulelta, joten ne jäävät siementämään paloalaa (Sarvas 1964, Reinikainen 1997, Martinsson & Lesinski 2007). Suomessa tehdyssä laajassa varttuneiden lehtikuusikoiden inventoinnissa luontaisia taimia löydettiin vain vähän, ilmeisestikin runsaan pintakasvillisuuden vuoksi (Silander ym. 2000). Lehtikuusikon lähetyvillä oleva avoimelle muokatulle alueelle syntyy runsaasti taimia luontaisen siemennyksen seurauksena.

Valopuuna lehtikuusta on kasvatettava harvassa, joten lehtikuusikon alla on valoisaa ja monenlainen aluskasvillisuus viihtyy siellä hyvin, paremmin kuin kuusikossa. Maisemapuuna lehtikuusella on hyvät ja huonot puolensa. Keväällä neulasten puhjetessa se antaa heleyttä maisemaan ja syksyllä se tuottaa komeat ruskavärit. Talvisin lehtikuusen kaljut neulasettomat latvukset eivät sen sijaan välttämättä ole kaikkien mielestä mikään silmänilo. (Rantala & Anttila 2004). Toisaalta talvinen lehtikuusikko ei neulasettomana ime kovin hyvin auringonsäteitä, vaan säteily heijastuu lumenpinnasta takaisin avaruuteen. Tätä voidaan pitää etuna ajateltaessa ilmastomuutokseen vaikuttamista (Isomäki 2011).

Viime vuosisadan alkupuolen hyvät kokemukset lehtikuusen kasvusta Pohjois-Suomessa innostivat sotien jälkeen käyttämään sitä vanhojen kuusimetsien uudistamiseen. Erityisesti sen ajateltiin soveltuvan korkeille alueille, koska sen oli havaittu kestävän hyvin tykkytuhoja (Sarvas 1969, Hokajärvi 1993). Sitä viljeltiinkin 1950- ja 1960-lukujen vaihteessa Metsähallituksen maille yli 800 000 tainta, mutta koska viljelyssä käytetty mantereiselta Krasnojarskin alueelta Venäjältä peräisin oleva aineisto oli huonosti sopeutunut Lapin oloihin, viljelykset kärsivät pahoja tuhoja. Tämän seurauksena lehtikuusen viljely käytännössä loppui Pohjois-Suomessa, ja elpyi vasta vähitellen 1970-luvulla, kun saataville tuli suomalaista siemenviljelyssiementä (Hagman 1995). 1990-luvun alkuun mennessä Metsähallitus viljeli pääasiassa Pohjois-Suomessa noin 10 000 ha lehtikuusta, mutta viljelyssä jälleen todettujen epäonnistumisten vuoksi viljelymäärä väheni selvästi 1990-luvulla (Hokajärvi 1993). Tällä hetkellä Suomessa on 22 000 ha lehtikuusimetsiä (valtaosin siperianlehtikuusta) (Korhonen ym. 2021).

Siperianlehtikuuselle on tyypillistä sen rungon suuri sydänpuuosuus (Martinsson & Lesinski 2007). Sydänpuun muodostus alkaa jo nuorissa puissa, 10–15 vuoden iällä (Tuimala 1993). Lehtikuusen puuaine, erityisesti sen sydänpuu, on muihin havupuihin verrattuna painavaa (Liite 3, Fagerstedt ym. 2016). Se on myös lujaa (Tuimala 1993) ja lahonkestävää (Sarvas 1964, Venäläinen ym. 2019). Lahonkestävyydessä on kuitenkin suurta yksilöiden välistä vaihtelua (Venäläinen ym. 2001). Siperianlehtikuusen sydänpuun uuteainepitoisuus on korkea, 10–12 %, mikä on noin kolminkertainen mäntyyn verrattuna. Lahonkestävyyden onkin osoitettu olevan yhteydessä puun painoon ja korkeaan uuteainepitoisuuteen (Martinsson & Lesinski 2007). Lehtikuusen sel-lunsaanto painoysikköä kohti on parempi kuin mänyllä ja se soveltuu erityisesti suurta re-päisyjuutta vaativien paperien valmistukseen (Hakkila & Winter 1973).

Siperianlehtikuusen pinta- ja sydänpuun välillä on jyrkkä väriero, joka muodostaa puuaineeseen voimakkaan kuvioinnin (Fagerstedt ym. 2016) (Kuva 23). Kesäpuun osuus on suuri (30–50 %) ja

vuosilustot erottuvat toisistaan jyrkkärajaisesti (Ilvessalo-Pfäffli 2015). Puuaine kutistuu tangentin suunnassa 2,5 kertaa enemmän kuin säteen suunnassa (Liite 3), mikä aiheuttaa kuivattaessa kiertymistä ja halkeilua (Sarvas 1964, Martinsson & Lesinski 2007). Käytettäessä lehtikuusta puusepäntuotteiden raaka-aineena on eniten halkeileva sydänosa usein poistettava (Reinikainen 1997). Siperianlehtikuusen tyypillisiä käyttökohteita ovat ulkorakenteet, kuten laiturit, kasvihuoneet, ulkokalusteet sekä laivan- ja veneenrakennus. Lehtikuusen puuaine sopii hyvin kohteisiin, joissa puulta vaaditaan kestävyyttä, mutta pyritään välttämään kyllästysaineita (Reinikainen 1997). Lattioiden raaka-aineena lehtikuusen puuaineen kovuus on eduksi, mutta toisaalta kovuus vaikeuttaa työstämistä ja nauлаusta sekä heikentää nauлоjen pitävyyttä. Myös sahojen ja höylien terät tylsyvät nopeasti (Reinikainen 1997). Koska siperianlehtikuusen kuitujen koko vaihtelee rungon eri osissa ja vaikuttaa siten puuaineen ominaisuuksiin, samasta rungosta olisi järkevää käyttää puuraaka-ainetta useampiin eri käyttökohteisiin (Luostarinen 2011).

Siperianlehtikuusi menestyy parhaiten ravinteikkailla, tuoreilla kasvupaikoilla, ja sitä pidetään jopa kalkinsuosijana. Kasvupaikan hyvä ravinteisuus on tärkeää erityisesti pohjoisessa (Sarvas 1964). Se soveltuu hyvin myös peltojen metsitykseen. Saviset ja veden vaivaamat maat eivät kuitenkaan sovi sille (Reinikainen 1997). Erityisen hyvin lehtikuusi viihtyy rinnemailla, joissa on liikkuva pohjavesi (Hagman 1995, Martinsson & Lesinski 2007). Koska se on valoa vaativa puulaji, se istutetaan ja kasvatetaan harvana; istutustiheydeksi on suositeltu 1300 tainta hehtaarilla. Kevätistutus ennen neulasten puhkeamista soveltuu sille parhaiten, myös syysistutusta voidaan käyttää (Sarvas 1964, Äijälä ym. 2019).



Kuva 23. Lehtikuusen pinta- ja sydänpuun välillä on jyrkkä sävyero. Punkaharjun tutkimusmetsästä kaadettujen 80-vuotiaiden siperianlehtikuusten tyvitukkeja sahauspaikalla. MV

Tutkittua tietoa nykyisten muokkausmenetelmien hyödyistä ja haitoista siperianlehtikuusen istutuksessa ei ole, mutta perustuen kuusella tehtyihin tutkimuksiin ja kokemuksiin, parhaiten taimien alkukehitys turvataan istuttamalla taimet laikku- tai kääntömättäisiin. Esimerkiksi Lukkarisen ym. (2010) kokeissa Kivalossa, eri lehtikuusilajeilla tuhoja oli vähemmän auratulla (vastaa istutuskohdan rakenteelta laikkumätästä) kuin äestetyllä tutkimuskohteella. Istutussyvyyden osalta Kanadassa lehtikuusihybridillä tehdyn tutkimuksen (Buitrago ym. 2015) tulokset syväistutuksesta ovat yleistettävissä myös siperianlehtikuuselle eli taimet voidaan turvallisesti istuttaa kuusen tapaan 5–6 cm:n syvyyteen.

Lehtikuusen kasvatus vaatii kiertoajan mittaan usein toistuvia harvennuksia tasapainoiltaessa latvuksen valontarpeen, karsiutumisen ja tasaisen lustonpaksuuden välillä. (Martinsson & Lesinski 2007) (Kuva 24). Tähdättäessä järeän, runsaasti sydänpuuta sisältävän sahatavaran tuotantoon kiertoaika muodostuu varsin pitkäksi, 90–110 vuodeksi (Martinsson & Lesinski 2007).

Koska pieniläpimittaisen harvennuspuun menekki on huono, on kokeiltu myös erilaisia sekaviljelymenetelmiä, missä lehtikuusten väliin on istutettu muita puita, jotka vähitellen poistetaan harvennuksissa, niin että päätehakkuuikään jäljelle jäävät vain pääsadon muodostavat lehtikuuset (Reinikainen 1997, Martinsson & Lesinski 2007). Sekaviljelmien hoidosta ei kuitenkaan ole selkeitä toimintaohjeita, ja historialliset kokemukset kertovat usein epäonnistumisista, jotka ovat johtaneet kotimaisen lajin ylivaltaan (Ruotsalainen 2017).



Kuva 24. Lehtikuusikko harvennuksen jälkeen. TN

Siperianlehtikuusen puuntuotoskyky on parhailla kasvupaikoilla samaa luokkaa kuin kotimaisella kuusella, tai jopa ylittää sen. Sen sijaan mustikkatyypillä ja sitä huonommilla kasvupaikoilla se häviää kasvussa männylle. (Vuokila 1960, Vuokila ym. 1983, Lähde ym. 1984, Reinikainen

1997). Rungon laadultaan se on lehtikuusilajeista paras (Lähde ym. 1984). Se pystyy tuottamaan järeitä runkoja nopeammin kuin kotimaiset puulajit ja sen etuna voi pitää myös puuraaka-aineen lahonkestävyyttä ja sen maisemakuvaan tarjoamaa vaihtelua (Vuokila 1960, Venäläinen ym. 2019). Rungon oksalaadun parantamiseksi lehtikuusta voidaan pystykarsia. Karsittavaksi suositellaan vain kuolleita oksia (Reinikainen 1997, Äijälä ym. 2019).

Syvän juuristonsa ja vahvan runkonsa ansiosta siperianlehtikuusi on varsin kestävä tuulituhoja vastaan. Koska sillä ei ole neulasia talvella, se ei myöskään kerää kovin helposti suurta lumitaakkaa, mikä johtaisi lumituhoihin (Sarvas 1964). Tuuli kyllä helposti katkoo lehtikuusen hauraita oksia, mutta puun kasvulle ja menestymiselle tällä lienee vähän merkitystä.

Siperianlehtikuusta vaivaavista hyönteistuholaisista merkittävimmät ovat lehtikuusipistiäiset (erityisesti *Pristiphora erichsonii*) ja pikkuhavukirva (*Adelges laricis*), jotka voivat runsaina esiintyessään johtaa puiden kuolemaan (Martinsson & Lesinski 2007). Havukirvatuhot ovat ajoittain hyvin vakavia erityisesti Pohjois-Suomen taimikoissa (Siitonen 1993, Reinikainen 1997). Mahdollinen tulevaisuuden tuhonaiheuttaja on siperianmäntykehrääjä (*Dendrolimus sibiricus*) (Möykkynen & Pukkala 2014). Lehtikuusi on nuorena altis myös myyrätuhoille, sekä jossain määrin myös jänisten ja hirvieläinten tuhoille (Martinsson & Winsa 1986). Hirvituhoja lehtikuusella on kuitenkin vähemmän kuin männyllä (Martinsson & Lesinski 2007), ja sen on havaittu olevan alttiimpi hirvieläintuhoille kasvaessaan suositumpien puulajien, kuten männyn ja koivun, sekapuustona kuin yhden puulajin metsikkönä tai vähemmän suosittujen puiden seassa (Milligan & Koricheva 2013).

Siperianlehtikuusi ei ole ratkaisu juurikäpääongelmaan, sillä erityisesti nuorella iällä se on altis juurikäpätartunnalle (Martinsson & Winsa 1986). Sekä männyn- että kuusenjuurikäpää pystyy kasvamaan lehtikuusella (Äijälä ym. 2019).

Männyn ja kuusen tavoin lehtikuusi on tuulipölytteinen ja yksikotinen. Kukkasilmut puhkeavat varhain keväällä havupuista ensimmäisenä. Kävyt kehittyvät täyteen kokoonsa kukintavuonna. Håkanssonin (1960) mukaan alkiot saavuttivat Etelä-Ruotsissa täyden kokonsa elokuun puolivälissä ja vararavintosolukko elokuun loppuun mennessä, mikä oli samassa tutkimuksessa seurattuja euroopan- ja japaninlehtikuusta (*L. decidua* ja *L. kaempferi*) aiemmin.

Shearer (2008) suosittelee lehtikuusten käpyjen keruuta heti siementen tuleennuttua, siperianlehtikuusella silloin kun neulasat saavat syysvärinsä. Käytännössä siperianlehtikuusen käpyjä on Suomessa kerätty siemenviljelyksiltä kuusen tahtiin syys-marraskuussa.

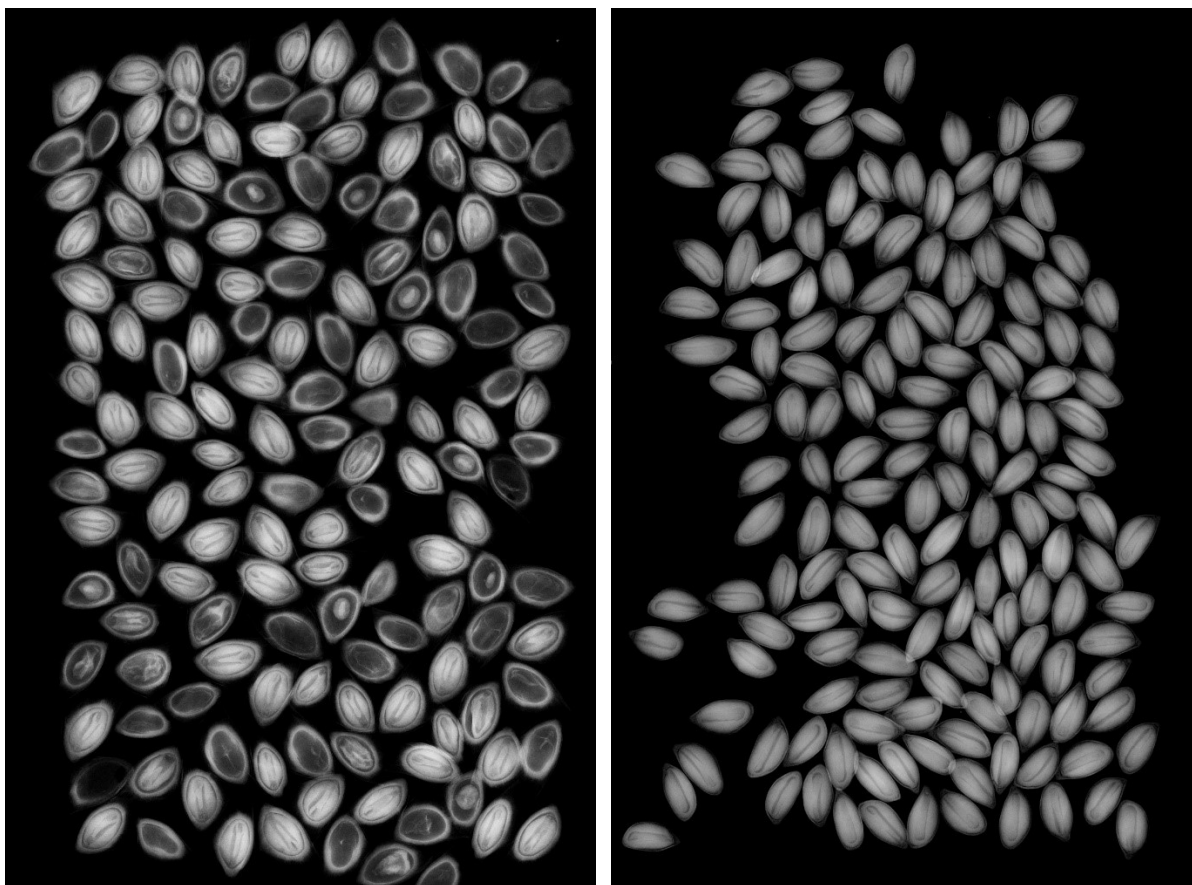
Lehtikuusen käpyjen karistuksessa voidaan käyttää kuuselle soveltuvaan laitteistoa. Rudolfin (1974) mukaan kanadanlehtikuusen (*L. laricina*) karistamiseksi suositellaan kahdeksaa tuntia 49 °C:ssa ja lännenlehtikuuselle (*L. occidentalis*) 7–9 tuntia 43 °C:ssa. Kuuselle ja männyllä soveltuvat lenninsiivenpoistolaitteet eivät lehtikuusilla toimi. Lenninsiipi on lehtikuusen siemenessä kuusta ja mäntyä tiukemmin kiinni, ja on tavallista, että siiven tynkä tai siiven ja siemenkuoren yhdistävä rakenne jää osittain kuoreen kiinni irrotuskäsittelyistä huolimatta (Edwards 1987). Liian voimakas siiven irrottaminen hankaamalla tai murtamalla voi vaurioittaa siementä, mutta toisaalta lenninsiiven tynkä voi lisätä sienitautien ongelmaa varastoinnin ja idätyksen aikana.

Lehtikuusen siementen painoon perustuva lajittelu on mäntyä ja kuusta vaikeampaa mm. sen paksun siemenkuoren vuoksi (Kuva 25). Myytävien siemenerien itävyys ja laatu on tästä syystä tavallisesti kotimaisia havupuulajeja huonompi. Tyhjien ja vaurioituneiden siementen poistoon voidaan kuitenkin käyttää PREVAC-käsittelyä. Myös lähi-infrapunaspektroskopiaan perustuvaa

itämiskykyisten siementen tunnistamista ja huonojen siementen lajittelua on tutkittu (Farhadi ym. 2015).

Siperianlehtikuusen siemenet eivät hyödy stratifioinnista (Fung 1992). Idätystesti tehdään männy- ja kuusen tapaan kostealla imupaperilla. Kolotelon ym. (2001) ja Shearerin (2008) mukaan kolmen viikon idätystesti tehdään vaihtolämmössä 30 °C (8 tuntia, valo) / 20 °C (16 tuntia, pimeä), Edwards (1987) mainitsee idätyslämpötilaksi 20–30 °C. Siemenet säilyttävät pakkasvarastossa itävyytensä muiden havupuiden siementen tapaan korkeana vuosia tai vuosikymmeniä, kun siemenet ovat kuivia (5–7 % vesipitoisuus). Siementen paino on karkeasti 1,5-kertainen kuusen siemeniin nähden vaihdellen välillä 6,8–16,3 mg (Shearer 2008).

Siperianlehtikuusen siementuotantoon liittyy eräitä erityisongelmia. Tyhjän siemenen osuus on usein hyvin suuri, sulkeutuneissa metsiköissä jopa 70 % (Sarvas 1969). Tämä yhdistetään painavasta siitepölystä johtuvaan huonoon pölytykseen. Varhainen kukinta altistaa myös kukkasilmut ja kukat kevähallolle. Tyhjien siementen suuren osuuden lisäksi käpyjä ja siemeniä tuhoavat hyönteiset alentavat merkittävästi lehtikuusen siemensatoja (Rummukainen 1952, Tigabu & Odén 2004). Lajisto on samaa tai samankaltaista kuin metsäkuusella tavattava. Mm. käpykärpäset (*Strobilomyia*-lajit) aiheuttavat yleisesti vaurioita (Pulkkinen 1989, Belova ym. 1998) käpykoisan (*Dioryctria*-suku) lisäksi. Lehtikuusen jalostusohjelmassa tehdyissä risteytysiemenerissä on havaittu siemenkiilukaisen (*Megastigmus*-suku) toukkia (Kuva 25). Tarkka lajisto ja tuhojen laajuus nykyisissä siemenviljelyksissä on epäselvä.



Kuva 25. Vasemmalla lajittelemattomia siperianlehtikuusen siemeniä röntgenkuvattuina. Oikeanpuoleisessa kuvassa lajiteltuja kuusen siemeniä. Siemenkuori on lehtikuusella kuusta paksempi. Osassa lehtikuusen siemeniä näkyy niiden sisällä siemenkiilukaisen (suku *Megastigmus*) toukkia. SK

Siperianlehtikuusta kasvatetaan suomalaisilla taimitarhoilla erikoispuulajeista eniten, joskin määrä on ollut laskussa. Viime vuosina on kasvatettu noin 300 000 tainta vuodessa (Liite 1). Taimet kasvatetaan taimitarhalla 1-vuotiaiksi. Ne ovat lehteviä koko varren pituudella, joten riittävän väljästä kasvatustiheydestä on huolehdittava harmaahomeen leviämisen estämiseksi. Taimet reagoivat herkästi pidentyvään yöhön. Jaksottaista tai yhtäjaksoista LP-käsittelyä voidaan käyttää taimien pituuskasvun säätelyyn ja pakkaskestävyyskehityksen jouduttamiseen. Tämän seurauksena silmujen on todettu puhkeavan aikaisemmin seuraavana keväänä, mutta osa silmuista jää puhkeamatta. Tästä huolimatta seuraavan vuoden pituuskasvu voi lisääntyä (Konttinen 1999). Taimet varastoidaan talvella ulkona tai pakkasvarastossa (Mattsson & Lassheikki 1998).

Vanhemmissa siperianlehtikuusiviljelyissä Suomessa käytettiin joko Karjalankannakselta Raivolan lehtikuusikosta tai muista metsiköistä peräisin olevaa siementä, mutta 1980-luvulta alkaen viljely on enenevässä määrin perustunut suomalaiseen siemenviljelyssiemeneseen. Siemenviljelyksillä olevat pluspuut ovat peräisin suomalaisista metsiköistä, jotka puolestaan juontavat juurensa joko Raivolan lehtikuusikkoon (70 % aineistosta), tiedettyyn paikkaan Venäjällä tai vajaan 20 %:ssa tapauksia ovat alkuperältään tuntemattomia. Raivolan metsikön alkuperästä on esitetty monenlaisia spekulatioita, mutta monet seikat viittaavat siihen, että se olisi valtaosin peräisin Arkangelin alueelta (Ruotsalainen 2018).

Siperianlehtikuusen siementä on 2010-luvulla viety Suomesta ulkomaille enemmän kuin sitä on kotimaassa käytetty. Vientimäärä on ajanjaksolla 2010–2019 ollut yhteensä 375 kg, kun taimitarhakylvöihin sitä on käytetty 161 kg (Luonnonvarakeskus 2022b). Siperianlehtikuusen siementä ei ole tuotu Suomeen kyseisellä ajanjaksolla lainkaan.

Siperianlehtikuusta jalostetaan Metsänjalostus 2050-ohjelman puitteissa kahtena eri jalostuspopulaationa (Etelä- ja Pohjois-Suomi). Jalostuspopulaatiot uudistetaan käyttäen vapaapölytysaineistoja ja fenotyypistä valintaa (Haapanen & Mikola 2008). Siperianlehtikuusen pluspuita on valittu kaikkiaan 191, lähinnä lajin levinneisyysalueen länsiosia edustavista alkuperistä (edustaen siis nykykasityksen mukaista arkangelinlehtikuusta). Jalostusohjelmassa ja kloonikoelmissa pluspuita on yhteensä 128 kpl:ta. Siperianlehtikuusen jalostusta on jossain määrin haitannut huono kukinta, mikä on hidastanut uuden sukupolven luomista.

Suomeen on perustettu vuosien mittaan yhteensä 13 siperianlehtikuusen siemenviljelystä, joista kuusi on edelleen toiminnassa. Viljelysten alkukehitys on ollut ripeää, ensimmäiset siemensadot on saatu keskimäärin kymmenen vuoden iällä ja ensimmäinen vähintään 5 kg:n hehtaarisato 15 vuoden iällä. Siementuotannon varhainen alkaminen on todettu myös Lepistön ja Napolan (2005) katsauksessa.

Pölytyksen parantamiseksi on ehdotettu kahta osaksi vastakkaista menetelmää. Sarvaksen (1969) mukaan lehtikuusen siemenviljelykset pitäisi perustaa harvalla istutusvälillä, että hede-kukinta alkaisi aikaisin ja pysyisi korkealla tasolla pitkään. Lepistö ja Napola (2005) puolestaan kertovat jo käytäntöön sovelletustakin menetelmästä, missä vartteet on istutettu pareittain vain yhden metrin etäisyydelle toisistaan. Tigabu ja Odén (2004) sekä Shearer (2008) listaavat kukinnan lisäämiseen ja pölytyksen varmistamiseen tähtääviä menetelmiä, kuten gibberelliinihormonin injektio ja lannoitus.

Siemenviljelysten tuotanto on kuitenkin heikentynyt kuusi- ja mäntyviljelyksiin nähden nopeasti, ja runsaimmat sadot ovat keskittyneet viljelysten perustamisen jälkeisiin kahteen vuosikymmeneen. Osasyynä nopeaan tuotantokyvyn heikkenemiseen voi olla liian korkeana pidetty vartetiheys, mikä heikentää voimakkaasti valopuulajin kukintaa. Kukinnan on vanhemmilla siemenviljelyksillä havaittu keskittyvän niiden reuna-alueille ja etelänpuolelle latvuksia.

Lehtikuusen vuosittaisissa siemensadoissa on suurta vaihtelua nollavuosista jopa lähes 80 kg:n hehtaarisatoihin (Ruokavirasto 2021). Siemenviljelykset on perustettu pääosin vartteilla, vain yksi siementaimilla. Viljelyksen perustamistapa ei näytä olennaisesti vaikuttavan sen siementuotantoon. Tällä hetkellä Suomen kuuden rekisteröidyn lehtikuusen siemenviljelyksen käyttöalueet kattavat koko Suomen. Suunnitteilla on lisäksi kaksi uutta Etelä- ja Keski-Suomen siemenhuoltoa palvelevaa siemenviljelystä. Naapurimaistamme vain Ruotsista löytyy siperianlehtikuusen siemenviljelyksiä, sieltäkin vain yksi (Liite 4).

4.3.2. Douglaskuusi

Douglaskuusi (*Pseudotsuga menziesii*) on Pohjois-Amerikan länsiosissa laajalla alueella kasvava pitkäikäinen havupuu, joka alkuperäisellä levinneisyysalueellaan voi saavuttaa jopa sadan metrin pituuden. Se on valoa vaativa pioneerilaji, joka uudistuu mm. paloaloille. Laji tuotiin Eurooppaan jo 1800-luvun alkupuolella, mutta laajamittainen viljely alkoi vasta toisen maailmansodan jälkeen. Se on sitkankuusen jälkeen toiseksi tärkein vierasperäinen puulaji Euroopassa, erityisen merkittävässä asemassa se on Ranskassa ja Saksassa (van Loo & Dobrowolska 2019a). Suomeen laji tuotiin 1900-luvun alkuvuosina (Sarvas 1964, Reinikainen 1997).

Parhaiten meillä viljeltäviksi soveltuvat lajin sisämaan muunnoksen (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*) pohjoisosien alkuperät. Etelämpänä Euroopassa, kuten Ranskassa ja Saksassa viljellään douglaskuusen mereisempää muotoa (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*) (van Loo & Dobrowolska 2019b). Koristepuuna douglaskuusta voi kasvattaa Suomessa Oulun ja Kajaanin korkeudelle saakka, mutta metsätalousmielessä vain etelärannikolta Jyväskylän tasolle asti (Reinikainen 1997). Yllättävän hyvin onnistuneita douglaskuusiviljelyksiä löytyy kuitenkin korkeilta vaaroilta Kainuusta ja jopa Etelä-Lapista saakka (Ruotsalainen 2010, Kiiskinen 2017).

Douglaskuusi kärsii kuivuudesta vähemmän kuin kuusi, mistä syystä siihen on asetettu toiveita ilmastonmuutokseen sopeutumisessa (Martinsson & Winsa 1986, Nicolescu 2019, Vitali ym. 2017), vaikka myös toisenlaisista kokemuksista on raportoitu (Bastien 2019). Kuivuus heikentää puiden vastustuskykyä mm. kaarnakuoriaistuhoja vastaan. Kuusia tappava kuusentähtikirjaaja elää nykyisin myös douglaskuusella (Goßner & Ammer 2006), mutta metsätalouden näkökulmasta on merkittävää, etteivät ne 24 eurooppalaista kaarnakuoriaislajia, jotka douglaskuuselta nykyisin tavataan, ole aiheuttaneet sille vakavaa tuhoa (Roques ym. 2019).

Suomessa kasvaneen douglaskuusen puuaineen kuiva-tuoretiheys on noin 430 kg/m³, mikä on hieman männyn tiheyttä suurempi, mutta alempi kuin Pohjois-Amerikassa kasvaneiden iäkäämpien douglaskuusien tiheys (Liite 3, Fagerstedt ym. 2016). Se on myös hyvin pitkä- ja paksumuituista (Liite 3). Douglaskuusen pintapuu on vaaleaa ja sydänpuu joko kellertävää hidas-kasvuilla puuyksilöillä tai punertavaa nopeammin kasvaneilla. Vuosilustot erottuvat selvästi, ja puuaineen vaihtelu on suurta kasvupaikan mukaan (Fagerstedt ym. 2016). Puuaineen kutistuminen on metsäkuusen luokkaa (Liite 3), ja kuivauksen jälkeen puun pinta muistuttaa kovuu-deltaan lehtikuusta (Reinikainen 1997).

Douglaskuusen puuaine on yleensä suorasyistä ja kaunista ja sen vetolujuus on suuri (Fagerstedt ym. 2016). Sen jäykkyys ja taivutuslujuus ovat parempia kuin männyn ja kuusen (Henin ym. 2019). Sen lahonkestävyys ylittää lehtikuusen tasolle, ja puuaines säilyy pitkään sinistymättä (Reinikainen 1997). Sitä on helpompi kuivata ja työstää kuin lehtikuusta (Martinsson & Winsa 1986).

Douglaskuusi sopii hyvin saha- ja vaneripuuksi (Reinikainen 1997) ja sitä on helppo kuoria ja sorvata (Fagerstedt ym. 2016). Tyypillisiä käyttökohteita ovat huonekalut, parketti, paneelit sekä sisä- ja ulkorakenteet (Reinikainen 1997). Douglaskuusi sopii myös lastu- ja kuitulevyjen raaka-

aineeksi (Fagerstedt ym. 2016). Douglaskuusta voidaan käyttää myös paperin raaka-aineena (Reinikainen 1997), mutta mekaaniseen kuidutukseen se sopii kuitenkin huonosti massan alhaiseksi jäävän lujuuden ja kirkkauden vuoksi. Mekaaninen kuidutusprosessi kuluttaa douglaskuusella huomattavan paljon energiaa esimerkiksi kuusen kuidutukseen verrattuna (Rudie & Hart 1995).

Nuoruvaiheen suuren halla- ja ahavatuhoriskin takia douglaskuusta ei kannata viljellä kaikkein hallanarimmilla kasvupaikoilla. Istuttaminen suojuspuuston alle vähentäisi hallariskiä, mutta douglaskuusi ei kestä varjostusta. Sekä Keski-Euroopassa että Suomessa abioottisten tuhojen riskiä on vähennetty istuttamalla douglaskuusen taimet täysikasvuisen metsän reunaan (Heikinheimo 1956, Kohnle ym. 2019). Kohnle ym. (2019) suosittelevat tilavuuskasvun ja laadun optimoimiseksi, että douglaskuusen istutustiheys olisi Keski-Euroopan olosuhteissa 1 000–2 000 tainta/ha.

Ruotsissa douglaskuusta suositellaan tällä hetkellä istutettavaksi yhdessä lehtikuusen tai kuusen kanssa ja hieman harvempaan kuin kuusta (Skogskunskap 2021). Kasvupaikasta riippuen Etelä-Ruotsissa kuusta suositellaan istutettavaksi 2 000–3 000 tainta/ha. Tämän perusteella Suomeen voisi ajatella tiheydeksi samaa kuin kuuselle eli kasvupaikasta riippuen 1 800–2 200 tainta/ha. Pohjoismaista tutkittua tietoa parhaasta istutustiheydestä ei kuitenkaan ole. Hallanarkuudesta johtuen syysistutusta lienee syytä välttää. Koska turvallisin taimien talvivarastointitapa on pakkasvarastointi, on järkevää istuttaa taimet vasta toukokuun lopulla, mutta kuitenkin reilusti ennen kesäkuun puoliväliä, jotta taimien kasvukausi jää riittävän pitkäksi, eikä lisätä syyshallojen riskiä istutusvuonna.

Uudistamismenetelmistä istutus on sopivin menetelmä douglaskuuselle. Istuttaminen muokattuun maahan, etenkin mättäisiin, vähentää taimien kuolleisuutta ja parantaa taimien sekä maanalaista että -päällistä kasvua (Wallertz & Malmqvist 2013). Perustuen Kanadassa paljasjuurisilla taimilla tehtyyn tutkimukseen (Strothman 1976) syväistutus ei vaikuta negatiivisesti taimien kasvuun. Ohjeena voi siis olla istuttaminen mättäisiin noin 5–6 cm:n syvyyteen kuusen tapaan. Suuren tukkimiehentäin tuhoriskin takia douglaskuusen taimet tarvitsevat kemiallisen tai muun taimisuojausten ennen istutusta sekä kivennäismaapintaisen istutuskohdan hyvän viljelytuloksen varmistamiseksi.

Douglaskuusi vaatii hyvin kasvaakseen ravinteikkaan kasvupaikan, mielellään vettä läpäisevän rinteeseen (Kuva 26). Se vaatii enemmän valoa kuin kuusi, mutta taimivaiheessa verhopuusto on suositeltava hallaa ja kevätahavaa vastaan. Harvennukset on tehtävä riittävän ajoissa, jotta latvukset eivät supistu liikaa (Reinikainen 1997). Kasvatuksen kannalta on merkittävää, että kasvunopeuden lisääminen vaikuttaa douglaskuusen mekaanisiin laatuominaisuuksiin muita havupuita vähemmän (Henin ym. 2019).

Douglaskuuset ovat usein tyveltään lenkoja, ilmeisestikin taimivaiheessa tapahtuneen lumen ja heinän painamisen seurauksena. Douglaskuusi myös karsiutuu luontaisesti varsin heikosti (Martinsson & Winsa 1986, Reinikainen 1997). Tämän seurauksena suomalaisten viljelysten tukkisaanto on heikko ja tukkien laatu huono (Silander ym. 2000) (Kuva 27). Laadukkaan oksatto-man tukkipuun kasvattamiseksi metsänviljelyssä normaalisti käytettävillä istutustiheyksillä ja kiertoajoilla vaatiikin yleensä puiden pystykarsintaa (Kohnle ym. 2019).



Kuva 26. Parhaat esimerkit douglaskuusikoista ovat viettäviltä kasvupaikoilla, joiden maalaji ei ole liian hienojakoinen. Onnistuminen edellyttää myös viljelypaikan ilmastoon sopivaa siemenalkuperää. Nämä vaatimukset täyttyvät Ruotsinkylän tutkimusalueella Tuusulassa kasvavassa 80-vuotiaassa douglaskuusimetsikössä (alkuperä Brittiläisen Kolumbian Tête Jaune). MH

Douglaskuusta pidetään yhtenä lupaavimmista ulkomaisista metsätaloustalouteen soveltuvista puulajeista Suomessa (Silander ym. 2000). Sen nuoruusiän nopea kasvu ja kasvun jatkuminen hyvänä pitkään voi johtaa suureen hehtaarikohtaiseen tuotokseen. Lähteen ym. (1984) tutkimuksessa douglaskuusi sijoittui tilavuuskasvussa 50–55 vuoden iällä ulkomaisten puulajien joukossa keskinkertaisten lajien joukkoon, mutta Mustilan arboretumissa sen keskimääräinen vuotuinen tilavuuskasvu on 90 vuoden ikään mennessä ollut parhaalla alkuperällä yli 10 m³/ha (Reinikainen 1997).

Douglaskuusta pyritään Keski-Euroopassa kasvattamaan sekapuustoina joko yksittäin tai ryhmittäisesti paikallisten tai muiden ulkomaisten lajien kanssa (Kohnle ym. 2019). Tällä on yleensä tarkoituksena monimuotoisuuden lisääminen ja kytkentä alueen luonnonmetsiin. Keski-Euroopassa voi olla vaikeaa löytää riittävän nopeakasvuisia sekapuulajeja, mutta Suomessa ongelma on käänteinen. Esimerkiksi Koskenniemen (2014) mukaan kuusi-douglaskuusisekaviljelyksissä kuuset usein kasvoivat douglaskuusta nopeammin.

Douglaskuusen neulaskarikerke on vähemmän hapanta ja se hajoaa helpommin kuin monien muiden havupuiden karikerke (Nicolescu 2019). Saksassa on todettu sienten lajimäärän olevan pienempi douglaskuusimetsässä luontaisiin puulajeihin nähden, mutta muihin maaperäeliöihin puulajilla ei ollut vaikutusta. Douglaskuusikossa aluskasvillisuuden lajimäärä oli pienemmän latvuspeittävytyden vuoksi suurempi kuin monilla luontaisilla lajeilla (Wohlgemuth ym. 2019). Douglaskuusi on Suomessa jossain määrin uudistunut luontaisesti viljelypaikalleen ja lähimparistoon (Reinikainen 1997, Silander ym. 2000).



Kuva 27. Suomessa yleisillä alavilla ja vedenvaivaamilla kasvupaikoilla douglaskuusen kasvu ja laatu jäivät säännönmukaisesti kotimaisia puulajeja heikommiksi. Vuonna 1974 perustettu douglaskuusen alkuperäkoek Tammisaaressa. MH

Taimivaiheessa douglaskuusen huonosti puutuneet latvaversot kärsivät usein syksyisistä hallavaurioista sekä taimitarhalla että istutusaloilla. Kevättalviset ahavatuhot ovat myös yleisiä avoimilla kasvupaikoilla (Heikinheimo 1956, Reinikainen 1997, Silander ym. 2000). Douglaskuusen silmunpukkeaminen keväällä voi olla varsin aikaista altistaen taimia keväthallalle (Malmqvist ym. 2017b). Sekä ahava-alttiudessa että silmunpukkeamisajankohdassa on alkuperien välillä suuria eroja (Malmqvist ym. 2017b, 2018), ja oikea alkuperävalinta on tärkeää onnistuneen kasvatuksen kannalta. Tiheissä nuorissa metsissä on myös lumituhojen riski (Martinsson & Winsa 1986, Silander ym. 2000).

Douglaskuusi on meillä viljeltäessä kärsinyt tukkimiehentäi-, myyrä- ja hirvituhoista (Reinikainen 1997, Lukkarinen 2004). Ruotsalaistutkimuksen mukaan douglaskuusi on kuusta alttiimpi tukkimiehentäin tuhoille (Wallertz & Malmqvist 2013).

Douglaskuusen on havaittu kelpaavan hyvin pohjoisamerikkalaisten hirvieläinten ravinnoksi (Brandeis ym. 2002, Nabel ym. 2013, Rea ym. 2014). Tanskassa douglaskuusen viljely vaatii hirvieläintuhojen vuoksi alueen aitaamisen, mikä on vähentänyt kiinnostusta lajin viljelyyn (Gunnar Friis Proschowsky, Naturstyrelsen, sähköpostiviesti 21.9.2020). Myös Suomessa on joitain tapauksia, joissa hirvieläinvahinkokorvauksia on haettu douglaskuuselle tapahtuneista tuhoista. Hirvieläintuhoriski on siis ilmeinen, mikäli douglaskuusta viljellään alueilla, joilla on suuret hirvieläinkannat. Riskin suuruutta on tšekäläisen lajiston osalta vaikeaa tarkkaan arvioida ilman tutkimuksia, mutta Rean ym. (2014) tutkimuksessa amerikkalainen hirvi söi douglaskuusta metsämäntyä enemmän. Hirvituhoista voi siis pitää vähintään vastaavana kuin männyllä.

Sienituhoista vakavin uhka douglaskuusen viljelylle on ollut douglaskuusenkariste (*Rhabdocline pseudotsugae*), joka on vaivannut varsinkin douglaskuusen mantereisimpia alkuperiä mereisillä kasvupaikoilla (Heikinheimo 1956, Sarvas 1964, Reinikainen 1997). Tauti voi elää neulasilla oireettomana epifyytinä, jolloin se voi siirtyä taimien mukana uusille alueille ja myös siementen

epäillä olevan leviämisenreitinä (Roques ym. 2019). Euroopassa *Phaeocryptopus gaumannii*-karistetauti (Swiss needle cast) on 1900-luvulla hillinnyt intoa douglaskuusen viljelyyn. Sateinen sää ja yli 20 asteen lämpötila sekä sisämaan alkuperä edistävät tartuntaa. Erityisesti nuorena douglaskuusi on altis juurikäävälle, varsinkin männynjuurikäävälle (*Heterobasidion annosum*), mutta luultavasti myös kuusenjuurikäpä (*H. parviporum*) voi tarttua siihen (Martinsson & Winsa 1986, Roques ym. 2019).

Douglaskuusen levinneisyysalueelta peräisin olevat villakirvalajit *Adelges cooleyi* ja *A. coweni* aiheuttavat ongelmia nuorilla viljelyksillä Euroopassa ja neulaset voivat olla kauttaaltaan valkoisen "villan" peitossa (Roques ym. 2019). Havununnan (*Lymantria monacha*) ja täplätupsukaan (*Orgyia antiqua*) massaesiintymien aikana myös douglaskuuuset ovat menettäneet neulasistonsa Puolassa ja Ranskassa (Roques ym. 2019). Havununna runsastuu Suomessa parhailaan ja moniruokainen täplätupsukas kuuluu Suomen perhosfaunaan eikä sitä voida pitää tuhonaiheuttajana.

Näiden lukuisten tuhojen vuoksi douglaskuusiviljelyksissä on taimikko- ja riukumetsävaiheessa melko suuri kuolleisuus (Martinsson & Winsa 1986).

Douglaskuusi on tuulipölytteinen yksikotinen puulaji, jonka kukinta alkaa noin 20 vuoden iässä (Stein & Owston 2008), ja kerättäviä määriä käpyjä saadaan 20–25 vuoden iässä (Eremko ym. 1989). Runsaita siemensatoja saadaan lajin luontaisella esiintymisalueella muutamia kertoja vuosikymmenessä. Sen kävyt kypsyvät kukintavuonna alkusyksyn aikana. Owensin ym. (1991) tutkimuksessa merkittävä osa kukinnoista ei jatkanut kehitystä kävyiksi mm. pölytyksenaikaisen ongelmien vuoksi. Kukkasilmujen inventoinnin avulla on helpompi ennustaa heikon kukinnan vuosia kuin suuria käpysatoja (Stein & Owston 2008).

Lajin luontaisella leviämisalueella kävyt aukeavat puissa tuleentumissyksynä syys–lokakuussa, ja käpyjen keruu-aika on lyhyt. Edwardsin ja El-Kassabyn (1988) tutkimuksessa itävyys oli paras, kun kävyt kerättiin kaksi viikkoa ennen niiden luontaista aukeamista. Käpyjen varastoinnissa on huomioitava metsäkuusen tapaan mm. homehtumisriski. Saman julkaisun mukaan kahden kuu-kauden pituinen käpyjen varastointi heikensi itävyyttä heti karistettuihin siemeniin verrattuna.

Steinin ja Owstonin (2008) kokoamien tietojen mukaan *glauca*-muunnoksen kävyt karistetaan 38–43 °C:ssa 2–10 tunnin käsittelyajalla. Kolotelo ym. (2001) kertoo, että Brittiläisessä Kolumbiassa douglaskuusen karistusaika on noin 17 tuntia 40 °C:ssa vähitellen nousevassa lämpötilassa. Lenninsiivet eivät irtoa siemenistä kokonaisuudessaan, vaan niistä jää siemeniin jääne, joka vaikeuttaa siementen lajittelua (Sarvas 1964, Edwards 1987). Tällä on vaikutuksia mm. siementen varastoinnin ja stratifioinnin aikaiseen hygieniaan (esim. Kolotelo ym. 2001).

Täydet douglaskuusen siemenet painavat noin kaksi kertaa kuusen siementen verran. Siementen lajittelussa voidaan käyttää tavanomaisia painon mukaan lajittelevia laitteita sekä IDS-lajittelua toukkaisten siementen poistamiseksi (Sweeney ym. 1991).

Osa douglaskuusen siemenistä hyötyy stratifioinnista tai vaatii sen siemenhorroksen purkamiseksi. Siemeniä liotetaan vedessä 24 tunnin ajan, minkä jälkeen ne varastoidaan kolmen viikon ajan 2–5 °C:n lämpötilassa ilman väliainetta (Kolotelon ym. 2001, Stein & Owston 2008). Siementen kasvun vähentämiseksi siemenet voi olla tarpeen liottaa juoksevassa vedessä tai pinta-steriloida ennen kylmäkäsittelyä.

Kolmen viikon idätystesti tehdään havupuille tavalliseen tapaan imupaperin päällä. ISTAn ja AOSAn ohjeiden mukaan douglaskuusen idätystesti tehdään ns. paritestiä, jossa idätetään

samasta siemenerästä stratifioitu ja stratifioimaton näyte (Stein & Owston 2008). Idätys tehdään 30–20 °C:n vaihtolämmössä (8 h 30 °C, valossa, 16 h 20 °C pimeässä).

Siemenhyönteiset aiheuttavat douglaskuusen siementuotannossa merkittävää haittaa sekä Pohjois-Amerikassa että Euroopassa. Metsäkuusen tapaan usein toistuvat käpysadot kasvattavat tuhohyönteiskantoja (Miller ym. 1984). Euroopassa siemensatoja on verottanut douglaskuusen mukana Pohjois-Amerikasta kuljetettu siemenkiilukainen *Megastigmus spermotrophus*, joka on havaittu myös Suomessa (Annala 1982, Roques ym. 2006). Lisäksi viime vuosikymmenen aikana douglaskuusen käpytuhoja on Euroopassa aiheuttanut myös ”havusiemenlude” *Leptoglossus occidentalis*, joka saapui Pohjois-Amerikasta Italiaan 1990-luvulla (Lesieur ym. 2019). Douglaskuusen luontaisella levinneisyysalueella esiintyvistä käpy- ja siemenhyönteisistä useat kuuluvat samoihin sukuihin kuin Suomessa kuusella esiintyvät yleiset tuholaiset (Ruth 1980, Kolotelo ym. 2001). Kotimaisen lajistomme aiheuttamaa mahdollista vioitusta douglaskuusen kävyille ja siemenille ei ole selvitetty. Muualla maailmassa douglaskuusella esiintyvistä käpy- ja siemenhyönteislajistosta sekä tuhojen torjunnasta on saatavilla runsaasti tutkimuskirjallisuutta.

Douglaskuusen taimia on kasvatettu suomalaisilla ja ruotsalaisilla taimitarhoilla vähäisiä määriä, käyttäen pääosin kuusen taimien kasvatusohjelmia ja samoja kennostotyyppejä (Malmqvist ym. 2017a, b) (Kuva 28). Suomessa taimet kasvatetaan yleensä 2-vuotiaiksi, jotta taimet ehtivät saavuttaa tavoitemitat ja juuristo on tarpeeksi kehittynyt sitoakseen paakun. Brittiläisessä Kolumbiassa taimet kasvatetaan usein 1-vuotiaiksi, johtuen korkeasta *Fusarium*-sienitaudin esiintyvyydestä toisen vuoden taimilla. Tällöin alkukasvatus tapahtuu lämmitettävissä muovihuoneissa, joissa häirintävalojen avulla estetään taimien ennenaikainen silmuuntuminen keväällä.

Meidän oloissamme douglaskuusen taimet ovat kuusen taimia herkempiä saamaan pakkasvaurioita. Erityisesti juurten pakkaskestävyyden kehittyminen syksyllä on hitaampaa, mikä saattaa muodostua ongelmaksi lumettoman ajan kylmässä maaperässä pohjoisissa olosuhteissa. Syksyjen lämmitessä pakkaskestävyyden kehittyminen saattaa vielä myöhentyä, joten viileävarastointi ennen pakkasvarastointia saattaa olla tulevaisuudessa tarpeen (Malmqvist ym. 2017b).

Taimien karaistumista syksyllä voidaan nopeuttaa lyhytpäiväkäsittelyn (LP) avulla (MacDonald & Owens 2006, Jacobs ym. 2008). LP-käsittely tosin saattaa aikaistaa douglaskuusen taimien silmujen puhkeamista keväällä (Turner & Mitchell 2003), jonka seurauksena kevähallavaurioriski etenkin mantereisilla alkuperillä kasvaisi entisestään. Tällöin taimet on otettava pakkasvarastosta ja istutettava mahdollisimman myöhään keväällä. Toisaalta liian pitkä varastointiaika saattaa heikentää taimien kuntoa, ja pitkäkestoisen pakkasvarastoinnin (yli 4 kk) vaikutuksista douglaskuusen taimiin on olemassa niukasti julkaistua tietoa (L’Hirondelle ym. 2006, Malmqvist ym. 2017b). Douglaskuusen paakutaimien taimitarhakasvatukseen liittyvä tutkimustieto on pääasiallisesti peräisin Pohjois-Amerikassa tehdyistä tutkimuksista eikä sitä voi suoraan soveltaa Suomen tuotanto-olosuhteisiin. Douglaskuuselle optimaalisen kasvatusohjelman laatiminen vaatii tutkimusta suomalaisissa olosuhteissa.

Suomessa havaittujen metsänviljelyn epäonnistumisten taustalla lienee usein viljelymateriaalin huonosti meille sopinut alkuperä. Keski-Euroopassa käytetty douglaskuusen rannikkomuunnos (var. *menziesii*) on meidän ilmastossamme liian mereinen, mutta toisaalta kaikkein mantereisimmat alkuperät kärsivät Suomessa karistesienestä ja kasvavat hitaasti (Sarvas 1964, Reinikainen 1997). Douglaskuusen alkuperävaihtelua on jossain määrin selvitetty 1920-luvun lopulta lähtien perustettujen metsänviljelysten menestymisen avulla (esim. Silander ym. 2000, Ruotsalainen 2010).



Kuva 28. Douglaskuusen paakutaimien kasvatusta Suomessa. KH

Varsinaisia alkuperäkokeita douglaskuusella on perustettu niukasti. Tärkein niistä on IUFRO-koesarja, joka perustettiin vuonna 1974 douglaskuusen alkuperillä seitsemälle etelärannikon paikkakunnalle. Laajojen taimivaiheen pakastuhojen vuoksi koesarjan useimpien osakokeiden seuranta päättyi jo alkuvuosina. Tähänastisten kokemusten perusteella Suomeen parhaiten sopivina alkuperinä voidaan pitää Brittiläisen Kolumbian sisämaasta leveyspiirin 53–54°N välistä aluetta (Quesnel, Prince George, Tête Jaune) (Heikinheimo 1956, Sarvas 1964, Reinikainen 1997, Ruotsalainen 2010, Koskenniemi 2014) (Kuva 26). Tämän alueen länsipuolella voisi myös olla Suomeen soveltuvia alkuperiä, mutta sieltä ei toistaiseksi ole ollut aineistoa testauksessa Suomessa (Ruotsalainen 2010).

Suomen nykyilmastossa douglaskuusi häviää kotimaisille puulajeille niin viljelyvarmuudessa, laadussa kuin kasvussakin. Metsänviljelyn onnistumiseen voidaan vaikuttaa kasvupaikan valinnan lisäksi valitsemalla viljelyyn Suomen oloihin parhaiten sopivia alkuperiä. Lisäparannukset taloudellisesti tärkeissä ominaisuuksissa edellyttäisivät valintajalostusta. Douglaskuusen kanta-puita on valittu kotimaisilta viljelmiltä vuosina 1950–1976 yhteensä 31 kpl:ta, mutta yksikään valittu puu ei ole enää tallessa kloonikokoelmissa. Douglaskuusen taimituotanto on perustunut toistaiseksi metsikkökeruisiin, joista on saatu siementä 2000-luvulla yhteensä noin 55 kg (Luonnonvarakeskus 2022b). Douglaskuusen viljelyala on pysynyt pienenä, joskin on epäselvää, miltä osin tämä liittyy viljelyaineiston tarjontaan ja miltä osin puulajin tuntemattomuuteen metsänviljelyn vaihtoehtona.

Douglaskuusen nykyinen viljelyala ei puolla panostuksia douglaskuusen jalostukseen ja siementuotantoon. Mikäli viljely selvästi lisääntyisi, tai jalostus katsottaisiin muista syistä tarkoituksenmukaiseksi, tarvittaisiin perusaineiston uudelleen kokoamista ja taltioimista Etelä-Suomen douglaskuusviljelmiltä (50–100 uuden pluspuun valinta meille parhaiten sopeutuneista alkuperistä). Siemenhuolto voitaisiin perustaa joko uusien pluspuiden kloonikokoelmiin, jotka

samalla rekisteröitäisiin siementuotantoa varten, tai siementaimisiemenviljelyksiin, jotka palvelisivat samalla kantapuiden jälkeläistestausta ja mahdollista jatkojalostusta.

Naapurimaissamme douglaskuusen siemenviljelyksiä on Ruotsissa ja Tanskassa (Liite 4). Niiden alkuperien soveltuvuudesta Suomeen ei ole tietoa, mutta viljelysten eteläisen sijainnin ja kohdealueen perusteella voi olettaa niiden alkuperien olevan meille huonosti sopivia.

4.3.3. Hybridihaapa

Hybridihaapa (*Populus × wettsteinii*) on eurooppalaisen metsähaavan (*Populus tremula*) ja amerikanhaavan (*Populus tremuloides*) keinollinen risteymä, jota on tutkittu ja viljelty Suomessa jo 1950-luvulta lähtien. Monilta ominaisuuksiltaan hybridihaapa muistuttaa kotoista metsähaapamme, ja seuraava kuvaus pätee, ellei erikseen mainita, molempiin haapoihin.

Hybridihaavan viljelyn ensimmäinen aalto oli 1950- ja 60-luvuilla, jolloin sitä viljeltiin tavoitteena saada siitä raaka-ainetta tulitikkuteollisuuden tarpeisiin. Tässä yhteydessä hybridihaapaa viljeltiin Suomessa yhteensä 1,5–2 miljoonaa tainta (Lepistö 1999). Kun tulitikkujen tuotanto loppui Suomessa, hiipui myös kiinnostus hybridihaavan kasvatukseen. Uutta intoa hybridihaavan kasvatukseen saatiin kuitenkin 1990-luvulla, kun siitä kiinnostuttiin hioke- ja sellupuuna tarkoituksena erityisesti korkealaatuisten painopapereiden tuottaminen (Viherä-Aarnio 1999). Suunnitelmissa oli kasvattaa hybridihaavan viljely miljoonaan hybridihaavan taimeen vuodessa (Karlsson 1999), mutta lajia hyödyntävän paperintuotannon supistumisen seurauksena kiinnostus hybridihaavan viljelyyn jälleen loppui, ja viime vuosina sitä on istutettu enää enimmillään muutama tuhat tainta vuodessa (Liite 1). Hybridihaapaa on kokeiltu metsätalousmielessä lähinnä Etelä-Suomessa Kuopion korkeudelle saakka, vaikka se menestyikin Keski-Lapissa saakka (Holm 2004, Väre ym. 2021).

Hybridihaavan puuaine on hyvin kevyttä, sen tiheys on noin 380 kg/m³ (Liite 3). Holmin (2000) mukaan metsä- ja hybridihaavan puuaineen ominaisuuksien välillä ei ole merkittäviä eroja, mutta Pulkkinen (2002) sekä Saranpään ja Strömbergin (2004) mukaan hybridihaavan puuaine on kevyempää kuin metsähaavan ja sen kuidut ovat hieman lyhyempiä. Lyhyiden kuitujen ja ohuiden soluseinien ansiosta haapa soveltuu hyvin korkealaatuisten papereiden valmistukseen. Haapamassa on luonnostaan vaaleaa, sillä ohuet soluseinät ovat heikosti puutuneita, jolloin valkaisuaineita ei tarvita havupuumassan tapaan (Saranpää & Strömberg 2004). Myös mekaanisesti valmistettu hioke on erittäin vaaleaa (Holm 2000).

Haavan puuaine on kevyttä, sitkeää ja pehmeää, joten se on erinomainen laudepuu. Lautojen pinta tuntuu sileältä, se ei kuumene eikä siitä irtoa tikkuja. Haapalauteiden pinta pysyy myös hyvin puhtaana. Koska haapa on hajutonta ja mautonta, se soveltuu käytettäväksi ruoka-astioiden sekä erilaisten pakkauksien valmistamiseen. Suurta lujuutta vaativiin rakenteisiin haapa ei sovi (Holm 2000). Kotimaisen haavan teollista käyttöä on rajoittanut sen saatavuusongelma, koska se kasvaa yleensä sekapuuna tai pieninä metsiköinä. Laajemmat yhtenäiset hybridihaapaviljelmät voisivat tuoda parannusta tähän (Heräjärvi & Junkkonen 2004).

Hybridihaapa sopii metsähaavan tavoin saha-, viilu- ja vaneripuuksi. Puuaineen laadun vertailussa on todettu, että hybridihaapa on raaka-aineena metsähaavan veroista. Sen käyttöä mekaanisessa metsäteollisuudessa tosin rajoittavat laho- ja väriviat, oksaisuus ja vesisilo (Heräjärvi ym. 2006). Vanerin valmistuksessa oksaisuus ei kuitenkaan haittaa, sillä oksaiset viilut toimivat hyvin sekavanerin väliviiluina ja rakennuskäyttöön valmistettavissa vanereissa myös pintaviiluina (Heräjärvi ym. 2006). Vanerin valmistuksessa se olisi useimmilta ominaisuuksiltaan jopa kuusta parempaa (Verkasalo 1999). Sorvauksessa haasteena on haavan puuaineen pehmeys

(Holm 2000). Haapaviilua voidaan käyttää myös pakkauslaatikoiden ja urheiluvälineiden valmistukseen (Holm 2000).

Haapasahatavaran kuivaus vaatii pitkän ajan ja kutistumiserojen aiheuttamista jännityksistä johtuen se on aloitettava varovasti. Kuivattaessa syntyy helposti vääntymiä ja kieroutumia, jotka saattavat hankaloittaa höyläystä ja liimausta (Holm 2000). Haavan työstäminen on helppoa, mutta puuaineen halkeilun ja repeilyn välttämiseksi työkalujen on oltava teräviä. Haavan puuaineen sisältämät piiyhdisteet tylsyttävät nopeasti terät puuta työstettäessä. Huolellisesti kuivattu haapasahatavara kestää melko hyvin lahoamatta ulkonakin, kunhan se ei ole kosketuksessa maahan (Holm 2000).

Nykypäivänä ja lähitulevaisuudessa sekä energia- että metsäteollisuus tarvitsevat yhä suurempia puumääriä. Vuonna 2015 säädetyssä EU:n metsästrategiassa korostetaan puubiomassan tuottamista lyhyellä kiertoaajalla (Stener ym. 2019), joten nopeakasvuisen hybridihaavan viljely saattaisi olla varteenotettava vaihtoehto myös tähän tarkoitukseen.

Hybridihaavan kasvatukseen soveltuvat parhaiten rehevät, viettävät metsä- ja peltomaat (Holm 2004) (Kuva 29). Niillä sen kasvu voi olla 25 % parempaa kuin savisilla mailla (Hynynen 1999). Tapion metsänhoidon ohjeissa hybridihaapaa suositellaan lehtomaisille ja sitä paremmille kasvupaikoille (Äijälä ym. 2019). Kasvatettaessa sitä kuitupuuksi voidaan käyttää 20–25 vuoden kiertoaikaa ilman harvennushakkuita. Viljelyyn voidaan valita puuaineen ominaisuuksiltaan erityisen hyvin paperinvalmistukseen soveltuvat kloonit (Karlsson 1999).

Hybridihaavikon perustamisessa on tavoitteena kasvattaa istutetun taimikon jälkeen vielä kaksi vesasyntyistä sukupolvea (Äijälä ym. 2019). Kesäistutukseen tuotetut 20–30 cm:n mittaiset taimet voidaan istuttaa pottiputkella. Maanmuokkaus on yleensä tarpeen, koska haapa istutetaan varsin reheville kasvupaikoille. Mätästys ja peltomailla penkkikylvö soveltuvat hyvin haavan viljelyyn, sillä taimet lähtevät parhaiten kasvamaan kohoumilla. Ohutkunntaisilla mailla, joilla ei ole ongelmia vesitalouden suhteen, myös istutus ilman maanmuokkausta voi toimia (Holm 2004). Syväistutus mättäisiin on todennäköisesti turvallista. Heikosti puutuneiden kesällä istutettujen taimien osalta ei ole kuitenkaan tutkittua tietoa syväistutuksen vaikutuksesta. Isommat hybridihaavan taimet on istutettava kuokalla laikkuihin tai mättäisiin. Kuitupuun kasvatukseen istutustiheydeksi on suositeltu 1 000–1 200 tainta/ha (Holm 2004).

Kuitupuun kasvatuksessa hybridihaavikkoa ei harvenneta, vaan se päätehakataan jo 25 vuoden iässä ja uusi puusukupolvi saadaan juurivesoista (Holm 2004). Vesasyntyisen taimikon annetaan kasvaa muutaman vuoden parhaiten kasvavien yksilöiden erottamiseksi. Tässä vaiheessa haavikko harvennetaan tiheyteen 1 200–1 600 tainta hehtaarilla, jos tavoitteena on kuitupuun kasvatusta. Metsikköä ei enää harvenneta, vaan päätehakkuu on taas noin 25 vuoden iässä. Tukkipuun kasvatusta varten vesataimikko harvennetaan asentoon 1 800–2 000 tainta hehtaarilla ja sen jälkeen tehdään muutamia harvennuksia (Äijälä ym. 2019).

Suuren haapatutkimuksen 1970-luvulla mitatussa aineistossa hybridihaavan valtapituuden kehitys oli 40 % nopeampaa kuin haavan (Hynynen 1999). Parhaimmillaan hybridihaavikko on voinut tuottaa lähes 300 m³/ha 25 vuodessa, mikä on 15 vuotta aikaisemmin kuin tavallisella haavalla. Hybridihaavan kokonaistilavuuskasvu on 25 vuoden iällä 30 % parempi kuin rauduskoivulla. Havupuihin verrattuna kasvuero on vielä huomattavasti suurempi. Myöhemmällä iällä kasvuerot kuitenkin selvästi tasoittuvat (Hynynen 1999). Hybridihaavan hyvä kasvu johtuu sen metsähaapaa pitemmästä kasvujaksosta (Yu ym. 2001).



Kuva 29. Hybridihaavan solukkolisättyjä kloonijälkeläisiä vuonna 1998 istutetussa kenttäkokeessa Lohjansaarella. MH

Haapa on luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeä puulaji; sen valoa läpäisevä latvus mahdollistaa monien kenttäkerroksen lajien menestymisen ja lisää näin muunkin lajiston monimuotoisuutta. Myös sen runsas emäksinen karike lisää maassa elävien lajien määrää. Haavalla itselläänkin elää runsas jäkälä- ja pieneläinlajisto ja lahoavat haavan rungot ovat lukuisien siihen erikoistuneiden hyönteisten tärkeitä elinympäristöjä (Siitonen 1999). Hybridihaavan rungoilla elävän lajiston monimuotoisuutta on tutkittu kuitenkin vähän (Randlane ym. 2017), ja puun tuotantomielessä kasvatettavien hybridihaavikoiden lyhytikäisyys rajoittaa lajin hyödyllisyyttä monimuotoisuusnäkökulmasta.

Nuoret hybridihaavan taimet jatkavat kasvuaan varsin pitkään syksyllä altistaen puutumattomat latvat syyshalloille ja talvipakkasille. Nuorissa taimikoissa onkin havaittu latvojen kuivumista (Luoranen ym. 2006). Pakkasvaurioiden ohella latvavikoja voivat aiheuttaa useat patogeenit.

1970-luvulla toteutetussa hybridihaapaviljelmien inventoinnissa todettiin, että merkittävimpiä tuhonaiheuttajia olivat nisäkkäät (myyrä, jänis, hirvi) ja muun kasvillisuuden kilpailu (vesakko) (Viherä-Aarnio 1999). Nykyisen paljon suuremman hirvikannan aikaan voidaan olettaa, että hirvituhojen riski on kasvanut 60 vuoden takaisesta tilanteesta. On myös huomattava, että haapa on altis hirvituhoille lähes koko kiertoaikansa, koska hirvet syövät versojen lisäksi myös sen kuorta (Heikkilä 1999). Käytännössä hybridihaavan viljelyn onnistuminen voi edellyttää runsaan hirvieläinkannan alueilla istutusalan aitaamista. Myyränsyöntialttiudessa on merkittäviä kloonivälisiä eroja, joten valinnalla voi olla mahdollista parantaa hybridihaavan tuhokestävyyttä (Henttonen ym. 1999). Kurkelan (1999) arvion mukaan hybridihaapa ei sienitautialttiudessaan juuri poikkea kotimaisesta haavasta. Haavan etuna on sen hyvä kestävyys juurikäävän suhteen (Holm 2000), minkä vuoksi se soveltuu korvaamaan kuusta sienien saastuttamissa metsissä.

Nuorissa taimissa ja taimikasvatuksen aikana hybridihaapakasvustoissa voi esiintyä jonkin verran haavan mustaversotautia (*Venturia tremulae*) (Kasanen 2004) (Kuva 30). Tautia esiintyy myös luonnonhaavikoissa, ja se voi tuhota uusia kasvaimia nuorista taimista aiheuttaen haaroittumista ja pensastumista. Hybridihaapakloonien välillä on eroja kestävydessä tätä tautia

vastaan, eikä se 2000-luvun alussa tehdyissä kokeissa aiheuttanut suuria tuhoja metsässä. Itse asiassa eräässä koeaineistossa hybridihaapa osoittautui metsähaapaa kestävämmäksi mustaversotaudille (Hynynen ym. 2002). Kasasen (2004) mukaan taudilla on kuitenkin suuri potentiaali kehittyä merkittäväksi taudinaiheuttajaksi, sillä se voi nopeasti tuhota laajoja istutusaloja, jos se iskeytyy yhteen klooniiin tai klooneihin. Metsässä tuho kohdistuu uusimpiin kasvaimiin eikä yleensä tapa koko taimea.

Taimitarhalle iskeytyessään mustaversotauti voi vioittaa taimia myyntikelvottomiksi (Kasanen 2004). Tiheissä kasvustoissa *Botrytis*- ja *Fusarium*-sieniä voi esiintyä muiden lehtipuiden tapaan myös hybridihaavalla, samoin taimipoltetta (Konttinen 2005). Muita taimikasvatuksen aikana esiintyviä tauteja ovat haavanruoste (*Melampsora populnea*) ja lehtilaikkusienet (mm. *Linospora ceuthocarpa*). Ne voivat sateisina kesinä esiintyä nuorilla taimilla vioittaen lehtiä, mutta ovat olleet toistaiseksi varsin harmittomia (Konttinen 2005).

Kuoripolte (*Neofabrea populi*) on juurivesoista syntyneiden hybridihaavikoiden tauti. Se voi vaurioittaa jopa 90 % vesasyntyisistä rungoista ja kuolleisuuskin voi olla 50 % (Kasanen 2004). Vesoja syntyy kuitenkin kymmeniätuhansia, joten sairast yksilöt voidaan useimmiten poistaa harvennuksessa. Taimikasvatuksessa tauti ei ole toistaiseksi aiheuttanut ongelmia (Konttinen 2005).

Haavanrosoa aiheuttaa *Entoleuca mammata* -sieni, jota esiintyy meillä satunnaisesti kookkailla metsä- ja hybridihaavoilla. Kasasen (2004) mukaan Pohjois-Amerikassa ja manner-Euroopassa se on kuitenkin vakava tuhoniheuttaja, ja voi laajemmalle levitessään olla vakava uhka tulevaisuudessa myös meillä. Pohjois-Amerikassa esiintyy vakavia tuhoja aiheuttavia *Parkerella populi* ja *Apioplagiostoma populi* -sieniä, joista ensimmäistä tai sen lähisukulaista on löydetty Ruotsista (Kasanen 2004). Näitä tulokaslajeja on syytä pitää silmällä, etteivät ne pääse leviämään laajemmin meille.

Kloonien välillä on yleensä eroja niiden tuhonkestävyydessä ja hybridihaavan kasvatuksen lisääntyessä erilaisten kloonien lukumäärä on pidettävä riittävän suurena laajamittaisten tuhojen välttämiseksi ja kloonitestauksen avulla on poistettava tuhoaltteimmat kloonit viljelyaineistosta.

Haavalla, hybridihaavalla ja poppelilla elävä suuri sarvijäärä runkohaapsanen (*Saperda carcharias*) on yleinen tuholainen eteläsuomalaisissa hybridihaavikoissa (Kuva 30). Sen toukat kaivavat puuaineen sisään pitkiä rungon suuntaisia käytäviä, jotka voivat olla jopa senttimetrin levyisiä (Holm 2000). Ulkoisesti puu näyttää aivan terveeltä. Runkohaapsasen käytävä aiheuttaa usein myös lahovian puuaineeseen (Väre & Kiuru 2006), eikä hyönteisen vahingoittamasta rungosta ole tukkipuiksi. Tuhoja on eniten valoisilla kasvupaikoilla, joten paras runkohaapsasen torjuntakeino on kasvattaa haapaa sekapuuna varjoisalla kasvupaikalla (Uotila ym. 2015). Hybridihaavan lehtiä syö mm. haavan ja pajun lehdillä elävä haavanlehtikuoriainen (*Chrysomela populi*). Pahimmillaan vain lehtisuonet jäävät jäljelle.

Hybridihaavan taimia voidaan tuottaa kasvullisesti mikrolisäyksellä tai juuripistokkaista. Viime vuosina haavan ja hybridihaavan taimia on tuotettu lähinnä mikrolisäyksellä pari tuhatta kpl/vuosi (Liite 1). Mikrolisäykselle vaihtoehtoisena, tutkimusvaiheessa edullisemmaksi arvioitua juuripistokaslisyistä tutkittiin laajasti Suomessa 2000-luvun alussa ja menetelmä on kuvattu Konttisen (2005) oppaassa. Koska haavan taimien tuotanto on supistunut hyvin vähäiseksi vuoden 2006 jälkeen (Liite 1), ei juuripistokasmenetelmää ole tuotantomittakaavassa paljoakaan käytetty.

Lisäysvaiheen jälkeen taimia kasvatetaan suurin piirtein samalla tavalla kuin rauduskoivun taimia kasvatettiin aiemmin eli noin 300–400 cm³ paakuissa kevätistutukseen. Sekä mikrolisätyjä että juuripistokastaimia voidaan kuitenkin tuottaa myös pienissä paakuissa kesäistutukseen, josta on saatu hyviä tutkimustuloksia (Luoranen ym. 2006). Hybridihaavan taimet karaistuvat taimitarhalla myöhemmin kuin esimerkiksi rauduskoivun taimet (Konttinen 2005). Myöhäinen karaistuminen voi aiheuttaa latvan kuivumista. Taimien karaistumista taimitarhalla voidaan aikaistaa pysäyttämällä taimien kasvu lyhytpäiväkäsittelyllä (Zhang ym. 2007).

Juuripistokastuotantoa varten kasvatetaan ensin valittujen kloonien kantataimia. Vuoden kasvatuksen jälkeen lepotilaiset juurakot nostetaan myöhään syksyllä tai seuraavana keväänä. Puhdistetuista juurakoista tehdään juuripistokkaita, jotka pistetään versoontumaan joko kasvatuslaatikkoon tai pieniin kennoihin. Kun verson pituus on noin 1–5 cm tai kun koulintakennoihin laitetuilla pistokkailla juuristo sitoo turvepaakun, ne koulitaan isompiin kennostoihin. Konttisen (2005) oppaassa käytettiin tutkimusajankohtana koivun kasvatuksessa yleisiä noin 300–400 cm³ paakkuja taimien kasvatukseen ja taimet kasvatettiin noin 50–60 cm:n mittaisiksi. Menetelmä on varsin monivaiheinen ja vaatii tarkkaa lämpötilan ja kosteuden säätämistä kasvatusvaiheeseen sopivaksi. Tällä menetelmällä kasvatetut taimet on tähdätty istutettavaksi pistämistä seuraavana keväänä. Kasvatusketjun ongelmana on, että yhdestä kantataimesta saatavien pistokkaiden määrät vaihtelevat suuresti kloonien ja vuosien välillä. Versoontuminen on noin 70 % ja kasvatuksen jälkeen joudutaan hylkäämään epämuodostuneita ja sairastuneita taimia.

Juuripistokkaista voidaan kasvattaa taimia myös kesäistutukseen (Luoranen ym. 2006). Pistokkaat koulitaan suoraan pienempiin kennoihin ja taimia kasvatetaan niissä toukokuussa tehdystä pistämisestä heinä–elokuussa tehtävään istuttamiseen saakka. Tällä menetelmällä tuotantokustannukset alenevat ja taimien istutuksen jälkeinen kasvu on jopa kevätistutusta parempaa.

Jos hybridihaavan viljelymäärät elpyvät, voisi olla kiinnostavaa selvittää, olisiko pienten hybridihaavan taimien tuottaminen mahdollista myös kevätistutuksiin. Nykyisin rauduskoivun taimia kasvatetaan myös kevääksi pienissä paakuissa ja taimet istutetaan lehdellisinä. Olisi selvitettävä, toimisiko tämä menetelmä myös hybridihaavan pistokastuotannossa. Tällöin pistäminen tehtäisiin myöhemmin alkukesällä suoraan noin 80–120 cm³ paakkuihin, pistokkaat kasvatettaisiin ja karaistaisiin niissä, mahdollisesti lyhytpäiväkäsittelyä hyödyntäen, ja istutettaisiin lehdettöminä seuraavana keväänä. Tässä menetelmässä oleellista on, saataisiinko kantataimen juurakot säilymään lepotilaisina ja kasvukykyisinä pidemmälle kesään oikeissa olosuhteissa (pakkasvasto). Lisäksi haasteena voi olla taimien riittävän aikainen karaistuminen syksyllä. Tämä menetelmä voisi säästää monta työvaihetta ja istutustyö helpottuisi. Kustannustehokkainta olisi kuitenkin hybridihaavan taimien tuottaminen kesäistutukseen, jolloin taimien talvivarastointia ei tarvittaisi lainkaan.

Hybridihaapa on yksi Metsänjalostus 2050-ohjelmassa jalostettavista puulajeista. Sen jalostuksen ja kasvatuksen kohdealue on Etelä-Suomi (Haapanen & Mikola 2008). Metsähaavan ja amerikanhaavan lajiristeymänä se on jo itsessään jaloste. Jalostuksen periaate on yksinkertainen: kantalajien pluspuiden risteytyksillä aikaansaatuja hybridijälkeläisiä testataan kloonimonistetuin taimina kenttäkokeissa, ja kasvultaan, laadultaan ja kestävyydeltään parhaat kloonit monistetaan kasvullisesti taimiksi.

1990-luvulla uudelleen käynnistetyn jalostustyön tuloksena perustetuissa koesarjoissa on testattu satakunta hybridihaapakloonina, joista 38 on rekisteröity alustavasti testattu -luokkaan kaupallisesti lisättäväksi (Ruokavirasto 2022). Uusia hybridihaapaklooneja valitaan vielä lähivuosina jonkin verran lisää nykyisistä testauskokeista, mutta uusia hybridihaapakokeita ei enää perusteta eikä risteyttämistä jatketa. Kiinnostus hybridihaavan viljelyä ja taimituotantoa kohtaan



Kuva 31. Albertalaista Oldsin alkuperää oleva hyvälaatuinen 90-vuotias kontortamännikkö Ruotsinkylän tutkimusalueella Tuusulassa. MH

Kontortamäntyä on viljelty metsätalouspuuna sen luontaisen levinneisyysalueen ulkopuolella eri puolilla maailmaa mm. Etelä-Amerikassa, Uudessa-Seelannissa ja Euroopassa. Euroopassa sitä on viljelty erityisesti Skotlannissa ja Ruotsissa.

Suomessa kontortamäntyä on viljelty jo yli sadan vuoden ajan, ensimmäiset taimet saatiin Mustilan arboretumiin vuonna 1902 (Tigerstedt 1922). Myöhemmin 1920–30-luvuilla sitä viljeltiin pienessä mitassa myös metsätalouspuuna. Ruotsissa kontortamännyn viljely alkoi laajamittaisesti 1970-luvulla ja puulaji saavutti merkittävän aseman Pohjois-Ruotsin metsätaloudessa. Suurusuuntainen kontortanviljelyohjelma käynnistettiin torjumaan 2000-luvun alkuun ennustettua puuraaka-aineen vajausta (von Segebaden 1993). Kontortamäntyä on viljelty Ruotsissa yhteensä noin 600 000 hehtaaria (Skogskunskap 2021), ja vaikka vuotuinen viljelymäärä onkin laskenut 1980-luvun huippulukemista (lähes 40 000 ha v. 1984, Lindgren ym. 1993), kontortamäntyä viljellään edelleen noin seitsemän miljoonaa tainta vuodessa (Skogsstyrelsen 2021). Ruotsin kontortainnostuksen vanavedessä Suomessakin ryhdyttiin 1970-luvulla istuttamaan uudelleen kontortamäntyä.

Valtakunnan metsien 12. inventoinnin (vuosilta 2014–2018) mukaan kontortamänty on vallitsevana puulajina 8 900 hehtaarilla Suomen metsämaasta ja sen kokonaistilavuus on noin 800 000 m³ (0,3 promillea metsien puustosta). Sekä pinta-alassa että kokonaistilavuudessa kontortamänty jää alle puoleen lehtikuusen määrästä. Inventointitulosten mukaan kontortamännyn viljely on painottunut Itä- ja Keski-Suomeen (Korhonen ym. 2021).

Kontortamännyn puuaine on vaaleaa muistuttaen kuusta, eivätkä pinta- ja sydänpuu erotu kovin hyvin toisistaan. Se on tasa-aineista sekä ohut- ja suorasyistä ja vuosilustot erottuvat hyvin toisistaan (Persson 1993, Fagerstedt ym. 2016). Puuaineen tiheys (430 kg/m³) on hieman suurempi kuin männyllä ja selvästi kuusta suurempi. Sen kuidunpituus on samaa luokkaa männyn

kanssa, mutta hieman lyhyempi kuin kuusella (Liite 3). Massateollisuuden raaka-aineeksi kontortamänty sopii erittäin hyvin, ja sellunsaanto on kotimaisen kuusen luokkaa (Fagerstedt ym. 2016). Puun ominaisuudet ovat niin yhteneväiset männyn kanssa, että sitä voidaan sekoittaa tämän kanssa sulfaattiselluloosaprosessissa (Persson 1993).

Koska puuaineen säteen- ja tangentinsuuntainen kutistuminen ovat suhteellisen lähellä toisiinsa (Liite 3), kuivauksessa ei juuri synny haitallisia muodonmuutoksia (Fagerstedt ym. 2016). Niinpä mäntyyn verrattuna kontortamännyn sahatavara kiertyy ja halkeilee selvästi vähemmän, lukuun ottamatta oksia, jotka halkeilevat enemmän (Persson 1993). Sen kuivaus on nopeaa ja työstäminen helppoa. Kontortamännyn puuaineen taivutus- ja iskulujuus ovat heikohkoja samoin kuin puristuslujuus syiden suuntaan. Naulojen ja ruuvien pitävyys on hyvä, ja puutavaraa höylätessä syntyy kaunis sileä pinta (Fagerstedt ym. 2016).

Kontortamänty soveltuu käytettäväksi rakenteissa, kuten ratapölkkyissä. Sitä voidaan käyttää myös saha-, vaneri- ja puusepänteollisuuden raaka-aineena, mutta oksaisuutensa vuoksi se ei sahapuuna yllä kotimaisen kuusen tai männyn tasolle. (Fagerstedt ym. 2016).

Luokiteltaessa kontortamännyn sahatavaraa puusepänteollisuuden tarpeisiin (u/s-asteikko) on todettu, että sen laatu on vastaavaa tai parempaa kuin vastaavalla tavalla tuotetun (s.o. istutetuista metsistä tulevan) mäntysahatavarankin laatu (Persson 1993). Nämä tulokset perustuvat vanhimpiin ruotsalaisiin kontortaviljelmiin, joiden alkuperät ovat yleensä olleet nykytietämyksen mukaan liian eteläisiä. Alkuperäkokeista tehdyissä ulkoisen laadun mittauksissa on todettu, että kontortamännyn oksalaatu on parempi kuin männyllä, mutta sen rungot ovat mutkaisempia. Mutkaisuuden pääasialliseksi syyksi on arveltu nuoruusvaiheen myyrätuoja.

Kontorta sopii viljeltäväksi samanlaisille maille kuin mäntykin (Skogskunskap 2021). On myös esitetty, että sille soveliaimpia kasvupaikkoja ovat karu mustikkatyyppi ja rehevä puolukka-tyyppi, eli kuusen ja männyn optimialueiden väliin jäävä vyöhyke (Tigerstedt 1975, Andersson ym. 1999). Kosteita ja vedenvaivaamia sekä reheviä maita ei suositella käytettäväksi sen viljelyyn (Heikinheimo 1956, Andersson ym. 1999). Tigerstedtin (1975) mukaan kontortamänty tosin sopisi käytettäväksi myös tiiviillä savimailla (talvikkityypin mailla). Tämä on kuitenkin ristiriidassa sen kanssa, että sitä ei pitäisi viljellä hienojakoisilla mailla, joilla sen juurten tunkeutuminen maahan ei ole riittävän hyvä, sillä suurilatvuksisena puuna se on altis tuuli- ja lumituholle (Tigerstedt 1975). Koetulosten mukaan myöskään turvemaille kontortamänty ei sovellu (Ruotsalainen & Velling 1993, Varmola ym. 2000).

Kontortamänty viljellään yleensä istuttaen muokattuun maahan (Skogskunskap 2021). Maanmuokkaus vähentää mm. tukkimiehentäin tuhoja, ja lisää kasvua merkittävästi. Pohjois-Ruotsissa kääntömättäisiin istutettujen kontortamännyn taimien tilavuus kymmenen kasvukauden jälkeen oli lähes viisinkertainen muokkaamattomaan maahan istutukseen verrattuna (Örlander ym. 1998). Tilavuuskasvun lisäys riippuu istutusalan ravinteisuustasosta: ravinteikkaimmilla mailla kasvu ei parantunut yhtä paljon kuin karuimmilla (Mattsson & Bergsten 2003). Laikkumättäillä ja äesjäljessä tilavuutta oli kertynyt tuplasti muokkaamattomaan verrattuna.

Kontortamänty taimettuu hyvin valoisalla paikalla lämpimässä kivennäismaassa, kun kosteutta on riittävästi. Pohjois-Suomessa on todettu, että kontortamännyn siementä voidaan menestyksellisesti kylvää myös loppukesällä tai syksyllä (Hyppönen & Winsa 2014). Myös Varmolan ym. (2000) mukaan kylvö sopii kontortan uudistusmenetelmäksi kuivahkoilla kankailla ja sitä karummilla kasvupaikoilla. Itse asiassa jo 1920-luvulla oli Mustilassa todettu, että kylvö on hyvin kontortamännyn uudistukseen sopiva viljelymenetelmä (Tigerstedt 1975).

Kontortamäntyä on ilmeisesti syytä kasvattaa mäntyä tiheämmässä, jotta sen oksalaatu pysyisi hyvänä. Käytännön viljelyohjeeksi Tigerstedt (1975) suosittelee 25 % mäntyä korkeampaa runkolukua. Kontortamäntyä suurempi kuolleisuus varttuneessa taimikkovaiheessa puoltaa myös suurempaa viljelytiheyttä (Varmola ym. 2000).

Stabiliteettiongelmiin (ks. jäljempänä) vuoksi ensiharvennus on syytä tehdä hieman aikaisemmin kuin männyllä (Andersson ym. 1999), mutta toisaalta myös kasvatusta ilman harvennusta on mahdollista (Skogskunskap 2021). Jos kasvatuksessa tähdätään pelkästään kuitupuun tuottamiseen, on kiertoaika selvästi lyhyempi kuin männyllä, ja myös tukkipuun kasvatuksessa 10–15 vuotta mäntyä lyhyempi kiertoaika lienee käyttökelpoisin (Andersson ym. 1999).

Kontortaa on yleensä viljelty puhtaina yhden lajin viljelyksinä, mutta sekaviljely männyin kanssa saattaisi tarjota hyviä mahdollisuuksia parantaa viljelyn kannattavuutta (Kuva 32). Kontortaa voisi käyttää viljelyseoksen vähemmistöosakkaana, joka poistettaisiin pääosin ensiharvennuksessa (Ruotsalainen 2004). Tämä voisi parantaa ensiharvennuksen kannattavuutta ja jäljelle jäävien mäntujen oksalaatua. Lisäksi kontortan varhainen poistaminen vähentäisi sen haitallisia vaikutuksia luontoarvoille. Sopivia sekoitussuhteita, tilajärjestystä ja menetelmän yleistä toimivuutta olisi selvitettävä viljelykokeiden avulla.

Pohjoismaissa viljeltynä kontortamännyllä esiintyviä tuhoja verrataan usein männyin tuhoihin, ja valtaosin näiden lajien ongelmat ovatkin yhteisiä, vakavuusasteen vaihdellessa. Kontortamänty on liki resistentti lumihomeelle, männyinversoruosteelle ja tervasrosolle (von Segebaden 1993, Skogsstyrelsen 2017) ja se maistuu myös hirville metsämäntyä huonommin (Danell 1993 & Sjöberg, von Segebaden 1993). Hirvituhojen suhteen on havaittu, että ne ovat suurempia pienialaisissa kontortaviljelmissä kuin suurissa (yli yksi hehtaari) (Danell & Sjöberg 1993).

Kontorta toisaalta kärsii mäntyä enemmän juurikäävän, mäntypistiäisen ja myyrrien aiheuttamista tuhoista (Sarvas 1964, Danell & Sjöberg 1993, Piri 1996, Reinikainen 1997). Myyrätuhoista kontorta kuitenkin toipuu mäntyä paremmin ja pohjoiset alkuperät ovat eteläisiä kestävämpiä myyrätuhojen suhteen (Danell & Sjöberg 1993). Kontorta on myös altis versosurmalle (von Weissenberg 1972, Berglund & Nordqvist 2017). Versosurma muodostuu ongelmaksi erityisesti rehevillä kasvupaikoilla ja ylitiheissä metsiköissä. Kuusen kaarnakuoriaislajit, kuten kirjanpainaja ja kuusentähtikirjaaja (*Pityogenes chalcographus*), iskeytyvät myös kontortamäntyyn, joskin puolustuksen voittamiseen tarvitaan kuusta suurempi määrä kuoriaisia ja niiden jälkeläistuetanto jää heikommaksi kuin kuusella (Schroeder & Coccoş, 2018).

Kontortamännyin suuri latvus ja mäntyä pinnallisempi juuristo sekä taimille helposti kehittyvät juuristo-ongelmat altistavat sen tuuli- ja lumituhoille (von Segebaden 1993, Silander ym. 2000) (Kuva 33). Käytännön metsätoimijoille 1970-luvun alussa tehdyn kyselyn mukaan lumituhot olivat merkittävien kontortamännyin viljelyä haittaava tekijä (von Weissenberg 1972). Ruotsissa on todettu kontortan olevan jonkin verran mäntyä epästabiilimpi erityisesti hienojakoisilla mailla (Rosvall 1994). Näistä tuhoista johtuen kontortan kuolleisuus on taimikkovaiheen jälkeen suurempi kuin männyllä (Andersson ym. 1999).

Kontortamännyin ominaisuuksien tunteminen auttaa valitsemaan sille parhaiten soveltuvat kasvupaikat. Myyrätuhoalttiutensa vuoksi sitä ei kannata viljellä rehevillä heinittyvillä mailla. Toisaalta sen hyvä versoruosteenkestävyys voi olla merkittävä etu harkittaessa soveltuva puulajia haavanvesakon valtaamille mailla. Tuuli- ja lumituhoalttiutensa vuoksi sitä ei myöskään kannata viljellä turvemilla tai hienojakoisilla mailla, missä juuristo ei pysty kiinnittämään puuta riittävän hyvin maahan. Myöskin tykkyalueita on sen viljelyssä syytä välttää.



Kuva 32. Kontorta- ja metsämäntysekaviljelymetsikkö Pohjois-Savossa. KH

Koska Ruotsissa on viljelty kontortamäntyä suurilla pinta-aloilla, siellä on ollut kiinnostusta tutkia myös sen vaikutusta muuhun metsäluontoon. Kontortamännyn suurempi latvus mäntyyn verrattuna johtaa valon vähenemiseen kenttä- ja pohjakerroksessa. Tämän ei ole kuitenkaan todettu yksiselitteisesti johtavan suuriin muutoksiin pintakasvillisuudessa. Muutokset olisivat huomattavasti suurempia, jos mänty korvattaisiin kuusella (Danell & Sjöberg 1993). On olemassa viitteitä siitä, että selkärangattomien eläinten määrä on hieman pienempi kontortamännikössä kuin männikössä. Tämä saattaa joissain olosuhteissa johtaa hyönteisravintoa käyttävillä pikkulinnuilla huonompaan poikaskehitykseen (Danell & Sjöberg 1993). Pikkulintulajistoa koskevissa tutkimuksissa ei kuitenkaan havaittu eroa kontorta- ja mäntymetsiköiden välillä (Danell & Sjöberg 1993). Metson on todettu sekä koeolosuhteissa että myös luonnossa syövän kontortan neulasia, mutta on epäselvää, mikä on tällaisen ruokavalion ravitsemuksellinen arvo (Danell & Sjöberg 1993, Andersson ym. 1999).

Kontortamännyn viljely männyn sijaan vaikuttaa ekosysteemiin ja metsän rakenteeseen joidenkin männystä riippuvaisten lajien elinolosuhteiden huononemisenä, sekä valon määrän vähenemisestä seuraavina lievinä muutoksina pintakasvillisuudessa. Näihin muutoksiin voidaan kuitenkin vaikuttaa metsikkö- ja aluetasolla mm. säätelämällä metsikön kokoa ja tiheyttä sekä sekapuuston osuutta (Andersson ym. 1999). Kontortamännyn neulasten typpipitoisuus ja neulasarikkeen pH-arvo ovat alhaisemmat kuin männyllä (Andersson ym. 1999).



Kuva 33. Kontortamänty kärsii usein tuuli- ja lumituhoista. MH (vas.) ja EO (oik.)

Ruotsissa on todettu kontortamännyn viljelyllä olevan negatiivisia vaikutuksia poronhoitoon (von Segebaden 1993). Merkittävin vaikutus tulee siitä, että poronjäkäjän ja muun poroille soveliaan pintakasvillisuuden peittävyys pienenee, mutta tiheät kontortametsiköt vaikeuttavat myös porojen liikkumista ja paimennusta.

Ruotsalaisen selvityksen (Jacobson & Hannerz 2020) mukaan luontaisia taimia löytyi noin puolesta inventoiduista kohteista, valtaosin paljastuneella maalla 15 metrin sisällä metsikön laidasta. Jossain määrin luontaisesti syntyneitä kontortamännyn taimia tavattiin myös soilta. Myös Suomessa tehdyssä vanhojen viljelmien inventoinnissa löydettiin luontaisesti syntyneitä taimia lähes kaikista kontortametsiköistä (Silander ym. 2000).

Kylvöä on käytetty varsin vähän kontortamännyn uudistamismenetelmänä, vaikka kuten edellä on kerrottu, se on todettu lajille sopivaksi uudistamismenetelmäksi. Kylvötaimien juuristokehitys olisi ilmeisesti parempi kuin istutustaimien, mikä parantaisi taimien stabiliteettia (Rosvall 1994). Menetelmän kannattavuuden parantamiseksi olisi kehitettävä tehokas ja siementä säästävä kylvömenetelmä.

Metsämännyn tapaan kontortamänty on tuulipölytteinen ja yksikotinen. Yksityiskohtaisen kuvauksen lajin lisääntymisbiologiasta on kirjoittanut Owens (2006). Suurin osa kävyn siemenaiheista on steriilejä. Erityisesti kävyn tyvellä olevat siemenaiheet ovat tyypillisesti steriilejä, ja näiden käpysuomut myös avautuvat heikosti. Kussakin kävyssä on 40–50 hedelmöittymään kykenevää siemenaihetta, ja näistä noin puolesta kehittyvä täysi, itämiskykyinen siemen.

Kontortamännyn kukinta käynnistyy metsämäntyä nuorempana, jopa alle kymmenvuotiaana. Jägbrantin (2014) tutkimuksessa Ruotsissa käpyjen määrä oli 40-vuotiaissa puissa noin kaksinkertainen 20-vuotiaisiin puihin verrattuna. Vuosien väliset erot käpytuotannossa eivät ole suuria (Owens 2006).

Kontortan lisääntymiskierto on pääpiirteissään kotimaisen mäntymme kaltainen. Kukkasilmut erilaistuvat loppukesällä, kukinta tapahtuu seuraavana vuonna kesän alussa, ja emikukinnoista muodostuu ns. pikkukäpyjä pölytyksen jälkeen. Pikkukävyt talvehtivat ja kasvavat seuraavana keväänä ja alkukesästä kokoa. Hedelmöitys tapahtuu kesällä ja saman vuoden syksyyn mennessä kävyt saavuttavat lopullisen kokonsa ja siemenet tuleentuvat.

Pohjois-Amerikassa kontortamännyn käpyjen vakava tuholainen on *Leptoglossus occidentalis* -lude (Strong ym. 2001). Lude on levinnyt vieraslajina Eurooppaan, ja siitä on tehty yksittäisiä havaintoja eteläisimmässä Suomessa viime vuosina (Ylioja 2018). Metsämännyn kävyissä elävän

kotoperäisen käypikikärsäkkään (*Pissodes validirostris*) on havaittu esiintyvän runsaana kontortamännillä: Annilan (1975) tutkimuksessa jopa 75 %:ssa kontortamännyn kävyistä oli käypikikärsäkkään vaurioittamia, kun metsämännillä tuhoja oli viidenneksessä käpyjä (Annila 1975). Käypikikärsäkkään esiintyvyys metsämännilläkin oli tutkimuksessa suuri verrattuna nykyisillä siemenviljelyksillä havaittuun. Koska kontortamännillä ei ole Suomessa jalostusohjelmaa eikä siemenviljelyksiä, käypikikärsäkkään esiintymistä lajilla ei ole aktiivisesti seurattu. Kontortamännyn siementä saadaan Suomeen mm. Ruotsin siemenviljelyksiltä, missä käypikikärsäkkään esiintymistä ei koeta ongelmallisena siementuotannossa.

Kontortamännyn serotiiniset kävyt aukeavat tuoreina vain korkeassa lämpötilassa (Kuva 34). Luonnonnäköisesti tämä tapahtuu erityisesti metsäpaloissa. Kävyt jäävät kiinni tiukasti oksiin ja siementen itävyys säilyy – joskin alentuen – useita vuosia (Bates 1930, Jägbrant 2014). Vuosien kuluessa kävyt, tai osa käpysuomuista aukeaa ilman korkeitakin lämpötiloja.

Kävyt kerätään muiden havupuiden tapaan syksyllä tai talvella (Owens 2006). Ruotsissa keräystä tehdään syyskuun puolivälistä alkaen, minkä jälkeen käpyjä jälkikypsytetään marraskuun alkuun 5–10 °C:n lämpötilassa (sähköpostiviesti 28.1.2022 Ulfstand Wennström, Skogforsk). Eremko ym. (1989) suosittelevat käpyjen keräämistä pakkasella, sillä silloin muutoin oksissa tiukasti kiinni olevat kävyt on helpompi irrottaa. Käpyjen kovuuden ja avautumattomuuden vuoksi niiden välivarastointi on suhteellisen helppoa, sillä ne eivät homehdu herkästi.

Käpyjen avaamiseksi on kehitetty mielikuvituksellisiakin ratkaisuja (esim. Macaulay 1975), mutta tavanomaisia karustuslaitteistoja käytettäessä kävyt saadaan avautumaan 60 °C:ssa 16 tai 17 tunnissa (Kolotelo ym. 2001, Owens 2006). Jägbrant (2014) mainitsee, että kävyt upotettiin 20 sekunniksi 80 °C:n veteen, minkä jälkeen niitä pidettiin 35 °C:ssa käpysuomujen avautumiseen saakka. Myös Macaulay (1975) mainitsee lyhyen kuumavesikäsitteilyn käpyjen avaamisen menetelmänä. Lenninsiipien poisto ja siementen lajittelu voidaan toteuttaa edellä mainitun kirjallisuuden perusteella metsämännyn tapaan.

Kontortamännyn täydet siemenet painavat tavallisesti 2–4,5 mg (Bates 1930, Kolotelo 1997, Jägbrant 2014), mikä on karkeasti puolet metsämännyn siementen painosta. Siementen itävyys säilyy metsämännyn ja kuusen tapaan kuivana pakkasvarastoituina vuosia tai vuosikymmeniä (Simpson ym. 2004).

Kontortamännyn siemenet eivät vaadi stratifiointia, vaan ne voivat itää välittömästi kävystä varistuaan, vaikka stratifiointi nopeuttaakin itämistä ja parantaa taimisaantoa (Lotan & Critchfield 1990, Krakowski & El-Kassaby 2005, Jägbrant 2014). Owensin (2006) mukaan stratifiointi tehdään liottamalla siemeniä vuorokauden ajan vedessä, pintakuivaamalla ne ja säilyttämällä ne muovipussissa 28 vuorokautta 2 °C:ssa.

Suomessa ja Ruotsissa kontortamännyn taimia on tuotettu männyn kasvatusohjelmalla (Elfving ym. 2001, Rikala 2012) (Kuva 34), joskin Suomessa kokemukset kontortamännyn taimituotannosta ovat vähäisiä. Kontortamännyn juuristo kehittyy mäntyä nopeammin, jolloin se saattaa kehittyä epämuodostuneeksi käytettäessä samaa paakkukokoa kuin männillä (Rosvall 1995). Toisaalta harvemmassa kasvustossa jälkikasvun riski kasvaa, samoin kuin 2-vuotiaiksi kasvatettavilla taimilla. Suuremman neulasmassan vuoksi kontortamännyn taimien latvus kerää jäätä ja lunta, ja rangan alhainen osuus kokonaisbiomassasta voi altistaa taimet mekaanisille vioituksille. Tästä voi puolestaan seurata altistumista kasvitaudeille, kuten versosurmalle (*Gremmeniella*). Kontortamännyn taimien taimitarhakasvatukseen liittyvistä vaiheista on olemassa vain vähän kotimaista julkaistua tietoa. Kokeellista tutkimusta tarvitaan optimaalisten kasvatusmenetelmien löytämiseksi.



Kuva 34. Kontortamännyn kävyt pysyvät kiinni oksissa avautumatta useita vuosia poiketen kotimaisesta metsämännystä. Oikeanpuoleisessa kuvassa kontortamännyn paakkutaimi. EO

Suomeen sopivia kontortamäntyalkuperiä voi haarukoida ruotsalaisten Plantval-sovelluksen avulla (Skogforsk 2022). Sen mukaan etelässä (62 °N, 1120 dd) paras aineisto on peräisin leveyspiireiltä 51–56 °N, kun taas pohjoisempana (66 °N, 900 dd) parhaat alkuperät ovat vastavasti kotoisin pohjoisempaa (58–61 °N). Tulokset ovat yhteneväisiä Tigerstedtin (1975), Lindgrenin ym. (1993) ja Ruotsalaisen ja Vellingin (1993) kanssa. Vanhojen 1930-luvulla perustettujen kontortamännyn koeviljelysten alkuperät näyttävät tämän mukaan olevan Etelä-Suomessa aika hyvin kohdallaan, mutta muutamissa Pohjois-Suomen viljelyksissä alkuperät olivat liian eteläisiä. Tämä näkyy myös niiden huonona kasvuna verrattuna paremmin sopeutuneisiin alkuperiin (Ruotsalainen & Velling 1993).

Kontortamännyn pluspuita on valittu Etelä- ja Keski-Suomessa vuosina 1948–1996 yhteensä 200 kpl:ta. Kokeissa emoina testattuja pluspuita on yhteensä 53 kpl:ta. Kontortamänty on ollut mukana jalostusohjelmassa 1970-luvulla (Metsänjalostustoimikunnan mietintö 1975), mutta ajan myötä sen jalostus on hiipunut. Ainakin yksi kontortamännyn siemenviljely on kuitenkin perustettu Suomeen 1970-luvulla, mutta sitä ei ilmeisesti ole koskaan käytetty siementuotantoon (Lindgren 1993). Kloonikokeissa on tällä hetkellä 12 kontortamännyn pluspuuta ja 27 muuta kantapuuta, useimmat näistä jälkeläiskokeissa testaamattomia.

Kontortamännyn jalostus ja jalostetun siemenen tuotanto edellyttäisivät panostuksia jalostusaineiston laajentamiseksi nykyisestä. Kontortamännyn lähes olematon viljelyala ja taimituotanto eivät tällä hetkellä tue ajatusta. Jos tällaiseen kuitenkin joskus tulisi tarvetta, kannattaisi pyrkiä yhteistyöhön Ruotsin kanssa ja hyödyntää siellä Suomea vastaavissa ilmasto-oloissa tehtyä jalostustyötä. Viljelyn laajentuessakin siementarve olisi todennäköisesti tyydytettävissä tukeutumalla ruotsalaisilta kontortamännyn siemenviljelyksiltä saatavaan jalostettuun siemenen (Kuva 35).



Kuva 35. Kontortamännyn siemenviljelys Keski-Ruotsissa. KH

4.3.5. Muut ulkomaiset puulajit

Edellä tarkemmin esiteltyjen ulkomaisten lajien lisäksi on syytä tarkastella lyhyesti myös muutamia muita tutkimuksen, käytännön tai yleisen keskustelun esille nostamia ulkomaisia puulajeja. Silander ym. (2000) mainitsevat metsätaloudellisesti kilpailukykyisinä lajeina myös euroopanlehtikuusen (*Larix decidua*), sahalininpihdan (*Abies sachalinensis*), serbiankuusen (*Picea omorika*) ja makedonianmännyn (*Pinus peuce*). Lukkarisen (2013) mukaan olisi syytä tutkia myös siperianlehtikuusen ja dahurianlehtikuusen (*Larix gmelinii*) välisiä hybridejä. Lännenpihta (*Abies lasiocarpa*) on herättänyt kiinnostusta Ruotsissa erityisesti metsänraja-alueiden metsänuudistuksessa ja mustakuuseen (*Picea mariana*) on käytännön metsätaloudessa Pohjois-Suomessa asetettu takavuosina suuria toiveita hallanarkojen alueiden metsittämisessä (Kuva 36). Sitkankuusi (*Picea sitchensis*) on tuottoisa puulaji, jota on paljon viljelty Euroopan mereisillä alueilla, myös pohjoismaissa. Pyökki (*Fagus sylvatica*) puolestaan on suosikkipuulaji, kun julkisuudessa keskustellaan ilmastomuutoksen vaikutuksesta metsien puulajistoon (esim. Heikkilä 2021).

Euroopanlehtikuusi kasvaa siperianlehtikuusta nopeammin järeäksi puuksi, mistä todistaa myös se, että Suomen pisin puu on vuonna 1880 istutettu euroopanlehtikuusi (Liite 2). Sen heikkoutena on toisaalta siperianlehtikuusta huonompi runkomuoto ja paksummat oksat sekä alttius lehtikuusensyöväälle (*Lachnellula willkommii*) (Rantala & Anttila 2004).



Kuva 36. Vasemmassa kuvassa lännenpihdan taimi Solbölessä Raaseporissa. Oikeanpuoleisessa kuvassa mustakuusia Kivalossa Rovaniemellä. EO

Lehtikuusiristeyvät tarjoavat mielenkiintoisen ja lupaavan mahdollisuuden kestäväen ja hyväkasvuisen metsänviljelyaineiston tuottamiseen, mutta käytännön sovellukset ovat niiden osalta vielä kaukana tulevaisuudessa. Keski-Euroopassa on viljelty pitkään euroopan- ja japaninlehtikuusten välistä risteymää, henrinlehtikuusta (*Larix ×marschlinsii*), joka sekä kasvaa hyvin että on kestävä lehtikuusensyöpää vastaan. Dahurianlehtikuusen käyttö risteytysyhdistelmässä voisi puolestaan lisätä jälkeläisten kestävyyttä myyrätuhoja vastaan ja mahdollistaa niiden viljelyn myös veden vaivaamilla turvemailla (Reinikainen 1997, Lukkarinen 2013).

Lajiristeymien kohdalla merkittävä vaikeus on siementuotannossa. Suomessakin on ollut siperian- ja euroopanlehtikuusen risteymäsiemenviljelyksiä, mutta yhdessä tutkitussa viljelyksessä risteymäsiemenen tuotanto on ollut hyvin vähäistä (Nikkanen 1993). Ruotsissa on ollut sekä japanin- ja euroopanlehtikuusen että japanin- ja siperianlehtikuusen risteymäsiemenen tuottamiseen suunniteltuja siemenviljelyksiä. Näistä vain yksi on tuottanut merkittäviä määriä siementä (Stener 1995). Kasvullinen lisäys voisi tarjota mahdollisuuden lehtikuusiristeymien metsänviljelyaineiston tuottamiseen (Reinikainen 1997), mutta siten tuotetut taimet olisivat todennäköisesti siemenlisättyjä kalliimpia.

Sahalininpihta on Etelä-Suomessa rehevillä kasvupaikoilla menestyvä parhaimmillaan hyvin tuottoisa puulaji, jonka viljelyn onnistumisessa on kuitenkin suurta vaihtelua. Rungot ovat suoraa, mutta paksuoksaisia. Nuorena se on kärsinyt hallavaurioista ja pakkastuhoista (Reinikainen 1997, Silander ym. 2000). Tähänastisten kokemusten perusteella sahalininpihtaa ei voi suosittelaa metsätaloudekäyttöön Suomessa.

Lännenpihta on Ruotsissa menestynyt parhaiten rinnemailla korkealla vuoristossa lähellä metsänrajaa, missä se on ollut parhaita puulajeja, muualla se kärsii helposti kevähallousta (Martinson & Winsa 1986). Suomen Lapissakin se on kasvanut hyvin esim. Rovaniemellä Kivalon vaara-alueella olevissa koeviljelyksissä. Koska tällaisia metsätaloukskäytössä olevia alueita on Suomessa hyvin vähän, lännenpihdalle ei ole käyttöä Suomen metsätaloudessa. Tätä johtopäätöstä tukee vielä pihtojen yleisesti vähän arvostettu puuaines ja varsin tehokas leviäminen viljelypaikansa lähiympäristöön.

Mustakuusi saavutti 1980- ja 1990-luvuilla suosiota erityisesti Pohjois-Suomen ongelmallisten hallanarkojen rehevien turvemaiden viljelyssä, sillä se välttää usein kevähallat myöhäisen kasvuunlähtönsä ansiosta. Nuorena se on myös nopeakasvuinen. Iän myötä tulevat kuitenkin mustakuusen heikkoudetkin näkyviin. Runkojen järeytyminen on hidasta ja latvukseen jäävät kävyt keräävät talvella suuria lumitaakkoja, jotka johtavat lumituhoihin. Hitaasta paksuuskasvusta johtuen mustakuusen puuntuotoskyky on heikko, eikä sitä ole syytä suositella metsätaloukskäyttöön missään päin Suomea (Martinson & Winsa 1986, Reinikainen 1997, Silander ym. 2000).

Serbiankuusi on Keski-Suomessa saakka menestyvä Balkanilta kotoisin oleva kuusilaji, jolla on arveltu olevan myös metsätaloudellista merkitystä Etelä-Suomessa (Silander ym. 2000) (Kuva 37). Sille on tyypillistä kapea latvus ja tästä johtuen mahdollisuus suureen hehtaariohtaiseen runkolukuun ja puuntuotokseen. Rungot jäävät kuitenkin läpimitaltaan pieniksi, eikä puuntuotos yllä kotimaisen kuusen tasolle. Myös runkojen laatu on todettu huonoksi (Lähde ym. 1984). Kasvupaikkavaatimuksiltaan se vastaa kotimaista kuusta, mutta on sitä arempi seisovalle vedelle. Serbiankuusen pääasiallinen käyttö Suomessa on joulupuutuotannossa, missä se onkin yleisin ulkomainen puulaji. Sitä käytetään runsaasti myös koristepuuna (Reinikainen 1997).



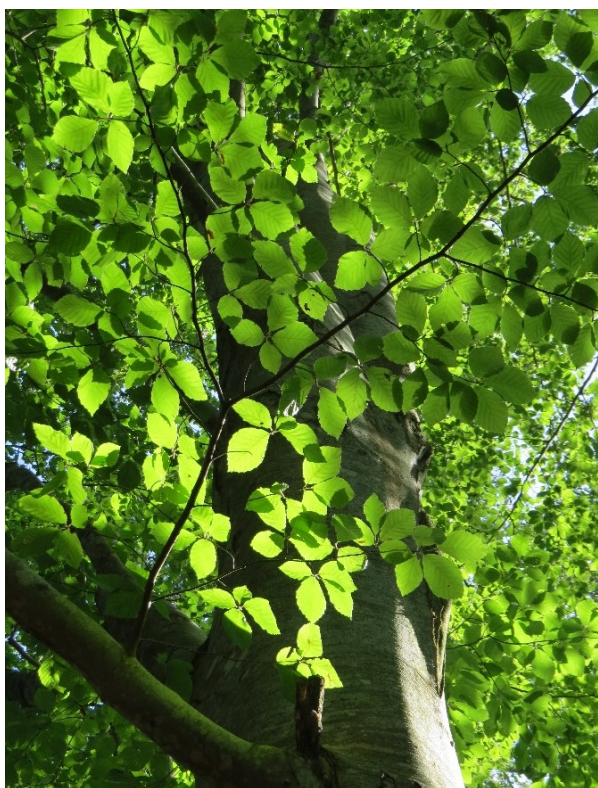
Kuva 37. Ulkomaisten havupuiden taimien kasvatuksessa syksy, talvi ja kevät aiheuttavat haasteita, sillä taimet eivät aina karaistu ajoissa kotimaisten puulajien tapaan. Vasemmassa kuvassa serbiankuusen talvivarastoinnista ja kevätahavasta kärsineitä paakkutaimia Suonenjoen tutkimustaimitarhalla. Kuvan oikeassa yläkulmassa metsäkuusien taimia. Oikeanpuoleisessa kuvassa ahavasta kärsineitä lännenpihdan taimia. KH

Sitkankuusi on Pohjois-Amerikan länsirannikolta kotoisin oleva nopeakasvuinen mereisen ilmaston puulaji, jota on viljelty runsaasti Skotlannissa, Norjassa, Tanskassa ja Etelä-Ruotsissa (Reinikainen 1997). Suomen ilmasto on toistaiseksi ollut sitkankuusen menestymisen kannalta

liian mantereinen, ainoastaan aivan etelärannikon koeviljelyksissä se on menestynyt, ollen jopa paras ulkomainen kuusilaji vanhoissa Metsäntutkimuslaitoksen istutuksissa Solbölessä (Slander ym. 2000). Vaikka ilmasto muuttuisikin jo lähitulevaisuudessa selvästi mereisemmäksi, jolloin sitkankuusen menestymismahdollisuudet paranisivat, se ei olisi toimiva ratkaisu ennustetun lisääntyvän kuivuuden kannalta, sillä se kärsii kuivuudesta pahemmin kuin kuusi (Martinson & Winsa 1986).

Makedonianmänty muodostaa paikoitellen Etelä-Suomessa kauniita hyväkasvuisia metsiköitä, mutta keskimäärin sen kasvu ei kuitenkaan yllä kotimaisten pääpuulajien tai parhaiden ulkomaisten lajien tasolle. Koska sen laatuakin on usein melko huono, ei siitä ole vaihtoehdoksi kotimaisille puulajeille metsätalouksikäytössä, mutta elinvoimaisena puuna sillä on koristepuukäyttöä (Lähde ym. 1984, Reinikainen 1997).

Pyökki on hidaskasvuinen mereisen ilmaston puulaji, jota on vaihtelevalla menestyksellä onnistuttu kasvattamaan aivan Suomen eteläisellä rannikolla. Suomen suurimmat pyökit kasvavat yleensä Ahvenanmaalla (Kauppila ym. 2021) (Kuva 38), mutta Suomen pisin pyökki, 30 m, kasvaa Salossa (Liite 2). Pyökki suosii kosteaa ilmaa ja multavaa kalkkipitoista maata (Salmi 1972, SkogsSverige 2022). Lajin mereisyyttä kuvaa se, että luontaisena se ei kasva missään Baltian maassa (Väre ym. 2021). Hitaasta kasvusta puolestaan kertoo se, että Raaseporissa Solbölen tutkimusmetsän viljelmän nro 103 pyökit olivat saavuttaneet 78 vuoden iässä keskimäärin vasta 15 metrin pituuden. Kokemuksia pyökin viljelystä on Suomessa vähän ja tulokset ovat vaihtelevia. Pyökki ei ole nykyisten tietojen mukaan lähitulevaisuudessa varteenotettava vaihtoehto metsätalouksipuuna edes eteläisimmässä Suomessa.



Kuva 38. Pyökistä on puhuttu tulevaisuuden puulajina, mutta mereisenä puulajina se on menestynyt edes kohtuullisesti vain etelärannikolla. Kuva Ahvenanmaalta. Toinen Suomeen liian mantereinen, mutta Euroopassa tärkeä viljelty vierasperäinen puulaji on sitkankuusi. Kuvassa nuori sitkankuusivarte Öölannissa sijaitsevalla siemenviljelyksellä. KH

5. Tuhot ja vieraslajikysymys

5.1. Tuhonaiheuttajien vaikutus ja huomiointi puulajivalinnassa

5.1.1. Nykyiset tuhonaiheuttajat

Erilaiset tuhonaiheuttajat haittaavat metsänviljelyn onnistumista ja viljeltyjen sekä luontaisesti syntyneiden puiden kasvua. Pahimmillaan viljely joudutaan tuhon vuoksi uusimaan tai varttunut puustoa kuolee. Koska puulajien tuhoherkkyys erilaisille elottomille (abioottisille) ja eläinten ja sienten aiheuttamille (bioottisille) tuhoille vaihtelee, tuhot vaikuttavat puulajivalintaan.

Bioottisista tuhoista puulajivalintaan vaikuttavat eniten hirvi ja muut sorkkaeläimet, joiden aiheuttamat tuhot johtavat voivat johtaa viljelyn epäonnistumiseen. Etenkin hirven ravinnonvalinta ohjaa viljelypäättöksiä ja on omalta osaltaan muuttanut puulajivalintaa metsänviljelyssä yksipuolisempaan, kuusta suosivaan suuntaan (Viiri 2007) (Kuva 39). Pienempien hirvieläinten (valkohäntä- ja metsäkauris) meneillään oleva runsastuminen vaikeuttaa vaihtoehtoisten puulajien käyttöä. Kuusen viljelyn mielekkyyttä puolestaan vähentävät kuivuuden lisääntymiseen ja lämpötilan nousuun liittyvä kirjanpainajatuhoriskin kasvu sekä ennakoitu juurikäävän leviämisen helpottuminen ja sen kasvunopeuden lisääntyminen (Piri ym. 2019).

Usein pelkkä puiden seuralaisena esiintyvän hyönteisen tai sienen läsnäolo ei riitä aiheuttamaan tuhoa, vaan se edellyttää muuta riskitekijää, kuten poikkeuksellisia sääolosuhteita. Kasvupaikan ominaisuudet, maaperä ja paikan ilmasto- ja sääolot vaikuttavatkin tuhoalttiuteen. Kun tähän lisätään tulevien vuosikymmenten muuttuvat olosuhteet, puulajivalinnan optimointi on vaikeaa tuhoriskin hallitsemiseksi. Jokaisella puulajilla on jokin ajallisesti tai paikallisesti kasvuun, laatuun tai elossa säilymiseen liittyvä epävarmuustekijä. Myös metsiin kohdistuvat erilaiset tavoitteet vaikuttavat näkökulmaan, millaista puustoon kohdistuvaa vauriota pidetään tuhona. Metsätalouden ja hiilensidonnan näkökulmasta puuston kasvua hidastavat ilmiöt ovat haitallisia, kun taas monimuotoisuusnäkökulmasta lahoppua tuottavat häiriöt voidaan nähdä myös hyödyllisinä.

Abioottiset tuhot voivat olla laaja-alaisia tai pienempiä häiriöitä. Ne voivat altistaa puita edelleen bioottisille tuhoille, eli hyönteisille ja taudeille. Lumituhot ovat valtakunnan metsien inventoinnin mukaan pinta-alallisesti suurin tuhonaiheuttajamme (laatua alentavia tuhoja 1,1 miljoonalla hehtaarilla) ja neljännellä sijalla hirvituhojen ja ravinnehäiriöiden jälkeen ovat tuulituhot (270 000 ha) (Korhonen ym. 2021). Ulkomaisilla havupuulajeilla kevät- ja syyshallat ovat kotimaisia pääpuulajejamme suurempi uhka. Keinot vaikuttaa näiden tuhojen ajoittumiseen ja sijaintiin ovat rajalliset, mutta riskialueet voidaan tunnistaa (Suvanto ym. 2019, Venäläinen ym. 2020). Metsänhoidolla, kuten kasvatusmenetelmällä, puulaji- sekä alkuperävalinnalla ja harvennusten ajoituksella voidaan alentaa joidenkin tuhonaiheuttajien riskiä. Tulevaisuudessa kesäaikainen kuivuus on tekijä, joka voi aiheuttaa puiden vioittumista ja kuolemaa. Puiden kuivuuksensiedon merkitys korostuu tulevaisuudessa ilmaston muuttuessa.

Hirvieläinten lisäksi metsänuudistamisvaiheessa ongelmia aiheuttavat myyrät ja hyönteisistä tukkimiehentäi. Metsänuudistamisessa käytössä on myös kasvinsuojelun keinoja. Kemiallista kasvinsuojelua metsänviljelyssä ei juurikaan käytetä. Poikkeuksena tästä on kasvinsuojeluaineiden käyttö taimikasvatuksen aikana sekä niin ikään taimitarhalla tehtävä havupuuntaimien suojaaminen tukkimiehentäitä vastaan istutusalalla (Jalli ym. 2021). Muita kasvinsuojelumenetelmiä ovat taimisuojat, taimien muu mekaaninen suojaus tai uudistusalueen aitaaminen. Lisäksi voidaan käyttää karkotteita, joita ruiskutetaan taimiin. Nämä lisäävät viljelykustannuksia, mutta

myös kuusen tuhoalttiuden kasvaessa tulevaisuudessa epäsuora kustannus pitäydyttäessä nisäkätuhoille vähemmän alttiissa kuusenviljelyssä voi olla suuri.

Lukuisat hyönteiset ja sienet elävät tämän raportin tarkastelemilla puulajeilla (mm. Keto-Tokoi ja Siitonen 2021). Vain poikkeuksellisesti jotkut niistä esiintyvät puilla jossain vaiheessa niin runsaina, että ne romahduttaisivat taimikon tai metsikön kasvatuskelpoisuuden. Jotkin lajit pysyvät estämään taimien alkukehityksen tai hidastavat merkittävästi puiden kasvua, toiset puolestaan vaikuttavat tulevan puutavaran laatuun tai heikentävät puun kuntoa ja altistavat sen edelleen jollekin toiselle tuhonaiheuttajalle.

Osa tuhonaiheuttajista vaikuttaa vain tiettyyn vaiheeseen metsikön kehitystä. Ensimmäiset riskit kohdistuvat jo siemensatoon: siemenen saatavuus taimitarha- tai maastokylvöihin voi alentua siementen ja/tai käpyjen syönnin tai tuhoutumisen seurauksena. Metsätaimitarhoilla tuhonaiheuttajia pystytään paremmin torjumaan, mutta taimivaiheessa maastossa esimerkiksi myyrän tai tukkimiehentäin aiheuttama syönte voi olla kohtalokasta taimikolle. Tyypillisesti tuhonaiheuttajat vioittavat lehvästöä/neulasia pienentäen kasvua, mutta eivät aiheuta vakavaa tuhoa tai heikennä puiden elinvoimaisuutta, jos syönte tai taudin oireet eivät toistu kroonisesti ja laaja-alaisesti vuodesta toiseen. Juuriin kohdistuvat tuhot, kuten lahottajasienet, johtavat aikaa myöten puiden kasvukunnon hiipumiseen altistaen puita edelleen muille bioottisille tuhonaiheuttajille. Osa tuhonaiheuttajiksi luokitelluista lajeista on erikoistunut varttuneempiin puihin, useimmiten muista syistä heikentyneisiin, ja niiden ilmaantuminen edesauttaa puiden kuolemista.



Kuva 39. Hirvieläimet vaikuttavat suuresti puulajivalintaan. Kuusi maistuu hirvälle huonosti, mikä lisää kuusen viljelyn suosiota. Valkohäntäpeuran ja metsäkauriin (kuvassa) kannat ovat nousseet voimakkaasti Etelä-Suomessa viimeisen kymmenen vuoden aikana. EO (vas.) ja KH (oik.).

5.1.2. Tulevaisuuden tuhonaiheuttajat

Lämpenevä ilmasto suosii osaa tuhonaiheuttajista tulevaisuudessa toisia enemmän. Olosuhteiden muuttuminen voi mahdollistaa suoraan, tai välillisesti puiden stressaantumisen kautta, jonkin kotoperäisen, aiemmin vähälukuisena havaitun taudin tai hyönteisen runsastumisen. Tämä johtaa puun kasvun tai laadun vähenemiseen, ääritapauksessa puun kuolemaan. Myös uusia lajeja siirtyy Suomeen omin voimin. Lehtipuita ravinnokseen käyttävä lehtinunna (*Lymantria dispar*) voi tulevaisuudessa selviytyä talvien leudontuessa Etelä-Suomessa (Fält-Nardmann ym. 2018b) ja massaesiintymien aikaan sekä havu- ja lehtipuut paljaaksi syövä havununna (*Lymantria monacha*) on jo runsastunut Suomessa (Fält-Nardmann ym. 2018a, Nakladal & Brinkeova 2015). Toistaiseksi Suomessa on havaittu vain yksi havununnan aiheuttama neulastuho Rymättylässä (Heino & Pouttu 2014).

Kansainvälinen kauppa ja ihmisten liikkuminen lisäävät uusien vierasperäisten tuhonaiheuttajien kulkeutumista myös Suomeen. Jos vierasperäinen tuhonaiheuttaja onnistuu asettumaan uuteen ympäristöön, sillä voi olla puolellaan kaksi etua: altis puulaji, joka ei ole ehkä sopeutunut puolustautumaan uutta tuhonaiheuttajaa vastaan ja ympäristö, mistä puuttuvat tuhonaiheuttajaan erikoistuneet luontaiset viholliset ja kilpailijat. Kotimaiset hies- ja rauduskoivumme olisivat erittäin alttiita pohjoisamerikkalaiselle pronssijalososoukolle (*Agrilus anxius*) (Nielsen ym. 2011). Osa vieraslajeista luokitellaan nk. karanteenituhoojiksi, joiden saapumista ja asettumista Eurooppaan pyritään estämään kasvinterveyslainsäädännön ja tuontirajoitusten ja -vaatimusten avulla. Toimenpiteistä huolimatta isäntävalikoimaltaan laaja-alainen aasianrunkojäärä (*Anoplophora glabripennis*) onnistui saapumaan Kiinasta puisen pakkausmateriaalin mukana Suomeen ja iskeytymään suomalaisiin rauduskoivuihin ja raitoihin. Laji pystyi kehittymään munasta aikuiseksi Etelä-Suomen sääoloissa (Nevalainen & Pouttu 2016). Tulevina vuosikymmeninä lämpenevät olosuhteet voivat edesauttaa niin tulokas- kuin vieraslajien vakiintumista Suomeen eri puulajeille. Tammella ja muillakin lehtipuilla huolta aiheuttavat erilaiset ns. taantumat, joihin liittyy niin ympäristötekijöitä kuin taudinaiheuttajia ja hyönteisiä. *Phytophthora*-munasienet aiheuttavat myös oireita monilla lehtipuilla ja leviävät taimimateriaalin mukana. Etenkin taudinaiheuttajien leviämisessä on kiinnitettävä huomiota kansainväliseen taimikauppaan ja taimitarhahygieniaan.

Mitä enemmän jotain puulajia alueella tavataan, sitä paremmat mahdollisuudet sitä hyödyntävällä lajistolla on vakiintua uudelle alueelle (Branco ym. 2015). Vaikka metsänviljelyaineiston monipuolistaminen loisi mahdollisuuksia uusille tuhonaiheuttajille löytää isäntiä, laajassa mitakaavassa puulajien moninaisuus parhaimmillaan suojelee metsätalouden toimintaa tulevaisuudessa.

5.2. Uudistamisvaiheen tärkeimmät tuhonaiheuttajat

5.2.1. Hirvieläintuhojen vaikutus puulajivalintaan

Hirvet aiheuttavat tuhoja talousmetsissä syömällä puuntaimien latva- ja oksakasvaimia, lehvettä ja kaluamalla puiden kuorta ravinnokseen (Kuva 40, Kuva 41). Lisäksi hirvet taittavat isompien taimien runkoja latvakasvaimiin yltääkseen; pienempien hirvieläinten, kuten metsäkauriin ja valkohäntäkauriin/-peuran, osalta vakavimmat metsätuhot kohdistuvat tyypillisesti pieniin taimiin taimikon varhaisvaiheessa (ks. laajempi tarkastelu Matala ym. 2021). Hirvieläinten vaikutuksen voimakkuus eri puulajien selviämiseen taimivaiheesta kasvatettavaksi puustoksi riippuu mm. hirvieläintiheydestä ja -lajistosta, eri puulajien kelpaavuudesta ja niiden suhteellisesta

saatavuudesta hirvieläinten elinympäristöissä (ks. esim. Hörnberg 2001, Månsson ym. 2007, Milligan & Koricheva 2013, Nikula ym. 2021, Pfeffer ym. 2021).

Viime vuosina VMI:n mukaan laaja-alaisimmin hirvieläinten aiheuttamia tuhoja ilmenee mäntyvaltaisissa taimikoissa, joiden tuhot ovat noin 3/4 kaikkien hirvieläintuhojen pinta-alasta. Yleisimmissä hirvituhokohteissa eli varttuneissa mäntyvaltaisissa taimikoissa noin 17 %:ssa ilmeni laatua alentanut hirvituho (Nevalainen ym. 2016, Matala ym. 2021).



Kuva 40. Hirvet voivat katkoa taimien latvoja, kuten kuvan pihdassa tai kaluta varttuneempien puiden kuorta. Tavallista on, että puu toipuu yksittäisestä syönnistä, mutta siihen jää laatuviika. EO (vas.) KH (oik.)

Lehtipuuvallaisissa metsissä on kuitenkin suhteellisesti männyn taimikoita enemmän tuhoja niiden pinta-alaan nähden: suurin tuho-osuus VMI:n mukaan on haapavallaisissa metsissä, joista 27 %:ssa oli hirvieläintuhoja (Nevalainen ym. 2016). Em. inventoinneissa havaitun eron tuhojen prosenttiosuoksissa näiden puulajien välillä voidaan karkealla tasolla ajatella ilmentävän niiden erilaista hirvieläintuhoriskiä. Haavan lisäksi pajut ja pihlaja on todettu korkeimman hirvieläintuhoriskin puulajeiksi (Hörnberg 2001, Nevalainen ym. 2016). Raudus- ja hieskoivua ei em. tutkimuksissa arvioitu lajeja erotellen. Muissa tutkimuksissa on kuitenkin todettu rauduskoivun syöntitodennäköisyyden olevan 3,5-kertainen mäntyyn ja hieskoivuun verrattuna, kun pihlaja, pajut ja haapa tulevat syödyksi jopa 14 kertaa todennäköisemmin kuin mänty ja hieskoivu (Månsson ym. 2007).

Harvinaisten ja vähän viljeltyjen puulajien osalta ei ole olemassa kattavia inventointityyppisiä aineistoja niiden hirvieläintuhoriskien arviointiin. Toistaiseksi niiden riskejä joudutaan siis arvioidaan kelpaavuutta tarkastelleiden tapaustutkimusten perusteella, jolloin käytännön

suosituksiksi sopivia varmoja johtopäätöksiä voidaan tehdä vain parhaiten tunnettujen lajien osalta. Esimerkiksi Etelä-Ruotsissa alueella, jolla esiintyi runsaasti metsäkauriita (yli 100 yksilöä/1 000 ha) ja hirviä (3–6 yksilöä/ 1 000 ha) puulajien kelpaavuusjärjestys kelpaavimmasta huonoimpaan oli tammi > tervaleppä > pyökki > lehmus > kirsikka > rauduskoivu > kuusi > saarni (Kullberg & Bergström 2001). Vaikka em. tutkimus on Suomea eteläisemmistä olosuhteista, tuo se esiin selkeästi tammeen kohdistuvan, esimerkiksi rauduskoivuun verraten, ison hirvieläintuhoriskin, kun runsaslukuinen hirvieläimistö koostuu metsäkauriista ja hirvestä. Myös muilla jaloilla lehtipuilla (saarnea lukuun ottamatta) ja tervalepällä on tuon tutkimuksen perusteella rauduskoivua suurempi hirvieläintuhoriski. Lisäksi Suomen hirvieläimistöön vieraslajina kuuluvan valkohäntäkauriin kulutusvaikutuksen on todettu heikentäneen tammien (*Quercus* spp.), koivujen (*Betula* spp.) ja amerikanhaavan (*Populus tremuloides*) uudistumista sen alkuperäisillä elinalueilla Pohjois-Amerikassa (Rooney & Waller 2003, Miller ym. 2009, White 2012).

Suomen hirvieläinlajisto on viime vuosikymmeninä ollut muutoksessa (Matala ym. 2021). Hirven talvikanta nousi ensimmäisen kerran yli 100 000 yksilön 1980-luvun alussa, minkä jälkeen se on vaihdellut 70 000 ja 160 000 välillä ja ollut viime vuodet lievässä laskussa (Matala ym. 2021); tuorein talvikanta-arvio on noin 82 000 hirveä (<https://riistahavainnot.fi/sorkkaelaimet/ajankohtaista>). Pienet hirvieläimet taas ovat viime vuosina runsastuneet. Valkohäntäkauriskannan kasvu on ollut eksponentiaalista: sen talvikanta on noussut 2010-luvun vaihteen noin 50 000 yksilöstä nykyiseen noin 125 000 yksilöön kymmenessä vuodessa (Matala ym. 2021, <https://riistahavainnot.fi/sorkkaelaimet/ajankohtaista>). Metsäkauriille ei ole kanta-arviota, mutta sen saalismäärän ja kolarimäärän voimakkaan kasvun perusteella myös sen kanta on kasvussa. Valkohäntäkauris on runsastunut erityisesti Lounais-Suomessa. Myös metsäkauris on runsaimmillaan Lounais- ja Etelä-Suomessa, mutta sitä on ainakin pieninä esiintyminä koko maassa (Matala ym. 2021).

Hirven tämänhetkisen kannan tason voidaan arvioida aiheuttavan ison riskin sille parhaiten kelpaavien puulajien, kuten tammien, haavan, pihlajan ja rauduskoivun uudistamiselle koko maassa hirvien suosimissa elinympäristöissä. Lisäksi se voi aiheuttaa vahinkoja myös douglas-kuuselle, lehtikuuselle ja kontortamännylle. Pienten hirvieläinten vaikutus on kasvamassa niiden runsastuessa. Vaikka VMI:ssä ei erotella hirvieläimiä tuhonaiheuttajina lajilleen, on hirvieläintuhoarvioissa havaittu Ahvenanmaan ja Lounais-Suomen runsaiden metsä- ja valkohäntäkauriskantojen alueilla hirvieläintuhoja jo varhaisvaiheen mäntyvaltaisissa taimikoissa, kun muualla hirvivaltaisessa Suomessa tuhot ilmenevät tyypillisesti runsaammin vasta varttuneissa taimikoissa (Matala ym. 2021). Kun lehtipuista esimerkiksi haavan tiedetään olevan näillekin hirvieläinlajeille mäntyä suositumpaa (Andersson & Koivisto 1980, Helle 1980), voi pienten hirvieläinten vaikutuksen näillä alueilla arvioida olevan jo merkittävä suosituimpien lehtipuulajien uudistumisen kannalta.

Pienten hirvieläinten runsastuessa niiden roolista tuhonaiheuttajana tarvitaan tutkimusta täkäläisissä oloissa sekä yleisten että harvinaisempien puulajien kannalta. Hirvieläinten vaikutus suosimiensa puulajien viljelyn onnistumiseen riippuu niiden paikallisesta runsaudesta ja elinympäristöjen valinnasta. Hirvi suosii metsäisiä alueita, joilla ihmistoiminta on vähäistä. Hirvituhoriskia voi siis pyrkiä pienentämään viljelemällä hirven suosimia puulajeja asutuksen läheisyyteen. Valkohäntä- ja metsäkauris ovat tässä mielessä erilaisia lajeja. Ne suosivat erityisesti vaihtelevan pelto- ja metsämosaiikin luonnehtimaa maisemaa, eivätkä karta pihapiirejäkään. Niiden aiheuttama tuhoriski ei siis pienene asutuksen läheisyydessä. Lisäksi pienten hirvieläinten riistaruokinta (Pellikka ym. 2020) voi lisätä hirvieläinten aiheuttamia metsätuhoja (Felton ym. 2017, Kauhala & Isomursu 2020). Alueilla, joilla on runsaasti kaikkia hirvieläinlajeja, ei niiden suosimien puulajien, esim. haavan ja tammien, viljely onnistu ilman aktiivisia suojaustoimenpiteitä kuten aitaamista.



Kuva 41. Hirven pahoin syömä luontainen pihlajataimikko. EO

5.2.2. Myyrrien ja jänisten aiheuttamat ongelmat

Myyrät syövät puuntaimien kuorta ja silmuja. Myyrätuhoille on tyypillistä kausivaihtelut ja osa tuhoista pystyttäisiin välttämään seuraamalla myyräkantojen kehitystä. Käytännössä uudistamiseen vaikuttavat monet tekijät ja välttämättä myyräsyklejä ei käytännössä osata tai voida huomioida. Luonnonvarakeskus tiedottaa myyrrien kannanvaiheluista vuosittain.

Valtaosa – noin 70 % – taimikoiden myyrätuhoista on Suomessa peltomyyrän (*Microtus agrestis*) aiheuttamia ja tuhot kohdistuvat taimien tyviosiin (Pienmunne & Nummi 1995). Peltomyyrä katkoo pienet taimet ja kaluaa niistä kuoren (Kuva 42). Talvisin se liikkuu lumen alla ja syö taimien kuorta maanpinnan ja lumirajan väliseltä osuudelta. Peltomaille istutetuissa koivikoissa merkittävää vahinkoa syntyy myös kesäaikaan, jolloin peltomyyrä tuhoaa pieniä koivuntaimia, etenkin jos kohteella on runsaasti heinää (Niemistö ym. 2008).

Metsämyyrä (*Myodes glareolus*) vioittaa havupuita kiipeilemällä oksistossa ja syömällä silmuja ja versoja, mistä seuraa ranganvaihtoja ja monilatvaisuutta (Niemistö ym. 2008) sekä myöhemmin sisäisiä laatuvikoja tyvitukkeihin (Henttonen 1991). Ojien ja vesistöjen lähellä elävä vesimyyrä (*Arvicola amphibius*) aiheuttaa paikallisia, mutta pahoja tuhoja kaikilla puulajeilla, erityisesti eloperäisillä ja runsasravinteisilla kasvupaikoilla, kuten pellonmetsityksissä (Niemistö ym. 2008, Luonnonvarakeskus 2022a). Tanskassa tuhojen on todettu olevan lehtipuilla, erityisesti tammella, havupuita pahempia (Bang 1975). Koivikoissa vesimyyrätuho voi kohdistua jopa 10 vuoden ikäisiin taimiin, jotka kellastuvat ja kaatuvat (Niemistö ym. 2008). Vesimyyrän tapaan maakekoja tuottava kontiainen eli maamyyrä (*Talpa europaea*) ei sen sijaan syö lainkaan kasviravintoa.

Suomeen istutetut vieraat puulajit ovat jopa herkempiä myyrätuhoille kuin kotimaiset lajimme (Pienmunne & Nummi 1995). Vähän viljeltyjen puulajiemme myyrätuhoista ei ole tehty kattavia

inventointeja. Lehtikuusi ja douglaskuusi ovat alttiita myyrien syönnille (Reinikainen 1997) samoin kuin kontortamänty, jonka havaittiin olevan kotimaista mäntyä suositumpi ravinnonlähde etenkin taimilla, jotka olivat kasvupaikkaansa nähden liian eteläistä alkuperää ja siten huonommin sopeutuneita (Rousi 1983).



Kuva 42. Peltomyyrän kaluama tervalepän runko. EO

Eri puulajien kyky toipua myyrätuhoista vaihtelee. Esimerkiksi koivulla peltomyyrän taimivaiheessa tekemä kuorivaurio johtaa helposti väri- ja lahovikoihin, mikä voi aiheuttaa ikävän yllätyksen koivikon vartuttua (Väre & Kiuru 2006). Tammi puolestaan pystyy nuorella iällä korjaamaan myyrätuhot erittäin hyvin koteloimalla vauriokohdat, eikä lahovikoja synny lainkaan. Vaurioista toipumisen edellytyksenä kuitenkin on, että puu saa riittävästi valoa eikä jää nopeakasvisempien taimien varjoon (Väre & Kiuru 2006). Myös kontortamänty toipuu mäntyä paremmin myyrätuhoista (Danell & Sjöberg 1993).

Taimien istuttaminen muokattuun maahan vähentää myyrätuhoriskiä nopeuttamalla taimien alkukehitystä sekä vähentämällä myyriä suojaavaa pintakasvillisuutta taimen ympärillä. Myös taimikon heinäntorjunnasta on apua myyrätuhojen ehkäisyssä (Äijälä ym. 2019, Huitu ym. 2012).

Mikäli lehtipuiden viljely tulevaisuudessa lisääntyy Suomessa, myös jänisten aiheuttamien tuhojen merkitys voi kasvaa taimikoissa. Metsäjänis (*Lepus timidus*) elää luonnonvaraisena koko maassa ja rusakko (*Lepus europaeus*) Etelä-Suomessa. Metsäjäniksen ravintoskaala on laajempi kuin rusakon (Pienmunne & Nummi 1995). Saksalaisessa tutkimuksessa rusakko valitsi koealueelta syötäväkseen vaahteraa, haapaa, tammea, raitaa, rauduskoivua, pihlajaa ja saarneaa.

Lehmusta se ei kelpuuttanut lainkaan (Rödel ym. 2003). Istutettuja taimia voidaan suojata myrriltä ja jänisten syönniltä suojaputkilla ja -verkoilla.

5.2.3. Kuusen- ja männynjuurikäpäisyyden huomiointi puulajivalinnassa

Kuusen- ja männynjuurikäpä (*Heterobasidion parviporum* ja *H. annosum*) ovat merkittävimmät metsien taudinaiheuttajat Suomessa. Kuusenjuurikäpä aiheuttaa kuusella tyvilahoa ja männynjuurikäpä männyllä tyvitervastautia ja kuuselle tyvilahoa (Kuva 43). Kumpaakin esiintyy laajalti Suomessa ja niiden esiintymisalueet ennustetaan laajenevan tulevaisuudessa (Müller ym. 2012, 2014). Ilmastonmuutos toisaalta pidentää juurikäävän itiöiden leviämisen- ja tartunta-aikaa, ja toisaalta nopeuttaa infektion leviämistä rungossa (Piri ym. 2019).

Juurikäävästä on kuusikossa mahdollista päästä eroon viljelmällä saastunut metsikkö lehtipuilla. Kuusenjuurikäävän saastuttamat metsiköt on mahdollista uudistaa lehtipuiden lisäksi myös männyllä, jos kuusikossa ei esiinny männynjuurikäpä. Sen sijaan kontortamänty on erittäin altis sekä männyn- että kuusenjuurikäävälle (Piri 1996, Zaluma ym. 2019). Douglaskuusi on alttiimpi männynjuurikäävälle kuin kuusenjuurikäävälle (Roques ym. 2019). Siperianlehtikuusi saa myös juurikäpä tartunnan, mutta vertailussa sekä se että douglaskuusi ovat vähemmän alttiita kuin kuusi, mänty tai kontortamänty (Zaluma ym. 2019).

Männynjuurikäävän valtaamille karuille kasvupaikoille ei ole nykyisellä metsänviljelymateriaalilla tarjolla mahdollisuutta puulajin vaihtoon koska kasvupaikalle muutoin sopiva kontortamäntykin on altis tälle taudille. Toisaalta lehtipuut vajaatuottoisinkin voisivat keskeyttää juurikäävän leviämisen kasvupaikalla.



Kuva 43. Kuusenjuurikäävän itiöemä kaatuneen kuusen rungon alapinnalla. Männynjuurikäpä aiheuttaa tyvitervastaudin, jossa puiden juuristot kärsivät ja ne näivettyvät. Usein mäntyihin iskee seurannaistuhona kaarnakuoriaisia. EO

5.2.4. Tukkimiehentäi

Tukkimiehentäi on pääasiallisesti havupuiden viljelyn ongelma päätehakkuun jälkeisillä uudistusaloilla, kun edeltävä puusukupolvi on ollut mänty tai kuusi. Tukkimiehentäit lentävät uudistusaloille tuoreiden kantojen erittämien yhdisteiden houkuttamina. Ne munivat kantojen juuriin, missä toukat kehittyvät. Uudistusalalle tulleet aikuiset ja myöhemmin juurakoista kuoriutuvat jälkeläiset vioittavat taimien rangan nilakerrosta. Kun syönteä ylettyy rangan ympäri, taimi kuolee. Etelä-Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa kaikki kokeillut havupuulajit olivat alttiita tukkimiehentäisyönnille seuraavassa tuhonalttiusjärjestyksessä: douglaskuusi > sitkankuusi > metsäkuusi > metsämänty > henrinlehtikuusi > kontortamänty (Wallertz ym. 2014). Tukkimiehentäi

syö myös lehtipuita kuten hybridihaapaa ja koivua, mutta käytännössä tuhot kohdistuvat vain havupuun taimiin (Wallertz ym. 2014, Toivonen & Viiri 2006).

Tukkimiehentäitä vastaan on kuitenkin toimivia torjuntamenetelmiä. Kunnollinen maanmuokaus, jossa taimea ympäröi paljas kivennäismaa suojaa taimia, sillä tukkimiehentäi kaihtaa kävelyä paljaalla maalla petojen välttämiseksi (Heiskanen & Viiri 2005). Toistaiseksi havupuun taimia käsitellään metsätaimiharjoilla kemiallisilla kasvinsuojeluvalmisteille (Jalli ym. 2021). Kemiallisen kasvinsuojelun vähentämisen vaatimukset ovat myös tuottaneet mekaanisia taimien suojausmenetelmiä. Näiden hinta on toistaiseksi selvästi kemiallista torjuntaa korkeampi.

5.3. Vierasperäiset puulajit ja tuhokysymys

Monilla vierasperäisillä puulajeilla on ominaisuuksia, joiden vuoksi niitä halutaan viljellä luontaisen esiintymisalueensa ulkopuolella. Ne voivat olla merkittäviä raaka-aineen lähteitä, tehostaa hiilensidontaa, ehkäistä eroosiota ja soveltua metsitykseen alueilla, missä luontaista vaihtoehtoa ei enää ole. Vierasperäiset puulajit herättävät sekä myönteisiä että kielteisiä tunteita. Jos alkuperäiset metsät on hävitetty ja jätetty uudistamatta, nykyinen metsätalous voi pohjautua osittain vierasperäisiin lajeihin, kuten esimerkiksi Brittein saarilla (Kuva 44). Islanti metsittää alueitaan vierasperäisillä puulajeilla, ainoastaan hieskoivu on viljellyistä lajeista kotoperäinen. Uuden Seelannin metsätalous perustuu pohjoisamerikkalaisen montereynmännyn viljelyyn. Tanskan joulukuusi- ja leikkohavutuotanto hyödyntää erityisesti pohjoisamerikkalaista aitopih-taa (*Abies procera*) sen kauniiden oksien vuoksi. Dendrologit harrastavat vierasperäisiä puulajeja, joita kasvaa lukuisissa puulajipuistoissa eli arboretumeissa ympäri maailman. Puiden ja muiden kasvien siirtely maiden ja mantereiden välillä vilkastui suuresti löytöretkien alkamisen jälkeen. Jo tätä ennenkin Eurooppaan oli roomalaisten ja foinikialaisten matkassa kulkeutunut mm. sypressi, omena, aprikoosi ja saksanpähkinä (Pötzelsberger ym. 2020). Ajansaatossa vierasperäiset lajit ovat muuttuneet ”kotoisiksi”.

Uuteen ympäristöön siirrettynä vierasperäisellä puulajilla voi olla etua paikallisiin puulajeihin nähden, koska uuden alueen tuhonaiheuttajat eivät vielä ole sopeutuneet käyttämään vierasperäistä puulajia hyväkseen. Tilanne voi muuttua; ennen pitkää uuteen ympäristöön tuodulla vierasperäisellä puulajilla alkaa elää lajeja, joista osa runsastuu ja muuttuu tuhonaiheuttajiksi. Lajit voivat olla 1) uuden kasvialueen lajeja, jotka sopeutuvat käyttämään uutta puulajia hyväkseen, 2) lajeja, jotka ovat peräisin puulajin luontaiselta lähtöisyysalueelta tai 3) entuudestaan tuntemattomia lajeja, joita ei ole tunnettu aiemmin puulajin uudella kasvatusalueella eikä sen luontaisella esiintymisalueella. Näitä pitkän aikavälin muutoksia ei ole helppo ennakoida.

Jos vieraalla puulajilla ei ole kestävyttä paikallista tuhonaiheuttajaa vastaan, se voi kärsiä siitä jopa enemmän kuin paikallinen puulaji. Mitä läheisempi vierasperäisen puulajin sukulaisuus on paikallisiin lajeihin, sen todennäköisempää on, että paikallinen lajisto hyödyntää myös vieraan puulajin tarjoaman uuden resurssin (Branco ym. 2015). Erikoistumattomat tuhonaiheuttajat, jotka hyödyntävät useampaa puusukua isäntäpuunaan, kykenevät sopeutumaan uudelle puulajille todennäköisesti aiemmin kuin erikoistuneet lajit, jotka hyödyntävät vain yhtä lajia tai puusukua (Roques ym. 2006). Euroopassa ei kasva luontaisesti douglaskuusen suvun *Pseudotsuga* lajeja, mutta sen sijaan kontortamännyllä, sitkankuusella ja pihdoilla on läheisiä sukulaisia Euroopassa. Kontortamäntyä ovat alkaneet hyödyntää metsämännyltä ja osittain myös metsäkuuselta peräisin olevat lajit (Annala ym. 1983). Sen sijaan douglaskuusta Euroopan kotoperäinen niveljalkaislajisto hyödyntää suhteellisen rajoitetusti verrattuna vastaavan lajiston runsauteen luontaisella esiintymisalueella Pohjois-Amerikassa (Roques ym. 2006).



Kuva 44. Pohjoisamerikkalaista sitkankuusta viljellään laajamittaisesti mm. Iso-Britanniassa. Kuvissa siemenviljelys ja pistokastaimitarha Walesissa. KH

Jos vierasperäisen puulajin mukana uudelle alueelle siirtyy sen luontaisen esiintymisalueen lajistoa salamatkustajina, niistä saattaa uudella alueella koitua vieraalle puulajille suurempia ongelmia kuin puun luontaisella esiintymisalueella. Esimerkiksi siemenkiilukainen *Megastigmus spermotrophus* tuotiin vahingossa douglaskuusen siementen mukana Eurooppaan. Tämä siemenkiilukainen on pienentänyt douglaskuusen siemensatoja Euroopassa enemmän kuin luontaisella levinneisyysalueellaan, sillä Euroopassa siltä puuttuvat kilpailevat lajit (Roques ym. 2019). Nyt siemenkiilukaiselta säästyneitä siemeniä verottaa Euroopassa myös 1990-luvun lopulla saapunut lukuisia havupuulajeja hyödyntävä pallelude *Leptoglossus occidentalis*. Laji voisi toimia myös hyönteisvektorina ja mahdollistaa etelänversosurmaa aiheuttavan havuparikkaan (synonyymit: *Sphaeropsis sapinea*, *Diplodia sapinea*, *D. pinea*,) leviämisen männyltä douglaskuuseen (Roques ym. 2019). Esimerkki osoittaa, että luontaisen levinneisyysalueen lajistoa voi yllättäen kulkeutua uuteen ympäristöön aiheuttamaan viljelyvaikeuksia uudessa ympäristössä.

Vierasperäisillä puilla on niiden tuomien hyötyjen lisäksi negatiivisiakin vaikutuksia uuteen ympäristöön. Vierasperäisen puulajin mukana voi kulkea myös sellaista lajistoa, joka osoittautuu uuden alueen luontaiselle lajistolle haitalliseksi. Vierasperäisten puiden ominaisuudet voivat muuttaa kasvupaikan veden ja ravinteiden kiertoa tai valo-olosuhteita, joilla on vaikutusta luontaiselle kasvillisuudelle ja eläimistöille. Suuri huolenaihe on, että vieraspuulaji leviää viljelyksiltä ympäröiville alueille ja syrjäyttää luontaiset lajit. Vierasperäinen laji voi olla myös huono ravintokasvi eläimille, huono isäntä sienilajistolle tai sen tarjoama suoja on riittämätön, jolloin se alentaa seudun alkuperäisen lajiston elinmahdollisuuksia. Vierasperäiset puulajit voivat myös tuoda mukanaan kasvitauheja ja tuholaisia, jotka voivat vahingoittaa luontaisia lajeja. Vieraslaji voi myös risteytyä paikallisten lajien kanssa ja siten aiheuttaa alkuperäisten lajien perimän katoamista.

Vierasperäisen puulajin viljelyyn otetaan kantaa metsälaissa ja metsätaloudessa käytettävissä vapaaehtoisissa sertifiointijärjestelmissä (ks. luku 3). Kansallinen vieraslajistrategian määrittämisen mukaan ”vieraslajit ovat lajeja, jota ovat levinneet luontaiselta levinneisyysalueeltaan uudelle alueelle ihmisen mukana joko tahattomasti tai tarkoituksella” (Maa- ja metsätalousministeriö 2012). Strategiassa määritellään myös erikseen haitalliset vieraslajit, jotka ”menestyvät uudella alueella erityisen hyvin ja ovat huomattava uhka aiheuttaessaan vakavaa vahinkoa alkuperäislajeille, ekosysteemeille, viljelykasveille, metsätaloudelle tai muille elinkeinoille.” Kansallisessa vieraslajistrategiassa listataan kansallisen vieraslajiluettelon ja EU:n vieraslajiluettelon sekä säädelyjen kasvintuhoojien lisäksi tarkkailtavia tai paikallisesti haitallisina lajeja, joihin kuuluu myös puita. Listatut vierasperäiset puut ovat lajeja, joiden on havaittu joko uhkaavan

alkuperäislajia risteytymällä sen kanssa tai menestymällä kilpailussa alkuperäislajia vastaan; tai muuten uudistuvan hyvin luontaisesti ja leviävän ympäristöön. Douglaskuusta tai muita tässä raportissa erikseen käsiteltyjä vierasperäisiä puulajeja strategiassa ei mainita. Sen sijaan douglaskuusen tuhonaiheuttajat kuten douglaskuusenkariste ja *Megastigmus spermotrophus*-sienkiilukainen ovat listattuna vieraslajiluettelossa painottaen kasvinterveysnäkökulmaa ja siten douglaskuusen viljelyn mahdollisuuksia.

Suomessa viljeltäviksi sopivat vierasperäiset puut ovat suurikokoisia eliöitä, joiden lisääntymisiän saavuttaminen kestää yleensä pitkään ja ne ovat melko paikallisesti leviäviä. Ne eivät pääse leviämään huomaamatta kovin laajalti. Lisäksi tutkimuksen keinoin on selvitettävissä leviämiskäyttäytymistä ja erityisen alttiita kasvupaikkoja. Sen sijaan, että asia nähtäisiin mustavalkoisena joko-tai-kysymyksenä, Saksassa on douglaskuusen viljelyssä löydetty yhteinen näkemys siitä, missä olosuhteissa leviämiskäyttäytymisen riski on suurin – tämä ohjaa lajin viljelyä vähäriskisimmille alueille (Pukall 2019).

6. Puulajien viljelyketjujen kustannusvertailu

Puulajivalintaa ohjaa lajien biologisten ominaisuuksien ja metsänviljelymateriaalin saatavuuden lisäksi niiden käytön taloudelliset vaikutukset. Metsänkasvatuksen taloudelliseen kannattavuuteen vaikuttavat puuston kasvunopeus, puusta saatavien tulojen suuruus sekä metsänhoidon kustannukset. Vähemmän käytettyjen puulajien hehtaariutuoksesta ei ole olemassa yhtä tarkkoja tietoja kuin pääpuulajeistamme ja tulevia kantohintoja on niitakin vaikeampi arvioida. Myöskään metsänhoidon kustannuksista ei ole olemassa yhtä tarkkoja tietoja kuin kuusesta, männystä ja rauduskoivusta, ja on oletettavaa, että kustannuksissa harvinaisemmilla puulajeilla on pääpuulajeja enemmän vaihtelua. Seuraavassa esitetään kustannusvertailu metsikön perustamiskustannuksista seitsemälle tässä raportissa puulajikohtaiseen tarkasteluun valitulle puulajille sekä pääpuulajeillemme kuuselle, männylle ja rauduskoivulle.

Laskentamenetelmät

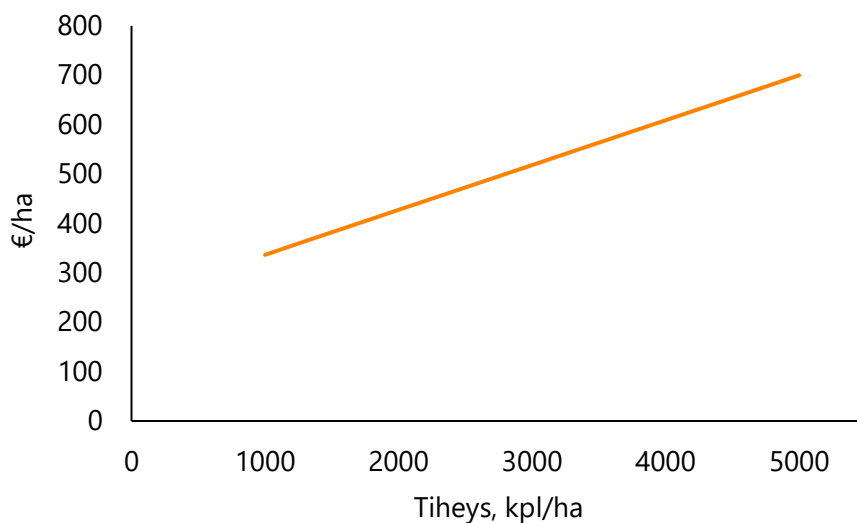
Metsänuudistamisen kustannukset lasketaan tässä tarkastelussa puulajeittain eriteltynä maanmuokkaukseen, taimimateriaalin hintaan ja istutustyön kustannuksiin. Myös taimien suojaaminen istutuksen yhteydessä taimisuojoilla huomioitiin kustannuksissa. Taimikon myöhempää hoitoa, kuten varhaishoitoa, taimikonhoitoa tai hirvieläinten torjuntaa aitaamalla tai karkotekäsittelyllä ei ole huomioitu laskelmassa.

Maanmuokkauksen kustannukset pohjautuivat keskimääräisiin yksityisten maanomistajien maanmuokkaukuskustannuksiin Suomessa vuonna 2019, jotka ovat laikutukselle 351 €/ha, mätästykselle 409 €/ha ja äestykselle 236 €/ha (SVT 2021). Mätästyksessä ja laikutuksessa, joita kutsutaan ns. pistemäisiksi muokkausmenetelmiksi, kustannusten oletetaan nousevan maanmuokkauspisteiden tiheyden kasvaessa. Metsämaan muokkauksen ajanmenekkitutkimuksissa maanmuokkauksen tiheys ei ole ollut keskeinen kiinnostuksen kohde, vaan tutkimukset ovat yleensä toteutettu kiinteällä muokkaustiheydellä (Rantala & Laine 2010, Laine & Rantala 2013, Laine & Saarinen 2014), eikä tiheydestä riippuvia ajanmenekkimalleja löytynyt tähän tarkoitukseen. Koska tässä selvityksessä muokkaustiheys on hyvin keskeinen muuttuja, laskelmaan oletettiin pistemäisille muokkausmenetelmille seuraava melko voimakkaasti muokkaustiheydestä riippuva malli muokkaukuskustannukselle pohjautuen Laineen & Saarisen (2014) esittämiin maanmuokkauksen eri työvaiheiden ajanmenekkeihin (Kaava 1, Kuva 45):

$$k = a + 0,4a \frac{n-1800}{1800}, \quad \text{Kaava 1.}$$

jossa k on muokkauksen kustannus (€/ha), a on tilastohinta muokkausmenetelmälle (€/ha) ja n on taimikon uudistamistiheys (kpl/ha).

Taimimateriaalin hintatieto kerättiin FinForelian, Tuomiahon, Roinilan ja Pekka Uusitalon -taimistojen hinnastoista tai kyselemällä hintoja suoraan toimijoilta. Mikäli saatavilla on taimilajikohtaisesti useampi hintatieto, niin edullisin hinnoista valittiin laskelmaan. Laskelmissa oletetaan, että taimien kuljetus kohteelle ei aiheuta lisäkustannusta. Harvinaisempien taimien kohdalla tuotantoerät ovat pieniä ja tuottajia on vähän, joten hintataso voi vaihdella paljon.



Kuva 45. Mätästyskustannus eri muokkaustiheyksille kaavan 1 mukaan laskettuna (tilastohinta 409 €/ha).

Istutustyön suorat palkkakustannukset, 12,72 €/h, määriteltiin Metsäalan työehtosopimuksen (2020–2022) mukaan vaativuusryhmän 3 (metsätyö, joka sisältää laadun seuranta ja kontrollointia) ja ammattikokemuksen 6 vuotta tai enemmän perusteella. Palkan sivukulut laskettiin palkan lisäksi Suomen vuoden 2021 verotuskäytännön mukaan. Lisäksi palkan sivukuluihin on arvioitu työtaturmavakuutus. Muut työkustannukset, kuten kertaluonteiset erät, vapaapäivien ja sairausajan palkat on arvioitu palkan lisäksi tilastoista (SVT 2016). Palkan sivukulut ovat laskelmassa yhteensä 7,33 €/h.

Työnjohtokustannukseksi oletettiin 9,89 % sivukulullisista palkkakuluista. Lisäksi yrityksen liikevoitoksi oletettiin 5 % työn muista kokonaiskustannuksista. Metsurityön kokonaiskustannus liikevoitto mukaan lukien oli laskelmassa 22,33 €/h.

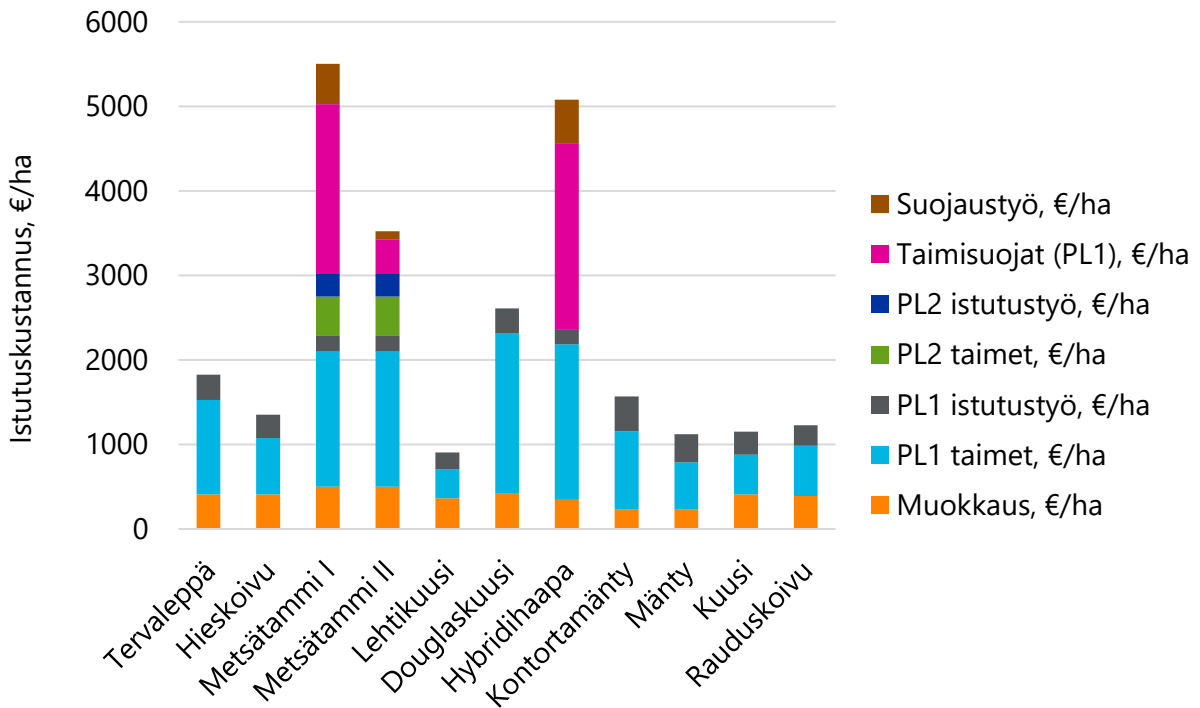
Istutustyön ajanmenekki on arvioitu aiemmin metsäalan työehtosopimuksissa käytetystä suoritepalkan ajanmenekkitaulukoista (esim. Metsäalan TES 2008-2010). Taulukoissa käytetyistä muuttujista maalajiluokitus oletettiin MP2:ksi (Lajittuneet hiesu ja savimaat sekä moreeni ja turvemaat, joilla osuma esteeseen 31–70 % istutusyrityksistä) ja muokausjälkiluokitus MJ1:ksi (tavallinen, istutuskelpoisia mättäitä 81–100 %). Muista taulukoissa käytetyistä työvaikeustekijöistä ei oletettu aiheutuvan lisääjanmenekkiä vertailtavien puulajien istutuksen välillä: palteen tiivistys, hakkuutähteiden poisto tai täydennyslaikutus tai muokkaamattoman maan laikutus. Taimien noudon ajanmenekkinä käytettiin 0,94 h/1 000 tainta 51–150 m noutomatkaluokituksen mukaan. Nämä tekijät huomioiden istutuksen ajanmenekki on 50, 60 tai 70 mm pottiputken läpimitan mukaan vastaavasti 6,41, 6,95 tai 7,65 h/1 000 tainta. Käytetyt taimimäärät on esitetty liitteessä 5.

Taimien suojaukseen kuluva työajanmenekistä ei ole tarkkaa tietoa. Siipilehdon (1995) mukaan taimisuojiin tuote-esitteissä on esitetty työajaksi 5 miestyöpäivää hehtaaria kohden. Laskelmissa oletettiin, että 5 miestyöpäivää/ha on suojaamisen ajanmenekki, kun suojataan 2 000 taimia hehtaarilla. Lisäksi työajanmenekin oletettiin riippuvan täysin suojattavasta taimimäärästä, joten yhden taimen suojaamisen ajanmenekiksi oletettiin 72 sekuntia. Taimisuojiin hinta oli laskelmissa 2 €/kpl (www.uittokalusto.fi, www.hankkija.fi).

Lisäksi istutustyöhön ja taimien suojaustyöhön lasketaan uudistamisalalle siirtymiseen kustannuksia 0,44 €/km (Metsäalan TES 2020–2022, www.vero.fi). Kohteen etäisyydeksi oletetaan 14 km (Rantala 2003) ja tarve käynneille lasketaan työajanmenekistä 8 h työpäivän pituudella.

Kustannusvertailun tulokset ja johtopäätökset

Eri puulajien uudistamiskustannukset istuttaen vaihtelivat paljon. Suomessa valtaosin uudistamiseen käytettyjen männyn, kuusen ja rauduskoivun osalta vaihtelu oli vähäistä, uudistamiskustannus oli 1 120–1 230 €/ha (Kuva 46). Männyn istutuksessa muokkaus oli kuusta ja koivua edullisempaa, koska se muokattiin mätästystä halvemmallä äestysmenetelmällä. Sen sijaan männyn kuusta suuremman istutustiheyden takia istutuskustannukset olivat kuusta korkeammat ja puulajien uudistamiskustannukset olivat lähes samalla tasolla. Vaikka rauduskoivun istutustiheys oli kuusta hieman alhaisempi, niin korkeampi taimen hinta nosti uudistamiskustannukset näistä pääpuulajeista korkeimmiksi. Hieskoivulle oletettiin sama taimen hinta kuin rauduskoivulle, mutta istutustiheys oli 200 kpl/ha suurempi, joten hieskoivu oli 120 €/ha rauduskoivua kalliimpaa uudistaa (Liite 5).



Kuva 46. Kustannusvertailun eri puulajien istutuskustannukset eriteltynä uudistamisen eri vaiheisiin ja työ- sekä materiaalikustannuksiin (PL1 = ensisijainen viljelypuulaji, PL2 = ensisijaisen puulajin viljelyä edesauttava tai täydentävä puulaji).

Puulajiston monipuolistamiseen tähtäävissä lajeissa uudistamiskustannusten vaihtelu oli suurta, 900–5 500 €/ha. Kustannusvertailun lupaavin ja ainoa pääpuulajeja edullisempi laji oli lehtikuusi, jonka uudistamiskustannukset olivat n. 900 €/ha. Lehtikuusen taimimateriaalin hintataso oli verraten edullinen, 0,26 €/taimi. Hinta on samaa luokkaa männyn- ja kuusentaimien kanssa. Lehtikuusen suurin etu vertailussa oli sen kyky kasvaa laadukkaaksi metsiköksi alhaisella uudistamistiheydellä. Lehtikuusen uudistamistiheys oli vertailun toiseksi alhaisin, 1 300 tainta/ha (vain hybridihaavalla oli alhaisempi). Tämän ansiosta sekä mätästys-, taimimateriaali- että istutuskustannukset olivat lehtikuusen uudistamisessa alhaiset. Lehtikuusi ei ole esim.

lehtipuihin nähden kovin altis myyrä-, jysijä- tai hirvituhoille, joten istutus ei myöskään edellytä muokkauksen lisäksi muuta taimien suojausta.

Kustannuksiltaan jotakuinkin kilpailukykyinen pääpuulajien uudistamisen kanssa oli myös kontortamänty, jonka uudistamiskustannus oli 1 570 €/ha. Taimimateriaali kontortamännällä oli 9 c kalliimpaa kuin metsämännällä. Ruotsalaisiin suosituksiin pohjautuva uudistamistiheys oli 500 kpl/ha korkeampi kuin männällä. Etenkin mikäli uudistamistiheyttä voidaan Suomessa alentaa lähemmäksi männyn tasoa, on kontorta kustannuksiltaan kilpailukykyinen puulaji männyn uudistamiselle.



Kuva 47. Viljelyskustannuksiin vaikuttaa mm. muokkaustiheys ja istutettavien taimien määrä. Paakkutaimet voidaan pääsääntöisesti istuttaa pottiputkella, mikä alentaa istutuskustannuksia kuokkaistutukseen verrattuna. Kuvassa kokeellista vaahteran taimien istutusta. KH

Tervalepän, douglaskuusen, metsätammen ja hybridihaavan uudistamiskustannukset (1 820–5 500 €/ha) olivat selvästi pääpuulajejamme korkeammat. Näille kaikille puulajeille on yhteistä taimen korkea hinta, 0,62–1,6 €/taimi. Vertailussa käytetyssä markkinahinnassa näkyy tuotantoerien koko, joka on erikoispuulajeilla pieni. Laajamittaisessa taimituotannossa kustannusten

alentamisen edellytykset näille puulajeille ovat hyvät. Tosin tammella ja hybridihaavalla taimituotanto poikkeaa pääpuulajeistamme, eikä niiden osalta pääpuulajiemme hintataso ole välttämättä realistinen edes laajamittaisessa tuotannossa.

Kahden puulajin kustannukset erottuivat vertailussa selvästi muita korkeampina, tammi 5 500 €/ha ja hybridihaapa 5 000 €/ha. Tammi ja hybridihaapa ovat erityisen alttiita jyr-sijöiden ja hirvieläinten aiheuttamille tuhoille ja uudistamissuosituksissa katsottiin taimien suojaaminen jyr-sijöiltä tarpeelliseksi. Sekä suojat että suojaustyö ovat kalliita. Vaikka suojattavia tammia oli vain 1 000/ha tai hybridihaapoja 1 100/ha, niin suojauskustannukset olivat vastaavasti 2 477 €/ha ja 2 730 €/ha, kun kaikki istutetut tammet tai hybridihaavat suojattiin. Lisäksi näiden puulajien osalta on huomioitava, että laskelmassa ei ole mukana taimien suojaamista hirviltä, vaikka sekin voi olla tarpeen. Taimikon kunnollisen aitaamisen kustannukset ovat useita euroja metriä kohden. Myös aitaamiselle vaihtoehtoinen karkotekäsittely on huomattava lisäkustannus.

Tammen uudistamisessa valtaosa pinta-alasta uudistettiin kuuselle tiheydellä 2 000 kpl/ha, vain kymmenesosa tammelle, mutta tammen istutuskohtiin istutettiin aina 5 tainta pienelle alueelle 10 000 taimen hehtaariheydellä. Tammimetsikön perustamisessa laskettiin vaihtoehto, jossa vain aina yksi taimi kustakin viiden tammen istutusryhmässä suojattiin kaikkien viiden sijaan. Näin lasketut taimien suojaamisen kustannukset olivat 500 €/ha, mutta silti tammimetsän uudistamiskustannukset olivat 3 520 €/ha.

Laajamittaisessa metsätalousoikeudessa vain lehtikuusi ja kontortamänty ovat vertailun perusteella kustannuksiltaan kilpailukykyisiä vaihtoehtoja pääpuulajeillemme. Muiden vertailun puulajien osalta taimien hintataso tai suositellut kasvatusohjelmat sekä suojamateriaalit tai suojaamiskäytännöt johtavat suuriin uudistamiskustannuksiin.

Pääpuulajiemme vaihtoehdot tarjoavat mahdollisuuksia, joilla voidaan parantaa puuntuotosta, hiilensidontaa ja monimuotoisuutta metsissämme. Toisaalta kannattavuusedellytykset ovat metsätaloudessa heikot, jos jo uudistamisvaiheessa investoinnit ylittävät 2 000 €/ha. Toki paljon riippuu tuotoksesta ja puun hinnasta, jotka esim. hybridihaavalla poikkeavat paljon pääpuulajeistamme. Joka tapauksessa vaikuttaa siltä, että taimituotannon tuottavuutta, uudistamisohjeistusta tai taimisuojauskäytäntöjä täytyy kehittää ainakin douglaskuusella, hybridihaavalla, tammella ja tervalepällä, jotta niitä voidaan olettaa käytettävän laajamittaisesti metsätaloudessa (Kuva 47). Nykyisillä kustannuksilla näiden puulajien istutus soveltuu lähinnä metsiin, joissa puuntuotannon talous ei ole keskeisessä asemassa tai harvempina sekapuina lisäämään talousmetsien monimuotoisuutta ja hyvinvointia.

7. Tarvittavat toimenpiteet ja tutkimuksen katvealueet

7.1. Jalostus ja siemenlähteet

Nykyilmastoon sopeutuneiden ja oletettavaan tulevien vuosikymmenten ilmastoon sopeutuvien siemenalkuperien saatavuus on yksi puulajivalikoiman monipuolistamisen haasteista. Vähän viljellyillä puulajeilla myös lisäslähteiden perimän laatuun on syytä kiinnittää huomiota; pienialaisissa keräysmetsiköissä on riskinä sukusiitos. Osalla vähemmän käytetyistä puulajeista on kotimaisia siemenviljelyksiä, jotka turvaavat siementen saatavuutta ja joissa perimän monimuotoisuuden säilyttämiseen on kiinnitetty huomiota. Siemenen tuonnilla voidaan paikata kotimaisen tuotannon puutteita, mutta kansainvälinen kasvikauppa pitää sisällään kasvinterveysriskejä (Santini ym. 2012, Cleary ym. 2019).

Kolmella tässä raportissa käsitellyllä puulajilla, tervalepällä, siperianlehtikuusella ja hybridihavulla on olemassa matalan intensiteettitason jalostusohjelmat (Haapanen & Mikola 2008). Tamella ja hieskoivulla on lisäksi valittu merkittäviä määriä pluspuita, joten tarvittaessa niillä voitaisiin aloittaa jalostustoiminta varsin nopeasti. Douglaskuusen ja kontortamännyn kohdalla jalostus jouduttaisiin käytännössä aloittamaan alusta pluspuiden valinnalla.

Metsänjalostus on siksi pitkäjänteistä ja resursseja vaativaa toimintaa, että sitä ei voida perustella ilman merkittävää metsänviljelyä kyseisellä puulajilla (joko nykyistä tai näköpiirissä olevaa). Tässä mielessä minkään tarkastellun puulajin kohdalla ei ole nykytilanteen tai lähiajan näkyvien perusteellakaan tarvetta varsinaisen jalostusohjelman käynnistämiseen. Noiden mainitun kolmen puulajin kohdallakin jalostusohjelmien olemassaolo perustuu aikaisempaan huomattavasti nykyistä suurempaan viljelymäärään.

Nykyisentasoisilla varsin pienillä vuosittaisilla viljelymäärillä varsinaisen jalostuksen sijaan on tärkeämpää pystyä varmistamaan geneettisesti ja fysiologisesti tasokkaan metsänviljelyaineiston saatavuus. Kontortamännyn osalta voitaisiin todennäköisesti melko mittavakin viljelytaso toteuttaa Ruotsin siemenviljelysiltä saatavalla aineistolla.

7.2. Siementuotanto

Siemenen saatavuuden lisäksi toimiva siemenhuolto edellyttää siementuotantoketjun hallintaa siemenviljelysten perustamisesta tai keruukohteeksi valittujen metsiköiden hoidosta siementen keruuseen, puhdistukseen, varastointiin ja mahdollisen siemenhorroksen purkamiseen. Pääpuulajeillemme on kehitetty vuosikymmenten mittaan suhteellisen toimiva ja hyvin dokumentoitu siemenhuoltoketju, minkä ansiosta metsä- ja taimitarhakylvöihin käytettävä siemen on meillä hyvälaatuista. Vaikka jalostetusta kuusen, männyn ja rauduskoivun siemenestä on ajoittain paikallista puutetta, itävyydeltään hyvää ja perimältään monimuotoista siementä on käytännössä jatkuvasti saatavilla. Vähemmän käytettyjen puulajien siementuotannon järjestämiseksi tarvitaan ymmärrystä niiden lisääntymisbiologiasta ja -ekologiasta sekä kokemuksia käytännön järjestelyjen toteuttamisesta. Näissä tiedoissa ja kokemuksissa on vielä puutteita (Liite 6).

Männyn ja kuusen kävyt voidaan kerätä usean kuukauden aikana syksyllä ja alkutalvesta siementen laadun kärsimättä. Vähemmän käytetyillä puulajeilla keruuajankohta voi poiketa tästä – esimerkiksi jalavan siemenet kerätään kesäkuussa – tai keruu täytyy tehdä heti siementen

tuleennuttua. Esimerkiksi joidenkin pihtalajien kävyt kuivuvat ja käpysuomut irtoavat heti tuleentumisryskynä, ja siemenet varisevat maahan keruun ulottumattomiin. Tammen terhoja ei tule kerätä raakoina, mutta keruussa viivyteltäessä sato päättyy helposti lintujen suihin tai puutoa maahan.

Pääpuulajiemme siemenet kestävät kuivaamista ja niitä voidaan varastoida vuosia tai vuosikymmeniä kylmässä itävyyden suuresti kärsimättä. Sama koskee myös useimpia muita meillä kasvatettavissa olevia havupuita. Jalojen lehtipuiden siementen varastointi on kuitenkin tätä haastavampaa. Esimerkiksi vaahteran ja jalavien siemenet tulee kuivata ennen varastointia, mutta totuttua hellävaraisemmin. Ne eivät myöskään säilytä itävyyttään noin viittä vuotta pidempään. Tammen terhot eivät puolestaan kestä kuivumista lainkaan, ja niiden säilytystilassa on oltava korkea ilman suhteellinen kosteus. Tavallisissa siemenvarastoissa pyritään päinvastoin pitämään ilmankosteus alhaisena.

Osalla jaloja lehtipuitamme on ns. siemenhorros, eli niiden siemenet eivät idä suotuisissakaan olosuhteissa ennen horroksen purkamista. Siemenhorros voi johtua alkion keskeneräisyydestä, kuten saarnella, tai olla niin sanotusti fysiologista. Jälkimmäisessä tapauksessa itämiselle on biokemiallisia esteitä. Yleinen tapa purkaa horros on altistaa siemenet kosteina joko kylmälle tai lämpimälle viikoiksi tai kuukausiksi. Käsittelyä kutsutaan stratifioinniksi. Lehmuksen ja saarnen siemenhorroksen purku edellyttää sekä lämmin- että kylmästratifiointia. Aina siemenhorros ei estä itämistä kokonaan, vaan horros ilmenee kapeana itämiselle suotuisana lämpötila-alueena, mikä vaikeuttaa taimikasvatusta.

Horrosilmiöt eivät välttämättä ole kaikissa puulajin populaatioissa identtisiä. Monien meillä vähemmän käytettyjen puulajien horroksen purkua koskevat tutkimukset on tehty muualla Euroopassa tai lajien alkuperäisillä esiintymisalueilla Pohjois-Amerikassa. Kirjallisuustiedot ovat erityisesti taloudellisesti vähäarvoisilla puulajeilla toisinaan myös ristiriitaisia. Taimituotannon käytännön helpottamiseksi tarvitaan lisää kotimaista tutkimusta ja kokemuksia horroksen purkamisesta.

Horroksen purku voidaan tehdä taimitarhalla tai siitä voi vastata siementuottaja, jolloin siemenet toimitetaan taimitarhoille käsiteltyinä (Kuva 48). Tällöin taimikasvatuksessa tarvittavan siemenmäärän täytyy olla hyvissä ajoin ja tarkasti tiedossa. Siitä riippumatta kuka horroksen purkavan käsittelyn tekee, horrostavien lajien taimikasvatus vaatii tavallisesta poikkeavaa ennakointia; esimerkiksi metsälehmuksen taimikasvatus voidaan aloittaa aikaisintaan 1,5 vuoden kuluttua siementen keruusta.

Myös idätystestien optimiolosuhteista on osalla lajeja ristiriitaisia tietoja. Siementuotannossa käytössä olevissa perinteisissä idätyspöydissä ei välttämättä ole mahdollisuutta suositeltuihin vaihtolämpöidätyksiin. Tarvetta onkin idätystestien käytäntöjen tutkimukselle ja mahdollisesti idätyslaitteistojen päivitykselle.

Koska vähemmän käytettyjen puulajien siementuotanto vaatii keruu- ja käsittelylogistiikan sekä laitteistojen mukauttamista, ja käsiteltävät siemenet ovat tyypillisesti pieniä, siementen hinta on pääpuulajiamme korkeampi. Myös tuotannon saaminen kannattavaksi voi olla haastavaa. Harvemmin käytettyjen puulajien siementuotannon varmistaminen edellyttää pääpuulajeihin nähden korkeamman siemen- ja sitä kautta taimihinnan sietämistä, ja edelleen maksuvalmiutta metsänviljelyssä. Ennakoimalla taimi- ja siementarvetta nykyistä paremmin voidaan edesauttaa tuotannon kannattavuutta. Esimerkiksi huonosti varastointia kestäviä tammenterhoja on järkevintä kerätä tilanteessa, jossa niille on tiedossa ostaja jo

keruuvaiheessa. Metsäpuuiden siementuotannon kehittämissyrymä ehdotti taloudellisen tuen myöntämistä marginaalisten puulajien siementuotantoon (Maa- ja metsätalousministeriö 2018).



Kuva 48. Pääpuulajeistamme poiketen monien vähemmän viljeltyjen puulajien siemenissä on siemenhorros, joka täytyy purkaa ennen taimitarhakylvöä. Horros voidaan purkaa taimitarhalla hautaamalla siemenet hiekkaan tai muuhun väliaineeseen ja säilyttämällä astioita sopivassa, viileässä lämpötilassa ulkona tai varastotilassa. Kuvassa verkko suojaa siemeniä lintujen syönniltä. Horros voidaan purkaa myös ennen siementen toimitusta siemenkeskuksessa. Humblebaekin siemenkeskuksessa Tanskassa pyökin ja pihtojen siemenet stratifioidaan määrääjain pyörivissä säiliöissä. Säiliöiden kansissa on ilman vaihtuvuuden turvaamiseksi verkoilla peitetyt aukot. KH

7.3. Taimikasvatus

Useimmille raportissa esitellyille lajeille saatavilla oleva taimituotantomenetelmiä koskeva tieto on peräisin lauhkeammilta kasvillisuusvyöhykkeiltä, erilaisista päivänpituusoloista ja usein paljasjuurituotannosta (Kuva 49). Suomessa pääpuulajien taimituotanto on yksinomaan paakku-taimituotantoa ja myös muiden kuin pääpuulajiemme laajamittaisen taimituotannon tulisi perustua siihen. Useimmilla lajeilla ei ole kuitenkaan tietoa siitä, mikä olisi optimaalisin paakku-tyyppi, kasvatusaika tai istutusaika, ja voidaanko siemenet kylvää koneellisesti vai tarvitaanko hajakylvö-koulinta-menetelmää. Näin on kaikkien potentiaalisimpien lehtipuiden, kuten tammen ja tervalepän kohdalla. Lisäksi esimerkiksi douglaskuusen osalta olisi selvitettävä, olisiko meillä mahdollista kasvattaa riittävän kokoisia 1-vuotiaita taimia käyttäen varhaiskevään kylvöä, lämmitettyä ja häirintävalotettua muovihuonetta. Myös Suomen oloissa tyypillisen pitkän pakkasvarastoinnin vaikutuksia eri puulajien taimien jatkokehitykseen olisi selvitettävä.

Parhaiten tietoa ja kokemusta taimituotannosta vähemmän käytetyistä lajeista on lehtikuuselta. Hybridihaavalle on toistakymmentä vuotta sitten kehitetty taimituotantoa varten juuripistokasmenetelmä, mutta sen jälkeen koivun kasvatukseen on kehitetty lyhyeen kasvatusaikaan ja aiempaa pienempään paakkuun perustuva menetelmä, jonka soveltuvuudesta haavan juuripistokasmenetelmäksi ei ole tietoa. Onnistuessaan se alentaisi todennäköisesti tuotantokustannuksia oleellisesti.

Harvinaisempien puulajien tuotantomäärät Suomessa ovat pieniä, ja mahdolliset laajamittaiset ongelmat esimerkiksi kasvitautien osalta voivat tulla esiin vasta tuotantomäärien kasvaessa.



Kuva 49. Ulkomailta saatavat tiedot taimituotantokäytännöistä eivät ole aina helposti sovellettavissa suomalaisiin olosuhteisiin, vaikka kyseessä olisi sama puulaji. Walesilaisella taimitarhalla tammen terhot kylvetään harsolla peitettyyn paljasjuurikasvatuspenkkiin syksyllä, jossa terhot juurtuvat. Oikeanpuoleisessa kuvassa yhden kasvukauden ajan kasvaneita tammen taimia. KH

7.4. Metsänviljelyketju

Koska harvemmin viljeltyjen puulajien siemenistä on usein pulaa, soveltuvien viljelymenetelmä on useimmiten siementä säästävä istutus. Poikkeuksena on hieskoivu, jolla taloudellisesti kannattavimmat uudistamismenetelmät lienevät kylvö ja luontainen uudistaminen. Samoin kontortamännällä kylvö voi olla, erityisesti otettaessa huomioon sen puiden laatua parantava vaikutus, kannattava menetelmä. Muista vähemmän viljellyistä puulajeista puuttuu kuitenkin Suomen olosuhteisiin sovellettavaa tutkittua tietoa siitä, minkä kokoisina taimet olisi parasta istuttaa ja onko kevätistutus niille sopivin vaihtoehto, vai voisiko istutuksia tehdä myös kesällä ja syksyllä. Lajien menestymistä on toki tutkittu jo alkuperäkokeissa vuosikymmenien ajan, mutta sekä taimityypit että istutus- ja muokausmenetelmät ovat kehittyneet, eikä esimerkiksi mätästyksen sopivuudesta näille lajeille juurikaan ole tietoa. Useimmiten myöskään julkaistua tietoa sopivimmista viljelytiheyksistä ei ole olemassa.

Koska useimpien vähän viljeltyjen puulajien taimien yksikköhinnat ovat suurempia kuin pääpuulajeillamme, viljelyssä käytettävällä hehtaarikohtaisella taimimäärällä on suuri vaikutus viljelykustannuksiin. Tästä syystä olisi selvitettävä, mikä on pienin taimimäärä, millä saadaan tuotettua riittävän tiheä taimikko puuntuotosta tai muuta tarkoitusta varten. Yksi keino tässä on perustaa viljelys käyttäen sekoituksena halvempia pääpuulajien taimia tai luontaisesti syntyvää taimiainesta. Parhaiden sekoitusvaihtoehtojen löytäminen ja syntyneiden sekataimikoiden hoito ja kasvatus vaatii kuitenkin tutkimusta.

Eryityisesti tammi ja hybridihaapa vaativat tehokasta taimisuojausta nisäkästuhoja vastaan, mikä nostaa niiden viljelykustannuksia huomattavasti. Toimivien, edullisten taimisuojausmenetelmien kehittäminen olisi ensiarvoisen tärkeää näiden lajien viljelyn edistämiseksi.

7.5. Puustotuhot

Puuston kärsimät tuhot liittyvät puulajikysymykseen kolmella tavalla: huoli kuusen tuhoalttiudesta tulevaisuudessa, hirvieläinten rooli puulajivalikoiman yksipuolistamisessa sekä mahdolliset runsastuvat ja uudet tuhonaiheuttajat tulevaisuudessa viljeltävillä puulajeilla.

Kuuselle kertyviä riskejä on ennustettu karkealla tasolla, mutta käytännön toimintaan tarvitaan tarkempia ennustavia kartoituksia alueista, joilla kuivuusriski ja kuusella mm. kirjanpainajatuhoriski konkretisoituvat ensimmäisenä. Olisi siis arvioitava, missä kuusen istutusta pitäisi ensisijaisesti välttää. Tällaisille alueille olisi suunnattava tiedotusta ja näiden alueiden hirvieläinkantoja pidettävä kurissa kohdennetusti, jotta vaihtoehtoisten puulajien viljely olisi mahdollista. Yleisemminkin hirvieläintuhoihin voidaan vaikuttaa haluttaessa tehokkaasti hirvieläinkantojen säätelyllä, joka ottaisi huomioon hirvieläinten vaikutuksen puulajien uudistumiseen.

Hirvieläimet ovat etenkin lehtipuiden, mutta myös männyn, viljelyn ongelma. Metsä- ja valkohäntäkauriit elävät Suomessa nykyisellään levinneisyysalueensa pohjoisrajalla. Odotettavissa on, että ilmastonmuutoksen myötä kaurislajit levittäytyvät nykyistä pohjoisemmaksi ja runsastuvat etelässä (Matala 2020). Leudot talvet (Härkönen 2008), yleisesti harjoitettu talviruokinta (Pellikka ym. 2020) ja kannan kasvuvauhtiin nähden vähäinen metsästys ovat jo viime vuosina edistäneet näiden lajien levittäytymistä ja kantojen runsastumista. Valkohäntäkauriille tarjottu talviruokintamäärä, 17,6 milj. kg vuodessa (Pellikka ym. 2020), tarkoittaa niiden ravinnonkulutukseen suhteutettuna, että noin 50 000 kaurisyksilöä voi elää laskennallisesti 6 talvikuukautta yksinomaan ruokinnan varassa. On ilmeistä, että näin suuri ravinnonlisäys kriittisinä talvikuukausina johtaa luonnonravintoon nähden ylisuureen kantaan. Tämä edelleen lisää lehtipuuston kohdistuvaa syöntipainetta muina vuodenaikoina. Ruokinta voi myös suoraan lisätä puustojen talviaikaisia tuhoriskejä, kun hirvieläimet tasapainottavat ruokintapaikkojen liian energiapitoista ravintoa puuvartisella ravinnolla (Felton ym. 2017). Kauriiden kannankasvua ei pitäisi edistää ja metsien tuhoriskejä lisätä talviruokinnalla parantamalla kauriiden talviaikaista selviytymistä, etenkin jos metsästyksen tehostaminen ei pienennä kauriskantoja.

Runsastuvia ja mahdollisia uusia tuhonaiheuttajia on jatkuvasti ennakoitava, seurattava ja niistä on tiedotettava. Etenkin monille kasvupaikoille sopivien pääpuulajien männyn ja koivun puustotuhojen riskeistä tarvitaan tutkimustietoa ja ennusteita tulevaisuuden tilanteesta. Tuhojen ennaltaehkäisyn ja torjunnan keinojen kartoitukseen ja kehittämiseen on tarvittaessa pystyttävä tarttumaan. Viljelypuulajien valikoiman laajentuessa viljelijöiden luoma verkosto ja perustiedot viljelyksistä sijainteineen mahdollistaisivat myös kansalaistiedettä mm. tuho-ongelmien havaitsemisen suhteen. Tämä tukisi tarvittavien mutta hintavien koeviljelysten verkostoa. Viljelyksiä voitaisiin käyttää myös puustotunnusten keräykseen ja metsänhoidon ohjeistuksen laadintaan.

8. Yhteenveto

Suomessa metsänviljelyn puulajivalikoima on viimeisten 25 vuoden aikana selvästi yksipuolistunut; kuusesta on tullut valtalaji Etelä-Suomessa. Vuodesta 2006 lähtien kuusen osuus on ollut yli puolet viljelypinta-alasta. Samaan aikaan männyn viljelyosuus on jonkin verran pienentynyt ja rauduskoivun ja muiden puulajien osuudet suorastaan romahtaneet. Monilla alueilla viime vuosina yli 70 % kaikesta viljelystä on ollut kuusta.

Muutoksen takana on sekä kuusen viljelyyn kannustavia että muiden puulajien viljelyhalukkuutta rajoittavia tekijöitä. Kuusen viljelyn suosiota ovat lisänneet toimivaksi osoittautunut viljelyketju, kuusen kestävyys hirvituhoja vastaan sekä todennäköisesti myös sen puutavaran hyvä hintakehitys 2000-luvulla. Muiden puulajien viljely on puolestaan kärsinyt niiden suuremmasta alttiudesta hirvieläintuhoille ja varsinkin erikoispuulajien puutavaran menekkiongelmista.

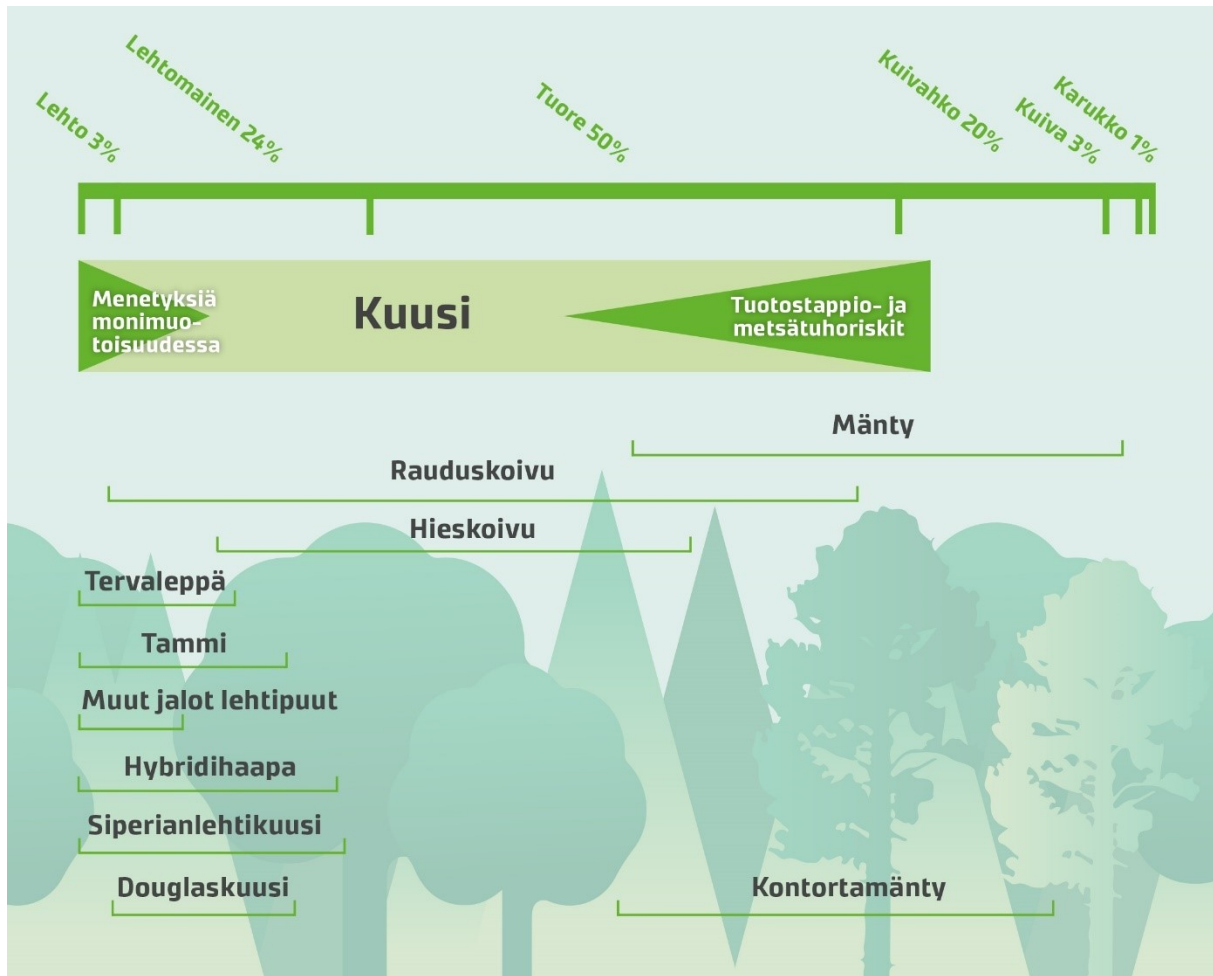
Kuusen vallitseva asema metsänviljelyssä on ollut niin lyhytaikainen, että sen osuuden kasvu näkyy vasta metsien nuorimmissa ikäluokissa. Kuusetumisella voi kuitenkin pitempään jatkussaan olla haitallisia vaikutuksia sekä metsien tuhonkestävyyden, taloudellisen tuoton että luonnon monimuotoisuuden kannalta. Ilmastonmuutos heikentää kuusen kasvua ja menestymistä sekä suoraan että välillisesti mm. lisäämällä kuivuusjaksoja ja tuulituhoja, ja siten parantamalla kaarnakuoriaisten lisääntymisen edellytyksiä (Kuva 50).

Kuivuuden vaikutukset tulevat ensinnä esille kuivimmilla kasvupaikoilla, joille kuusta on viljelty männyn asemesta hirvituhojen pelossa. Ilmastonmuutoksen seurauksena kuivuus voi aiheuttaa ongelmia myös kuuselle paremmin sopivilla kasvupaikoilla. Rehevimmillä kasvupaikoilla kuusi puolestaan syrjäyttää koivua ja muita lehtipuita, ja täten pienentää metsien monimuotoisuutta. Kaikilla puulajeilla on tärkeää tuntea niiden kasvupaikkavaatimukset ja kasvattaa niitä niille sopivilla paikoilla.

Ilmastonmuutoksen seurauksena puiden kasvuolosuhteet voivat muuttua niin paljon, että paikalliset puulajit ja -populaatiot eivät olekaan enää alueelle riittävän hyvin sopeutuneita. Tällöin muuttuneisiin olosuhteisiin paremmin sopeutunutta metsänviljelyaineistoa voi löytyä muilta alueilta ja muista kuin paikallisista puulajeista (ns. avustettu leviäminen).

Suomen tämänhetkinen lainsäädäntö ja käytössä olevat sertifiointijärjestelmät pyrkivät monin tavoin rajoittamaan ulkomaisten puulajien ja myös eräiden kotimaistenkin puulajien viljelyä. Kotimaisten lajien kohdalla rajoitukset perustuvat niiden huonoon taloudelliseen tuottoon ja ulkomaisten lajien kohdalla erityisesti niiden tuottamaan mahdolliseen riskiin alkuperäiselle luonnolle, jos ne pääsevät leviämään. Tämä riippuu kuitenkin lajista ja olosuhteista, joten ne tuntemalla leviämiskä voi pienentää.

Tarkastelussa käytiin läpi 12 kotimaista ja 13 ulkomaista vähän viljeltyä puulajia, joista tarkempaan käsittelyyn otettiin kolme kotimaista ja neljä ulkomaista lajia, joilla arvioitiin olevan parhaimmat mahdollisuudet taloudellisesti kannattavaan viljelyyn. Kotimaisista lajeista tällaisiksi katsottiin Etelä-Suomen hyvillä kasvupaikoilla sopiva tammi, Etelä- ja Keski-Suomen reheville kosteille kasvupaikoille sopiva tervaleppä sekä koko Suomessa turvemailla ja hienojakoisilla kivennäismailla menestyvä hieskoivu. Kaikkien näiden lajien puuraaka-aineelle on olemassa käyttöä Suomessa, vaikka tervaleppän ja tammen kohdalla markkinat eivät välttämättä olekaan kovin toimivat.



Kuva 50. Kasvupaikka-alue, jolla kuusta nykyisin viljellään sekä männylle, rauduskoivulle ja raportissa käsitellyille puulajeille sopivat kasvupaikka-alueet. Kuusen viljelyn riskinä on erityisesti karuimmilla kasvupaikoilla tuotostappio ja metsätuho-riskit ilmaston muuttuessa. Lehdoissa ja lehtomaisilla kankailla kuusen suosiminen voi puolestaan aiheuttaa menetyksiä monimuotoisuudelle. Kasvupaikkatyyppien viereiset prosenttiluvut kertovat niiden osuuden metsämaasta Etelä-Suomessa.

Ulkomaisista puulajeista metsätaloudellisesti käyttökelpoisiksi arvioitiin siperianlehtikuusi, douglaskuusi, hybridihaapa ja kontortamänty. Siperianlehtikuusta ja kontortamäntyä voidaan viljellä koko Suomessa, douglaskuusta ja hybridihaapaa vain Etelä-Suomessa. Kontortamännylle parhaiten soveltuvat kasvupaikat ovat tuoreen ja kuivahkon kankaan rajamailla, muiden järkevä kasvatus edellyttää vähintään lehtomaista kasvupaikkaa. Tällä hetkellä näiden lajien puutavaran markkinatilanne on ongelmallisempi kuin kotimaisilla lajeilla.

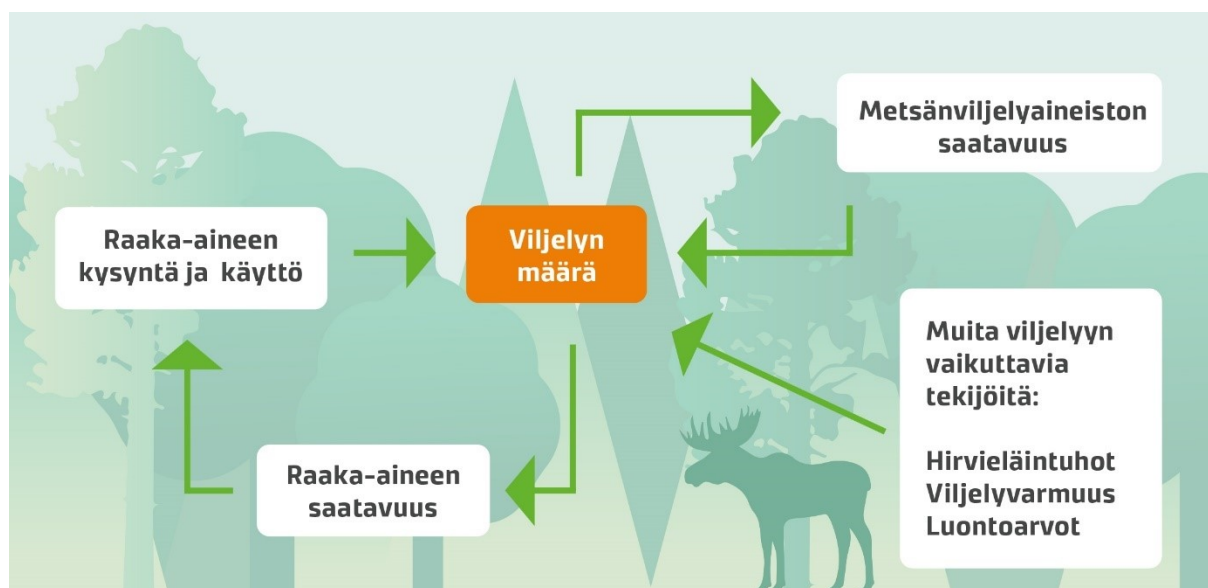
Erilaisten tuhojen suhteen kestävimpiä näistä lajeista ovat hieskoivu ja tervaleppä ja alteimpia hybridihaapa ja tammi. Nämä tuhoaltteimmat lajit vaativat yleensä taimikohtaisen suojauksen myyrä- ja hirvieläintuhoja vastaan, mikä nostaa huomattavasti niiden viljelykustannuksia. Taimien suojaus tuhoja vastaan nostaa hybridihaavan ja tammen viljelyn hehtaarikustannukset moninkertaisiksi pääpuulajeihimme verrattuna. Metsänviljelymateriaalin hinta puolestaan nostaa tervalepän ja douglaskuusen viljelyn kustannuksia. Hieskoivu, lehtikuusi ja kontortamänty ovat viljelykustannuksiltaan lähellä pääpuulajejamme.

Lehtikuusta lukuun ottamatta tässä tarkasteltuja puulajeja on viljelty Suomessa niin vähän, että niihin liittyy monia avoimia kysymyksiä. Esimerkiksi siemenen käsittely ja varastointi poikkeavat

monilla lajeilla kotimaisista lajeista ja taimituotantoa olisi kehitettävä toimivien ja edullisten taimityyppien tuottamiseksi. Myös metsänviljely- ja taimisuojausmenetelmiä olisi kehitettävä hyvien taimikoiden aikaansaamiseksi. Eräillä lajeilla sopivien sekaviljelymenetelmien avulla voitaisiin laskea viljelyn kustannuksia ja parantaa tuottoa.

Vähäinen harvinaisempien puulajien viljely ylläpitää tilannetta, jossa laadukasta metsänviljelymateriaalia ei aina ole saatavilla (Kuva 51). Esimerkiksi siemenviljelysten perustaminen on suuri taloudellinen ponnistus, johon pienimuotoinen ja epävarma siemenen kysyntä ei kannusta. Toisaalta sopivien siementen ja taimien heikko saatavuus ohjaa puulajivalintaa pääpuulajeihin.

Toimivat raaka-ainemarkkinat ovat ratkaisevan tärkeitä näiden puulajien viljelyn lisäämiseksi. Viljelyn korkeaa hintaa on vaikea perustella, mikäli puulle ei ole kysyntää tai kantohinnat ovat pääpuulajeja alemmat.



Kuva 51. Vähemmän käytettyjen puulajien viljelyn määrään vaikuttavia tekijöitä. Viljelyn vähäisyys johtaa puuraaka-aineen saatavuuden niukkuuteen, jolloin raaka-aineelle ei kehity kysyntää eikä käyttökohteita. Kun kysyntää ei ole, viljelyn mielekkäisyys vähenee. Hirvieläintuhot vähentävät monien puulajien viljelyn mahdollisuuksia. Luontoarvojen ja monimuotoisuuden painottaminen puolestaan kannustavat monipuolistamaan puulajivalikoimaa.

Viitteet

- Aalto, J., Pirinen, P., Kauppi, P.E., Rantanen, M., Lussana, C., Lyytikäinen-Saarenmaa, P. & Gregow, H. 2021. High-resolution analysis of observed thermal growing season variability over northern Europe. *Climate Dynamics*. <https://doi.org/10.1007/s00382-021-05970-y>
- Ainsworth, E.A. & Rogers, A. 2007. The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising [CO₂]: mechanisms and environmental interactions. *Plant, Cell & Environment* 30(3): 258–270.
- Andersson, B., Engelmark, O., Rosvall, O. & Sjöberg, K. 1999. Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbruk med contortatall i Sverige. Skogforsk. Redogörelse nr 1. 50 s.
- Andersson, C. 1992. The effect of weevil and fungal attacks on the germination of *Quercus robur* acorns. *Forest Ecology and Management* 50: 247–251.
- Andersson, E. & Koivisto, I. 1980. Valkohäntäpeuran talviravinto ja vuorokausirytmii. *Suomen Riista* 27: 84–92.
- Annala, E. 1975. The biology of *Pissodes validirostris* Gyll. (Col. Curculionidae) and its harmfulness especially in Scots pine seed orchards. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*. 85.6. 95 s.
- Annala, E. 1982. Diapause and population fluctuations in *Megastigmus specularis* Walley and *Megastigmus spermotrophus* Wachtl. (Hymenoptera: Torymidae). *Annales Entomologici Fennici* 48(2): 33–36.
- Annala, E., Heliövaara, K., Puukko, K. & Rousi, M. 1983. Pests of lodgepole pine (*Pinus contorta*) in Finland. *Seloste: Kontortamännyn tuhot Suomessa*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 115: 1–27.
- Atkinson, M. D. 1992. *Betula pendula* Roth (*B. verrucosa* Ehrh.) and *B. pubescens* Ehrh. *Journal of Ecology* 80(4): 837–870. <https://doi.org/10.2307/2260870>
- Bang, P. 1975. Damage by small mammals in Denmark. *Ecological Bulletins*. No. 19, Biocontrol of rodents, s. 13–15.
- Barbour, J. R. & Brinkman, K. A. 2008. *Ulmus L. Teoksessa: Bonner, F. T. & Karrfalt, R. P. (toim.). The Woody Plant Seed Manual*. United States Department of Agriculture. Forest Service. *Agriculture Handbook* 727. s. 1143–1149. https://www.fs.fed.us/rm/pubs_series/wo/wo_ah727.pdf
- Bastien, J.C. 2019. Potential of Douglas-fir under climate change. *Teoksessa: Spiecker, H., Lindner, M., Schuler, J. (toim.). Douglas-fir – an option for Europe*. European Forest Institute. s. 40–45.
- Bates, C.G. 1930. The production, extraction, and germination of lodgepole pine seeds. *Technical Bulletin* No. 191. United States Department of Agriculture. 92 s.
- Belova, N.V., Baranchikov, Y. N. & Roques, A. 1998. New observation of cone flies attacking cones of *Picea obovata* and *Larix sibirica* in central Siberia. *Journal of Forest Research* 9: 256–260.

- Bergquist, J., Löf, M. & Örlander, G. 2009. Effects of roe deer browsing and site preparation on performance of planted broadleaved and conifer seedlings when using temporary fences. *Scandinavian Journal of Forest Research* 24: 308–317.
- Bhat, K.M. 1980. Variation in structure and selected properties of Finnish birch wood. I. *Silva Fennica* vol. 14: 384–396.
- Bhat, K.M. & Kärkkäinen, M. 1980. Distinguishing between *Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh. on the basis of wood anatomy. *Silva Fennica* 14: 294–304.
- Björklund, T. & Ferm, A. 1982. Pienikokoisen koivun ja harmaalepän biomassa ja tekniset ominaisuudet. *Folia Forestalia* 500. 37 s.
- Bolibok, L., Andrzejczyk, T., Szeligowski, H., Liziniewicz, M. 2021. New methods of oak planting require modification of tending prescriptions under high browsing pressure – A case study from north-eastern Poland. *Forest Ecology and Management* 497. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112721005387?via%3Dihub>
- Bolte, A. & Löf, M. 2010. Root spatial distribution and biomass partitioning in *Quercus robur* L. seedlings: the effects of mounding site preparation in oak plantations. *European Journal of Forest Research* 129: 603–612. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10342-010-0360-9>
- Bosshard, H.H. 1974. *Holzkunde. Bd I Mikroskopie und Makroskopie des Holzes*. Birkhäuser, Basel. 224 s.
- Branco M., Brockerhoff, E.G., Castagneyrol, B., Orazio, C. & Jactel, H. 2015. Host range expansion of native insects to exotic trees increases with area of introduction and the presence of congeneric native trees. *J Appl Ecol* 52(1): 69–77.
- Brandeis, T.J., Newton, M. & Cole, E.C. 2002. Biotic injuries on conifer seedlings planted in forest understory environment. *New Forests* 24:1–14.
- Bruun, H.H. & Slungaard, S. 1959. Investigation of porous wood as pulp raw material. *Paperi ja Puu* 41(2): 31–34.
- Buitrago, M., Paquette, A., Thiffault, N., Be' langer, N. & Messier, C. 2015. Early performance of planted hybrid larch: effects of mechanical site preparation and planting depth. *New Forests* 46: 319–337.
- Cicek, E. & Tilki, F. 2007. Seed germination of three *Ulmus* species from Turkey as influenced by temperature and light. *Journal of Environmental Biology* 28(2): 423–425.
- Chmielarz, P. 2010. Cryopreservation of orthodox sees of *Alnus glutinosa*. *CryoLetters* 31(2): 139–146.
- Claessens, H., Oosterbaan, A., Savill, S., Rondeux, J. 2010. A review of the characteristics of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and their implications for silvicultural practices. *Forestry*, Vol. 83, No. 2, 2010. doi:10.1093/forestry/cpp038.
- Cleary, M., Oskay, F., Doğmuş, HT., Lehtijärvi, A., Woodward, S. & Vettraino, A.M. 2019. Cryptic risks to forest biosecurity associated with the global movement of commercial seed. *Forests* 10 (5), 459. <https://doi.org/10.3390/f10050459>

- Coder, K.D. 2008. Tree sex: Gender & reproductive strategies. Warnell School, University of Georgia. WSFNR08-12. 30 s.
- Danell, K. & Ericson, L. 1986. Foraging by moose on two species of birch when these occur in different proportions. *Holarctic Ecology* 9: 79–84.
- Danell, K. & Sjöberg, K. 1993. Wildlife and lodgepole pine plantations. Julkaisussa: Lindgren, D. (toim.). *Pinus contorta*. From untamed forest to domesticated crop. Proceedings of a meeting with IUFRO Working Party S2.02.06. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Forest Genetics and Plant Physiology. Report 11: 24–37.
- De Jaegere, T., Hein, S. & Claessens, H. 2016. A Review of the Characteristics of Small-Leaved Lime (*Tilia cordata* Mill.) and Their Implications for Silviculture in a Changing Climate. *Forests* 2016, 7, 56; doi:10.3390/f7030056.
- Derks, J. 2019. An (un)welcome guest – perception of Douglas-fir in seven European countries from the perspectives of forestry and nature conservation. Teoksessa: Spiecker, H., Lindner, M., Schuler, J. (toim.). *Douglas-fir – an option for Europe*. European Forest Institute. s. 105–110.
- Diethart B., Bouchal J., Heigl H & Auer W. 2021. *Quercus robur*. Teoksessa: PalDat - A palynological database. https://www.paldat.org/pub/Quercus_robur/306157; viitattu 29.7.2021
- Doane, C.C. & McManus, M.L. 1981. *The Gypsy Moth: Research Toward Integrated Pest Management*. USDA Forest Service Technical Bulletin 1584, Washington, DC, USA.
- Edwards D.G.W. 1987. Methods and procedures for testing tree seeds. For. Tech. Rep. 36. Ottawa: Canadian Forestry Service. 31 s.
- Edwards, D.G.W. & El-Kassaby, Y. 1988. Effect of flowering phenology, date of cone collection, cone-storage treatment and seed pretreatment on yield and germination of seeds from a douglas-fir seed orchard. *Forest Ecology and Management* 25: 17-29.
- Ekberg, I., Eriksson, G., & Dormling, I. 1979. Photoperiodic reactions in conifer species. *Holarctic Ecology* 2: 255–263.
- Elfving, B. & Norgren, O. 1993. Volume yield superiority of lodgepole pine compared to Scots pine in Sweden. Teoksessa: Lindgren, D. (toim.). *Pinus contorta*. From untamed forest to domesticated crop. Proceedings of a meeting with IUFRO Working Party S2.02.06. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Forest Genetics and Plant Physiology. Report 11: 69–80.
- Elfving, B., Ericsson, T. & Rosvall, O. 2001. The introduction of lodgepole pine for wood production in Sweden — a review, *Forest Ecology and Management* 141(1–2): 15–29.
- Eremko, R.D., Edwards, D.G.W. & Wallinger, D. 1989. A guide to collecting cones of British Columbia conifers. FRDA report. ISSN 0835-0752; 055. 114 s.
- Euroopan komissio 2020. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Vuoteen 2030 ulottuva EU:n biodiversiteettistrategia. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0380&from=EN> Viitattu 20.12.2021

- Ezpeleta, L.B. & Simon, J.L.S. 1971. Atlas de fibras para pasta de celulosa II parte, Vol. 1. Ministerio de Agricultura, Madrid. 89 s.
- Fagerstedt, K., Pellinen, K., Saranpää, P. & Timonen, T. 2016. Tunnista puu ja puuaine. Metsäkustannus Oy. 180 s.
- Fajvan, M. & Wood, J.M. 1996. Stand structure and development after gypsy moth defoliation in the Appalachian Plateau. *Forest Ecology and Management* 89: 79–88.
- Farhadi, M., Tigabu, M. & Odén, P.C. 2015. Near infrared spectroscopy as non-destructive method for sorting viable, petrified and empty seeds of *Larix sibirica*. *Silva Fennica* 49, no. 5, article id 1340.
- Felton, A.M., Felton, A., Crowsigt, J.P., Edenius, L., Malmsten, J. & Wam, H.K. 2017. Interactions between ungulates, forests, and supplementary feeding: the role of nutritional balancing in determining outcomes. *Mammal Research* 62: 1–7.
- Felton, A., Nilsson, U., Sonesson, J., Felton, A.M., Roberge, J.-M., Ranius, T., Ahlstrom, M., Bergh, J., Bjorkman, C., Boberg, J., Drossler, L., Fahlvik, N., Gong, P., Holmstrom, E., Keskitalo, E.C.H., Klapwijk, M.J., Laudon, H., Lundmark, T., Niklasson, M., Nordin, A., Pettersson, M., Stenlid, J., Stens, A. & Wallertz, K. 2016. Replacing monocultures with mixed-species stands: Ecosystem service implications of two production forest alternatives in Sweden. *Ambio* 45 (Suppl 2), 124–139. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0749-2>
- Finch-Savage, W.E., Clay, H.A., Budge, S.P., Dent, K.C., Clarkson, J.P. & Whipps, J.M. 2003. Biological control of *Sclerotinia pseudotuberosa* and other fungi during moist storage of *Quercus robur* seeds. *European Journal of Plant Pathology* 109: 615–624.
- Forematis 2022. European Commission. Forest Reproductive Material Information System. <https://ec.europa.eu/forematis/index.xhtml>. Viitattu 9.2.2022.
- Forest Stewardship Council 2013. National Standard for Certification of Plantation Forest Management in New Zealand. Approved Version 5.7. FSC-STD-NZL-01-2012. 27.9.2013. 88 s. <https://nz.fsc.org/en-nz/get-involved-01/become-certified-01/forest-management-01>
- Forest Stewardship Council 2020. FSC-standard för skogsbruk i Sverige. FSC-STD-SWE-03-2019 SW. 2020-06-30. 94 s. <https://se.fsc.org/se-se/standarder/skogsbruksstandard-2020>
- Fung, M.Y.P. 1992. Improving Siberian larch seed germination rates. Corporate Environment Syncrude Canada Ltd. Report No. 92 – 4. <https://doi.org/10.7939/R3JD4PP54>
- Fält-Nardmann, J.J.J., Ruohomäki, K., Tikkanen, O-P. & Neuvonen, S. 2018a. Cold hardiness of *Lymantria monacha* and *L. dispar* (Lepidoptera: Erebidae) eggs to extreme winter temperatures: implications for predicting climate change impacts. *Ecological Entomology* 43: 422–430.
- Fält-Nardman, J.J.J., Tikkanen, O-P., Ruohomäki, K., Lutz-Florian, O., Leinonen, R., Pöyry, J., Saikonen, K. & Neuvonen, S. 2018b. The recent northward expansion of *Lymantria monacha* in relation to realised changes in temperature of different seasons. *Forest Ecology and Management* 427: 96–105.
- Gemmel, P., Nilsson, U. & Welander, T. 1996. Development of oak and beech seedlings planted under varying shelterwood densities and with different site preparation methods in

- southern Sweden. *New Forests* 12: 141–161. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF00036626.pdf>
- Gosling, P. 2007. Raising trees and shrubs from seed. *Forestry Commission Practice Guide*. 28 s.
- Gosling, P., McCartan, S.A. & Peace, A.J. 2009. Seed dormancy and germination characteristics of common alder (*Alnus glutinosa* L.) indicate some potential to adapt to climate change in Britain. *Forestry* 82(5). doi: 10.1093/forestry/cpp024
- Goßner, M. & Ammer, U. 2006. The effects of Douglas-fir on tree specific arthropod communities in mixed species stands with European beech and Norway spruce. *European Journal of Forest Research* 125: 221–235.
- Govorukha, G.I. & Mamaev, S.A. 1971. Effect of temperature conditions on the germination and germinative energy of seeds of common birch and white birch of different geographic origins. *Ekologiya* 3: 47–52. (viittaus Nygrenin 2003 mukaan).
- Gregow, H., Rantanen, M., Laurila, T. K. & Mäkelä, A. 2020. Review on winds, extratropical cyclones and their impacts in Northern Europe and Finland. *Finnish Meteorological Institute. Reports 2020*: 3.
- Groot Bruinderling, G.W.T.A, Hazebroek, E. & van Der Voot, H. 1994. Diet and conditions of wild boar, *Sus scrofa scrofa*, without supplementary feeding. *Journal of Zoology*, 233(4): 631–648. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1994.tb05370.x>
- Haapanen, M. & Mikola, J. 2008. Metsänjalostus 2050 – pitkän aikavälin metsänjalostusohjelma. *Metlan työraportteja* 71. 50 s.
- Hagman, M. 1995. Experiences with *Larix* species in northern Finland. *The Finnish Forest Research Institute. Research Papers* 567: 111–123.
- Hakkila, P. 1970. Basic density, bark percentage and dry matter content of grey alder (*Alnus incana*). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 71(5) 33 s.
- Hakkila, P. 1978. Pienpuun korjuu polttoaineeksi. *Folia Forestalia* 342. 38 s.
- Hakkila, P. & Winter 1973, A. On the properties of larch wood in Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*. 79(7). 45 s.
- Halbritter H., Sam S., Weber M., Auer W. 2020. *Alnus glutinosa*. Teoksessa: PalDat - A palynological database. https://www.paldat.org/pub/Alnus_glutinosa/303762. Viitattu 29.7.2021
- Hanewinkel, M, Albrecht, A. & Schmidt, M. 2013, Influence of stand characteristics and landscape structure on wind damage. Teoksessa: Gardiner, B., Schuck, A., Schelhaas, M-J., Orazio, C., Blennow, K. & Nicoll, B. (toim.). *Living with Storm Damage to Forests*. s. 39–45.
- Hanley, M.E., Cook, B.I. & Fenner, M. 2019. Climate variation, reproductive frequency and acorn yield in English oaks. *Journal of Plant Ecology* 12(3): 542–549. <https://doi.org/10.1093/jpe/rty046>
- Hantula, J. 2021. Hollanninjalavataudin tarina. *Sorbifolia* 52(1): 31–35.

- Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. Metsähallituksen julkaisu II. 264 s. + liitteet 149 s.
- Heikinheimo, O. 1956. Tuloksia ulkomaisten puulajien viljelystä Suomessa. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 46(3): 1–129.
- Heikkilä, M. 2021. Metsät kaipaavat uusia puulajeja. *Maatilan Pellervo* 6–7/2021: 94–98.
- Heikkilä, R. 1999. Tuloksia klooni- ja suojauskokeista hirvituhojen estämiseksi haapataimikoissa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 725: 63–68.
- Heikkilä, R., Hokkanen, P., Kooiman, M., AYGUNAY, N., & Bassoulet, C. 2003. The Impact of moose browsing on tree species composition in Finland. *Alces* 39: 203–213.
- Heino, E. 1981. Raidan ominaisuuksia. *Sorbifolia* 14(2): 93–96.
- Heino, E. & Pouttu, A. (toim.). 2014. Metsätuhot vuonna 2013. *Metlan työraportteja* 295. 28 s.
- Heiskanen, J. & Viiri H. 2005. Effects of Mounding on Damage by the European Pine Weevil in Planted Norway Spruce Seedlings. *Northern Journal of Applied Forestry* 22(3): 154–161.
- Helenius, P., Himanen, K., Nygren, M., Vaahtera, E. & Ylioja, T. 2015. Kuusen ja männyn käpy- ja siementuhot. Luonnonvarakeskus. Tammerprint Oy, Tampere. 124 s.
- Heliölä, J. 2021. Tietopohja ja suositukset pölyttäjien huomioimiseksi talousmetsien luonnonhoidossa. PÖLYMETSÄ-hankkeen työpaketin 1 tulokset. 43 s. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2021/11/POLYMETSA_TP1-tulokset_final.pdf
- Helle, P. 1980. Food Composition and Feeding Habits of the Roe Deer in Winter in Central Finland. *Acta Theriologica* 25(22): 395–402.
- Henin, J.-M., Pollet, C., Schmitt, U., Jan-Henning, Blohm, J.-H., Koch, G., Melcher, E., Welling, J., Brüchert, F., Kohnle, U. & Sauter, U. H. 2019. Technological properties of Douglas-fir wood. Teoksessa: Spiecker, H., Lindner, M., Schuler, J. (toim.). *Douglas-fir – an option for Europe*. European Forest Institute. s. 89–97.
- Henttonen, H. 1991. Myyrätuhot peltojen metsityksessä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 391: 92–99.
- Henttonen, H., Kaikusalo, A. & Ranua, J. 1999. Hybridihaapakloonien herkkyys myyränsyönnille. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 725: 57–61.
- Heräjärvi, H. & Junkkonen, R. 2004. Puutuotteita haavasta ennen, nyt ja tulevaisuudessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2004: 69–75.
- Heräjärvi, H., Junkkonen, R., Koivunen, H., Metros, J., Piira, T., Verkasalo, E. 2006. Metsä- ja hybridihaapa sahatavaran ja jatkojalosteiden raaka-aineena. *Metlan työraportteja* 31. 102 s. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2006/mwp031.htm>
- Himanen, K. 2015. Tammenterhojen keruu ja käsittely osataan Tanskassa. *Sorbifolia* 46(3): 99–104.
- Hinneri, S. 1982. Vaahtera (*Acer platanoides*) metsäpuuna. *Sorbifolia* 13(1): 5–12.

- Hirvas, H. 1991. Pleistocene stratigraphy of Finnish Lapland. Geological Survey of Finland. Bulletin 354. 123+4 s.
- Hjeljord, O. & Gronvold, S. 1988. Glyphosate Application in Forest - Ecological Aspects VI. Browsing by Moose (*Alces alces*) in Relation to Chemical and Mechanical Brush Control. Scandinavian Journal of Forest Research 3(1-4): 115-121.
- Hokajärvi, T. 1993. Lehtikuusi Metsähallituksen mailla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 464: 4-8.
- Holm, S. 2000. Haavan kasvatusta ja käyttöä. Metsälehti Kustannus. 122 s.
- Holm, S. 2004. Haavan viljely Suomessa ja Virossa. Metsätieteen aikakauskirja 1/2004: 117-118.
- Huikari, O. 1959. On the effect of anaerobic media upon the roots of birch, pine and spruce seedlings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 50(9): 1-9.
- Huitu, O., Rousi, M. & Henttonen, H. 2012. Integration of vole management in boreal silvicultural practices. Pest Management Science 69(3): 355-361. <https://doi.org/10.1002/ps.3264>
- Hultén, E. & Fries, M. 1986. Atlas of North European vascular plants north of the Tropic of Cancer I. Koeltz Scientific Books, Königstein. 498 s.
- Hynynen, J. 1999. Haavan ja hybridihaavan kasvu ja tuotos. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 725: 25-37.
- Hynynen, J., Huuskonen, S. & Kojola S. (toim.). 2017. Metsä 150. Metsänkasvatuksen keinot lisätä puuntuotantoa kestävästi ja kannattavasti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 16/2017. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-377-2>
- Hynynen, J., Viherä-Aarnio, A. & Kasanen, R. 2002. Nuorten haapaviljelmien alkukehitys. Metsätieteen aikakauskirja 2/2002: 89-98.
- Hyppönen, M. & Winsa, H. 2014. Lapissa mäntyä voidaan kylvää muulloinkin kuin keväällä. Taimiuutiset 3/2014: 18-20.
- Hytönen, J. & Saarsalmi, A. 2015. Harmaaleppä energiapuuna. Metsätieteen aikakauskirja 3/2015: 153-164.
- Hytönen, J., Saramäki, J. & Niemistö, P. 2014. Growth, stem quality and nutritional status of *Betula pendula* and *Betula pubescens* in pure stands and mixtures. Scandinavian Journal of Forest Research 29(1): 1-11.
- Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 704 s.
- Håkansson, A. 1960. Seed development in *Larix*. Botaniska Notiser 113: 29-40.
- Hänninen, H.J.P. 2016. Boreal and temperate trees in a changing climate: Modelling the eco-physiology of seasonality. *Biometeorology*, Springer, Dordrecht, Netherlands.
- Härkönen, S. 2008. Metsäkauris, ilmastonmuutos ja metsävahingot. Kasvinsuojelulehti 3/2008. s. 78-81.

- Häyrynen, M. 2008. Kartanoiden ja pappiloiden puutarhat. Teoksessa: Väre, H., Koponen, A., Hämet-Ahti, L., Hagman, M. & Raisio, J.. Puiden jäljillä – 400 vuotta dendrologian historiaa. Dendrologian Seura, Helsinki. Publications of the Finnish Dendrological Society 9: 53–69.
- Häyrynen, R. 2011. Metsälehmus ja sen mikrolisäys. Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö. Maisemasuunnittelun koulutusohjelma. HAMK. 41 s. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27018/Hayrynen_Rauli.pdf?sequence=1
- Hörnberg, S. 2001. The relationship between moose (*Alces alces*) browsing utilisation and the occurrence of different forage species in Sweden. *Forest Ecology and Management* 149: 91–102.
- Ilvessalo-Pfäffli, M.-S. 2015. Kuidut kuvina. Metsäkustannus Oy. 347 s.
- Isenberg, I.H. 1980. Pulpwoods of the United States and Canada. Vol.I – Conifers 3rd edn. The Institute of Paper Chemistry, Appleton. 219 s.
- Isomäki, R. 2011. 66 ways to absorb carbon and improve the earth's reflectivity – from reasonable options to mad scientist solutions. Into publishing, Helsinki. 274 s.
- Jacobs, D.F., Davis, A.S., Wilson, B.C., Dumroese, R.K., Goodman, R.C. & Salifu, K.F. 2008. Short-day treatment alters Douglas-fir seedling dehardening and transplant root proliferation at varying rhizosphere temperatures. *Canadian Journal of Forest Research* 38(6): 1526–1535.
- Jacobson, S. & Hannerz, M. 2020. Contortatallens självspridning i svensk skogsmark. Arbetsrapport 1046. Skogforsk. 35 s.
- Jacquemart, A.-L., Moquet, L., Ouvrard, P., Quetin-Leclercq, Hérent M.-R. & Quinet, M. 2018. Tilia trees: toxic or valuable resources for pollinators? *Apidologie* 49: 538–550. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13592-018-0581-3>
- Jalli, M., Miettinen, A., Mutanen, A., Viitala, E.-J., Ylioja, T., Poteri, M., Siimes, K., Virkkunen, H. & Juntunen, J. 2021. Tavoite 3: Kemiallisten torjunta-aineiden käyttö ja tavallista haitallimpien torjunta-aineiden käyttö. Teoksessa: Kärkkäinen, L. & Koljonen, S. (toim.). Arvio EU:n biodiversiteettistrategian vaikutuksista Suomessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 75/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 108–138. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-298-8>
- Jensen, M. 2007. Temperature relations of germination in *Acer platanoides* L. seeds. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16(5): 404–414. <https://doi.org/10.1080/02827580152632793>
- Jonsell, B. (toim.) 2000. Flora Nordica. Volume 1. Lycopodiaceae to Polygonaceae. The Bergius Foundation, the Royal Swedish Academy of Sciences, Stockholm. 344 s.
- Jylhä, P., Hytönen, J. & Ahtikoski, A. 2015. Profitability of short-rotation biomass production on downy birch stands on cut-away peatlands in northern Finland. *Biomass and Bioenergy* 75: 272–281.
- Jägbrant, R. 2014. Hur mycket frö sprids från *Pinus contorta*? Kottproduktion, serotinitet och frökvalitet i relation till beståndsålder i södra Norrland. Examensarbeten 2014:2. Sveriges Lantbruksuniversitet. ISSN 1654–1898. 33 s.

- Kaliniewicz, Z., Markowski, P., Anders, A., Jadwisieńczyk, B. & Poznański, A. 2018. Correlations between germination capacity and selected properties of black alder (*Alnus glutinosa* Gaertn.) achnes. *Baltic forestry* 24(1): 68–76.
- Karlsson, K. 1999. Haavan kasvatus paperin raaka-aineeksi. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 725: 85–87.
- Kasanen, R. 2004. Uhkaavatko sienitaudit haavan ja hybridihaavan viljelyä? *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2004: 79–83.
- Kauhala, K. & Isomursu, M. 2020. Riistaruokinnan ekologiset vaikutukset – kirjallisuuskatsaus. *Suomen Riista* 66: 7–20.
- Kauppila, A., Anttila, A., Autio, A., Fagerholm, J., Lehtonen, J., Oksa, E., Raisio, J., Saarinen, J., Uski, K., Viherä-Aarnio, A. & Väre, H. 2021. Vihreät jättiläiset, Suomen suurimmat puut. *Metsäkustannus ja Dendrologian Seura – Dendrologiska Sällskapet r.y.* 288 s.
- Kellomäki, S., Strandman, H., Heinonen, T., Asikainen, A., Venäläinen, A & Peltola, H. 2018. Temporal and Spatial Change in Diameter Growth of Boreal Scots Pine, Norway Spruce, and Birch under Recent-Generation (CMIP5) Global Climate Model Projections for the 21st Century. *Forests* 2018, 9, 118; doi:10.3390/f9030118.
- Keto-Tokoi, P. & Siitonen, J. 2021. Puiden asukkaat. *Suomen puiden seuralaislajit*. Gaudeamus, Helsinki. 496 s.
- Kiiskinen, L. 2017. Ulkomaisten havupuiden menestyminen ja käyttö Suomessa. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. *Metsätalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö.* 68 s. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/124171/Lauri_Kiiskinen.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kim, S., Sinclair, V. A., Räisänen, J. & Ruuhela, R. 2018. Heat waves in Finland: present and projected summertime extreme temperatures and their associated circulation patterns. *International Journal of Climatology* 38(3): 1393–1408.
- Kiuru, H. 2008. Jalopuumetsät, perustaminen ja hoito. *Metsäkustannus*. 159 s.
- Knudsen, I.M.B., Thomsen, K.A., Jensen, B. & Poulsen, K.M. 2004. Effects of hot water treatment, biocontrol agents, disinfectants and a fungicide on storability of English oak acorns and control of the pathogen, *Ciboria batschiana*. *Forest Pathology* 34(1): 47–64. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0329.2003.00348.x>
- Kohnle, U., Klädtke, J. & Chopard, B. 2019. Management of Douglas-fir. Teoksessa: Spiecker, H., Lindner, M. & Schuler, J. (toim.). *Douglas-fir – an option for Europe*. European Forest Institute. s. 73–83.
- Koizumi, A., Takata, K., Yamashita, K. & Nakada, R. 2003. Anatomical characteristics and mechanical properties of *Larix sibirica* grown in South-Central Siberia. *IAWA Journal* 24(4): 355–370.
- Kolotelo, D. 1997. Anatomy and morphology of conifer tree seed. *Forest Nursery Technical Series 1.1*. British Columbia. Ministry of Forests. Nursery and Seed Operations Branch. 60 s

- Kolotelo, D., Van Steenis, E., Peterson, M., Bennet, R., Trotter, D. & Dennis, J. 2001. Seed Handling Guidebook. British Columbia. Ministry of Forests. Tree Improvement Branch. 106 s.
- Konttinen, K. 1995. Jalojen lehtipuiden siementen käsittely. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 573. 49 s.
- Konttinen, K. 1999. Lyhytpäiväkäsittely lehtikuusten taimien kasvatuksessa. Metsätieteen aikakauskirja 1/1999: 65–77.
- Konttinen, K. 2005. Hybridihaavan taimien kasvatusta juuripistokkaista. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 938. 53 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1952-0>
- Koponen, S., Niemelä, T., Lindgren, M. & Karhu, K. 1990. Kääriäistuhot Ruissalon tammimetsissä. Turun kaupunki, Ympäristönsuojelutoimisto. Julkaisu 6/90.
- Korhonen K.T., Ahola A., Heikkinen J., Henttonen H.M., Hotanen J.-P., Ihalainen A., Melin M., Pitkänen J., Rätty M., Sirviö M. & Strandström M. 2021. Forests of Finland 2014–2018 and their development 1921–2018. *Silva Fennica* vol. 55 no. 5 article id 10662. 49 s. <https://doi.org/10.14214/sf.10662>
- Koskenniemi, J. 2014. Douglaskuusen ja lehtikuusen eri alkuperien menestymisvertailu. Hämeen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. 19 s. + liitteet. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201403062905>.
- Kosonen, M. 2008. Jalojen lehtipuiden puuaineksen käyttö. Teoksessa: Kiuru, H. 2008. Jalopuumetsät, perustaminen ja hoito. Metsäkustannus. 159 s.
- Krakowski, J. & El Kassaby, YA. 2005. Lodgepole pine and white spruce germination: Effects of stratification and simulated aging. *Silvae Genetica* 54-3: 135–144. DOI:10.1515/sg-2005-0021
- Kujala, V. 1924. Tervaleppä (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) Suomessa. Kasvimaantieteellinen tutkimus. (väitöskirja). Valtioneuvoston kirjapaino. Helsinki. 269 s. (viitattu julkaisussa Nygren 2003).
- Kullberg, Y. & Bergström, R. 2001. Winter Browsing by Large Herbivores on Planted Deciduous Seedlings in Southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16: 371–378.
- Kullman, L. 1998. Palaeoecological, biogeographical and palaeoclimatological implications of early Holocene immigration of *Larix sibirica* Lebed. into the Scandes Mountains, Sweden. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7: 181–188.
- Kumar, A., Jyske, T. & Möttönen, V. 2020. Properties of injection molded biocomposites reinforced with wood particles of short-rotation aspen and willow. *Polymers* 2020, 12, 257. 13 s. doi:10.3390/polym12020257
- Kurkela, T. 1999. Haapa uhkana ja uhattuna. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 725: 41–48.
- Kuuluvainen, T., Wallenius, T. & Pennanen, J. 2004. 2. Metsän luontainen rakenne, dynamiikka ja monimuotoisuus. Teoksessa: Kuuluvainen, T., Saaristo, L., Keto-Tokoi, P. Kostamo, J., Kuuluvainen, J., Kuusinen, M., Ollikainen, M. & Salpakivi-Salomaa, P. (toim.). Metsän käytössä – Suomen metsäluonnon monimuotoisuus. s. 48–75. Edita Publishing Oy, Helsinki.

- Kuusinen, M. 1994. Pihlajan epifyyttiset jäkälät ja sammaleet. *Sorbifolia* 25(4): 157–160.
- Kärkkäinen, M. 1980. Haapakokopuiden tekniset ominaisuudet. Käsikirjoitus Helsingin yliopiston metsäteknologian laitoksella. 438 s.
- Kärkkäinen, M. 2003. Puutieteen perusteet. Metsälehti Kustannus. 451 s.
- Laine, T. & Rantala, J. 2013. Mechanized tree planting with an excavator mounted M-Planter planting device. *International Journal of Forest Engineering* 24(3): 183–193. <https://doi.org/10.1080/14942119.2013.844884>
- Laine, T. & Saarinen V.-M. 2014. Comparative study of the Risutec Automatic Plant Container (APC) and Bracke planting devices. *Silva Fennica* vol. 48 no. 3 article id 1161. <https://doi.org/10.14214/sf.1161>
- Laitakari, E. 1934. Koivun juuristo. Summary: The root system of birch *Betula verrucosa* and *odorata*. *Acta Forestalia Fennica* 41(2): 1–216.
- Lehti, P. 2021. Lehtinunnan (*Lymantria dispar*) ja havununnan (*Lymantria monacha*) esiintyminen Etelä-Suomessa. Pro Gradu -tutkielma, Itä-Suomen Yliopisto, Ympäristö- ja biotieteiden laitos, biologia. 35 s.
- Lehtonen, I., Venäläinen, A., Kämäräinen, M., Peltola, H. & Gregow, H. 2016. Risk of large-scale fires in boreal forests of Finland under changing climate. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 16: 239–253.
- Lehtonen, I., Venäläinen, A. & Gregow, H. 2020. Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta. Raportteja 2020:5.
- Lepistö, M. 1999. Haavan viljelymateriaalin tuotanto ja siihen liittyvä tutkimus Metsänjalostussäätiössä. *Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja* 725: 89–98.
- Lepistö, M. & Napola, J. 2005. Siperianlehtikuusi – viljely, käyttö ja jalostus. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2005: 186–193.
- Lesieur, V., Lombaert, E., Guillemaud, T., Courtial, B., Strong, W., Roques, A. & Auger-Rozenberg M.-A. 2019. The rapid spread of *Leptoglossus occidentalis* in Europe: a bridgehead invasion. *Journal of pest science* 92:189–200.
- L'Hirondelle, S.J., Simpson, D.G. & Binder, W.D. 2006. Overwinter storability of conifer planting stock: operational testing of fall frost hardiness. *New Forests*: 32: 307–321.
- Lilja, A., Himanen, K., Poimala, A. & Poteri, M. 2013. Metsäpuiden taimituotantoa ja joulupuiden kasvatusta uhkaavat taudit. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2013: 647–674.
- Lindgren, D. 1993. Breeding *Pinus contorta* in different countries. Teoksessa: Lindgren, D. (toim.). *Pinus contorta*. From untamed forest to domesticated crop. Proceedings of a meeting with IUFRO Working Party S2.02.06. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Forest Genetics and Plant Physiology. Report 11: 264–270.
- Lindgren, D, Lindgren, K. & Krutzsch, P. 1993. Use of lodgepole pine and its provenances in Sweden. Teoksessa: Lindgren, D. (toim.). *Pinus contorta*. From untamed forest to domesticated crop. Proceedings of a meeting with IUFRO Working Party S2.02.06. Swedish

- University of Agricultural Sciences. Department of Forest Genetics and Plant Physiology. Report 11: 238–263.
- Linkosalo, T., Häkkinen, R., Terhivuo, J., Tuomenvirta, H. & Hari, P. 2009. The time series of flowering and leaf bud burst of boreal trees (1846–2005) support the direct temperature observations of climatic warming. *Agricultural and Forest Meteorology* 149(3–4): 453–461.
- Lotan, J. E. & Critchfield, W. B. 1990. Lodgepole pine. https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/misc/ag_654/volume_1/pinus/contorta.htm.
- Louna, T. 2021. Leppien teollinen käyttö. Esitys Dendrologian Seuran tervaleppäseminaarissa 26.11.2021.
- Louna, T. & Valkonen, S. 1995. Kotimaisen raaka-aineen asema lehtipuiden teollisessa käytössä. *Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja* 553. 38 s.
- Luonnonvarakeskus 2022a. MetINFO - Metsien terveys. Vesimyyrä (*Arvicola terrestris*). http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/arterr-n.htm Viitattu 11.1.2022
- Luonnonvarakeskus 2022b. Tilastotietokanta. Siemen- ja taimetilastot. <http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/> Viitattu 15.2.2022.
- Luoranen J., Lappi J., Zhang G. & Smolander H. 2006. Field performance of hybrid aspen clones planted in summer. *Silva Fennica* vol. 40(2) article id 342.
- Luoranen, J., Saksa, T. & Uotila, K. 2020. Metsänuudistaminen. *Metsäkustannus*. 158 s.
- Lukkarinen, A. 2004. Ulkomaisten havupuuviljelmien menestyminen taimivaiheessa. Mikkelin ammattikorkeakoulu. *Metsätalouden koulutusyksikkö. Opinnäytetyö*. 103 s.
- Lukkarinen, A. J., Ruotsalainen, S., Nikkanen, T. & Peltola, H. 2010. Survival, height growth and damages of Siberian (*Larix sibirica* Ledeb.) and Dahurian (*Larix gmelinii* Rupr.) larch provenances in field trials located in southern and northern Finland. *Silva Fennica* vol. 44(5) article id 120.
- Lukkarinen, A. J. 2013. Growth rhythm, height growth and survival of Russian larch (*Larix Mill.*) provenances in greenhouse and field conditions in Finland. *Dissertationes Forestales* 160. 43 s. + liitteet.
- Luostarinen, K. 2011. Density, annual growth and proportions of types of wood of planted fast grown Siberian larch (*Larix sibirica*) trees. *Baltic Forestry* 17 1: 58–67.
- Lähde, E., Werren, M., Etholén, K. & Silander, V. 1984. Ulkomaisten havupuulajien varttuneista viljelmistä Suomessa. (Summary: Older forest trials of exotic conifer species in Finland) *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 125. 87 s.
- Löf, M., Castro, J., Engman, M., Leverkus, A.B., Madsen, P., Reque, J. A., Villalobos, A. & Gardiner, E.S. 2019. Tamm Review: Direct seeding to restore oak (*Quercus* spp.) forests and woodlands. *Forest Ecology and Management* 448: 474–489. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.06.032>
- Maa- ja metsätalousministeriö 2012. Kansallinen vieraslajistrategia. 128 s.

- Maa- ja metsätalousministeriö 2018. Metsäpuiden siementuotannon kehittämisryhmän raportti. 9.2.2018. <https://mmm.fi/documents/1410837/1504826/Siementuotannon+kehitt%C3%A4misryhm%C3%A4n+raportti+9.2.2018.pdf/b1d5d422-8c6a-4c4b-b424-a8743f1bbccc/Siementuotannon+kehitt%C3%A4misryhm%C3%A4n+raportti+9.2.2018.pdf>. Viitattu 21.12.2021
- Macaulay, J.D. 1975. Mechanical seed extraction of lodgepole pine. University of British Columbia. Department of Agricultural Engineering and Faculty of Forestry. 172 s.
- MacDonald, J.E. & Owens, J.N. 2006. Morphology, physiology, survival, and field performance of containerized coastal Douglas fir seedlings give different dormancy-induction regimes. *HortScience* 41(6): 1416–1420.
- Malmqvist, C., Wallertz, K. & Lindström, A. 2017a. Storability and freezing tolerance of Douglas fir and Norway spruce seedlings grown in mid-Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 32(1): 30–38.
- Malmqvist, C., Wallin, E., Lindström, A. & Säll, H. 2017b. Differences in bud burst timing and bud freezing tolerance among interior and coastal seed sources of Douglas fir. *Trees* 31: 1987–1998.
- Malmqvist, C., Wallertz, K & Johansson, U. 2018. Survival, early growth and impact of damage by late-spring frost and winter desiccation on Douglas-fir seedlings in southern Sweden. *New Forests* (2018) 49: 723–736.
- Marčiulygienė, D., Davydenko, K., Stenlid, J., Shabunin, D. & Cleary, M. 2017. *Fraxinus excelsior* seed is not a probable introduction pathway for *Hymenoscyphus fraxinus*. *Forest Pathology* 48(1). e12392. <https://doi.org/10.1111/efp.12392>
- Martinsson, O. & Lesinski J. 2007. Siberian larch. *Forestry and Timber in a Scandinavian Perspective*. JiLU Jämtlands County Council Institute of Rural Development. 90 s.
- Martinsson, O. & Winsa, H. 1986. Främmande trädslag i svenskt skogsbruk. Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsvetenskapliga fakulteten. Rapport 3. 198 s.
- Mason, B. & Valinger, E. 2013. Managing forests to reduce storm damage. Teoksessa: Gardiner, B., Schuck, A., Schelhaas, M-J., Orazio, C., Blennow, K. & Nicoll, B. (toim.). *Living with Storm Damage to Forests*. s. 87–96.
- Matala J. 2020. Hirvieläintuhot muuttuvassa ilmastossa. *Metsätieteen aikakauskirja*. artikkeli id 10497. <https://doi.org/10.14214/ma.10497>
- Matala, J., Nikula, A., Pellikka, J., Aikio, S., Forsman, J., Henttonen, H., Holmala, K., Huitu, O., Jauni, M., Kojola, I., Melin, M., Paasivaara, A. & Pusenius, J. 2021. Hirvieläinten vaikutuksia yhteiskuntaan, elinkeinoihin ja ekosysteemiin. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 38/2021*. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 142 s <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/547582>
- Mattsson, A. & Lassheikki, M. 1998. Root growth in Siberian larch (*Larix Sibirica* Ledeb.) seedlings seasonal variations and effects of various growing regimes, prolonged cold storage and soil temperatures. Teoksessa: Box, J.E. (toim.). *Root demographics and their efficiencies in sustainable agriculture, grasslands and forest ecosystems*. *Developments in plant and soil sciences* vol 82. Springer. Dordrecht. s. 77–88.

- Mattsson, S. & Bergsten, U. 2003. Pinus contorta growth in northern Sweden as affected by soil scarification. *New Forests* 26: 217–231.
- McCartan, S., Webber, J., Jinks, R.L. 2015. Hot-water treatment as a possible method for eradicating *Chalara fraxinea* (*Hymenoscyphus pseudoalbinus*) infection from ash fruits (*Fraxinus excelsior*). *Quarterly Journal of Forestry* 109: 18–23.
- McVean, D.N. 1955a. Ecology of *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. I. Fruit formation. *Journal of Ecology* 43(1): 46–60.
- McVean, D.N. 1955b. Ecology of *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. II. Seed distribution and germination. *Journal of Ecology* 43(1): 61–71.
- Meriluoto, M. & Soininen, T. 1998. Metsäluonnon arvokkaat elinympäristöt. Metsälehti Kustannus.
- Metsänjalostustoimikunnan mietintö 1975. Metsänjalostusohjelma vuosiksi 1976-85. Komiteanmietintö 1975:25. 209 s. + liitteet.
- Metsäkeskus 2021b. Tietoa metsitystuesta. <https://www.metsakeskus.fi/fi/metsatalouden-tuet/metsitystuki/tietoa-metsitystuesta> Viitattu 21.12.2021
- Metsäkeskus 2022. Metsäsertifiointi. <https://www.metsakeskus.fi/fi/metsan-kaytto-ja-omistus/oikeudet-ja-velvollisuudet/metsasertifiointi>. Viitattu 9.2.2022
- Miettinen, L. 1932. Tutkimuksia harmaalepikoiden kasvusta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 18(1). 86 s.
- Mikola, P. 1954. Kokeellisia tutkimuksia metsäkarikkeiden hajaantumisenopeudesta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 43(1). 50 s.
- Mikola, P. 1955. Liberation of nitrogen from alder leaf litter. *Acta Forestalia Fennica* 67(1). 10 s.
- Mikola, P. 1956. Studies on the decomposition of forest litter by Basidiomycetes. Summary: Tutkimuksia metsäkarikkeiden hajaantumisesta kantasienien vaikutuksesta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 48(2): 1–22.
- Mikola, P. 1978. Tervaleppä typensitojana. *Dendrologian Seuran Tiedotuksia* 9(1): 18–22.
- Mikkonen, S., Laine, M., Mäkelä, H. M., Gregow, H., Tuomenvirta, H., Lahtinen, M. & Laaksonen, A. 2015. Trends in the average temperature in Finland, 1847–2013. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 29: 1521–1529.
- Miller, B.F., Cambell, T.A., Laseter, B.R., Ford, W.M. & Miller, K.V. 2009. White-tailed deer herbivory and timber harvesting rates: Implications for regeneration success. *Forest Ecology and Management* 258: 1067–1072.
- Miller, G.E., Hedlin, A.F. & Ruth, D.S. 1984. Damage by two Douglas-fir cone and seed insects: correlation with cone crop size. *J. Entomol. Soc. Brit. Columbia* 81: 46–50.
- Milligan, H.T. & Koricheva, J. 2013. Effects of tree species richness and composition on moose winter browsing damage and foraging selectivity: an experimental study. *Journal of Animal Ecology* 82: 739–748.

- Moracho, E., Moreno, G., Jordano, P. & Hampe, A. 2016. Unusually limited pollen dispersal and connectivity of Pedunculate oak (*Quercus robur*) refugial populations at the species' southern range margin. *Molecular Ecology* 25(14): 3319–3331. <https://doi.org/10.1111/mec.13692>
- Mork, E. 1951. Factors influencing germination of seed from *Pinus silvestris*, *Picea abies*, *Betula verrucosa* and *B. pubescens*. *Medd. Norske Skogsförsöksvesen* 38: 161–173. (viittaus Nygrenin 2003 mukaan)
- Müller, M., Piri, T. & Hantula, J. 2012. Ilmaston lämpeneminen haastaa nykyistä tehokkaampaan juurikäävän torjuntaan. *Metsätieteen aikakauskirja* 4: 312–315.
- Müller, M., Sievänen, R., Beuker, E., Meesenburg, H., Kuuskeri, J., Hamberg, L. & Korhonen, K. 2014. Predicting the activity of *Heterobasidion parviporum* on Norway spruce in warming climate from its respiration rate at different temperatures. *Forest Pathology* 44(4): 325–336.
- Möykkönen, T. & Pukkala, T. 2014. Modelling of the spread of a potential invasive pest, the Siberian moth (*Dendrolimus sibiricus*) in Europe. *Forest Ecosystems* 1:10. <https://doi.org/10.1186/s40663-014-0010-7>
- Månsson, J., Kalén, C., Kjellander, P., Andrén, H., Smith, H. 2007. Quantitative estimates of tree species selectivity by moose (*Alces alces*) in a forest landscape. *Scandinavian Journal of Forest Research* 22: 407–414.
- Nabel, M.R., Newton, M. & Cole, E.C. 2013. Abundance of natural regeneration and growth comparisons with planted seedlings 10–13 years after commercial thinning in 50-year-old Douglas-fir, Douglas-fir/western hemlock, Oregon Coast Range. *Forest Ecology and Management* 292: 96–110.
- Nakladal, O. & Brinkeova, H. 2015. Review of historical outbreaks of the nun moth (*Lymantria monacha*) with respect to host tree species. *Journal of Forest Science*: 61(1): 18–26.
- Nevalainen, S. & Pouttu, A. (toim.) 2016. Metsätuhot vuonna 2015. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 32. 36 s.
- Nevalainen, S., Matala, J., Korhonen, K.T., Ihalainen, A. & Nikula, A. 2016. Moose damage in National Forest Inventories (1986–2008) in Finland. *Silva Fennica* 50(2) article ID 1410. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1410>.
- Niculescu, V.-N. 2019. Natural range, site requirements and shade tolerance. Teoksessa: Spiecker, H., Lindner, M., Schuler, J. (toim.). Douglas-fir – an option for Europe. European Forest Institute. s. 33–39.
- Nielsen, L.R. & Kjaer, E.D. 2010. Gene flow and mating patterns in individuals of wych elm (*Ulmus glabra*) in forest and open land after the influence of Dutch elm disease. *Conserv Genet* 11: 257–268. DOI 10.1007/s10592-009-0028-5
- Nielsen D.G., Muilenburg V.L. & Herms D.A. 2011. Comparative resistance of Asian, European, and North American birch (*Betula*) spp. to bronze birch borer (Coleoptera: Buprestidae). *Environmental Entomology* 40, 648–653.
- Niemistö, P., Viherä-Aarnio, A., Velling, P., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2008. Koivun kasvatusta ja käyttöä. *Metsäkustannus*. 254 s.

- Nikkanen, T. 1993. Risteymäsiementä kahden lehtikuusilajin siemenviljelmältä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 464: 36–44.
- Nikula, A., Matala, J., Hallikainen, V., Ihalainen, A., Pusenius, J., Kukko, T. & Korhonen, K.T. 2021. Modelling the effect of moose *Alces alces* population density and regional forest structure on the amount of damage in forest seedling stands. *Pest Management Science* 77: 620–627. <https://doi.org/10.1002/ps.6081>.
- Nygren, M. 2003. Metsäpuiden siemenopas. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 882. 144 s
- Nyman, T., Ylioja, T. & Roininen, H. 2002. Host-associated allozyme variation in tree cambium miners, *Phytobia* spp. (Diptera: Agromyzidae). *Heredity* 89: 394–400.
- Orlowa-Bienkowskaja, M.J. & Bienkowski, A. 2016. The life cycle of the emerald ash borer *Agrilus planipennis* in European Russia and comparisons with its life cycles in Asia and North America. *Agricultural and Forest Entomology* 18(2): 182–188. <https://doi.org/10.1111/afe.12140>
- Orlowa-Bienkowskaja, M.J. & Bienkowski, A. 2020. Minimum winter temperature as limiting factor of the potential spread of *Agrilus planipennis*, an alien pest of ash trees, in Europe. *Insects* 11(4), 258, <https://doi.org/10.3390/insects11040258>
- Ouden, J., den Jansen, P.A. & Smit, R. 2005. Jays, mice and oaks: predation and dispersal of *Quercus robur* and *Q. petraea* in North-Western Europe. Teoksessa: Forget, P.M., Lambert, J.E., Hulme, P.E. & Vander Wall, S.B. 2005. Seed fate: Predation, dispersal, and seedling Establishment. CABI Publishing. ISBN: 9780851998060. <https://www.cabi.org/cabi-books/ebook/20053005215>
- Owens, J.N. 2006. The reproductive biology of lodgepole pine. FGC extension note; 07. 66 s. <https://forestgeneticsbc.ca/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/2020/07/ExtNote7-Final-web.pdf>
- Owens, J.N., Colangeli, A.M. & Morris, S.J. 1991. Factors affecting seed set in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*). *Canadian Journal of Botany* 69(2). <https://doi.org/10.1139/b91-033>
- PEFC Suomi 2014. PEFC-metsäsertifiointin kriteerit. Suomen PEFC-standardi. PEFC FI 1002:2014. 37 s. + liitteet. http://pefc.fi/wp-content/uploads/2016/09/PEFC_FI_1002_2014_Metsaertifiointin_kriteerit_20141027.pdf
- Pfeffer, S.E., Singh, N.J., Cromsigt, J.P.G.M., Kalén, C. & Widemo, F. 2021. Predictors of browsing damage on commercial forests – A study linking nationwide management data. *Forest Ecology and Management* 479: 118597. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118597>.
- Pellikka, J., Kauhala, K., Holmala, K. & Forsman, L. 2020. Riistan ruokinta ja metsästys. *Suomen Riista* 66: 21–37.
- Perea, E., Venturas, M. & Gil, L. 2013. Empty seeds are not always bad: simultaneous effect of seed emptiness and masting on animal seed predation. *PLOS ONE* 8(6): 1–9. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0065573>
- Persson, A. 1993. Wood properties of *Pinus contorta*. Teoksessa: Lindgren, D. (toim.). *Pinus contorta*. From untamed forest to domesticated crop. Proceedings of a meeting with

- IUFRO Working Party S2.02.06. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Forest Genetics and Plant Physiology. Report 11: 38–59.
- Picornell, A., Recio, M., Ruiz-Mata, R., García-Sánchez, J., Cabezudo, B. & del Mar Trigo, M. 2020. Medium- and long-range transport events of *Alnus* pollen in western Mediterranean. *International Journal of Biometeorology* 64: 1637–1647.
- Pigott, C. D. 1981. Nature of sterility and natural regeneration of *Tilia cordata* near its northern limit in Finland. *Ann. Bot. Fennici* 18: 255–263.
- Pienmunne, E. & Nummi, P. 1995. Vahinkoselkäränkaiset. Helsingin yliopisto, Soveltavan eläintieteen laitos. Julkaisuja/Reports 22. Yliopistopaino. 61 s.
- Pihlström, K. 2021. Tervetuloa tervaleppä! Blogi. Metsälehti. <https://www.metsalehti.fi/blogit/tervetuloa-tervaleppa/> Viitattu 9.2.2022.
- Pihlström, K. & Viherä-Aarnio, A. 2020. Suomalaisten puut arjessa ja ajatuksissa. *Metsäkustannus*. 367 s.
- Piri, T. 1996. The spreading of the S type of *Heterobasidion annosum* from Norway spruce stumps to the subsequent tree stand. *European Journal of Forest Pathology*. 26(4): 193–204.
- Piri, T., Selander, A., Hantula, J. & Kuitunen, P. 2019. Juurikäpätuhojen tunnistus ja torjunta. Suomen Metsäkeskus. 55 s. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/juurikaapatuhojen-tunnistaminen-ja-torjunta.pdf>
- Poteri, M. 1992 Screening of clones of *Betula pendula* and *B. pubescens* against two forms of *Melampsorium botulinum* leaf rust fungus. *Forest Pathology* 22(3): 166–173.
- Pukall, K. 2019. Douglas-fir discourse in Europe. Teoksessa: Spiecker, H., Lindner, M., Schuler, J. (toim.). Douglas-fir – an option for Europe. European Forest Institute. s. 111–116.
- Pulkkinen, M. 1989. The distribution and ecology of the *Strobilomyia* flies (Diptera, Anthomyiidae) infesting larch seed and cones in Finland. *Annales Entomogici Fennici* 55 (2): 41–47.
- Pulkkinen, P. 2002. Possibilities of controlling the wood properties of hybrid aspen. Teoksessa: Hynynen, J. & Sanaslahti, A. (toim.). Management and utilization of broadleaved tree species in Nordic and Baltic countries – Birch, aspen and alder. *Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja* 847: 51–56.
- Pötzelsberger, E., Spiecker, H., Neophytou, C., Mohren, F., Gadza, A. & Hasenauer, H. 2020. Growing non-native trees in European forests brings benefits and opportunities but also has its risks and limits. *Current Forestry Reports* 6: 339–353
- Raisio, J. 1996. Jalopuiden lisäys ja lisääntyminen. Teoksessa: Jalopuumetsät. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. s. 30–37.
- Raisio, J. 2016. Tammen (*Quercus robur* L.) kukintabiologia ja -fenologia. Kukintahavainnot 1999–2006, Bromarv Framnäs, Parainen, Lenholm. Lisensiaatintutkimus. Metsänjalostus, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto.

- Raisio, J. & Vihervuori, L. 2021. Saarnenjalosoukko ja muita uhkia kaakkoisrajan takaa. *Sorbifolia* 52(3): 111–117.
- Randlane, T., Tullus, T., Saag, A., Lutter, R., Tullus, A., Helm, A., Tullus, H. & Pärtel M. 2017. Diversity of lichens and bryophytes in hybrid aspen plantation in Estonia depends on landscape structure. *Canadian Journal of Forest Research* 47(9): 1202–1214. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2017-0080>
- Rantala, J. 2003. Organisaation toimintamallin vaikutus metsänistutustyön kustannustehokkuuteen. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2003: 97–107.
- Rantala J. & Laine T. 2010. Productivity of the M-Planter tree-planting device in practice. *Silva Fennica* vol 44 no. 5 article id 125: 859–869. <https://doi.org/10.14214/sf.125>
- Rantala, S. & Anttila, T. 2004. Lehtikuusen kasvatusta ja käyttöä. *Metsälehti Kustannus*. 110 s. + liitteet.
- Raulo, J. 1972. Lepikot tuottaviksi sekametsiköiksi. *Metsä ja Puu* 6–7: 16–17.
- Raulo, J. 1977. Development of dominant trees in *Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh. plantations. *Communications Institutii Forestalis Fenniae* 90(4): 1–15.
- Rea, R.V., Hjeljord, O. & Härkönen, S. 2014. Differential selection of North American and Scandinavian conifer browse by northwestern moose (*Alces alces andersoni*) in winter. *Acta Theriologica* 59(2): 353–360.
- Reinikainen, J. 1997. Lehtikuusi ja muut ulkomaiset havupuut. *Metsäkustannus*. Helsinki. ISBN 952-5118-05-3. 172 s.
- Reuhkala, M. 2004. Hies- ja rauduskoivun kasvun ja tuotoksen vertailu kivennäismaalla. Opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Metsäalan yksikkö, Ähtäri. 25 s.
- Rikala, R. 2012. Metsäpuiden paakkutaimien kasvatustapa. *Metsäntutkimuslaitos*. 247 s.
- Roques, A., Auger-Rozenberg, M.-A. & Boivin, S. 2006. A lack of native congeners may limit colonization of introduced conifers by indigenous insects in Europe. *Canadian Journal of Forest Research* 36: 299–313.
- Roques, A., Auger-Rozenberg, M.-A., Capretti, P., Sauvard, D., La Porta N. & Santini, A. 2019. Pests and diseases in the native and European range of Douglas-fir. Teoksessa: Spiecker, H., Lindner, M., Schuler, J. (toim.). *Douglas-fir – an option for Europe*. European Forest Institute. s. 63–72
- Rokio, I. 1909. Kiteen lehtikuusipuisto. *Tapio* 2: 46–50.
- Rooney, T.P. & Waller, D.M. 2003. Direct and indirect effects of white-tailed deer in forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* 181: 165–176.
- Rosvall, O. 1994. Contortatallens stabilitet och motståndskraft mot vind och snö. *Redogörelse nr 2, Skogforsk*. 47 s.
- Rosvall, O. 1995. Rotstruktur hos täckrotsplantor av contortatall och tall. *Arbetsrapport nr 299, SkogForsk, Uppsala*. 17 s.

- Rosvall, O., Jacobsson, S., Karlsson, B. & Lundström, A. 2004. Ökad produktion – trots ökad naturvård? Skogforsk, Redogörelse 1/2004: 23–38.
- Rousi, M. 1983. Myyrien aiheuttamat vahingot Pohjois-Suomen puulajikokeissa talvella 1981/82. Folia Forestalia 569. 10 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-0637-2>
- Rudie, A. W. & Hart, P. W. 1995. Wood and how it relates to the paper products. IPST Technical Paper Series 589. 8 s. <https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/1908/tps-589.pdf>
- Rudolf P.O. 1974. Larix Mill., larch. Teoksessa: Schopmeyer C. S, tech. coord. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handbk. 450. Washington, DC: USDA Forest Service: s. 478–485.
- Rummukainen, U. 1952. "Oravaa pienemmät" käpysatojen kimpussa. Metsätietoa 1952, Nro 5. s. 71–78. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/520522>
- Ruokavirasto 2021. Lehtikuusen siemenviljelysten siemensadot. Tiedosto. Viitattu 18.5.2021.
- Ruokavirasto 2022. Hyväksytty perusaineisto. Kansallinen luettelo. <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/kasvintuotanto/metsapuiden-siemen-ja-taimituotanto/perusaineisto/hyvakskyty-perusaineisto/> Viitattu 15.2.2022
- Ruosteenoja, K. 2013. Maailmanlaajuisiin ilmastomalleihin perustuvia lämpötila- ja sademääräskenaarioita. Sektoritutkimusohjelman ilmastoskenaariot (SETUKLIM) 1. osahanke. Ilmatieteen laitos, Helsinki. 15 s.
- Ruosteenoja, K., Jylhä, K & Kämäräinen, M. 2016. Climate projections for Finland under the RCP forcing scenarios. Geophysica 51(1): 17–50.
- Ruosteenoja, K., Markkanen, T. & Räisänen J. 2020. Thermal seasons in northern Europe in projected future climate. International Journal of Climatology 40(10): 4444–4462.
- Ruotsalainen, S. 1993. IUFRO-70/71 experiments of Pinus contorta – results from northern Finland. Teoksessa: Lindgren, D. (toim.). Pinus contorta. From untamed forest to domesticated crop. Proceedings of a meeting with IUFRO Working Party S2.02.06. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Forest Genetics and Plant Physiology. Report 11: 181–182.
- Ruotsalainen, S. 2004. Kontorta – vain viljelyn vähyys virhe? UPM-Metsä. s. 46.
- Ruotsalainen, S. 2010. Alkuperän vaikutus puulajin menestymiseen. (Summary: The importance of provenance for the performance of forest trees). Sorbifolia 41(4): 149–172.
- Ruotsalainen, S. 2017. The history of cultivation of exotic tree species in Finland. Natural resources and bioeconomy studies 88/2017. Natural Resources Institute Finland, Helsinki. 27 s.
- Ruotsalainen, S. 2018. Raivolan lehtikuusikon ja Suomessa viljeltyjen lehtikuusten alkuperästä. Metsätieteen aikakauskirja 2018-9929. Katsaus. 10 s. <https://doi.org/10.14214/ma.9929>
- Ruotsalainen, S. & Velling, P. 1993. Pinus contorta provenances in northern Finland – first 20 years. Teoksessa: Lindgren, D. (toim.). Pinus contorta. From untamed forest to domesticated crop. Proceedings of a meeting with IUFRO Working Party S2.02.06. Swedish

- University of Agricultural Sciences. Department of Forest Genetics and Plant Physiology. Report 11: 122–136.
- Ruth, D. S. 1980. A guide to insect pests in Douglas fir seed orchards. Environment Canada. Forestry Service. Victoria, B.C. 20 s.
- Räisänen, J. & Ruokolainen, L. 2008. Estimating present climate in a warming world: a model-based approach. *Climate Dynamics* 31: 573–585.
- Rödel, H. G., Völkl, V., Kiliyas, H. 2003. Winter browsing of brown hares: evidence for diet breadth expansion. *Mammalian biology* 69(2004)6: 410–419.
- Saalas, U. 1949. Suomen metsähyönteiset. WSOY. Porvoo. 719 s.
- Saksa, T. & Kankaanhuhta, V. 2007. Metsänuudistamisen laatu ja keskeisimmät kehittämiskohde- teet Etelä-Suomessa. Metsänuudistamisen laadun hallinta -hankkeen loppuraportti. 90 s.
- Salmi, J. 1972. Suomalaisia ja ulkomaisia puulajeja. Osa I: Havupuut. Helsingin yliopiston met- säteknologian laitos. Tiedonantoja N:o 17. 227 s.
- Salmi, J. 1991. Tuomen ominaisuudet ja käyttö. *Sorbifolia* 22(3): 114–116.
- Salmi, J. 1993. Harmaalepän (*Alnus incana*) ominaisuudet ja käyttö. *Sorbifolia* 24(3): 138–142.
- Santini, A., Ghelardini, L., De Pace, C., Desprez-Loustau, M.-L., Capretti, P., Chandelier, A., Cech, T., Chira, D., Diamandis, S., Gaitniekis, T., Hantula, J., Holdenrieder, O., Jankovsky, L. Jung, T., Jurc, D., Kirisits, T., Kunca, A., Lygis, V., Malecka, M., Marcais, B., Schmitz, S., Schu- macher, J., Solheim, H., Solla, A., Szabò, I., Tsopelas, P., Vannini, A, Vettraino, AM., Web- ber, J., Woodward, S. & Stenlid, J. 2012. Biogeographical patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. *New Phytologist* 197: 238–250. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04364.x>
- Saramäki, J. 1981. Hieskoivun kasvu ja kasvatus Pohjanmaalla ja Kainuussa. Metsäntutkimuslai- toksen tiedonantoja 3: 1–37.
- Saranpää P. & Strömberg M. 2004. Haavan ja hybridihaavan kuituominaisuudet. Metsätieteen aikakauskirja 2004:1 artikkeli id 6083. <https://doi.org/10.14214/ma.6083>.
- Sarvas, R. 1964. Havupuut. WSOY. 531 s.
- Sarvas, R. 1969. Lehtikuusen siemenviljelysten perustaminen Pohjois-Suomen tarpeita varten. Muistio. 3 s.
- Schalin, I. 1967. Germination analysis of *Alnus incana* (L.) Moench and *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. seeds. *Oikos* 18: 253–260.
- Schalin I. & Seppälä K. 1964. Tervalepän istutuksen onnistumisesta. *Suo* 15(3): 45–50. <http://www.suo.fi/article/9315>
- Schroeder, M. & Cocos, D. 2018. Performance of the tree-killing bark beetles *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus* in non-indigenous lodgepole pine and their historical host Norway spruce. *Agricultural and Forest Entomology* 20(3): 347–357. <https://doi.org/10.1111/afe.12267>

- Schönrogge, K. 1991. Zur Biologie der Eichenblattwespen *Caliroa cinxia* Klug und *Caliroa annulipes* Klug (Hym., Tenthredinidae) und deren Larvalparasitoiden. *Journal of Applied Entomology* 111(1–5): 365–379.
- Selva, N., Hobson, K.A., Cortés-Avizanda, A., Zalewski, A. & Donázar, J.A. 2012. Mast pulses shape trophic interactions between fluctuating rodent populations in primeval forest. *PLoS ONE* 7(12): e51267. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051267>
- Sennerby-Forsse, L. 1989. Wood structure and quality in natural stands of *Salix caprea* L. and *Salix pentandra* L. Uppsala: UNSPECIFIED, Sveriges lantbruksuniversitet. *Studia forestalia Suecica*;182. 17 s.
- Seppä, H., Alenius, T., Bradshaw, R.H.W., Giesecke, T., Heikkilä, M. & Muukkonen, P. 2009. Invasion of Norway spruce (*Picea abies*) and the rise of the boreal ecosystem in Fennoscandia. *Journal of Ecology* 97(4): 629–640. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01505.x>
- Shearer, R.C. 2008. *Larix* P Mill. Teoksessa: Bonner, F.T. & Karrfalt, R.P. (toim.). *The Woody Plant Seed Manual*. United States Department of Agriculture. Forest Service. *Agriculture Handbook* 727. s. 637–650. https://www.fs.fed.us/rm/pubs_series/wo/wo_ah727.pdf
- Siipilehto, L. 1995. Heinäntorjunnan vaihtoehdot metsänviljelyssä. Kirjallisuustarkastelu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 563. 55 s. ISBN 951-40-1454-5
- Siitonen, J. 1993. Lehtikuusen hyönteistuholaiset Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 464: 71–78.
- Siitonen, J. 1999. Haavan merkitys metsäluonnon monimuotoisuudelle. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 725: 71–82.
- Silander, V., Lehtonen, J. & Nikkanen, T. 2000. Ulkomaisten havupuulajien menestyminen Etelä-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 787. Metsäntutkimuslaitos. Punkaharju. 127 s.
- Simonsen, R., Rosvall, O. & Gong, P. 2008. Lönsamhet för produktionshöjande skogsskötselåtgärder hos Holmen Skog AB. Skogforsk. Redogörelse 2/2008. 35 s.
- Simpson, J.D., Wang, B.S.P. & Daigle, B.I. 2004. Long-term seed storage of various Canadian hardwoods and conifers. *Seed Science and Technology* 32(2): 561–572. <https://doi.org/10.15258/sst.2004.32.2.25>
- Skogforsk 2022. Produkter och evenemang Plantval - Contortatall <https://www.skogforsk.se/produkter-och-evenemang/verktyg/plantval-contortatall/> Viitattu 11.2.2022
- Skogskunskap 2021. <https://www.skogskunskap.se/> Viitattu 1.9.2021
- Skogsstyrelsen 2017. Skador på skog, del 2. Skogsskötselserien nr 12. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotselserien-12-skadorna-pa-skog-del-2-gamla-och-nya-epidemier-och-utbrott-pa-skog.pdf> Viitattu 14.12.2021
- Skogsstyrelsen 2021. Skogsstyrelsens statistikdatabas. Tietokanta. <https://www.skogsstyrelsen.se/statistik/> Viitattu 25.5.2021

- SkogsSverige 2022. Svenska träd. Bok. <https://www.skogssverige.se/skog/svenska-trad/bok-0>
Viitattu 15.2.2022.
- Stein, W.I. & Owston, P.W. 2008. Pseudotsuga Carr. Douglas-fir. Teoksessa: Bonner, F.T. & Karrfalt, R.P. (toim.). The Woody Plant Seed Manual. United States Department of Agriculture. Forest Service. Agriculture Handbook 727. s. 891–906.
- Stener, L.-G. 1995. Larch seed orchards in Sweden. Teoksessa: Martinsson, O. (toim.). Proceedings Larch genetics and breeding. IUFRO Working party S2.02-07. July 31 – August 4, 1995, Remningstorp and Siljansfors, Sweden. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter 39: 185–188.
- Stener, L.-G., Rytter, L., Beuker, E., Tullus, H., Lutter, R. 2019. Hybrid aspen and poplars in the Baltic Sea region and Iceland – Results from a questionnaire and a literature review. Arbetsrapport 999-2019. Skogforsk. 41 s. <https://www.skogforsk.se> › arbetsrapport-999-2019
- Strong, W.B., Bates, S.L. & Stoehr, M.U. 2001. Feeding by *Leptoglossus occidentalis* (Hemiptera: Coreidae) reduces seed set in lodgepole pine (Pinaceae). The Canadian Entomologist 133(6): 857-865. <https://doi.org/10.4039/Ent133857-6>
- Strothman, R.O. 1976. Douglas-fir seedlings planted by four methods...results after 10 years. Res. Note PSW-RN-310. Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. 4 s. <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/30986>
- Suomen FSC-yhdistys 2011. Suomen FSC-standardi 12.5.2011. 47 s. + liitteet. <https://fi.fsc.org/en/node/27992>
- Suszka, B. & Tylkowski, T. 1980. Storage of acorns of the English oak (*Quercus robur* L.) over 1-5 winters. Arboretum Kórnickie 25: 199–229.
- Suszka, B., Muller, C. & Bonnet-Masimbert, M. 1996. Seeds of forest broadleaves from harvest to sowing. Institut national de la recherche agronomique. ISBN: 2-7380-0659-0. 294 s.
- Sutinen, R., Teirilä, A., Pänttjä, M. & Sutinen, M.-L. 2002. Distribution and diversity of tree species with respect to soil electrical characteristics in Finnish Lapland. Canadian Journal of Forest Research 32:1158–1170.
- SVT 2016. Suomen virallinen tilasto. Työvoimakustannustutkimus [verkkajulkaisu]. ISSN=1799-3261. Liitetaulukko 2. Työvoimakustannusten rakenne työnantajasektoreittain vuonna 2016. Helsinki: Tilastokeskus. http://www.stat.fi/til/tvtutk/2016/tvtutk_2016_2018-11-16_tau_002_fi.html. viitattu: 28.9.2021
- SVT 2021. Suomen virallinen tilasto. Luonnonvarakeskus. Metsänhoito- ja metsänparannustyöt. https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_02%20Rakenne%20ja%20tuotanto_12%20Metsanhoito-%20ja%20metsanparannus-tyot/05_Metsanhoito-ja-metsanparannus-tyot.px/. viitattu: 29.9.2021
- Sweeney, J.D., El-Kassaby, Y.A., Taylor, D.W., Edwards, D.G.W. & Miller, G.E. 1991. Applying the IDS method to remove seeds infested with the seed chalcid, *Megastigmus spermotrophus* in Douglas-fir, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. New Forests 5: 327–334.

- TCV 2021. The conservation volunteers. How to grow Alder. <https://treegrowing.tcv.org.uk/grow/tree-recipes/alder>. Viitattu 24.11.2021.
- Tigabu, M. & Odén, P. C. 2004. Simultaneous detection of filled, empty and insect-infested seeds of three *Larix* species with single seed near-infrared transmittance spectroscopy. *New Forests* 27: 39–53.
- Tigerstedt, A.F. 1922. Mustilan Kotikunnas. Kertomuksia kokeista ulkomaisilla puilla ja pensaila Mustilassa vuosina 1901–1921. I Havupuut. (Summary: Arboretum Mustila) *Acta Forestalia Fennica* 24(2). 231 s.
- Tigerstedt, P.M.A. 1975. Kontortamänty (*Pinus contorta* Dougl.) – sen elämänkaari ja viljelymahdollisuudet Suomessa. (Summary: Lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.) – its life cycle and cultivation in Finland. *Dendrologian Seuran Tiedotuksia* 6(2): 46–54, 6(4): 99–109, 124–125.
- Tikkanen, O-P. & Julkunen-Tiitto, R. 2003. Phenological variation as protection against defoliating insects: the case of *Quercus robur* and *Operophtera brumata*. *Oecologia* 136: 244–251.
- Toivonen, R. & Viiri, H. 2006. Adult large pine weevils *Hylobius abietis* feed on silver birch *Betula pendula* even in the presence of conifer seedlings. *Agricultural and Forest Entomology* 8(2): 121–128.
- Tranquillini, W. 1982. Frost-drought and its ecological significance. Teoksessa: Lange OL, Nobel PS, Osmond CB & Ziegler H (toim.). *Encyclopedia of plant physiology*, vol 12B. Springer, Berlin Heidelberg New York, ss. 379–400.
- Trendelenburg, R. & Mayer-Wegelin, H. 1955. *Das Holz als Rohstoff* 2. Aufl. Carl Hanser, München. 541 s.
- Tuimala, A. 1993. Lehtikuusipuun ominaisuudet ja käyttö. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 464: 79–90.
- Turner, J. & Mitchell, S.J. 2003. The effect of short day treatments on containerized Douglas-fir morphology, physiology and phenology. *New Forests* 26: 279–295.
- Tylkowski, T. 1987. Storing of Russian elm (*Ulmus laevis* Pall.) seed over many years. *Arbor. Kórnickie* 32: 297–305. https://rcin.org.pl/Content/195763/KOR001_148796.pdf
- Uotila, A., Kasanen, R. & Heliövaara, K. 2015. *Metsätuhot*. Metsäkustannus. 206 s.
- Uusitalo, M. 2004. European bird cherry (*Prunus padus* L.) – a biodiverse wild plant for horticulture. *Agrifood Research Reports* 61. MTT Agrifood Research Finland. 82 s.
- Uusvaara, O. & Pekkala, O. 1979. Eräiden ulkomaisten ja kotimaisten puulajien puu- ja massateknisiä ominaisuuksia. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 96(2): 1–59.
- Valkonen, S. 1996. Jalopuiden ominaispiirteet. Teoksessa: *Jalopuumetsät*. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. s. 38–55.
- Valkonen, S., Rantala, S. & Sipilä, A. 1995. Jalojen lehtipuiden ja tervalepän viljely ja kasvattaminen. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 575. 112 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1477-4>

- van Loo, M. & Dobrowolska, D. 2019a, Current situation. Teoksessa: Spiecker, H., Lindner, M., Schuler, J. (toim.). Douglas-fir – an option for Europe. European Forest Institute. s. 26–29.
- van Loo, M. & Dobrowolska, D. 2019b, History of introducing Douglas-fir to Europe. Teoksessa: Spiecker, H., Lindner, M., Schuler, J. (toim.). Douglas-fir – an option for Europe. European Forest Institute. s. 21–25.
- van Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G.C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J.-F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S.J. & Rose, S.K. 2011. The representative concentration pathways: An overview. *Climatic Change* 109: 5–31.
- Varmola, M., Salminen, H., Rikala, R. & Kerkelä, M. 2000. Survival and early development of lodgepole pine. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 410–423.
- Veijalainen, N., Jakkila, J., Nurmi, T., Vehviläinen, B., Marttunen, M. & Aaltonen, J. 2012. Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos – vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen. WaterAdapt-projektin loppuraportti (Suomen ympäristökeskus, 2012) Suomen ympäristö 16/2012.
- Venäläinen, A., Lehtonen, I., Laapas, M., Ruosteenoja, K., Tikkanen, O.-P., Viiri, H., Ikonen, V.-P. & Peltola, H. 2020. Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: A literature review. *Global Change Biology* 26(8): 4178–4196.
- Venäläinen, M., Harju, A., Nikkanen, T., Paajanen, L., Velling, P. & Viitanen, H. 2001. Genetic Variation in the Decay Resistance of Siberian Larch (*Larix sibirica* Ledeb.) Wood. *Holzfor-schung* 55: 1–6.
- Venäläinen, M., Heikkonen, S., Terziev, N. & Torniaainen, P. 2019. Durability of the Siberian Larch Heartwood Timber of Different Origin: the Results of 11-Year Ground Contact Test in Finland. *Siberian Journal of Forest Science* 2019 3: 14–19.
- Verkasalo, E. 1997. Hieskoivun laatu vaneripuuna. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 632. 483 s.+ liitteet.
- Viiri H. 2007. Syökö hirvi metsänuudistamisen monimuotoisuuden? *Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 2007 numero 2 artikkeli id 6704*. <https://doi.org/10.14214/ma.6704>.
- Viherä-Aarnio, A. 1999. Hybridihaapa - 40 vuoden takaa uudeksi viljelypuuksi. *Metsäntutkimus-laitoksen tiedonantoja* 725: 13–23.
- Viro, P.J. 1955. Investigations on forest litter. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 67(7). 49 s.
- Vitali, V., Büntgen, U. & Bauhus, J. 2017. Silver fir and Douglas fir are more tolerant to extreme droughts than Norway spruce in south-western Germany. *Global Change Biology* 23:5108-5119. DOI: 10.1111/gcb.13774
- von Segebaden, G. 1993. Lodgepole pine in Sweden – A situation report. Teoksessa: Lindgren, D. (toim.). *Pinus contorta*. From untamed forest to domesticated crop. Proceedings of a meeting with IUFRO Working Party S2.02.06. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Forest Genetics and Plant Physiology. Report 11: 8–23.

- von Weissenberg, K. 1972. Experiences of lodgepole pine in Finland. Paper presented at the meeting of the Nordic Working Group on Provenance Research and Seed Procurement. Varparanta, Finland, Aug. 15–19, 1972. Suonenjoki. 73 s.
- Vuokila, Y. 1960. Siperialaisten lehtikuusikoiden kehityksestä ja merkityksestä maamme metsätaloudessa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 52(5). 111 s.
- Vuokila, Y., Gustavsen, H. & Luoma, P. 1983. Siperianlehtikuusikoiden kasvupaikkojen luokittelu ja harvennusmallit. *Folia Forestalia* 554. 12 s.
- Väisänen, R. 1990. Raita ja hyönteiset. *Sorbifolia* 1990(3): 133–137
- Väisänen, R. & Heliövaara, K. 1991. Tuomen (*Prunus padus*) hyönteiset. *Sorbifolia* 22(4): 179–183.
- Väisänen, R. & Heliövaara, K. 1994. Pihlajan hyönteiset. *Sorbifolia* 25(4): 161–172.
- Väre, H. & Kiuru, H. 2006. Suomen puut ja pensaat. Metsäkustannus. 249 s.
- Väre, H., Saarinen, J., Kurtto, A. & Hämet-Ahti, L (toim.) 2021. Suomen puu- ja pensaskasvio. 3. täysin uudistettu painos. *Dendrologian Seuran Julkaisuja* 10. 552 s.
- Wagenführ, R. & Schreiber, C. 1974. *Holzatlas*. VEB Fachbuchverlag, Leipzig. 690 s. (2. painos) 1989, 720 s.
- Wallertz, K. & Malmqvist C. 2013. The effect of mechanical site preparation methods on the establishment of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) in southern Sweden. *Forestry* 86: 71–78.
- Wallertz, K., Nordenhem, H. & Nordlander, G. 2014. Damage by the pine weevil *Hylobius abietis* to seedlings of two native and five introduced tree species in Sweden. *Silva Fennica*. 48(4): 1–14. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1188>
- Wardle, P. 1961. *Fraxinus excelsior* L. *Journal of Ecology* 49(3): 739–751. <https://doi.org/10.2307/2257236>
- Wesolowski, T., Rowinski, P. & Maziarz, M. 2015. Interannual variation in tree seed production in a primeval temperate forest: does masting prevail? *European Journal of Forest Research* 134: 99–112. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10342-014-0836-0>
- White, M.A. 2012. Long-term effects of deer browsing: Composition, structure and productivity in a northeastern Minnesota old-growth forest. *Forest Ecology and Management* 269: 222–228.
- Williams, C.M., Henry, H.A. & Sinclair, B.J. 2015. Cold truths: how winter drives responses of terrestrial organisms to climate change. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 90(1): 214–235.
- Winder, R., Nelson, E. & Beardmore, T. 2011. Ecological implications for assisted migration in Canadian forests. *The Forestry Chronicle* 87(6): 731–744.
- Witzell, J. & Karlsson, A. 2002. *Anisogramma virgultorum* on saplings of *Betula pendula* and *Betula pubescens* in a district of northern Sweden. *Forest Pathology* 32(4-5):207-212. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0329.2002.00284.x>

- Wohlgemuth, T. Hafner, J., Höltermann, A., Moser, B., Nehring, S. & Rigling, A. 2019. Impact of Douglas-fir on forests and open land habitats. Teoksessa: Spiecker, H., Lindner, M., Schuler, J. (toim.). Douglas-fir – an option for Europe. European Forest Institute. s. 57–62.
- Wullaert, S. 2012. *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera: Gracillariidae), new to the Belgian fauna. *Phegea* 40(3)01.ix.2012:63–65.
- Ylioja, T. 2018. *Leptoglossus occidentalis*, havupuiden siemeniä voittava vieraslaji nyt Suomessa. *Kasvinsuojelulehti* 51 4: 118–121.
- Yu, Q., Tigerstedt, P.M.A. & Haapanen, M. 2001. Growth and phenology of hybrid aspen clones (*Populus tremula* L. × *Populus tremuloides* Michx.). *Silva Fennica* 35(1): 15–25.
- Zajuma, A., Muižnieks, I., Gaitnieks, T., Burņeviča, N., Jansons, Ā. Jansons, J., Stenlid, J. & Vasaitis, R. 2019. Infection and spread of root rot caused by *Heterobasidion* spp. in *Pinus contorta* plantations in Northern Europe: three case studies. *Canadian Journal of Forest Research* 49(8). <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0507>
- Zamorano, J.G., Hokkanen, T. & Lehtikoinen, A. 2018. Climate-driven synchrony in seed production of masting deciduous and conifer tree species. *Journal of Plant Ecology* 11(2): 180–188. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtw117>
- Zasada, J.C. & Strong, T.F. 2008. *Acer* L. Teoksessa: Bonner, F.T. & Karrfalt, R.P. (toim.). *The Woody Plant Seed Manual*. United States Department of Agriculture. Forest Service. Agriculture Handbook 727.
- Zhang, G., Luoranen, J. & Smolander, H. 2007. Short-day treatment during the growing periods limits shoot growth and increases frost hardiness of hybrid aspen. *For. Stud. China*: 9(4): 262–266.
- Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2019. Metsänhoidon suosituksset. Tapion julkaisuja. 252 s. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon_suosituksset_Tapio_2019.pdf
- Örlander, G., Hallsby, G., Gemmel, P. & Wilhelmsson, C. 1998. Inverting improves establishment of *Pinus contorta* and *Picea abies*— 10-year results from a site preparation trial in Northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 13: 160–168.

Liitteet

Liite 1. Kotimaisilta metsätaimitarhoilta vuosina 2006–2020 istutukseen toimitetut taimet keskimäärin vuotta kohti kahtena eri ajanjaksona sekä tieto siitä kuinka monena vuonna taimia on tuotettu myyntiin. Lähde: Luonnonvarakeskus, Tilastotietokanta.

Puulaji	Vuotuinen taimituotantomäärä keskimäärin ajanjaksolla 2006–2020	Vuotuinen taimituotantomäärä keskimäärin ajanjaksolla 2016–2020	Lajin tuotantovuosien lukumäärä ajanjaksolla 2006–2020
Kuusi	108 656 911	110 703 931	15
Mänty	47 995 184	46 867 028	15
Rauduskoivu	4 812 529	5 727 391	15
Tervaleppä	40 488	32 376	15
Hieskoivu	45 123	11 278	15
Tammi	5 130	5 050	14
Siperianlehtikuusi	386 546	266 978	15
Douglasskuusi	17 650	23 463	15
Hybridihaapa	16 632	2 430	13
Kontortämänty	3 529	2 150	12
Vaahtera	121	0	2
Saarni	15	30	2
Metsälehmus	904	365	11
Vuorijalava	343	379	4
Kynäjalava	151	407	4
Pihlaja	200	0	1
Europalehtikuusi	15	45	1
Lännenpihta	132	141	3
Mustakuusi	13 323	6 441	14
Serbiankuusi	7 983	5 172	13
Pyökki	7	0	1
Haapa	486	1 430	3
Visakoivu	131 869	48 007	15

Liite 2. Puulajien maksimiläpimittoja ja pituuksia Suomessa Vihreät jättiläiset -kirjan mukaan (Kauppila ym. 2021). Myös kuolleet puut huomioitu tiedoissa.

Nimi	Tieteellinen nimi	Suurin läpimitto (d1,3 m) cm	Paikkakunta, läpimitaltaan suurimmat	Pisin, m	Paikkakunta, pisimmät
Lännenpihta	<i>Abies lasiocarpa</i>	81	Liperi	26,8	Liperi
Sahalinipihta	<i>Abies sachalinensis</i>	88	Raasepori	32,4	Salo
Siperianpihta	<i>Abies sibirica</i>	115	Somero	40,3	Punkaharju
Vaahtera	<i>Acer platanoides</i>	164	Somemiemi	30,8	Turku
Tervaleppä	<i>Alnus glutinosa</i>	152	Kemiönsaari	32,8	Tammisaari
Harmaaleppä	<i>Alnus incana</i>	58	Keuruu	27,2	Tuusula
Rauduskoivu	<i>Betula pendula</i>	160	Ruovesi	38,5	Punkaharju
Hieskoivu	<i>Betula pubescens</i>	82	Helsinki	30,4	Loviisa
Pyökki	<i>Fagus sylvatica</i>	98	Saltvik	30,0	Salo
Saarni	<i>Fraxinus excelsior</i>	183	Raasepori	35,4	Raasepori
Euroopanlehtikuusi	<i>Larix decidua</i>	176	Kitee	47,3	Punkaharju
Kurilienlehtikuusi	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	79	Vaasa	36,0	Punkaharju
Japaninlehtikuusi	<i>Larix kaempferi</i>	90	Nokia	34,6	Solböle
Kanadanlehtikuusi	<i>Larix laricina</i>	48	Helsinki	31,2	Mustila
Siperianlehtikuusi	<i>Larix sibirica</i>	138	Hausjärvi	44,5	Punkaharju
Kuusi	<i>Picea abies</i>	149	Hausjärvi	45,0	Padasjoki
Engelmanninkuusi	<i>Picea engelmannii</i>	64	Valkeakoski	25,1	Tuusula
Valkokuusi	<i>Picea glauca</i>	93	Valkeakoski	28,4	Valkeakoski
Albertanvalkokuusi	<i>Picea glauca</i> var. <i>albertiana</i>	74	Heinola	28,8	Lohja
Mustakuusi	<i>Picea mariana</i>	42	Punkaharju	19,4	Punkaharju
Serbiankuusi	<i>Picea omorika</i>	58	Mustila	33,1	Mustila
Sitkankuusi	<i>Picea sitchensis</i>	72	Solböle	32,4	Solböle
Banksinmänty	<i>Pinus banksiana</i>	52	Tampere	22,3	Mustila
Sembrämänty	<i>Pinus cembra</i> subsp. <i>sibirica</i>	118	Kangasala	29,1	Nokia
Kontortämänty	<i>Pinus contorta</i> var. <i>latifolia</i>	60	Lappeenranta	34,2	Tuusula
Makedonianmänty	<i>Pinus peuce</i>	102	Valkeakoski	28,8	Punkaharju
Mänty	<i>Pinus sylvestris</i>	158	Lieksa	42,1	Kontiolahti
Tsaarinpoppeli	<i>Populus × berolinensis</i> 'Petrowskiana'	226	Heinola	37,2	Heinola
Hybridihaapa	<i>Populus × wettsteinii</i>	76	Tuusula	36,4	Hattula
Haapa	<i>Populus tremula</i>	155	Juva	35,7	Savonlinna
Tuomi	<i>Prunus padus</i>	56	Salo	21,8	Järvenpää
Douglaskuusi	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	112	Mustila	43,0	Mustila
Tammi	<i>Quercus robur</i>	248	Kaarina	32,0	Raasepori
Raita	<i>Salix caprea</i>	144	Espoo	26,2	Vihti
Halava	<i>Salix pentandra</i>	78	Hattula	22,2	Virrat
Pihlaja	<i>Sorbus aucuparia</i>	77	Lappeenranta	24,0	Raasepori
Metsälehmus	<i>Tilia cordata</i>	191	Hämeenlinna	36,5	Salo
Vuorijalava	<i>Ulmus glabra</i>	176	Helsinki	38,4	Raasepori
Kynäjalava	<i>Ulmus laevis</i>	171	Helsinki	33,2	Raasepori

*Pyökin pituustieto: Jukka Lehtonen 17.10.2021

Liite 3. Eri puulajien puuaineen kuiva-tuoretiheyksiä sekä kuitu- ja kutistumisominaisuuksia. Nämä arvot edustavat käytettyjen lähteiden ilmoittamia arvoja; puuaineen ominaisuudet voivat vaihdella lajin sisällä puun iän, rungon kohdan, kasvupaikan ym. mukaan.

Puulaji	Kuiva-tuoretiheys, kg/dm ³	Kuidun pituus, mm	Kuidun läpimitta, µm	Kutistuminen: säteen suunta / tangentin suunta
Tervaleppä	420 ²	1,2 ¹	28 ¹	4,4 % ² / 7,3 % ²
Hieskoivu	480 ²	1,3 ¹	25 ¹	5,3 % ² / 7,8 % ²
Tammi	600 ²	1,1 ¹	23 ¹	5 % ² / 10 % ²
Siperianlehtikuusi	490 Suomessa ²	3,1 ¹⁴	–	5,4 % ² / 12 % ²
Douglaskuusi	430 Suomessa ²	3,9 ³	35–45 ³	4 % ² / 7 % ²
Hybridahaapa	380 ⁶	1 ⁴	20 ⁵	–
Kontortamänty	430 ²	3,1 ³	35–45 ³	4,3 % ² / 6,7 % ²
Kuusi	380 ²	3,4 ⁷	31 ⁷	3,6 % ² / 7,9 % ²
Mänty	420 ²	3,1 ⁷	35 ⁷	3,7 % ² / 7,8 % ²
Metsävaahtera	550 ²	0,7–1,1 ^{8*}	10–20 ^{8*}	3,0 % ² / 8,0 % ²
Lehtosaarni	590 ²	0,9 ¹	22 ¹	5,5 % ² / 8,0 % ²
Metsälehmus	390 ²	0,9 ⁸	18 ⁸	5,5 % ² / 9,1 % ²
Vuorijalava ja kynäjalava	520 ²	1,2 ⁹	–	5,5 % ² / 8,0 % ²
Harmaaleppä	361 ¹⁰	0,83 ¹³	–	–
Lehtotuomi	500 ²	1,5 ¹⁵	–	4,7 % ² / 8,7 % ²
Raita	480 ²	0,80 ¹¹	–	3,9 % ² / 6,8 % ²
Kotipihlaja	540 ²	0,9 ¹²	–	4,9 % ² / 8,3 % ²

*tieto vuorivaahterasta (*Acer pseudoplatanus*)

Taulukon lähdetiedot:

1 = Ezpeleta & Simon 1970

2 = Fagerstedt ym. 2016

3 = Isenberg 1980

4 = Pulkkinen 2002

5 = Saranpää & Strömberg 2004

6 = Kärkkäinen 1980

7 = Trendelenburg & Mayer-Wegelin 1955

8 = Bosshard 1974

9 = Wagenführ & Schreiber 1974

10 = Hakkila 1970

11 = Sennerby-Forsse 1989

12 = Uusvaara & Pekkala 1979

13 = Bruun & Slungaard 1959

14 = Koizumi ym. 2003

15 = Uusitalo 2004

Liite 4. Siemenviljelysten lukumääriä lajeittain Suomessa ja eräissä naapurimaissa.

Tieteellinen nimi	Laji	Suomi	Ruotsi	Viro	Latvia	Liettua	Tanska
<i>Pinus sylvestris</i>	Mänty	81	89	29	54	12	3
<i>Picea abies</i>	Kuusi	32	40	10	12	23	7
<i>Larix sibirica</i>	Siperianlehtikuusi	6	1				
<i>Betula pendula</i>	Rauduskoivu	2	10	3	8	2	2
<i>Alnus glutinosa</i>	Tervaleppä	2	3	2	3	19	1
<i>Acer platanoides</i>	Vaahtera	3	1				1
<i>Quercus robur</i>	Metsätammi	2	2		1	8	2
<i>Abies alba</i>	Saksanpihta						2
<i>Fraxinus excelsior</i>	Saarni		1			3	1
<i>Larix × eurolepis</i>	Henrinlehtikuusi		6				11
<i>Larix decidua</i>	Euroopanlehtikuusi			1	1		1
<i>Larix kaempferi</i>	Japaninlehtikuusi						3
<i>Picea sitchensis</i>	Sitkankuusi		4				8
<i>Prunus avium</i>	Imeläkirsikka		1				2
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Douglaskuusi		2				5
<i>Quercus petraea</i>	Talvitammi						1
<i>Tilia cordata</i>	Metsälehmus	2	2		1	17	1
<i>Ulmus laevis</i>	Kynäjalava	2					
<i>Pinus contorta</i>	Kontortamänty		16				
<i>Fagus sylvatica</i>	Pyökki		3				
<i>Larix kaempferi × sibirica</i>	Japanin×siperianlehtikuusi		3				
<i>Pinus nigra</i>	Mustamänty		1				
Lajeja, kpl:ta		9	17	5	7	7	16
Siemenviljelyksiä kpl:ta		132	185	45	80	84	51
Lähde		1)	3)	2)	2)	2)	2)

Ruokavirasto, <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/kasvintuotanto/metsapuiden-siemen-ja-taimituotanto/perusaineisto/>,
luettu 5.1.2022

Forematis 2022

Claes Ugglä, Skogsstyrelsen, tiedosto 15.12.2020

Liite 5. Eri puulajien istutuksen kustannusvertailu eriteltynä uudistamisen osatekijöihin (PL1 = ensisijainen viljelypuulaji, PL2 = täydentävä puulaji).

	Terva- leppä	Hies- koivu	Metsä- tammi I	Metsä- tammi II	Lehti- kuusi	Doug- las- kuusi	Hybri- di- haapa	Kontor- ta- mänty	Mänty	Kuusi	Rau- dus- koivu
Muokkaus	Mätäs- tys	Mätäs- tys	Mätäs- tys	Mätäs- tys	Mätäs- tys	Mätäs- tys	Mätäs- tys	Äestys	Äestys	Mätäs- tys	Mätäs- tys
Taimilaji	2-v	1-v	1-v	1-v	1-v	2-v	1-v	1-v	1-v	2-v	1-v
Muokkaustiheys, kpl/ha	1 800	1 800	2 800	2 800	1 300	1 900	1 100	2 700	2 200	1 800	1 600
Muokkaus, €/ha	409	409	500	500	364	418	345	236	236	409	391
PL1 Istut tiheys, (pääpuulaji)	1 800	1 800	1 000	1 000	1 300	1 900	1 100	2 700	2 200	1 800	1 600
PL1 Taimen hinta, €/kpl	0,62	0,37	1,6	1,6	0,26	1	1,67	0,34	0,25	0,26	0,37
PL1 taimet, €/ha	1 116	666	1 600	1 600	343	1 900	1 841	918	550	468	592
PL1 istutusajanmek- nekk, h/ha	12,5	11,5	7,7	7,7	8,3	12,2	7,1	17,3	14,1	11,5	10,3
PL1 työkustannus, €/ha	279	258	171	171	186	272	157	386	315	258	229
PL1 kulkemiskus- tannus, €/ha	19	18	12	12	13	19	11	27	22	18	16
PL1 istutustyö, €/ha	299	275	183	183	199	291	168	413	337	275	245
PL2 laji, (sekoitus)			Kuusi	Kuusi							
PL2 Istutustiheys, (sekoitus)			1 800	1 800							
PL2 Taimen hinta, €/kpl			0,26	0,26							
PL2 taimet, €/ha			468	468							
PL2 istutusajanmek- nekk, h/ha			12	12							
PL2 työkustannus, €/ha			258	258							
PL2 kulkemiskus- tannus, €/ha			18	18							
PL2 istutustyö, €/ha			275	275							
Taimisuoajat, €/PL1- taimi			2,00	2,00			2,00				
Suojattavat taimet			1 000	200			1 100				
Taimisuoajat (PL1), €/ha			2 000	400			2 200				
Suojausajanmek- nekk, h/ha			20	4			22				
Suojaustyön kustan- nus, €/ha			447	89			491				
kulkemiskustannus, €/ha			31	6			34				
Suojaustyö, €/ha			477	95			525				
YHT, €/ha	1 824	1 350	5 503	3 521	906	2 609	5 080	1 567	1 123	1 152	1 228

Liite 6. Raportissa keskeiseen tarkasteluun otettujen kuuden puulajin siementuotannollisia ominaisuuksia ja tutkimustarpeita

	Tervaleppä	Tammi	Hieskoivu	Siperianlehtikuusi	Douglasskuusi	Kontortamänty
Siemenlähteet	Kotimaisia siemenviljelyksiä.	Kotimaisia siemenviljelyksiä. Niiden tuotantomäärä rajallinen. Lisäksi rekisteröityjä siemenkeräysmetsiköitä.	Ei tällä hetkellä siemenviljelyksiä. Siemenet kerättävä metsiköistä.	Kotimaisia siemenviljelyksiä.	Ei siemenviljelyksiä. Pienikokoisia metsiköitä, joista siementä kerätään.	Ei kotimaisia siemenviljelyksiä. Siementä saatavilla Ruotsista.
Siementen varastointi	Varastointi kiuvana, hyvä säilyvyys.	Terhojen varastointi kosteana viileässä, korkeintaan 2 vuotta.	Varastointi kiuvana, hyvä säilyvyys.	Varastointi kiuvana, hyvä säilyvyys.	Varastointi kiuvana, hyvä säilyvyys.	Varastointi kiuvana, hyvä säilyvyys.
Siemenhorros /esikäsittelytarve	Kevyt siemenhorros, käytännössä ei ole tarvittu stratifiointia.	Ei esikäsittelytarvetta.	Kevyt siemenhorros, käytännössä ei ole tarvittu stratifiointia.	Ei esikäsittelytarvetta.	Siemenhorros, hyötyy stratifioinnista.	Kevyt siemenhorros, käytännössä ei ole tarvittu stratifiointia.
Siementuotannon haasteet	Toisinaan kukkien paleltumisongelmia, siementuotanto siemenviljelyksillä ollut ennakoitua heikompaa. Puhdistaminen/lajittelu jossain määrin haastavaa.	Terhojen säilytys haastavaa: Tarkat olosuhdevaatimukset, tuotannon kasvaessa tarvitaan muita puulajeja enemmän varastotilaa.	Lajittelussa ja kylvössä vastaavat haasteet kuin rauduskoi-vulla siementen keveyden vuoksi.	Suuri tyhjen siementen osuus, paljon käpyjen hyönteistuhoja. Lajittelu haastavaa.	Alkuperäisellä levinneisyysalueellaan paljon käpy- ja siementuholaisia. Siemeniin jää kiinni lenninsiiven jäännös, mikä esim. stratifiointissa lisää hometumista.	Kävyt serotiinisia, avaaminen kotimaista mäntyä haastavampaa.
Muuta		Siemensadoissa suurta vuosien välistä vaihtelua.	Hieskoivu ränsistyy nuorena, joten siementuotantoaika puilla suhteellisen lyhyt.	Siemenviljelykset ja niiden tuotantokyky ränsistynyt nopeasti.	Paljon kansainvälisiä tutkimusjulkaisuja ja muuta tietoa siementuotannosta saatavilla.	Siementuotanto käynnistyy metsämäntyä nuorempana. Laji altis käpypikikarsäkkäälle.
Tutkimus- ja kehittämistarpeita	Siemenviljelysten tuotantokyvyn lisääminen, puhdistamistekniikan kehittäminen	Terhojen säilytyksen kehittäminen erityisesti käyttäen nykyisiä varastointiloja.	Siementen puhdistamisessa ja pilleröinnissä tai mitarhakylvöä varten kehitettävää.	Käpy- ja siementuholaislajiston ja tuhojen laajuuden selvittäminen. Pölytyksen edistämisen siemenviljelyksillä.	Siemenkeruumetsiköiden riittävyys siementuotantoa varten ja perimän monimuotoisuus niissä. Käpy- ja siementuholaisen merkityksen tuotannolle.	Jos kotimaista siementuotantoa pyritään järjestämään, erilaisia kehityskohteita mm. siemenviljelysten perustamisessa ja hoidossa.

Liite 7. Raportissa esiintyvien erikoistermien selityksiä

Biofungisidi	Sienituhojen torjuntaan tarkoitettu sieni tai bakteeri.
Boreaalinen	Havumetsien luonnehtima kasvillisuusvyöhyke arktisen tundran ja lauhkean vyöhykkeen seka- ja lehtimetsien välissä. Boreaalisen ja lauhkean vyöhykkeen välissä on hemiboreaalinen vyöhyke.
Fenotyyppinen Fungisidi	Ulkoasuun eli fenotyyppiin perustuva Sienituhojen torjuntaan tarkoitettu kemikaali
Geenivarakokoelma	Metsäpuiden geenivarojen säilyttämiseksi varttamalla tai siementaimilla perustettu viljelmä, johon on kerätty edustava otos lajin luontaisesta geneettisestä muuntelusta
Gibberelliini	Kasvihormoni, joka säätelee mm. puiden kukintaa
IDS-lajittelu	Menetelmä, joka hyödyntää elävien ja kuolleiden siementen erilaista kykyä pidättää imemäänsä vettä
Kaksikotinen Kantapuu	Kasvi, jolla emi- ja hedekukat ovat eri yksilöissä Metsänjalostusta tai metsägeneettistä tutkimusta varten valittu ja rekisteröity puu. Pluspuut kuuluvat yhtenä luokkana kantapuihin.
Lähi-infrapunaspektroskopia	Menetelmä, jossa kohteen rakennetta tarkastellaan sen lähettämän lähi-infrapuna-alueella olevan säteilyn avulla
Mulmi	Lahosta puuaineesta ja hyönteisten ulosteista muodostuva puun kolossa oleva seos
Mulmipuu Pluspuu	Laho, ontto puu, jonka sisustan täyttää mulmi Metsänjalostuksen lähtömateriaaliksi hyvän kasvun tai laadun perusteella valittu puu
PREVAC-käsittely	Vedessä kelluvat siemenet saatetaan alipaineen vaikutuksen alaiseksi, jolloin rikkiäiset siemenet täyttyvät vedellä ja laskeutuvat astian pohjalle
Serotiininen	Käpy, joka avautuu ja varistaa siemenensä vasta kun kuumuus pehmittää käpysuomuja yhdessä pitävän pihkan
Siemenhorros	Siemenissä esiintyvä lepotila, jonka vuoksi siemenet eivät idä suotuisissakaan olosuhteissa. Lepotila voi johtua kemiallisista syistä tai siemenen rakenteista.
Siemenviljely	Siementuotantoa varten perustettu erityinen metsikkö, jonka aineistona ovat yleensä vartetut pluspuut, joskus myös niiden jälkeläiset
Stratifiointi	Siemenhorroksen purkaminen kostea-kylmä- tai kostea-lämpö-käsittelyn avulla
Subfossiilinen	Maakerroksessa (esim. turpeessa) oleva vanha mutta kivetymätön kasvi- tai eläinjäännös.
Yksikotinen	Kasvi, jonka emi- ja hedekukat ovat samassa yksilössä.



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000