



Riikka Piispanen<sup>1</sup>, Jiri Pyörälä<sup>2</sup> ja Sauli Valkonen<sup>3</sup>

## Puuaineen ominaisuudet ja puun laatu eri-ikäisluokissa – tutkimusten yhteenveto

---

Piispanen R., Pyörälä J., Valkonen S. (2023). Puuaineen ominaisuudet ja puun laatu eri-ikäisluokissa – tutkimusten yhteenveto. Metsätieteen aikakauskirja 2023-23005. Tieteen tori. 7 s. <https://doi.org/10.14214/ma.23005>

**Yhteystiedot** <sup>1</sup>Luonnonvarakeskus (Luke), Tuotantojärjestelmät, Helsinki; <sup>2</sup>Helsingin yliopisto, Metsätieteiden osasto, Helsinki; <sup>3</sup>Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat, Helsinki

**Sähköposti** ext.riikka.piispanen@luke.fi

**Hyväksytty** 10.8.2023

---

### Tutkimuskysymykset ja menetelmät niihin vastaamiseksi

Puun laatu on yksi keskeinen elementti vuosikymmeniä jatkuneessa väittelyssä jatkuvan (eri-ikäisrakenteiset metsiköt) ja jaksollisen (tasaikäisrakenteiset metsiköt) metsänkasvatuksen paremmuudesta. Siitä on vuosien vieressä esitetty väitteitä puoleen ja toiseen. Eri-ikäiskasvatuksen puoltajien mielestä jatkuvassa kasvatuksessa puuaine on tiheämpää ja oksat hennompiä, joten puutavara on parempaa. Vastustajien mielestä näin ei ole, koska epämääräisen kasvutavan takia puihin tulee vikoja ja lylyä ja tyvilaho jyllää. Tätä muutamaan argumenttiin perustunutta jankkaamista voitiin kaikessa rauhassa jatkaa vuosikymmeniä, koska kaikki väitteet olivat tyhjän päällä: minkäänlaisia tutkimuksia jatkuvan kasvatuksen puuaineen ominaisuuksista ja puun laadusta ei ollut tehty, ei meillä eikä muuallakaan.

Mutta nyt on tehty. Empiiristen tutkimusten sarja eteläsuomalaisissa eri-ikäisluokissa (*Picea abies* (L.) H. Karst.) on tuottanut tietoa ja vastauksia, sekä edellä kuvattuihin väitteisiin että tutkijoiden itsensä asettamiin kysymyksiin. Tutkimukset koskivat:

- puiden kasvutapaa, kasvunopeutta ja kasvun vaihtelua yli ajan (”lustoprofiili”)
- puuaineen ominaisuuksia (tiheys, lustojen leveys, kuitujen dimensiot, oksikkuus)
- sahatavaran ominaisuuksia ja laatua (kieroutuminen ja muut viat, laatuoluokat)

Tutkimukset tehtiin Luonnonvarakeskuksen ERIKA-koesarjan metsiköistä (Kuva 1) hankituista koepuuaineistoista. ERIKA-koesarja käsittää 25 koemetsikköä Etelä-Suomessa viidellä paikkakunnalla. Koesarja perustettiin vuosina 1991–1995 kuusivaltaisiin metsiköihin, joissa oli harjoitettu eri-ikäiskasvatusta jo 1980-luvun alkupuolelta lähtien, jolloin niissä oli tehty ensimmäinen kokeellinen poimintahakkuu. Metsiköissä vallitsi eri-ikäisrakenteinen tai hyväksi arvioitu pohja sen kehittämiseksi ennen kokeen perustamista; lustonäytteiden perusteella metsiköissä on



**Kuva 1.** Tutkimuksen mittaukset meneillään ERIKA-koemetsikössä. Kuvassa vas. Tapio Nevalainen ja Tapio Järvinen. Kuva: Riikka Piispanen, Luke.

ollut eri-ikäisiä ja -kokoisia puita samaan aikaan jo ainakin 1950-luvulta lähtien. Eri-ikäisrakenne säilyi ja kehittyi lähes kaikissa metsiköissä yhä hallitsevammaksi laatututkimusta edeltäneenä ajanjaksona, jolloin metsiköissä tehtiin vielä kaksi poimintahakkuuta (1991–1996 ja 2007–2011).

Tutkimusaineistot hankittiin metsiköiden kolmannen poimintahakkuun yhteydessä 2007–2011 yhdeksästä metsiköstä kolmella paikkakunnalla (Lapinjärvi, Vesijärvi, Suonenjoki). Valintaperusteena olivat alueellinen kattavuus ja edustavuus tyypilliseksi katsotun eri-ikäisrakenteen suhteen.

Hakkuuta varten tehdyn leimauksen yhteydessä metsiköissä valittiin yhteensä 156 kaatokoepuuta. Otanta oli satunnainen ositettuna puiden läpimittaluokittain (rinnankorkeusläpimitta (d) <10, 10–20, 20–30, 30– cm). Puut kaadettiin ja koesahattiin, ja niistä hankittiin suuri määrä mitattuja tunnuksia ja näytteitä laboratorioissa tehtäviä määrittelyjä varten. Data käsitti siten useita hierarkiatasoja (metsikkö, runko, pölli, poikkileikkauskiekkö, lusto, kuitu). Koesahausta ja kuivausta tehtiin kaupallisella sahalla, jonka yhteydessä tehtiin sahatavaran ominaisuuksien mittausta ja laatuluokitus Pohjoismaisen standardin mukaisesti.

Eri-ikäiskuusikoiden tunnuksia ja saatuja tuloksia verrattiin, mahdollisuuksien mukaan, vastaaviin aineistoihin tasaikäismetsistä. Vertailu perustui olemassa olleisiin, tätä tutkimusta varten käyttöön hankittuihin aineistoihin tai, kun niitä ei ollut, olemassa olleisiin tutkimustuloksiin tai kirjallisuustietoihin. Tasaikäismetsiä edusti Innovood-projektissa tuotettu aineisto, joka käsitti viisi eteläruotsalaista ja kaksi eteläsuomalaista nuorta ja varttunutta kasvatusmetsikköä.

## **Eri-ikäismetsässä ja tasaikäismetsässä kasvaneiden kuusten ratkaiseva ero**

Eri-ikäiskuusikoiden puiden laadun ja puuaineen ominaisuuksien erot tasaikäiskuusikoiden puihin verrattuna aiheutuvat kasvutavasta. Tasaikäisessä kuusikossa avohakkuualueelle istutetuilla taimilla on runsaasti kasvutilaa ja resursseja, ja ne kasvavat pitkään täysin vapaana muiden puiden kilpailuvaikutuksesta. Niinpä kasvu onkin alusta lähtien nopeaa. Kasvaessaan metsä tihentyy ja kilpailuvoimistuu, ja latvuksen sulkeutuessa runkojen paksuuskasvu hidastuu, mutta nopeutuu taas, kun



**Kuva 2.** Alikasvostaimen pituuskasvu oli pitkään hidasta, mutta elpyi, kun kasvutila lisääntyi hakkuun jälkeen. Oksakiehkuroita on paljon, mutta oksat ovat hentoja. Kuva: Erkki Oksanen, Luke.

metsää harvennetaan. Kasvu on siis tasaisen nopeaa, alussa erittäin nopeaa. Eri-ikäismetsässä sen sijaan nuoruvaiheen kasvu on erilainen. Taimet syntyvät luontaisesti kerroksellisen metsän eri kokoisten puiden sekaan, ja pituus- ja paksuuskasvu on hidasta. Alikasvosvaiheen kesto ja kasvunopeus vaihtelevat erittäin paljon sekä metsikön sisällä että metsiköiden välillä. Monet alikasvostaimet joutuvat jurottamaan alikasvoksina jopa kymmeniä vuosia, kun taas toiset kasvavat metsikön harvassa, ehkä lehtipuiden vallitsemassa kohdassa ja kehittyvät huomattavasti nopeammin. Alikasvostaimen kasvu nopeutuu asteittain puun saadessa lisää kasvutilaa, kun isompia puita poistetaan poimintahakkuissa sen ympäriltä (Kuva 2). Vasta alistetusta asemasta päästyään puun kasvu alkaa nopeutua kunnolla, ja valta-aseman saavuttaneiden puiden kasvu on nopeaa, kun samankokoisia tai isompia kilpailijoita on ympärillä vähän. Vanhojen kuusien kasvu eri-ikäismetsiköissä on voimakkaampaa, kuin vastaavan ikäisten ja kokoisten kuusien kasvu tasaikäismetsiköissä.

Tällaisen alikasvoksesta liikkeelle lähtevän kasvutavan takia eri-ikäiskuusikoiden puiden lustoprofiili on puun tyviosassa erilainen kuin tasaikäismetsien puiden. Tasaikäismetsien puissa lustot ovat leveimmillään puun ytimessä ja kapenevat tasaisesti pintaa kohti. Eri-ikäismetsien puissa ytimen lähellä on yleensä ohuiden lustojen vyöhyke, jossa muutaman sentin matkalla voi olla jopa kymmeniä vuosilustoja (Kuva 3). Tämä ytimen lustotihentymä on selvimmin kehittynyt aivan puun tyvellä, koska siinä kehitysvaiheessa kasvu on ollut hitainta. Kun siirrytään rungossa ylöspäin, sisimmätkin lustot paksunevat, koska puu ei siinä pituusvaiheessa ole enää ollut niin





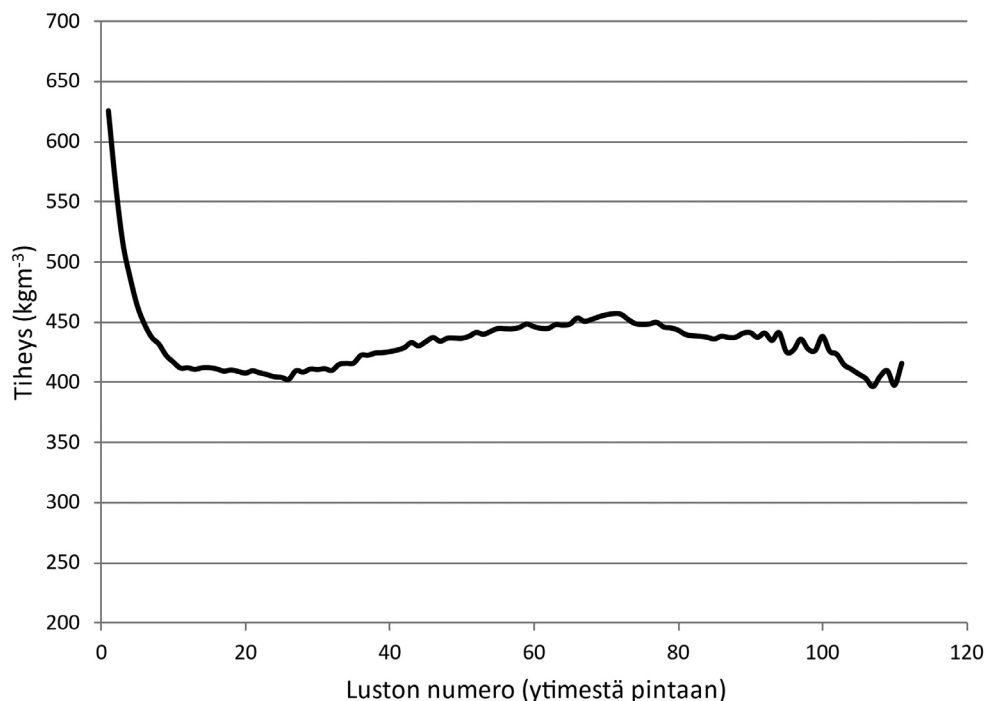
**Kuva 3.** Alikasvosvaiheen hidaskasvu näkyy hyvin ohuiden lustojen tihentymänä rungon ytimestä puun tyvellä. Kuva: Riikka Piispanen, Luke.

alistetussa asemassa. Latvaa kohti tihentyminen katoaa kokonaan ja lustoprofiili vastaa yhä enemmän tasaikäismetsien puiden profiilia samalla korkeudella. Alikasvosvaiheen hidaskasvu ja puun korkea biologinen ikä ei heikennä sen kasvukykyä alistetusta asemasta vapauduttuaan. ERIKA-kokeissa vanhimpien koepuiden biologinen ikä on ollut 180 vuotta, josta jopa yli puolet alikasvoksessa juomista. Siitä huolimatta puut ovat alikasvoksesta vapauduttuaan kasvaneet aivan normaalisti ja kehittyneet varsin nopeasti jopa hyvin järeiksi tukkipuiksi ( $d = 40\text{--}65\text{ cm}$ ).

Toinen alikasvosvaiheessa muodostuva ero on se, että eri-ikäismetsien kuusten tyvellä on oksia tiheässä, mutta ne ovat hentoja (Kuva 2) ja karsiutuvat nopeasti kuoltuaan. Tämäkin piirre keskittyy tyvitukin tyviosaan. Kasvutapojen erosta johtuu myös se, että isojen, hakkuukypsyyttä lähestyvien eri-ikäismetsien kuusten latvukset ovat pitempiä: alikasvosvaiheen jälkeen niillä on enemmän kasvutilaa kuin varttuneiden tasaikäismetsien puilla, ja oksat säilyvät kauemmin elävinä. Tuoreiden oksien vyöhyke on siten pitempi kuin tasaikäismetsien puissa, joissa kuivien oksien vyöhyke ulottuu korkeammalle rungossa. Eri-ikäismetsien puiden runkojen alaosissa voi kuitenkin olla lukumääräisesti paljon pieniä kuivaoksia.

## Tiheys

Eri-ikäismetsien kuusten kasvutapa tuottaa rungon tyviosaan erilaisen tiheysprofiilin ytimestä pintaan päin. Alikasvosvaiheen hitaan kasvun seurauksena eri-ikäismetsien kuusten tyvellä on ytimen lähellä nähtävänä hitaan kasvuvaiheen aikana muodostuneita lustoja, jotka ovat hyvin ohuita ja joiden puuaines hyvin tiheää (Kuva 4). Tämän jälkeen tiheys pienenee n. 15 vuoteen asti, ja alkaa jälleen kasvaa pintaan päin. Myöhemmin tiheys kääntyy pieneneväksi pintaan kohti. Tasaikäismetsien kuusissa tiheys on pienin ytimen lähellä ja kasvaa tasaisesti kohti puun pintaa. Ylempänä rungossa tämä alikasvosvaiheesta peräisin olevan tiheän puun pulikan aiheuttama ero pienenee, ja koko rungon keskiarvona eri-ikäismetsien puun tiheys on vain hieman suurempi.



**Kuva 4.** Puuaineen keskimääräinen tiheys ERIKA-koepuissa rungon tyvellä (60 cm:n korkeudella). Tulos on laskettu Piispasen ym. vuonna 2014 julkaisemalla mallilla niin, että  $d/D_{\text{dom}} = 1$  ja lustonleveydet (ir) vastasivat aineiston keskiarvoja ko. etäisyydellä ytimestä.

## Sahatavaran ominaisuudet ja laatu

Eri-ikäismetsien kuusten tyvitukkien sahatavarassa yleisimmät laadun heikkenemistä aiheuttavat laatutekijät olivat sisäoksien lukumäärä, lyly, irto-oksat ja sisäoksien läpimitta. Latvatukin sahatavarassa vastaavat ongelmat olivat sisäoksien läpimitta, kuivauksenaikainen kieroutuminen ja pihkataskut.

Tyvitukin tyviosan lustotihentymästä huolimatta eri-ikäismetsien puiden sahatavarassa ei ollut tavallista enemmän muodonmuutoksia (kierous, lapevääryys, syrjävääryys, kuperuus). Paremminkin päinvastoin: hidas kasvu vähensi muodonmuutoksia tasaikäismetsien nopeakasvuisiin puihin verrattuna, joiden ydinosissa on runsaasti muodonmuutoksille herkkää paksulustoista nuorpuuta. Toisaalta eri-ikäismetsien puiden tyviosissa oli runsaasti pieniä oksia (”helmioksat”), jotka lisäävät kieroutumista.

Lylyn (reaktiopuu) on usein arveltu voivan muodostua ongelmaksi eri-ikäismetsiköiden puissa, kun niiden kasvuympäristön puusto muuttuu toistuvasti poimintahakkuissa. Isompien puiden vieressä kasvaneen puun latvus voi kehittyä epäsymmetriseksi, ja runkoon muodostuu jännitys tai peräti lievä kallistuma, kun aiemmin ”tukena” kasvanut puu poistetaan. Lylyn osuus sahatavarassa ei kuitenkaan ollut ERIKA-aineistossa suurempi kuin eteläsuomalaisten tasaikäiskuusikoiden sahatavarassa keskimäärin, eikä lyly osoittautunut merkittäväksi kieroutumista aiheuttavaksi tekijäksi ERIKA-aineistossa.

ERIKA-koepuista sahattu kuusisahatavara luokiteltiin vuonna 1994 julkaistun Pohjoismaisen sahatavaran lajitteluohjeen mukaan. Eri-ikäiskuusikoiden sahatavaran laatu oli keskimäärin samantasoista kuin tasaikäiskuusikoiden, mutta laadun vaihtelu oli suurempi: Erityisesti irto-oksien määrä ja kieroutuminen lisäsivät C-laadun osuutta (36 %) suhteessa B-laatuun (25 %), mutta toisaalta myös A-laatuja oli merkittävä osuus (20 %). Jäljelle jäävässä 19 %:ssa (D-laatu) merkittävimmät

laatuun vaikuttavat tekijät olivat lyly, laho ja ydintavaran kieroutuminen. Aineistot eivät kuitenkaan olleet täysin vertailukelpoiset, sillä eri-ikäismetsien kaikki koetukit sahattiin ja saheet luokiteltiin tukin ulkoisista ominaisuuksista riippumatta. Tasaikäismateriaali edusti kaupallisessa sahauksessa keskimäärin tuotettua materiaalia, josta huonolaatuiset tukit oli poistettu aineistosta jo metsässä tai viimeistään ennen sahausta.

## Kuituominaisuudet

Eri-ikäiskuusikot tuottivat teollisen käytön kannalta enemmän korkealaatuista kuitumateriaalia kuin tasaikäiskuusikot. Tämäkin ero johtui kasvutavasta. Eri-ikäismetsien kuusille ominainen vuosilustoprofiili ja valtapuiden pitkä latvus nopeuttavat kuidun pituus- ja läpimittakehitystä lähellä ydintä, sekä lisäävät suurikuituisen puun osuutta pintaa kohti. Tyvitukissa puun pintaosiin muodostuu pitkiä ja läpimitaltaan suuria kuituja. Kevätpuun osuus on suuri: Nuoruusvaiheen hidas paksuuskasvu näyttää johtavan jälsisolukon nopeaan kypsymiseen, ja pienikuituisen nuorpuun määrä jää rungossa pieneksi. Vallitsevassa asemassa pitkä latvus tarkoittaa runsasta yhteyttävää ja haihduttavaa pinta-alaa, mikä vaatii suurikuituisia, kevätpuuvaltaista solukkoa erityisesti rungon tyviosaan vedenkuljetuksen ylläpitämiseksi. Tutkimuksemme koski ainoastaan puun tyviosaa, jossa kasvutapojen ero on suurin. Ylempänä rungossa kuituominaisuudet eivät luultavasti poikkea toisistaan ainakaan yhtä paljon. Hieman suurempi keskimääräinen tiheys parantaa saantoa tilavuuden suhteen. Vaikka eri-ikäiskasvatuksen päätuote onkin järeä tukki, kuitujen ominaisuuksilla on paljonkin väliä. Itse asiassa merkittävä osa tukkipuiden tilavuudesta päättyy nykyisin kuidutukseen: latvat ja lumpit kuitupuupinoon metsässä, hake ja puru sahalta sellutehtaalle.

## Onko eri-ikäiskuusikoiden puu siis parempaa vai huonompaa teollisuuden raaka-ainetta?

Puuaineen ominaisuudet poikkesivat jonkin verran eri- ja tasaikäismetsien välillä, erityisesti puiden tyviosissa. Keskeinen ero johtui puuaineen ominaisuuksien nopeasta kypsymisestä alikasvoksessa. Eri-ikäismetsien puissa nuorpuun osuus täysikasvuissa rungoissa oli siten pienempi, ja puuaineen keskitiheys hieman suurempi. Näiden ominaisuuksien yhteisvaikutukset puun käytettävyyteen sahatavarana eivät olleet lopulta kovinkaan suuria, mutta eri-ikäiskuusikot voivat tuottaa hieman korkealaatuisempaa kuituraaka-ainetta kuin tasaikäismetsä.

Puuaineen itsensä paremmuutta tai huonommuutta kenties oleellisempi havainto liittyi tämän katsauksen tutkimuksissakin kasvunopeuden eroihin samanikäisissä rungoissa eri- ja tasaikäisrakenteisissa metsissä. Tutkimukset osoittivat, että kuusi kykenee toipumaan pitkästäkin alikasvosvaiheesta ja ylläpitämään vauhdikasta kasvua vielä vanhanakin, kun sillä on runsaasti kasvutilaa valta-asemassaan. Nopeakasvuinen vanha kuusi tuottaa erityisesti tyvellä korkealaatuista puuainetta. Sinällään tämän puuaineen ominaisuudet eivät poikkea tasaikäismetsikön vastaavista, mutta oleellinen ero liittyy vanhojen puiden kasvunopeuteen: tasaikäismetsikössä latvuksen sulkeuduttua vanhojen puiden kasvu tyypillisesti hiipuu ja ominaisuuksiltaan korkealaatuisen kypsän tyvipuun osuus korjattavasta puustosta jää suhteellisen pieneksi.

Eri-ikäismetsien puiden kasvatusaika taimesta hakkuukypsäksi tukkipuuksi on joka tapauksessa selvästi pitempi kuin tasaikäismetsässä. Tämä ei automaattisesti johda taloudellisesti huonoon tulokseen, koska hidas kasvu keskittyy alikasvos- ja aluspuuvaiheeseen: Valmiiksi eri-ikäisrakenteisessa metsässä alikasvosta ja pientä puuta on reservissä odottamassa pääsyä nopean kasvun vaiheeseen. Jos lähtökohtana on tasaikäinen metsä, jota aletaan kehittää eri-ikäisrakenteiseksi,

suurta osaa vanhan sukupolven puista joudutaan kasvattamaan poikkeuksellisen pitkään ja taloudellinen kannattavuus heikkenee.

Nykyhinnoittelussa puun laadusta ei puukaupoilla makseta ylimääräistä, joten metsänomistajalla ei ole kannustinta pidentää puiden ikää sen paremmin eri-ikäis- kuin tasaikäismetsiköissäkään. Tulevaisuudessa hiilensidonnasta tai puun laadusta maksettavat kompensatiot voisivat lisätä eri-ikäiskasvatuksen houkuttelevuutta kohteilla, joilla on edellytykset valta-asemassa olevien puiden iän pidentämiseen.

Kuusen juurikäävän (*Heterobasidion parviporum* Niemelä & Korhonen) aiheuttama laho voi helposti kehittyä mittavaksi ongelmaksi eri-ikäiskuusikoissa ja aiheuttaa kasvutappioita ja laatuongelmia, jotka ovat suhteellisesti vakavampia erityisesti vanhoissa yksilöissä. Jos metsikössä on jo juurikäöpätartunta, se ei sovellu kuusen kasvatukseen, ei eri- eikä tasaikäisenä, vaan puulaji pitää vaihtaa. Jos juurikäöpää ei ole, tartunta voidaan täysin estää tekemällä hakkuut kylmänä vuodenaikana, jolloin juurikäävän itiöitä ei ole ilmassa eikä siten tartuntavaaraakaan.

Puun ”laadussa” ei aina ole kyse pelkästään ”hyvästä” ja ”huonosta”. Puu muodostaa kasvaessaan erilaista puuainetta sen omista lähtökohdista ja optimoi kasvuaan suhteessa omaan kokoonsa ja ympäristöönsä. Metsäteollisuudessa valmistetaan paljon erilaisia tuotteita sahatavaraista ja sen jatkojalosteista, sekä kuiduista ja puun kemiallisista yhdisteistä, joihin perustuvia uusia lopputuotteita kehitetään koko ajan lisää. Erilaisille puuraaka-aineositteille on siis jatkossa yhä enemmän kysyntää. Kestävän metsänhoidon ja puunhankinnan kannalta tärkeintä on ymmärtää näiden ositteiden muodostumista erilaisissa olosuhteissa ja pyrkiä optimoimaan niiden korjuu sekä jakelu sopivimmalle jalostajalle.

## Lähteet

- Kumpu A, Piispanen R, Berninger F, Saarinen J, Mäkelä A (2020) Biomass and structure of Norway spruce trees grown in uneven-aged stands in southern Finland. *Scan J For Res* 35: 252-261. <https://doi.org/10.1080/02827581.2020.1788138>.
- Piispanen R, Heikkinen J, Valkonen S (2020) Deformations of boards from uneven-aged Norway spruce stands. *Eur J Wood Wood Prod* 78: 533-544. <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01524-x>.
- Piispanen R, Heinonen J, Valkonen S, Mäkinen H, Lunqvist S-O, Saranpää P (2014) Wood density of Norway spruce in uneven-aged stands. *Can J For Res* 44: 136-144. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2013-0201>.
- Pyörälä J (2013) Eri-ikäiskasvatuksen vaikutus kuusen puuaineen laatuun. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, metsätieteiden laitos, Helsinki. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/40716>.
- Pyörälä J, Piispanen R, Valkonen S, Lundqvist S (2022) Tracheid dimensions of Norway spruce in uneven-aged stands. *Can J For Res* 52: 346-356. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2021-0140>.
- Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys (STMY), Föreningen Svenska Sågverksmän (FSS), Treindustriens Tekniske Forening (TTF) (1994) Pohjoismainen sahatavara – Lajitteluohjeet 1. painos. Gummerrus Kirjapaino Oy, Jyväskylä. ISBN 952-90-5750-4.