
**ERIRAKENTEISEN KASVATUSTAVAN VAIKUTUS
MÄNTYSAHATAVARAN LAATUUN**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Metsätalouden koulutusohjelma

Evo syksy 2016

Anssi Kulmala

Anssi Kulmala



Metsätalouden koulutusohjelma
Evon toimipiste

Tekijä	Anssi Kulmala	Vuosi 2016
Työn nimi	Erirakenteisen kasvatustavan vaikutus mäntysahatavaran laatuun	

TIIVISTELMÄ

Erirakenteinen kasvatustapa mielletään erityisesti kuusen kasvatustavaksi. Opinnäytetyö on osa Luonnonvarakeskuksen pilottitutkimusta, joka käsittelee männyn erirakenteista kasvatusta. Opinnäytetyön tarkoituksena oli esitellä tutkittu kasvatustapa sekä selvittää, millaista sahatavaraa saadaan erirakenteisesti kasvaneesta männiköstä. Opinnäytetyössä keskityttiin sahatavaran visuaalisen laadun tutkimiseen pohjoismaisen sahatavaran laatu- ja lajitteluohteen mukaisesti. Lisäksi selvitettiin sahatavaran lujuusominaisuuksia akustisen menetelmän avulla.

Tutkimusaineisto koostui 14 ylispuusta sekä 14 pienemmästä, alemman jakson puusta. Vanhoista ylispuista sahattiin kustakin kolme tukkia: tyvitukki, kahdeksan metrin korkeudelta latvatukki sekä latvusrajan alapuolelta pölli. Nuoremista koepuista sahattiin vain tyvitukki ja pölli. Koetuksesta saaduista sahatavarakappaleista mitattiin laatutekijät, kuten oksien määrä, laatu ja läpimitta sekä muodonmuutokset ja muut vikaisuudet.

Laatuluokituksessa todettiin oksaisuuteen liittyvien vikojen olevan yleisimpiä sahatavaran laatuluokan määrääviä tekijöitä. Vanhojen puiden tyvitukeista saatiin paljon A-laatuluokkiin sijoittuvaa sahatavaraa. Etenkin parasta A1-laadun sahatavaraa saatiin runsaasti. Sekä laatu- että lujuusluokittain tarkasteltuna todettiin, että tyvitukeista saatiin ominaisuuksiltaan parasta sahatavaraa. Rungolla ylempänä sahatavaran laatu ja lujuus olivat heikompia. Pienistä koepuista saatiin vain vähän A-laatuluokkien sahatavaraa, yleisimmät laatuluokat niiden osalta olivat C ja D. Tutkimuksessa todettiin, että järeistä ylispuista voidaan saada paljon erittäin hyvälaatuisia ja lujaa sahatavaraa. Alemman jakson puihin ei ollut vielä ehtinyt muodostua hyvälaatuisia, oksatonta puuainesta.

Avainsanat Mänty, Erirakenteinen kasvatustapa, Sahatavara

Sivut 40 sivua

Degree Programme in Forestry
Evo campus

Author	Anssi Kulmala	Year 2016
Subject	The Quality of Scots Pine Timber in Different-Aged Forest	

ABSTRACT

It is often considered that only spruce can grow in a different-aged forest. This thesis is a part of the Finnish Natural Resources Institute's pilot research on different-aged Scots pine forests. The aim of this thesis was to present this kind of forestry and to find out the quality of timber grown in a different-aged forest. In this study the examination of the visual quality of pine timbers was focused on. The quality of the timbers was classified using the guidelines of Nordic Timber – Grading Rules. The strength was determined by acoustic methods.

The research material considered 14 trees from the higher and 14 from the lower crown layer. From the older trees three logs were sawn, one from the base, one from eight meters height and one below the canopy. From the younger trees only two logs were sawn, one from the base and one below the canopy. The quantity, quality and diameter of the knots, transformations of the timbers and other defects were measured. All these variables have influence on the quality of the timber.

The defects considering different kinds of knots were the most common variable to determine the grading of the timbers. There was plenty of A-class timber in the base logs of the older pines. Especially the proportion of the best A1-class timbers was significant. It was discovered that the quality and strength properties of the timber were the best at the base logs. Higher on the trunk these properties were poorer. Only a few A-class timbers was possible to get from the younger trees. The most common quality classes were C and D. In this study it was discovered that it is possible to get a lot of strong and high-quality timber from the very old pines. This high-quality and knotless timber has not yet formed to the younger trees.

Keywords Scots pine, different-aged forestry, timber

Pages 40 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET.....	2
3	MÄNNYN KASVATUS.....	3
3.1	Männyn erirakenteinen kasvatus.....	4
3.1.1	Erirakenteisen kasvatuksen edut.....	4
3.1.2	Erirakenteisen kasvatuksen ongelmat.....	6
4	TUTKIMUSKOHDE.....	8
4.1	Tutkimuskohteen historia.....	10
5	MÄNNYN OMINAISUUKSIA.....	13
5.1	Tiheys.....	13
5.2	Lujuus.....	13
5.3	Sahatavaran lujuuslajittelu.....	13
5.4	Sahatavaran laatuun vaikuttavat tekijät.....	14
5.4.1	Oksaisuus.....	14
5.4.2	Muodonmuutokset.....	15
5.4.3	Muut viat.....	16
5.4.4	Halkeamat ja vajaasärmäisyys.....	16
5.5	Mäntysahatavaran hyödyntäminen.....	17
6	TUTKIMUSAINEISTO.....	18
6.1	Maastotyöt.....	18
6.1.1	Tutkimuspuiden valinta.....	18
6.1.2	Koepuiden kaato.....	19
6.1.3	Oksatietojen mittaus.....	19
6.1.4	Koetukit ja -kiekot.....	19
6.1.5	Apteerausohje.....	20
6.2	Koetukkien sahaus.....	21
6.2.1	Sahausasete.....	22
6.3	Kuivaus.....	23
6.4	Sahatavaran lujuusluokitus.....	24
6.5	Sahatavaran laatuluokitus.....	25
6.5.1	Oksaisuus.....	26
6.5.2	Muodonmuutokset.....	26
6.5.3	Muut viat.....	26
7	TULOKSET.....	27
7.1	Tiheys.....	27
7.2	Laadun määräävät viat.....	28
7.2.1	Oksaisuus.....	29
7.2.2	Kierous.....	31
7.3	Lujuus.....	32
7.4	Laatuluokkajakaumat.....	34

8 POHDINTA.....	36
LÄHTEET	39

1 JOHDANTO

Vuoden 2014 alussa voimaan tullut metsälaki sallii entistä vapaamman metsien uudistamisen ja kasvattamisen. Paljon keskustelua aiheuttanut erirakenteiskasvatus (eli jatkuva kasvatus) on mielletty lähinnä vaihtoehtoiseksi kuusikoiden metsähoitomuodoksi. Opinnäytetyö käsittelee kuitenkin jatkuvan kasvatuksen soveltamista männikköön. Opinnäytetyö on osa Luonnonvarakeskuksen ERIKA-projektia (41007-00001704), joka käsittelee erirakenteista metsänkasvatusta ja puun laatua. Mänty tutkimus Evon Rivierankankaalla aloitettiin maaliskuussa 2015 koepuiden valinnalla. Toukokuussa alkoivat koepuiden kaato-, sahaus-, kuivaus- ja mittaustyöt, jotka kestivät heinäkuun loppuun saakka.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää kuinka laadukasta sahatavaraa on saatavissa jatkuvan kasvatuksen männiköistä. Kiinnostuksen kohteena olevassa menetelmässä männikkö kasvatetaan kaksijaksoisena. Varttunut männikkö hakataan siemen- tai suojuspuuasentoon, ja sen alle syntyy luontaisen uudistumisen kautta uusi puusukupolvi. Ylispuustoa harvennetaan, mutta ei poisteta koskaan kokonaan, vaan osasta kasvatetaan korkealaatuisia järeitä puita pitkällä kasvatusajalla. Osalla vanhoja puita on jopa kaksinkertainen kiertoaika normaaliin verrattuna. Kasvaessaan ne vaikuttavat alemman jakson puiden laatuun pitämällä niiden oksikkuutta ja paksuuskasvua kurissa. Tavoitteena on selvittää saadaanko pidennetyllä kasvatusajalla mahdollisesti erityisen hyvälaatuista puuainesta ja puutavaraa. Opinnäytetyössä selvitetään myös, syntyykö erityisen pitkstä kasvatusajasta ongelmia puun laadulle.

Tämän kaltaista tutkimusta ei ole ennen tehty ja sen vuoksi saadut tulokset ovat tärkeitä. Pilottitutkimuksen heikkouksina voidaan nähdä pieni otanta ja se, että kohdemetsikkö on ääriesimerkki hyvin suuresta ikäerosta kahden puusukupolven välillä, jolloin ylispuut ovat poikkeuksellisen iäkkäitä käytännön metsätalouteen nähden. Tällainen tutkimusasetelma on kuitenkin erittäin hyödyllinen ja mielenkiintoinen lähtökohta laajempien tutkimusten aloittamiselle, koska se paljastaa heti mihin menetelmä äärimmillään vietyinä johtaa, ja siitä voidaan pitkälti päätellä miten tämän kaltainen metsänkasvatus voisi toimia. Tilanne, jossa tutkimuskohteen kaksijaksoisen puuston ikäero olisi pienempi, ei kuvaisi yhtä hyvin pidennetyt kasvatusajan vaikutusta puun kehitykseen. Pohdintaosiossa pyritään tuomaan esiin ongelmia, joita voitaisiin ratkaista jatkotutkimuksia suunniteltaessa.

2 OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää erirakenteisesta männiköstä saatavan sahatavaran ominaisuuksia ja laatua pohjoismaisen sahatavaran laatu-
luokitteluohjeen perusteella. Tutkimuksessa selvitetään, kuinka laadukasta sahatavaraa saadaan ylemmän jakson vanhojen puiden rungon eri osista sahatuista tukkeista. Lisäksi työssä tutkitaan, millaista laatua on tähän mennessä kehittynyt alemman jakson puihin, joista osa on saavuttanut tukkikoon. Opinnäytetyössä määritetään sahatavaran laatuluokat ja kuvataan laatutekijät rungon eri osissa. Visuaalisen laatuluokituksen lisäksi selvitetään sahatavaran lujuus akustisen mittauksen perusteella.

Opinnäytetyössä esitellään myös tutkimuskohteena olleen, Evolle historiallisesti merkittävän, Rivierankankaan männikön kehitystä 1800-luvun lopulta nykyhetkeen. Tarkoituksena on selvittää, miksi metsikkö on kehittynyt sellaiseksi kuin se nyt on ja, miten metsää on aikanaan käsitelty. Työssä kerrotaan myös lyhyesti erirakenteisen metsänkasvatuksen periaatteista ja sen soveltuvuudesta männyn kasvatukseen. Opinnäytetyössä esitellään männyn erirakenteinen kasvatustapa, jollaista Evon tutkimuskohde edustaa.

3 MÄNNYN KASVATUS

Mänty (*Pinus sylvestris*) on Suomen yleisin puulaji, jonka levinneisyys kattaa koko Suomen tunturipaljakoita ja saariston uloimpia luotoja lukuun ottamatta. Suomessa alueilleen tunnusomaisia laajoja männiköitä on Lapissa, Suomenselällä sekä Pohjois-Satakunnassa, jossa maa on karua ja vähäravinteista. Maailmanlaajuisestikin mänty on laajalle luontaisesti levinnyt kaukaa Siperiasta aina Keski-Eurooppaan asti. Männyn punertavan rungon tulisi olla pitkä, suora ja oksattoman rungon osan mahdollisimman pitkä. Tällaisesta rungosta saadaan paljon laadukasta sahatavaraa. Oikealla kasvupaikalla kasvaneesta männystä saadaan laatupuuta, jota on mahdollista hyödyntää monissa eri käyttökohteissa. (Helsingin yliopisto 2006.)

Kasvupaikaltaan mänty ei ole kovin vaativa vaan menestyy hyvin myös karuilla kasvupaikolla, kunhan valoa on riittävästi. Mänty uudistuu hyvin luontaisesti siemenpuista sekä kylvämällä, joten aiemmin suosittu männyn istutuksen on todettu olevan taloudellisesti huonosti kannattavaa. Istutusmänniköt ovat myös usein laadultaan heikompia kuin kylvetetyt tai luontaisesti uudistuneet. Istutettujen mäntyjen huonoon laatuun johtaa yleensä liian harva istutustiheys ja siihen nähden liian rehevä kasvupaikka sekä puutteellinen istutustekniikka. Huonosti istutettu taimi voi olla alusta asti vinossa tai huonosti maahan tiivistetty taimi saattaa kaatua, jolloin rungosta tulee lenko. Viljavammilla kasvupaikoilla nopeasti kasvanut mänty on laadultaan heikompaa kuin karummalla kasvupaikalla kasvanut. Nopeasti kasvaessa lustojen leveydet ovat suuremmat, eikä puuaine yllä tiheydensä ja lujutensa puolesta rakennesahatavaran vaatimuksiin. Lisäksi tuolloin mänty on oksikkaampaa ja runkoon saattaa tulla mutkia. Mäntyä suositellaankin kasvattamaan kuivahkoilla ja sitä karummilla kankailla tai vastaavilla turvemaiilla. (Kellomäki, Lämsä, Oker-Blom & Uusivaara 1992, 108, 110.)

Pelkästään kasvupaikka ei vaikuta männyn laatuun vaan myös kasvatustiheys ja perintötekijät. Etenkin taimikkoaikainen puuston tiheys vaikuttaa tulevan sahatavaran laatuun. Jotta olisi mahdollista saada laadukasta oksatonta tyvitukkaa, tulee oksien karsiutua rungon alaosista mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Karsiutumiseen vaikuttaa ennen kaikkea puuston tiheys. Tiheämmän puuston latvus sulkeutuu nopeammin kuin harvan. Varjoon jäävien alempien oksien yhteyttäminen ja kasvu hidastuvat, joten ne kuivuvat ja karsiutuvat pois. Liian kauaa mäntyä ei kuitenkaan voida kasvatata näin, koska liian pitkään tiheässä kasvaessaan puu riukuuntuu ja latvus supistuu. Oikea-aikaisilla harvennuksilla mänty säilyy elinvoimaisena ja tuottavana pitkään. Harvennuksien ajankohta riippuu männikön taimikkovaiheen tiheydestä. Tiheänä kasvanut taimikko tulee harventaa lyhempänä kuin harvassa kasvanut. Erittäin harvana kasvanut taimikko ei välttämättä vaadi taimikon harvennusta lainkaan, vaan ensimmäinen harvennus on ensiharvennus. Olemassa olevien puiden laatua ei voida harvennusvaiheessa enää paljon parantaa, mutta metsikön laatu paranee huonoja puita poistamalla ja hyviä kasvattamalla. (Kellomäki ym. 1992, 102, 109, 111–113.)

3.1 Männyn erirakenteinen kasvatus

Männyn erirakenteiskasvatus on poiminta- ja pienaukkohakkuin hankalaa ja onnistuu hyvin ainoastaan Pohjois-Suomen karuilla kasvupaikoilla. Mäntyä on kuitenkin mahdollista kasvattaa erirakenteisesti, oikeanlaisella tavalla, oikealla paikalla. Tutkimusmetsikkö kuvaa toimivaa kasvatustapaa Etelä-Suomen mäntymaille, mukaan lukien hieman ravinteikkaammat kasvupaikat, kuten puolukkatyyppin kangas. Tutkittu kasvatustapa tarkoittaisi tasarakenteisen hakkuukypsän männikön harvennusta tiheään siemenpuuasentoon niin, että maanpintaan pääsee tarpeeksi valoa männyn uudistumiseen. Maanmuokkauksen avulla paljastetulle alueelle syntyy nopeasti tiheä männyntaimikko, jota voidaan tarvittaessa harventaa. Taimikkoa ei pyritä väkisin kasvattamaan tasapituisena, vaan vaihtelua voidaan sallia. Tämä on vastoin nykyisiä taimikon harvennusohjeita, joissa kehoitetaan poistamaan etukasvuiset sekä alle jääneet taimet. Vaihtelua voidaan jopa suosia, jos metsän erirakenteisuutta halutaan korostaa. (Valkonen 2016.)

Tavoitteena on saada aikaan kaksijaksoinen metsikkö. Ylispuustoa harvennetaan, mutta muutamia vanhempia puita kasvatetaan niin pitkään, että alempi jakso saavuttaa lopulta ylemmän jakson ja kehittyy jälleen tasarakenteiseksi suureksi metsäksi. Tässä vaiheessa ollaan jälleen alkutilanteessa jolloin metsikkö hakataan taas siemenpuuasentoon. Näin ollen vanhimmat metsässä kasvavat puut ovat jo kahden kiertoajan ikäisiä eli 160 vuotta, jos oletetaan kiertoajaksi 80 vuotta. Näin vanhoista puista on mahdollista saada järeää, oksatonta ja arvokasta sahatavaraa. Ylispuista saadaan normaalia korkealaatuisempaa tukkia kasvatusjakson eri vaiheissa, kun niitä poistetaan alemman jakson harvennuksien yhteydessä vähitellen. Näin saadaan suurempia tuloja myös alemman jakson harvennuksista. (Valkonen 2016.)

Ylispuut luovat valmiiksi hieman peittävän latvuksen, mikä johtaa kilpailun valosta alemmassa kerroksessa. Kilpailun vuoksi puu ei kasvata niin paksuja oksia ja myös oksakulma on suurempi. Sulkeutunut latvus johtaa myös vanhimpien oksien kuolemiseen jo aikaisessa vaiheessa. Pitkä ikä yhdistettynä hitaaseen nuoruusajan kasvuun ja nopeaan alaoksien karsitumiseen takaavat, että puutavarassa on vähän huonolaatuista nuorpuuta ja hyvää tasalaatuista puuta on paljon. (Valkonen 2016.)

3.1.1 Erirakenteisen kasvatuksen edut

Vallitseva jaksollinen metsätalous aiheuttaa useita vuosia kestävästä maisemallisen haitan, kun metsä uudistetaan avohakkuulla ja viljelyn onnistumista edesautetaan maanmuokkauksella. Maisemallisten haittojen lisäksi aukko köyhdyttää alueen biodiversiteettiä pitkäksi aikaa kasvillisuuspeitteen syntymisen jälkeenkin. Moni eliölaji vaatii vanhoja puita tai tietynlaisia kenttäkerroksen kasveja sekä pysyvästi varjoisia olosuhteita. Esimerkiksi mustikka on monelle lajille tärkeä, etenkin riistalinnuille. Riistan

osalta hirvi on ainut laji, joka todella hyötyy jaksollisesta kasvatuksesta, koska se käyttää männyntaimikoita talviravinnokseen. Erirakenteisella männyn kasvatuksella voitaisiinkin ehkäistä viljelytaimikoiden laatua merkittävästi alentavien hirvituhojen esiintymistä, koska taimikkoalat olisivat vähemmän yhtenäisiä. Lisäksi luontaisesti uudistuessa taimitiheydet ovat suuremmat, joten osalla taimista on mahdollisuus selvitä hirvituhoista huolimatta. Pienemmät taimikkoalat myös mahdollisesti ohjaisivat hirvet hakemaan ravintoaan laajemmin, jolloin yksittäiselle metsänomistajalle ei koituisi niin suuria tappioita. (Lindén, Lilja-Rothsten, Saaristo & Keto-Tokoi 2014, 9–11.)

Muita viljelytaimikoille tyypillisiä tuholaisia ovat myyrät ja tukkimiehentäit. Tukkimiehentäi käyttää ravinnokseen nuorten havupuiden taimien kuorta ja nilaa. Pahin tuho ajoittuu yleensä hakkuiden jälkeisiin vuosiin, jolloin kannoissa ja kuorikasoissa eläneet tukkimiehentäin toukat kehittyvät aikuisiksi ja lähtevät etsimään tuoretta ravintoa. Myyrät, joista yleisin taimikkotuholainen peltomyyrä, aiheuttavat merkittävää tuhoa etenkin metsitetyillä pelloilla ja heinittyneillä taimikkoaloilla. Myyräkannan vaihtelu kulkee tasaisessa 3–5 vuoden syklissä, joten pahimpia myyrätuhovuosia pystytään ennustamaan. Taimikoiden hoitotyöt voidaan yrittää ajoittaa niin, että vältettäisiin pahimmat myyrätuhot. Eläinten aiheuttamat metsätuhot kokonaisuudessaan ovat pinta-alallisesti pieniä, mutta paikallisesti tuho voi olla totaalista ja toistuvaa, etenkin hirvituhojen osalta. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2008, 223–224.)

Erirakenteinen metsikkö kestää tasarakenteista metsikköä paremmin myös luonnontuhoja, kuten tuulta ja pakkasta. Tuuli kaataa helposti suurenkin alan tasaista metsää, kun se pääsee pureutumaan avohakkuun reunaan. Kerroksellisessa metsikössä tuuli ei pääse puhaltamaan alempien suojaavien kerrosten vuoksi. Toisaalta, kun tasarakenteinen metsikkö harvennetaan erirakenteiselle kasvatukselle edulliseen asentoon, joutuvat pisimmät puut alttiiksi kovemmalle tuulelle kuin ennen. Tämän vuoksi perustettaessa erirakenteista metsikköä täytyy huolehtia, ettei kasvamaan jätettävä puusto koostu aiemmin tiheässä kasvaneista tuuleen tottumattomista puista tai pienaukkojen välisistä kapeista kaistaleista. Myös lumi ja halla aiheuttavat usein tuhoa viljelytaimikoissa, mutta erirakenteinen suojaava metsä kestää ne huomattavasti paremmin. (Pukkala, Lähde & Laiho 2011.)

Erirakenteista, jatkuvasti peitteistä metsikkörakennetta tukevat myös tutkimukset, jotka käsittelevät hiilensidontaa ja hydrologiaa. Avohakkuu ja maanmuokkaus kiihdyttävät maahan sitoutuneen hiilen vapautumista ilmakehään ja jatkuvasti peitteinen metsikkö taas käyttää kokoajan ilmakehässä olevaa hiiltä yhteyttämiseen. (Pukkala ym. 2011) Vesistöjen pilaantumisesta keskustellaan nykyään jatkuvasti. On todettu, että metsätalous aiheuttaa valtakunnallisesti noin viisi prosenttia vesistöjen typpi- ja noin kahdeksan prosenttia fosforikuormituksesta. Kuitenkin alueilla, joilla maatalous on vähäistä, ovat prosentuaaliset luvut paljon suuremmat. Ravinteet pääsevät kulkeutumaan vesistöihin avoimilta ja muokatuilta hakkuualoilta runsaamman pintavalunnan vuoksi. Jatkuva metsänkasvatus pitää maanpinnan aina peitteisenä, joten ravinteita ja vesistöjä värjäävää humusta kulkeutuu näiltä alueilta vähemmän vesistöihin. (Finér 2007.)

3.1.2 Erirakenteisen kasvatuksen ongelmat

Suurimmat ongelmat verrattaessa vallitsevaa metsätaloutta erirakenteiseen kasvatukseen liittyvät kannattavuuteen. Jatkuvan kasvatuksen kannattavuus lähtee siitä, että metsikössä ei tarvitse tehdä kalliita viljelytoimia, kuten maanmuokkausta ja istutuksia. Lisäksi, jos luotetaan metsikön harventavan itse itsensä, ei myöskään taimikon perkauksia tai harvennuksia tarvitse tehdä, toisin kuin viljelytaimikoissa. Erirakenteisesta metsiköstä kerätään puuta tasaisella rytmillä ja poistuva puu on aina enimmäkseen tukkia, josta saa parhaan hinnan puukaupassa. Etuna on myös, että tällä keinolla voidaan kerätä puuta kohteista, joissa se muuten olisi kannattamatonta tai maisemallisesti epäedullista. Tällaisia alueita ovat esimerkiksi suot, kalliot ja virkistysalueet. Jaksollisessa metsänkasvatuksessa ensimmäinen ainespuuta tuottava hakkuu on vasta ensiharvennus noin 30–40 vuoden iässä. Tähän asti metsiköstä on koitunut omistajalleen vain hoito- ja korkokuluja. Jatkuvan kasvatuksen perustamiskulut ovat näkymättömiä, koska ne ovat kiinni pystyyn jätetyssä puustossa. Näiden puiden arvokasvu ei kuitenkaan ole enää niin suurta kuin ennen. (Pukkala ym. 2011.)

Jaksollisen kasvatuksen etuna on viljelytaimikon hyvä onnistumistodennäköisyys ja nopea taimikkovaiheen kehitys. Tasarakenteisissa metsissä puunkorjuu on helppoa ja nopeaa. Työskentelyalue on yleensä pieni ja laadullinen harvennus on helppoa. Näin ollen monitoimikone pystyy tekemään mahdollisimman paljon puuta pienessä ajassa, ja ajokoneella ei kulu kohtuutonta aikaa keräillessään kuormaa. Toisaalta jaksollisten metsien harventaminen on kannattamattomampaa kuin erirakenteisen metsän harvennus, jossa poistetaan suurempaa puuta (Pukkala ym. 2011.).

Erirakenteisesta kasvatuksesta ei Suomessa ole vielä kovin paljon kokemusta, mutta Keski-Euroopassa ja läntisessä Pohjois-Amerikassa menetelmä on ollut käytössä jo pitkään. Suomalaisen metsäammattikunnan käsitykset metsien jatkuvasta kasvatuksesta perustuivat pitkään lähinnä 1800-luvun lopulla vallinneeseen harsintametsätalouteen, joka heikensi aikanaan merkittävästi metsiemme kuntoa. Suomessa ei ole juurikaan varjoa sietäviä kaupallisia puulajeja, mikä aikanaan heikensi poimintahakkuin hoidettujen metsien uudistumista. Lisäksi harsittaessa metsästä valittiin vain kaikkein laadukkaimmat rungot, jolloin kasvamaan jäi huonolaatuisempaa puuta. Harsituista metsistä tuli usein vajaatuottoisia ja huonokuntoisia. Harsintaa ja hyvin suunniteltua erirakenteista kasvatusta ei kuitenkaan pidä sekoittaa keskenään. (Valkonen, Sirén & Piri 2010.)

Tutkimukset ja jo useammalta vuosikymmeneltä kertyneet käytännön kokemukset mm. kaupunkien ja Metsähallituksen erikoismetsistä ovat tuottaneet jo melko hyvät perustiedot erirakenteismenetelmien käyttömahdollisuuksista ja olennaisista piirteistä. Käytännön sovelluksissa ja toimintamalleissa on kuitenkin vielä paljon kehitettävää ja tietämyskin on käytännön toiminnan kannalta riittämätöntä. (Valkonen 2016.)

Männynjuurikäpää aiheuttaa männikössä vakavaa männyntyvitervastautia. Juurikäpää elää jopa 40 vuotta juuristoissa ja kannoissa, vaikka puu kaadettaisiin. Tämän vuoksi mahdollisesti ainoa keino puhdistaa saastunut metsikkö, on kasvattaa alueella puhdasta lehtipuumetsikköä ainakin yhden

puusukupolven verran. Toisin kuin kuusen juurikäpää, joka on vain kuusen vitsaus, tarttuu männynjuurikäpää myös muihin havupuulajeihin. Erirakenteisesti kasvatettaessa puulajin vaihtaminen on hidasta ja puhtaan lehtipuumetsikön aikaansaaminen on hankalaa. Lehtipuumetsikön kasvataminen ei myöskään ole kovin tuottoisa vaihtoehto männyn kasvupaikoilla. Kummankaan juurikäpälajin vaivaamille lahoalueille ei ole järkevää suunnitella erirakenteista kasvatusta, vaan pyrkiä ennemmin puhdistamaan maaperä lehtipuukierrolla. (Valkonen ym. 2010.)

Erirakenteiset hakkuut ja tavalliset harvennuksetkin tulisi suorittaa aina kylmänä vuodenaikana, jolloin juurikäpäitiöt eivät pääse leviämään tuoreisiin kantoihin tai korjuuvaurioihin. Lämpiminä vuodenaikoina tehtävissä hakkuissa tulee aina käyttää kantokäsittelyainetta, joka vähentää juurikäpäätartunnan riskiä. Kantokäsittelystä huolimatta tartuntariski on olemassa korjuuvaurioiden vuoksi. Taitava hakkuukoneenkuljettaja pystyy kuitenkin välttämään vaurioita hyvin suunnitelluilla, riittävän leveillä ja havutetuilla ajourilla. Erirakenteisessa metsikössä korjuuvaurioiden välttäminen ei kuitenkaan ole koskaan 100-prosenttisesti mahdollista. (Piri 2009.) Tutkimusta tehdessä korjuuvaurioita syntyi etenkin ylispuiden leveyden latvusten vaurioittaessa alemman jakson mäntyjä kaatuessaan. Näistä vaurioista osa näkyy kuvassa 1.



Kuva 1. Vaikka koepuiden kaadot tehtiin tutkimuksen yhteydessä erittäin suunnitelmallisesti ja tarkasti, kärsivät monet alemman jakson männyt korjuuvaurioista. Korjuuvauriot ovat avoin reitti sienitaudeille. (Kuva Anssi Kulmala).

4 TUTKIMUSKOHDE

Rivierankangas, joka monissa vanhoissa teksteissä tunnetaan myös nimellä Rusthollinkangas, sijaitsee Hämeen ammattikorkeakoulun Evon toimipisteen välittömässä läheisyydessä, Alisen Rautjärven pohjoispuolella. Maalajiltaan alue on lajittunutta hiekkakangasta, joka on viljavuudeltaan VT eli kuivahko kangas. Puustorakenteeltaan samankaltaista yhtenäistä metsikköä on noin 7,5 hehtaaria. Tutkimusalue sijaitsi Opistontien ja Rautjärventien välisellä alueella, koska tässä puustorakenne oli kaikkein parhaiten kehittyntä tutkimusta varten.

Puustoltaan Rivierankangas on lähes puhdasta männikköä, joitain rauduskoivuja (*Betula bendula*), kuusia (*Picea abies*) ja palsamipihtoja (*Abies balsamea*) lukuun ottamatta. Metsikkö on nykyisiin metsänkasvatuskäytäntöihin nähden poikkeava alue. Puuston rakenne on selkeästi kaksi-, osin jopa kolmijaksoinen. Kaksijaksoisia männiköitä käytetään usein männyn uudistuksessa, josta metsikkö poikkeaa erityisen järeän ja vanhan ylispuuston vuoksi. Puuston rakenteen vaihtelu on huomattavaa kuvion sisällä, joka näkyy kuvassa 2.

Ylimmän latvuserroksen puusto koostuu vanhoista, jopa yli 170-vuotiaista, erittäin järeistä männyistä. Pisimmät yksilöt kurottavat yli 30 metrin korkeuteen ja paksuimmat ovat rinnankorkeusläpimitaltaan reilusti yli 50 senttimetriä. Näitä suuria puita on metsikössä noin 100 runkoa per hehtaari. Suurien ylispuumäntyjen alla kasvaa hyvin kehittynyt alle 50 vuotias männikkö, joista suurimmat puut yltävät läpimittansa puolesta jo reilusti tukkimittoihin. Aukkoisille paikoille on syntynyt lisäksi elinvoimainen vaihtelevan kokoinen mäntyalikasvos. Alimmissa kerroksissa kasvaa myös muutamia rauduskoivuja, kuusia ja palsamipihtoja. Varsinkin pihtoja saattaa pienellä alueella olla todella tiheässä, peittäen koko kenttäkerroksen.



Kuva 2. Rivierankankaan puusto on kaksijaksainen. Lisäksi uutta alikasvosta on noussut aukko paikkoihin runsaasti. (Kuva Anssi Kulmala).

Rivierankankaalla on puuntuotoskyvyn lisäksi suuria maisema- ja virkistysarvoja Evon metsäopiston ja Alisen Rautjärven välittömässä läheisyydessä. Rivierankankaan läpi kulkeekin Ilvesvaellusreitistö, joka on merkitty maastoon vihreillä tassun kuvilla. Tämä noin 70 kilometriä pitkä retkeilyreitistö yhdistää Evon ja Padasjoella sijaitsevan Tauruksen retkeilyalueen. (Hämeenlinnan kaupunki 2016.)

Metsien monikäytön vuoksi Rivierankankaan männikköä hoidetaan nykyisin ottaen huomioon maisema- ja virkistysarvot puuntuotannon ohella. Metsikössä ei suoriteta avohakkuuta ja maanmuokkauksia, vaan se pyritään pitämään jatkuvasti peitteisenä. Hakkuissa alueelta voidaan poimia vanhoja arvokkaita ylispuumäntyjä ja harventaa alempia latvuserroksia, jolloin metsikkö pysyy elinvoimaisena ja uudistuvana. Harventamalla alikasvoskuusia ja -pihoja, männikkö ei pääse kuusettumaan ja säilyttää näin ollen metsämaiseman arvostetun avaran näkymän metsikön sisällä (Karjalainen, Mäkinen, Tyrväinen, Silvennoinen & Store 2010, 52.).

Tutkimusta tehdessä metsiköstä löytyi muutamia männyn tyvitervastaudin vioittamia puita, joiden tyvet olivat erittäin voimakkaasti pihkoittuneita. Tämän vuoksi metsikön tulevaisuutta tulee harkita tarkkaan, ettei tyvitervastauti pääse leviämään laajemmin alueen männiköihin.

4.1 Tutkimuskohteen historia

Evon alueen metsät jäivät 1800-luvun alussa valtion liikamaaksi, jota alueen asuttaneet ihmiset hyödynsivät tehokkaasti. Alueella harjoitettiin sekä metsä- että maataloutta. Metsästä haettiin tuolloin tarvittavat rakennuspuut ja harjoitettiin tervanpolttoa. Viljan viljelyä varten poltettiin usein kaskia, joista tuli pääsi joskus leviämään ja polttamaan suuria metsäaloja. Mahdollisesti tällaisen kaskipalon leviämisen vuoksi tutkimuskohteena olleen Rivierankankaan metsikkö on ollut aikakaudelle poikkeuksellisen tasaista ja nuorta männikköä ensimmäisten metsänvarojen inventointien aikaan vuonna 1871. Inventointituloksien perusteella luodut metsäsuunnitelmat ovat säilyneet nykypäivään Evon lukuisista rakennuspaloista huolimatta. Näistä metsäsuunnitelmista saadut Rivierankankaan metsävaratiedot on koottu taulukkoon 1. (Hämeen maakunta-arkisto n.d.)

Taulukko 1. Evon alueen vanhoista metsäsuunnitelmista kootut Rivierankankaan männikön perustiedot.

Vuosi	Kuvion pinta-ala (ha)	Puuston ikä	Puuston tiheys (v.1950 asti 0,1-1) (v.1962-> ppa m ² /ha)	Puuston tilavuus (m ³ /ha)	Huomioitavaa
1871	3,0	20	-		Muutamia vanhempia mäntyjä
1907	7,8	50	Mänty 0,9	130	Arvopuuta (7m korkeudelta >20cm) 273kpl koko kuviolla, kuusi ja koivu alikasvos
1925	7,8	70	0,9	290	Pääpuulajin osuus 100 %
1935	16,9	80	0,8	300	Pääpuulajin osuus 100 %
1950	17,1	95	0,8	270	Pääpuulajin osuus 100 %
1962	13,0	110	25	270	Pääpuulajin osuus 100 %
1976	3,8	125	30	330	Pääpuulajin osuus 100 %
1984	13,7	135	-	320	Pääpuulajin osuus 80 %
1994	8,4	16	27	235	Ylispuu männikkö, pääpuulajiosuus 100 %

Evon metsäopistossa on aloitettu opetus vuonna 1862 ja vanhimmat metsävaratiedot tutkimuskohteesta löytyvät vuodelta 1871. Kuviointi alueella on vaihdellut historian aikana monesti ja Rivierankankaan metsikön historiasta on tämän vuoksi hankala saada tarkkaa kuvaa. Kuvioiden pinta-ala on vaihdellut 3,8 hehtaarista aina 17,1 hehtaariin. Puuston tilasta saa kuitenkin käsityksen hehtaarikohtaisista puustotilavuuksista. Tietoja tehdyistä hakkuista ei ole saatavilla kuin vuodesta 1987 asti. Tämän jälkeen tehdyt metsänhoitotyöt on arkistoitu hyvinkin tarkasti. (Hämeen maakunta-arkisto n.d.)

Vuonna 1871 alueella kasvoi noin 20 vuotta vanhaa männikköä sekä yksittäisiä vanhempia mäntyjä. 1907 vuoden tiedoissa alueella kasvoi 50-vuotiasta puustoa, josta suurin osa on mäntyä. Alikasvoksena oli kuusta ja koivua. Hehtaaria kohden alueella oli tuolloin noin 130 kuutiometriä puuta. Arvopuiksi määritettiin tuolloin seitsemän metrin korkeudelta mitattuna yli 20 senttimetrin läpimittaiset puut. Tämän kriteerin täyttäviä mäntyjä oli tuolloin 7,8 hehtaarin kuviolla 273 kappaletta. Eli tasaisesti jaettuna 35 arvopuuta hehtaaria kohden. Inventoinnin tulosten mukaan alueen metsät olivat nuoria ja suhde hirrenalkujen ja tukkipuiden välillä oli epätavallinen sen aikaiseen erirakenteisuustavoitteeseen nähden. Seuraavat tiedot alu-

eesta ovat vuodelta 1925, jolloin alueella kasvoi puhdasta noin 70-vuotiasta männikköä. Kirjanpidon mukaan puustotilavuus oli tuolloin kohonnut 290 kuutiometriin hehtaarilla. Todennäköisesti vuosien 1907 ja 1925 välisenä aikana on myös suoritettu hakkuu, jossa on poistettu kuusi- ja koivualikasvos. (Hämeen maakunta-arkisto n.d.)

Vuoden 1935 metsävaraininventoinneissa alueella kasvanut metsä on ollut 80-vuotiasta puhdasta männikköä. Metsän tiheys ei ollut yltänyt täystiheäksi eikä tilavuus ollut kasvanut edellisestä mittauksesta kuin 10 kuutiometriä hehtaarilla, joten alueella on tuona kymmen vuoden ajanjaksona suoritettu jälleen harvennushakkuuta. Seuraava inventointi alueelle on suoritettu 1950, jolloin puuston tilavuus on ollut jälleen hieman pienempi kuin vuonna 1935. Tämä kertoo että alueen puuvaroja on hyödynnetty useasti 1900-luvun alkupuoliskolla. Missään tehdyssä hakkuussa puuta ei ole poistettu isoja määriä, sillä metsikkö on säilynyt lähes täystiheänä jokaisessa mittauksessa. (Hämeen maakunta-arkisto n.d.)

Seuraavaan inventointivuoteen 1962 mennessä männikkö oli yltänyt jo reilusti yli sadan vuoden ikään. Männikkö ei ollut kasvanut edellisiin mittauksiin verrattuna juurikaan tilavuutta, joten hakkuuta on alueella jälleen tehty. Vuoteen 1962 mennessä on otettu käyttöön myös nykyaikainen puuston tiheyttä kuvaava pohjapinta-ala merkintä, joka on tässä metsikössä ollut 25 neliometriä hehtaarilla. Ilmoitettu tilavuus (270 m³/ha) huomioiden puuston on täytynyt olla tuolloin jo hyvin raavasta. Seuraavaan vuoden 1976 inventointiin asti metsikkö on saanut todennäköisesti kasvaa rauhassa. Männikön tilavuus on inventointijaksojen välissä kasvanut 60 m³/ha ja pohjapinta-ala on kohonnut jo 30 m²/ha. Rivierankankaan alueen sisältänyt kuvio on kuitenkin vuosien 1962 ja 1976 inventoinneissa rajattu eri tavoilla. Pieni pinta-alaisena (3,8 ha), vuoden 1976 tuloksia voidaan pitää tutkimuskohteen puuston historiaa tarkkaan kuvaavana. (Hämeen maakunta-arkisto n.d.)

Vuonna 1980 käsiteltiin suuri osa Evon alueelle tyypillisistä vanhoista männiköistä monisärmiöviruksella, jolla pyrittiin estämään laajamittaiset ruskomäntypistiäisten toukkien aiheuttamat tuhot. Monisärmiövirus on rusko- ja pilkkumäntypistiäisen torjunnassa käytettävä biologinen torjuntakeino. (Vuori 2016.)

Vuoden 1984 metsävaratietojen inventoinnin jälkeen Rivierankankaalla suoritettiin hakkuu tammi-huhtikuussa 1987. Hakkuun suunnitteli sen aikainen Evon metsäopiston johtaja Toivo Rauhala, joka oli hyvin kiinnostunut metsien monikäytöstä ja luonnonmukaisuudesta. Hakkuutapa oli Rauhalan kehittämä ja nimeämä ”luu hakkuu”, jossa männikkö käsiteltiin vastaamaan luonnonmukaista uudistumista metsäpalon jäljiltä. Puita jätettiin ryhmittäin noin 200 runkoa hehtaarille. Suuren männikön alle oli ennen hakkuuta kehittynyt nuori mäntyalikasvos, joka pyrittiin säästämään mahdollisimman hyvin. Hakkuun jälkeen toukokuussa ylispuumänniköstä siivottiin hakkuutähteet ja alikasvos hoidettiin poistaen vioittuneet taimet sekä maksimoiden männyn taimien kasvu. Tämä hakkuu on mahdollistanut männikön tämänhetkisen tilan. (Vuori 2016.)

Vuoden 1994 metsävarainvetoinneissa männikkö oli kehittynyt ”luu hakkuun” jäljiltä ylispuiseksi taimikoksi, jonka iäksi oli määritelty 16 vuotta. Alueen pohjapinta-alan ja tilavuuden kuitenkin määrittivät suuret 145 vuotiaat ylispuut. Puuston pohjapinta-ala oli tuolloin 27 m²/ha ja tilavuus 235 m³/ha Tästä inventoinnista kymmenen vuoden kuluttua, tammikuussa 2004, männikössä suoritettiin jälleen maisemanhoitohakkuu, jossa kaadettiin osa ylispuista. Seuraavana kesänä alueelta siivottiin hakkuutähteet ja samassa yhteydessä taimikko harvennettiin tiheyteen 2000 runkoa per hehtaari. Taimikon harvennuksessa suosittiin mäntyä ja poistettiin suurin osa muista puulajeista. Tästä hakkuusta vapautuneen elintilan on nyt vallannut elinvoimainen mänty-, kuusi-, palsamipihta- ja rauduskoivutaimikko. (Vuori 2016.)

5 MÄNNYN OMINAISUUKSIA

5.1 Tiheys

Useimmiten puun tiheyttä ilmaistaessa käytetään ilmakeivatiheyttä, jolloin puun massa ja tilavuus on mitattu, kun puun kosteussuhde on ollut 15 %. Normaalisti männyn ilmakeivatiheys vaihtelee välillä 370–550 kg/km³. Männyn puuaineen tiheys vaihtelee rungon eri osissa. Tiheys kasvaa puun ytimeistä pintaan sekä pienenee tyvestä latvaan. Vuosilustoissa vaaleassa kevätpuussa tiheys on pienempi kuin tummassa kesäpuussa. (Puuinfo n.d.a) Tässä tutkimuksessa käytettiin kuiva-ilmakeivatiheyttä, jossa puun massa on mitattu kuivana ja tilavuus ilmakeivana.

5.2 Lujuus

Puun lujuus vaihtelee suuresti sen mukaan, missä suunnassa syitä vastaan sitä kuormitetaan. Oksat, halkeamat, puun tiheys ja viat, kuten syiden suunta, kieroutuminen kuivauksen aikana ja lylyn määrä vaikuttavat puun leikkauslujuuteen. Sahatavaran lujuusluokittelussa otetaan huomioon puun lujuus monissa suunnissa, kuten taivutuslujuus poikkisyin sekä veto-, puristus- ja leikkauslujuus poikkisyin ja syiden suunnassa. Lisäksi lujuutta mitataan dynaamisella kimmo- ja liukukertoimella, joista liukukerroin kertoo kappaleen kyvystä vastustaa leikkausvoimia ja dynaaminen kimmo-kerroin kappaleen elastisuudesta. Syiden suuntainen vetolujuus on jopa monikymmenkertainen verrattuna syitä vastaan kohtisuoraan kuormitettaessa. Puun lujuuteen vaikuttaa mitattavien voimien lisäksi rasitusaika ja kappaleen kosteus. (Pihlajanmaa & Jantunen 1995, 35–40.)

Perinteisesti sahatavaran lujuusarvot saadaan selville koneellisesti taivutuskokeella, joka kertoo kappaleen dynaamisen kimmokertoimen (modulus of elasticity, MOE). Puun lujuuden koneelliseen arviointiin on kehitetty myös monia muita tekniikoita, kuten röntgen-, ultraääni- ja konenäkömittaus sekä ominaistaajuuden mittaaminen. Lujuutta voidaan arvioida myös visuaalisten ominaisuuksien perusteella, mutta vain määrättyyn lujuuteen asti. Puun lujuuteen vaikuttaa etenkin puun tiheys, tiheimmän puun ollessa lujempaa. Myös puun oksaisuus ja kasvunvaihtelut vaikuttavat puun lujuuteen. Puun vuosilustojen ollessa 1–1,5 mm levyisiä on tiheän kesäpuun osuus suhteessa suurimmillaan, joten puu on erittäin lujaa. Vaikka mäntysahatavaran sydänpuu on tiheydeltään pienempää kuin pintapuuta, voidaan siltä odottaa silti suurta lujuutta. Männyn sydänpuun lujuus perustuu puun suureen hartsi- ja pihkapitoisuuteen. Sen lisäksi, että männyn sydänpuu on lujaa, on se myös luontaisesti lahonkestävää. (Puuinfo n.d.a)

5.3 Sahatavaran lujuuslajittelu

Sahatavaran lujuuslajittelua ohjaa eurooppalainen standardi EN338, joka mahdollistaa sahatavaran CE-hyväksynnän. Standardi koostuu lujuusluokista C14, C16, C18, C20, C22, C24, C27, C30, C35, C40, C45 ja C50, joista C50 on korkein lujuusluokka. Yleisimmät käytetyt lujuusluokat ovat

C18, C24 ja C30. Kotimaassa sahatavaraa myyvien liikkeiden varastot koostuvat lähinnä lujuusluokasta C24, joka on matalin kantaville rakenteille vaadittu lujuus. Etenkään suurikokoista, määrämittaan sahattua ja lujuusluokalta parempaa kuin C30 sahatavaraa ei useinkaan ole saatavilla perinteisistä sahatavaraa myyvistä liikkeistä. Tällainen raaka-aine menee usein suoraan liimapuuteollisuuden käyttöön. (Puuinfo n.d.b) Sahatavara voidaan lujuusluokittaa koneellisesti ja visuaalisesti luokkaan C30 asti, mutta luokat C35–C50 voidaan määrittää vain koneellisesti. (SFS-EN 338/2010.)

Toinen sahatavaran lujuusluokittelua ohjaava standardi on yhteispohjoismainen INSTA 142, joka on hyväksytty vastaamaan EN338-standardin luokitusta. INSTA 142 on visuaalista lujuuslajittelua ohjaava standardi, jossa lujuuden määrittäminen perustuu sahatavarakappaleen ulkoisiin ominaisuuksiin, kuten oksaisuuteen ja vuosilustojen leveyteen. INSTA 142 lujuusluokat ovat T0, T1, T2 ja T3. Vastaavuudet EN338-standardin kanssa ovat T0=C14, T1=C18, T2=C24 ja T3=C30. Näitä suuremmat lujuudet tulee määrittää koneellisesti. (Puuinfo n.d.b)

5.4 Sahatavaran laatuun vaikuttavat tekijät

Laatuluokituksen perustana on Suomen sahateollisuusmiesten yhdistyksen sekä Ruotsin ja Norjan vastaavien organisaatioiden kanssa yhteistyössä luotu visuaalisen laatulajittelun ohje pohjoismaiselle havusahatavaralle. Pohjoismaisen sahatavaran lajitteeluohjeet ovat korvanneet niin kutstutun Vihreän Kirjan, joka määrittä viientisahatavaran laatua yli kolmekymmentä vuotta. Laatuluokat A1, A2, A3, A4, B, C ja D korvasivat käytössä olleet U/S, Kvintta ja Seksta luokitukset. Laatuluokitus määräytyy sahatavarakappaleen oksaisuuden, muodonmuutoksien, muiden vikojen, halkeamien ja vajaasärmäisyyden perusteella. Laatuluokituksessa jokaisella sahatavara dimensiolla on omat raja-arvonsa kunkin muuttujan osalta. (Suomen Saha-teollisuusmiesten Yhdistys 1994, 6–10.) Monilla sahoilla on käytössä myös omia laatuluokitusjärjestelmiä, jotka perustuvat Pohjoismaiseen lajitteeluohjeeseen.

5.4.1 Oksaisuus

Sahatavaran laatuluokitusta kehitettäessä on päädytty tiettyihin kriteereihin oksien läpimitassa, muodossa ja lukumäärässä. Sahatavaran ominaisuuksista juuri sisäoksat ovat visuaalisesti helppoja mitata ja niiden on havaittu vaikuttavan voimakkaasti puun käyttöominaisuuksiin. Sen vuoksi sisäoksien ominaisuuksilla on tärkeä merkitys sahatavaran laatuluokituksessa. Laatuluokituksessa oksaisuus määritetään sahatavarakappaleen huonoimman metrin matkalta.

Pyöreät ja soikeat sisäoksat sijaitsevat sahatavarakappaleen syrjällä tai lappeessa ja ovat suoraan poikkisahattuja. Näiden läpimita saadaan mitattua oksan suurimman ja pienimmän läpimitan keskiarvona. Laaduissa A1–A2 ei oteta huomioon alle 7 mm, eikä muissa laaduissa alle 10 mm pikkuoksia. Sahatavarakappaleen läpi ulottuvia oksia ei sallita laaduissa A1–

A2. Sarvi- ja lehtioksat taas ovat ydinlapeella sijaitsevia halkaistuja sisäoksia. Sarvioksa poikkeaa lehtioksesta siten, että se ulottuu syrjälle saakka. Myös pysty- ja poikaoksa luokitellaan kuten sarvioksa. Sarvioksan koko lasketaan oksan keskeltä mitatun pituuden ja keskeltä mitatun leveyden summana, joka jaetaan kolmella. Lehtioksan koko lasketaan samaan tapaan kuin sarvioksan, mutta pituuden ja leveyden summa jaetaan kuudella. Sisäoksia, jotka sijaitsevat sahatavarakappaleen särmällä, eli lappeen ja syrjän leikkauskohdassa, kutsutaan särmäöksiksi. Särmäoksan lapeella ja syrjällä sijaitsevat osat arvostellaan erikseen. Lapeella sijaitseva sisäoksan osa mitataan ja luokitetaan kuin lapeoksa ja syrjällä sijaitseva osa kuin syrjäoksa. Oksaryhmällä tarkoitetaan vähintään neljän yli 12 mm oksan muodostamia ryhmiä, jotka sijaitsevat sahatavarakappaleessa 150mm matkalla, joko syrjillä tai pintalapeella. Mikäli sisäoksien ympäriltä ei ole erotettavissa selkeää puun syymuodostelmaa, mitataan ne kuin yksi oksa. Oksaryhmiä ei sallita laaduissa A1–A3. (Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys 1994, 50.)

Sisäoksien laatu vaikuttaa merkittävästi laatuluokitteluun. Tuore sisäoksa on vielä elinvoimainen ja on kiinni ympäröivässä puuaineessa yli $\frac{3}{4}$ piiristään. Tuore sisäoksa ei saa olla myöskään lahon vioittama. Kuivan sisäoksan puuaine on kuollutta, usein tummaa sydänpuuta sisältävä, eikä se kasva enää kokoa. Kuiviksi sisäöksiksi lasketaan myös osittain ja kokonaan irtonaiset oksat. Laaduissa A–B tulee kaikkien sisäoksien olla kiinteitä, eikä yli 15 mm irto-oksia tai oksan reikiä sallita kuin laadussa D. Kuorioksat ovat kokonaan tai osittain puun sisään kasvaneen kuoren ympäröimiä oksia, jotka luokitellaan kuiviksi oksiksi, jos niitä ympäröi kuori pienemmältä kuin $\frac{1}{4}$ osuudelta. Laho-oksat puolestaan ovat osaksi tai kokonaan lahon vioittamia oksia eikä niitä sallita A-laadussa laisinkaan. (Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys 1994, 51.)

5.4.2 Muodonmuutokset

Muodonmuutoksien syntyyn vaikuttaa ennen kaikkea sahausasete, eli missä suunnassa puun ytimeen nähden sahatavarakappale on saatu tukista. (Sandberg 2005.) Muodonmuutoksia syntyy sahatavaran kosteuden muuttuessa. Sahatavarakappale kutistuu kuivuessaan eri tavalla vuosilustojen, säteen, tangentin ja syiden suunnassa. Tätä erisuuntaista vaihtelua kutsutaan anisotropiaksi. Suurinta puun kutistuminen on tangentin suunnassa kuivattaessa märkä sahatavarakappale aivan kuivaksi. Kutistuma voi silloin olla tangentinsuunnassa jopa 8 %. Juuri tangentin suuntainen suuri kutistuma aiheuttaa isoihin sahatavarakappaleisiin kuivumishalkeamia. Kosteuden vaihteluiden ja puun sisäisten jännitteiden vuoksi sahatavarakappaleissa esiintyy kieroutumista ja muotovääryyksiä. Myös vuosilustojen välinen tiheyden vaihtelu vaikuttaa puuaineen kutistumiseen, sillä tihein puuaines reagoi voimakkaimmin kosteuden vaihteluun. (Puuinfo n.d.a)

5.4.3 Muut viat

Pihkakolot ovat puun vuosilustojen väliin jääneitä sahatavarakappaleen pituuden suuntaisia pitkittäisiä onkaloita, jotka ovat täyttyneet pihkalla. Pihkakolojen yhteenlaskettu pituus mitataan pintalappeen puolelta sahatavarakappaleittain. Kaarnarosot ovat syntyneet puun sisään jääneen kuoren takia. Kasvuhäiriöstä johtuen puuhun on voinut syntyä kuoppa, jonka reumat ovat puun kasvaessa kuroutuneet umpeen. Kuoren jäädessä puun sisään, syntyy kaarnaroso. Kaarnaroso mitataan samalla tavalla kuin pihkakolo. Koro puolestaan on puun vioittumisen seurauksena syntynyt, mahdollisesti jo kyljestynyt vaurio. Kyljestymän muodostaneen puuaineen puusyyt ovat epäsäännölliset. Korojen läheisyydessä puu voi olla hyvin pihkaista. Pihka on puun luonnollinen puolustautumiskeino sienitauteja ja mikrobeja vastaan, jotka saattavat lahottaa puuta. (Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys 1994, 55–57.)

Muut vikaisuudet, kuten lyly tai muu syyhäiriö, pihkaisuus, vesisilo, tukkisini ja kiinteä laho määritetään laatuluokituksessa prosentteina sahatavarakappaleen kokonaistilavuudesta. (Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys 1994, 57–58.) Lyly eli reaktiopuu, syntyy vahvistamaan normaalia puuainesta epätavallisen mekaanisen rasituksen vuoksi, esimerkiksi puun joutuessa kasvamaan vinossa. Lylypuun solukkorakenne on kierteinen ja erittäin kova ja tiheä, mutta lujuudeltaan heikko. Tämän vuoksi sahattaessa lylypuussa tapahtuu normaalia suurempia muodonmuutoksia, etenkin jos lyly on jakautunut puokappaleeseen epätasaisesti. (Pihlajanmaa & Jantunen 1995, 39.)

Vinosyisyys on puun syiden poikkeama sahatavarakappaleen pituussuunnasta. Vinosyisyys voi johtua puussa olevasta mutkasta, isoista oksista, voimakkaasta kapenemisesta tai kasvukierteisyydestä, johon vaikuttavat puusolujen jakautumista säätelevät perinnölliset tekijät. Vinosyisyyden tiedetään vaikuttavan merkittävästi sahatavaran lujuuteen ja kiertymiseen. (Pihlajanmaa & Jantunen 1995, 38.)

5.4.4 Halkeamat ja vajaasärmäisyys

Halkeamien pituus ilmoitetaan prosentteina sahatavarakappaleen kokonaispituudesta. Alle 100mm pituisia halkeamia ei oteta huomioon pohjoismaisessa laatuluokittelussa. Pääte- ja ydinhalkeamia syntyy varsinkin vanhoihin puihin, kun rungon jännitteet purkautuvat puun kaatuessa. Halkeamista haitallisimpia ovat rengashalkeamat ja pitkät ydinhalkeamat. Vajaasärmäksi kutsutaan sahatavarakappaleen pintaa, jota sahanterä ei ole koskettanut. Vajaasärmä ilmoitetaan prosentteina sahatavarakappaleen kokonaispituudesta ja syrjien paksuudesta. Lisäksi vajaasärmä ilmoitetaan millimetreinä pintalappeelta. (Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys 1994, 53–54.)

5.5 Mäntysahatavaran hyödyntäminen

Mäntysahatavaraa voidaan hyödyntää lukuisissa käyttökohteissa. Puurakentamisessa käyttökohteet vaihtelevat lujuutta vaativasta rakennesahatavaraosta visuaalisesti miellyttäviin sisustuspaneeleihin ja huonekaluihin. Männyn hidas ja tasainen kasvu takaavat sahatavaralta vaadittavan hyvän mitta- ja muotopysyvyyden. A-laatuluokan vähäoksaista mäntysahatavaraa hyödynnetään monissa näkyviin jäävissä kohteissa, kuten listoissa, paneeleissa, ikkunanpuitteissa ja huonekaluissa. Rakennesahatavaran laatuluokka vaihtelee yleisesti A3–C välillä, joissa ulkonäköä merkittävämpi tekijä on lujuus. Myös oksaiselle ja muuten heikkolaatuisemmalle C- ja D-laatuluokan sahatavaralle on käyttöä. Sitä voidaan hyödyntää betonivalumuoteissa, pakkauslavoissa ja sähkökaapelikelloissa. (Puuinfo n.d.a) Männyn sydänpuu on luonnostaan lahonkestävää ja pintapuu puolestaan kyllästyy helposti, joten puu soveltuvuus ulkoilman kosteuden vaihteluille on erinomainen. (Metsäntutkimuslaitos 2010.)

Perinteisesti männystä valmistetaan hirsitaloja, laivojen mastoja, puuveineitä ja veneiden kyllästämiseen käytettävää tervaa. Nykyisin männystä tehdään lujia ja tasalaatuisia liimapuupalkkeja, visuaalisesti näyttäviä viiluja ja erilaisiin käyttökohteisiin soveltuvia levyjä. (Puuinfo n.d.a)

6 TUTKIMUSAINEISTO

Tutkimusalueeksi valikoitunut Rivierankankaan männikkö oli tutkijoiden mukaan paras saatavilla ollut kohde, joka täytti tutkimusmetsikön kriteerit. Kriteereitä valinnassa olivat selvästi kaksijaksoinen puusto, jossa valta-
puuna oli mänty, ylemmän jakson järeys ja korkea ikä, ja jo tukkimittoihin kehittynyt alempi jakso. Tutkimuksen kannalta oli myös hyvä, että metsikön syntyhistoria on melko tarkasti selvillä.

6.1 Maastotyöt

Maastossa tehtävät mittaukset suoritettiin toukokuun 2015 aikana. Mittausryhmään kuului kaksi Luonnonvarakeskuksen tutkimusavustajaa ja kaksi Hämeen ammattikorkeakoulun opiskelijaa.

6.1.1 Tutkimuspuiden valinta

Ensimmäisenä työvaiheena oli metsikön lähempi tarkastelu ja koealueen rajaus. Koealan rajaukseen vaikutti ennen kaikkea tutkimuspuiden määrä. Koepuita tuli olla yhteensä 28 kappaletta, joista 14 ylemmän ja 14 alemman jakson puita. Lisäksi ylemmän jakson puista seitsemällä tuli olla kaksi alemman jakson puuta alapuolellaan 15 metrin etäisyydellä. Alemman jakson koepuut jaettiin vielä puoliksi niin, että noin puolet puista oli läpimitaltaan 15–22 senttimetriä ja puolet yli 22 senttimetriä. Tällä pystyttiin varmistamaan, että tutkimusaineistoon saadaan tarpeeksi isoja alemman jakson puita, jotka metsikössä olivat harvinaisimpia. Rajatulta koealueelta mitattiin jokaisesta ylemmän jakson puusta läpimitta 1,3 metrin korkeudelta ja puut numeroitiin. Lisäksi jokainen puu paikannettiin Trimble GPS-paikantimella ja niiden kelpoisuutta koepuuksi tarkasteltiin mahdollisten tutkimusta vääristävien vikojen vuoksi. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, millaista puutavaraa tällaisella kasvatustavalla optimitilanteessa saadaan, joten metsän hakkuista aiheutuneet vauriot pyrittiin tunnistamaan jo pystypuista. Vikojen lisäksi selvitettiin kunkin ylipuun lähistöllä kasvaaneet alemman jakson koepuut.

Ylemmän jakson puista luotiin puukartta, josta arvottiin koepuut. Koepuiksi kelpuutettiin puut, jotka kasvoivat vähintään 10 metrin päässä metsänreunasta. Arvottuja tuloksia oli muutettava subjektiivisesti sen verran, että alemman jakson suuremman kokoluokan koepuita saatiin tutkimukseen tarpeeksi. Näitä yli 22 senttimetrin läpimittaisia puita oli tutkimusalueella vähän, eikä alueen rajausta muuttamalla olisi löytynyt lisää. Valituista koepuista mitattiin ennen kaatoa vielä pituus ja latvusrajan korkeus, latvuksen leveys ja epämuotoisuus, sekä kairattiin lustonäyte rinnan-
korkeudelta puun ytimeen. Alemman jakson koepuille mitattiin lisäksi koordinaattipisteet ja läpimitat, kuten isolle puulle aiemmin. Mikäli alle viiden metrin säteellä pienistä koepuista kasvoi yli 10 senttimetrin rinnan-
korkeusläpimitaltaan olevia puita, tehtiin niiden osalta mittauksia. Näistä puista mitattiin läpimitta, pituus ja etäisyys lähimpään alemman jakson puuhun. Jokaisen koepuun kasvualustan kaltevuus arvioitiin silmämääräisesti. Koepuiden tavoitejakauma on esiteltyinä taulukossa 2 (s. 19).

Taulukko 2. Koepuiden tavoitejakauma, sekä suluissa toteutunut jakauma

Tavoitejakauma					
	Isot puut			Pienet puut	
Läpimittaluokat cm	30-40	40-50	50-60	alle 22	yli 22
on pieniä puita	1(0)	6(7)	0(0)	7(8)	7(6)
ei ole pieniä puita	1(1)	2(2)	4(4)		

6.1.2 Koepuiden kaato

Koepuut kaadettiin moottorisahalla, käyttäen apuna tunkkia ja kaatorautaa, joilla varmistettiin oikein suunnatut kaadot. Jatkuvan kasvatuksen metsikössä vaaditaan erityistä tarkkuutta puunkorjuussa, etteivät nuoret kehityskelpoiset puuntaimet vahingoitu ja jäljelle jäävät puut altistu tarttuville sienitaudeille korjuuvaurioiden takia. Puut kaadettiin ja karsittiin yksitellen suoritettavien mittausten vaatimalla tavalla. Oksatietojen mittausta varten tuli oksista jäädä riittävän pitkät tyngät. Lopullinen karsinta sileiksi rungoiksi tehtiin vasta mittausten jälkeen, jolloin katkottiin myös koetukit ja -kiekot.

Kaadetusta rungosta mitattiin pituus rullamitalla, jonka jälkeen rungolle suunniteltiin hypoteettinen apteeraus- eli katkontamalli UPM-Kymmenen apteerausohjeiden mukaisesti. Seuraavana rungosta määritettiin kuolleen ja elävän latvuksen alarajojen korkeus sekä alimmat kuolleet ja elävät oksat, joista mitattiin sekä korkeus että läpimitta. Runkojen ulkoista vikaisuutta pystyttiin tarkastelemaan kaadetusta puusta paremmin, jolloin vian aiheuttajan lisäksi merkittiin ylös myös vikaisuuden korkeus. Kaadettujen runkojen epäpyöreys mitattiin kuoren päältä ristimitalla itä-länsi- ja etelä-pohjoissuunnissa kaatokorkeudelta, 1,3 metristä, 6 metristä ja puolilatvuksesta. Myös runkojen lenkous mitattiin, jos sitä esiintyi.

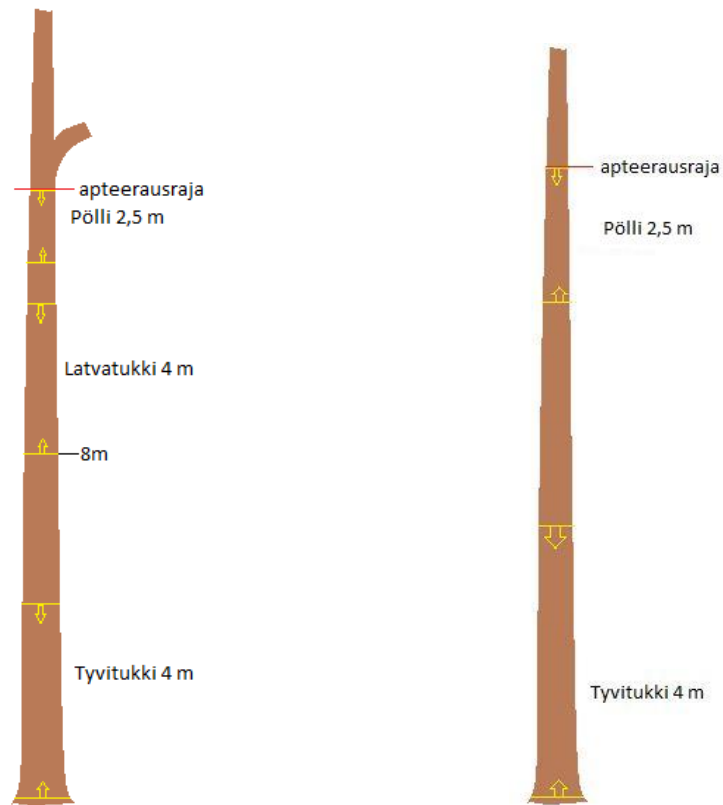
6.1.3 Oksatietojen mittaus

Ulkoisia oksaominaisuuksia mitattiin jokaisesta erottuvasta oksakiehkurasta. Mitattavat muuttujat olivat oksakiehkuran korkeus, rungon läpimitta seuraavan vuosikasvun puolivälistä, kiehkurassa olevien suurimman kiuvan ja tuoreen oksan läpimitta, sekä keskimääräinen oksakulma. Lisäksi joka kolmannesta kiehkurasta mitattiin jokaisen oksan läpimitta ja laatu. Ylemmän jakson koepuiden viimeisen kymmenen vuoden oksatiedoista mitattiin ainoastaan pituuskasvu, joka nopeutti mittaustyötä, vaikuttamatta kuitenkaan tutkimuksen luotettavuuteen.

6.1.4 Koetukit ja -kiekot

Oksatietojen mittauksen jälkeen koepuista katkottiin halutuilta korkeuksilta koetukkeja, jotka näkyvät kuvassa 3 (s.20), ja lisätutkimuksia varten koekiekkoja. Isojen koepuiden tukit katkottiin seuraavasti: tyvestä neljän metrin mittainen tyvitukki, neljän metrin latvatukki kahdeksan metrin yläpuolelta ja 2,5 metrin pölli heti latvusrajan alapuolelta. Pienistä puista sa-

hattiin vain tyvitukki ja pölli. Pölli kuvaa runkojen huonointa osaa, koska siinä sijaitsevat läpimitaltaan suurimmat kuivat oksat. Suurien kuivaoksien vuoksi tutkimuspuiden tukkiosuus jäikin usein matalalle, vaikka runkojen läpimitan puolesta vaaraa olisi ollut vielä useampaan tukkiin. Tukkien lisäksi rungoista sahattiin useita koekiekkkoja, joista mitattiin sydänpuuosuutta ja kaarnan paksuutta. Lisäksi jatkotutkimuksissa selvitetään tietoja puun teknisistä ja solutason ominaisuuksista, Silviscan- ja pinosylviini-mittauksilla.



Kuva 3.

Vasemmalla on esitettyä isojen koepuiden, ja oikealla pienien koepuiden katkontaohje. Suuren koepuun katkonta eroaa pienistä koepuista niin, ettei pienistä puista saatu latvatukkia.

6.1.5 Apteerausohje

Koska rungot katkottiin tutkimuksen vaatimalla tavalla, määritettiin jokaiselle rungolle erikseen teoreettiset apteerausmallit, jotka ovat kuvattuna taulukossa 3 (s. 21). Tukkien katkontaan vaikutti oksien ja latvaläpimitan lisäksi rungon ulkoinen muoto, kuten lenko tai mutka. Puun 46 kohdalla mutka rajoitti saannon vain kahteen pitkään tukkiin. Apteerausohjeena käytettiin UPM-Kymmene Oy:n apteerausohjetta, koska opetusmetsistä tehtiin vuonna 2015 puukauppaa UPM:n kanssa. Apteerausohjeessa tukin latvaläpimitan alaraja oli 15 cm, mutta varsinkin ylemmän jakson koepuilla tämän saavuttaminen oli mahdotonta muiden rajoitteiden vuoksi. Yleisin rajoittava tekijä katkonnassa oli oksien koko. Suurin sallittu oksa oli apteerausohjeen mukaan 60 millimetriä ja laho-oksalla raja oli 40 millimetriä, joten latvusrajassa olleet suuriläpimittaiset kuivat sekä tuoreet ok-

sat katkaisivat tukin ennen latvaläpimittaa. Alemman jakson koepuilla läpimitta määritti enemmän tukin saantoa kuin oksat.

Taulukko 3. Koepuille laaditut apteerausmallit

Isojen koepuiden apteerausmalli					Pienten koepuiden apteerausmalli			
puun nro	Tukkien pituus dm				puun nro	Tukkien pituus dm		
	1	2	3	4		1	2	3
8	55	55	52	-	8-1	-	-	-
13	52	49	43	-	8-2	49	43	-
15	55	55	55	-	13-1	43	37	-
23	52	49	43	-	13-2	49	43	-
32	61	58	49	-	43-1	52	49	-
36	61	58	55	-	43-2	55	55	-
14	61	58	55	-	45-1	-	-	-
43	52	52	43	40	45-2	55	-	-
45	55	52	52	-	46-1	-	-	-
46	61	58	-	-	46-2	46	43	-
49	55	55	43	43	56-1	49	-	-
56	58	52	43	-	56-2	46	46	43
47	58	55	52	-	101-1	49	-	-
101	43	43	43	-	101-2	43	-	-

6.2 Koetukkien sahaus

Sahaus tehtiin pohjoismaisen sahauskäytännön mukaan käyttäen normaalia sahaustapaa, jossa tukista sahataan ensimmäisenä pelkka. Tämän jälkeen pelkka halkaistaan keskeltä, jolloin puun sydämen läpisahauksessa puusta poistuu jännitteitä. Tämä takaa saatavan sahatavaran hyvän muotopysyvyyden ja vähentää halkeilua, kuivauksen jälkeenkin. Lisäksi läpisahauksessa osa puun ytimen heikkolaatuisesta nuorpuusta poistuu sahausraon myötä. (Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys 1994, 13.) Pelkan osien jatkojalostus määräytyi sahausasetteen mukaan erikokoisiksi keskitaavaraksi ja sivulaudoiksi. Koska tukit olivat läpimitaltaan suuria, voitiin pelkan lisäksi sahata samalta etäisyydeltä pelkan vastakkaisilta suunnilta sivulankut, jotka kooltaan ja sijainniltaan suhteessa puun ytimeen vastasivat pelkasta sahattuja ulompia lankkuja. Näin tutkimukseen saatiin laajempi aineisto.

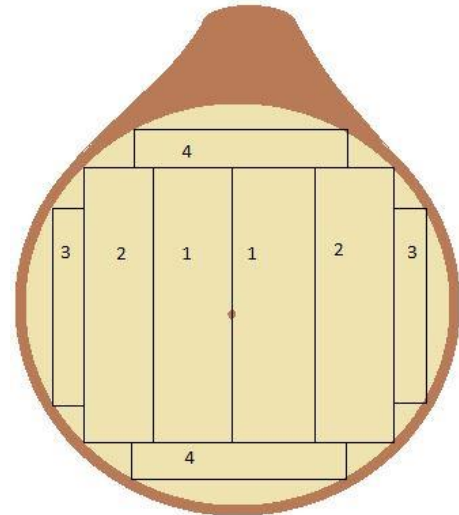
Koetukkien sahaus suoritettiin Evon sahallä. Suuriläpimittaisimmat tukit eivät olisi mahtuneet sellaisenaan pyörösahasta läpi, joten niistä sahattiin pelkat ensin Wood-Mizer LT70-vaakavannesahalla ja loput sahausket Laimet120-pyörösahalla. Kaikki pelkat sahattiin, mahdollisuuksien mukaan, pohjois-eteläsuunnassa, mutta tukkien päihin tulleiden halkeamien vuoksi se oli osassa vanhoja puita mahdotonta. Pahasti halkeilleet tukit sahattiin siten, että halkeamat aiheuttivat mahdollisimman vähän haittaa saatavaan sahatavaraan.

6.2.1 Sahausasete

Käytössä oli neljä sahausasetetta, jotka on esitetty kuvissa 4–7. Vanhojen koepuiden tyvitukeille ja suuriläpimittaisille latvatukeille, pienemmille latvatukeille ja paksuille pölleille ja nuorien koepuiden tyvitukeille sekä pienille latvapölleille, oli jokaiselle omansa. Sahausasetteet valittiin osin perustuen Juha Rikalan väitöskirjassaan (2003) käyttämiin sahausasetteisiin. (Rikala 2003, 33.) Tukeista pyrittiin sahaamaan mahdollisimman järeää sahatavaraa. Suurimmat lankut olivat 75 x 225 mm ja pienimmät lautat 22 x 100 mm.

Sahausasete 1

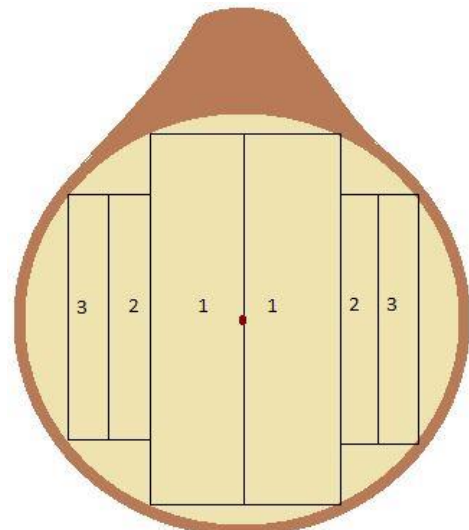
1. 75 x 225 mm
2. 75 x 225 mm tai 50 x 225 mm, niin monta kuin mahdollista
3. 50 x 150 mm tai 25 x 150 mm
4. 50 x 225 mm



Kuva 4. Sahausasete isojen puiden tyvitukeille ja suuri läpimittaisimmille latvatukeille, joista saatiin 225 mm paksu pelkka.

Sahausasete 2

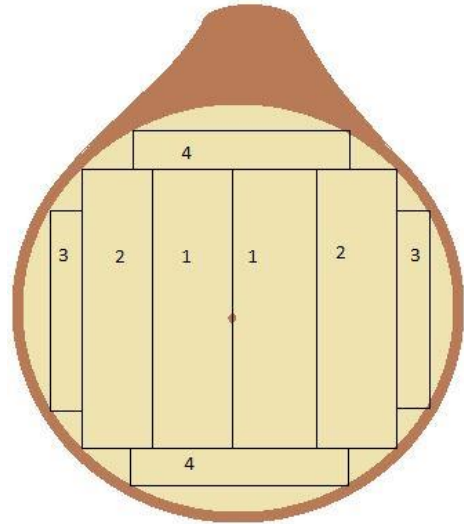
1. 50 x 225 mm tai 50 x 200 mm
2. 50 x 150 mm tai 25 x 150 mm
3. 25 x 150 mm, niin monta kuin mahdollista



Kuva 5. Sahausasete isojen puiden pieni läpimittaisimmille latvatukeille ja suuri läpimittaisimmille pölleille pelkan ollessa 225 mm tai 200 mm.

Sahausasete 3

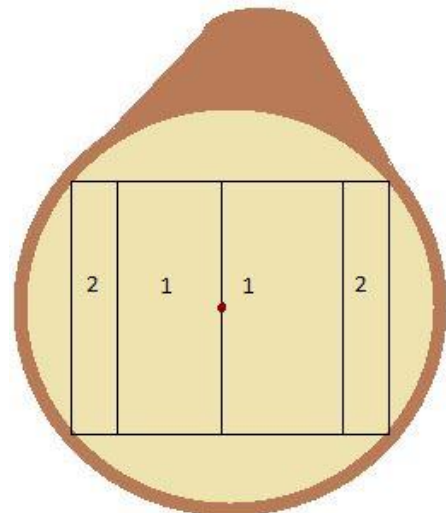
1. 50 x 150 mm
2. 50 x 150 mm tai 25 x 150 mm
3. 25 x 100 mm, niin monta kuin mahdollista
4. 50 x 150 mm



Kuva 6. Sahausasete isojen puiden pieniläpimittaisimmille pölleille 150 mm pelkasta.

Sahausasete 4

1. 50 x 100 mm
2. 22 x 100 mm, niin monta kuin mahdollista

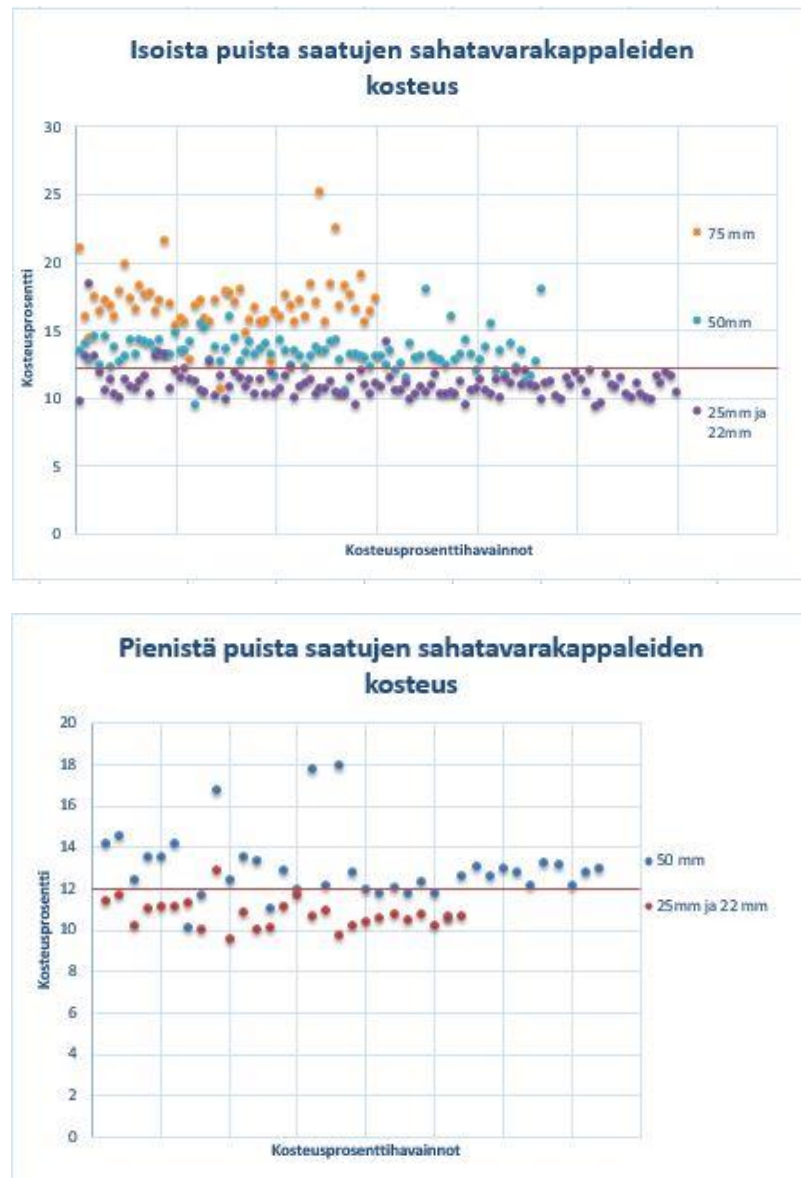


Kuva 7. Sahausasete pienien puiden tukeille.

6.3 Kuivaus

Sahatavaran kuivaus suoritettiin koneellisesti heti sahauksen jälkeen. Kuivauksella pyrittiin 20 prosentin kosteuteen. Kuivauslämpötila oli koko prosessin ajan 40 astetta celsiusta. Ohuemmat laudat saavuttivat tavoite-

kosteuden viidessä vuorokaudessa ja paksuimmat lankut pääsivät hyvin lähelle sitä kuuden päivän kuivauksen jälkeen. Laatuluokituksen ohessa tehtyjen kosteusmittauksien tulokset on nähtävissä kuvassa 8. Suurin kuivauksen jälkeen mitattu kosteus oli 25,1 prosenttia, valtaosassa sahatavarakappaleista kosteus oli alle 20 prosenttia. Keskimäärin kosteus oli 12,5 % ja pienin mitattu kosteus 9,3 %. Nopea kuivaus lisäsi todennäköisesti sahatavaran mikrohalkeamien määrää, joten niiden vaikutusta ei huomioitu laatuluokituksessa. Alueen suurille männyille tukkien päiden halkeilu on lisäksi hyvin tyypillistä (Kolkka 2015.).



Kuva 8. Kosteusmittausten tulokset isojen ja pienien puiden sahatavarakappaleissa. Lujuustutkimuksen kannalta paras kosteusprosentti (12%) merkitty kuviin punaisella viivalla.

6.4 Sahatavaran lujuusluokitus

Tutkimuksessa sahatavaran lujuus määritettiin Director HM200-akustiikkamittarin avulla. Laite painetaan kiinni vapaasti tukevalla mitauspöydällä lepäävän sahatavarakappaleen päähän, jonka jälkeen kappaleen päähän kopautetaan vasaralla. Laite mittaa ääniaallon nopeuden

(km/s) sahatavarakappaleessa, eli ääniaallon lähdön ja kaiun välisen ajan. Saatua tulosta kutsutaan akustiseksi kimmokertoimeksi, joka voidaan muuntaa dynaamiseksi kimmokertoimeksi puun tiheyden avulla. Kuiva-ilmakuivatiheys(kg/m³)*akustinen kimmokerroin(km/s)²*1000= dynaaminen kimmokerroin(GPa=GN/m²). (Auty 2006, 12.) Kosteusprosentin vaikutusta ei otettu huomioon dynaamista kimmokerrointa laskiessa. Puun tiheys (kuiva-ilmakuivatiheys) mitattiin lankkujen ja lautojen päistä leikatuista kappaleista, jolloin tilavuus pystyttiin laskemaan heksaedrin särmien pituuden perusteella.

Akustinen lujuuden määrittäminen on kehitetty etenkin pystyssä olevien puiden tiheyden määrittämiseen. Sitä voidaan kuitenkin hyödyntää myös tukkien ja valmiin sahatavaran lujuuslajittelussa. Radiatamännillä (*Pinus radiata*) tehtyjen tutkimusten mukaan akustiset ominaisuudet kuvastavat melko hyvin sahatavarakappaleen lujuutta ja tuloksista voidaan johtaa suuntaantava lujuuslajittelu. Etenkin ilmakeivässä sahatavarakappaleiden kosteusvaihtelua, saadut tulokset ovat vain lujuusluokka-arvioita. Sahatavaran lujuuslajittelussa käytettiin EN 338 standardin mukaista C luokitusta. Dynaamisen kimmokertoimen raja-arvot sahatavarakappaleilla on esitettyinä taulukossa 4. (Carter, Chauhan & Walker 2006.)

Taulukko 4. Taulukossa on esitettyinä akustisista kimmokertoimista tiheyden avulla johdettujen dynaamisten kimmokertoimien raja-arvot EN338-standardin mukaisessa lujuusluokituksessa.

Akustisista kimmokertoimista johdetut erooppalaista standardia EN338 vastaavat lujuusluokat	
Gpa	EN338 luokat
alle 7,0	HYLÄTTY
7,0	C14
8,0	C16
9,0	C18
9,5	C20
10,0	C22
11,0	C24
11,5	C27
12,0	C30
13,0	C35
14,0	C40
15,0	C45
16,0	C50

6.5 Sahatavaran laatuluokitus

Kuivatun sahatavaran laatuluokitus suoritettiin kesä- ja heinäkuun aikana Evon metsäopiston Käpyriihen valjastetussa tutkimustilassa. Käpyriihi oli tutkimukseen kohtuullisen hyvä, tyhjillään oleva tila, jossa ilman kosteus pysyi melko stabiilina. Sisään mahtui yhtä aikaa sekä luokittamaton, että luokitettu sahatavara ja tilaa jäi vielä mittauksia varten riittävän suu- ralle pöydälle. Sahatavara ei siten joutunut missään tutkimuksen vaiheessa alttiiksi sateelle tai muille merkittävälle kosteusvaihteluille.

Pohjoismaisen sahatavaran laatuluokitusohjeilla lajiteltu puuaines tulee olla myös sahattu pohjoismaisen sahauskäytännön mukaan. Tutkimusaineisto käsitti lankkuja ja lautoja, suurimpien dimensioiden ollessa 75 x 225 mm ja pienimpien 22 x 100 mm. Tältä väliltä aineistossa oli kaikkia normaaleja, suurillakin sahoilla tuotettuja dimensioita. Pohjoismainen sahatavaran luokitus koostuu sahatavarakappaleen jokaisen sivun yksilöllisestä arvostelusta. Laatuluokan määrää sahatavarakappaleen pintalappeen ja syrjien vikaisuus, sillä sisälapeelle sallitaan yhtä luokkaa heikompi laatu. Sahatavarakappaleen laatu määritettiin osassa vioista huonoimman metrin ja muodonmuutoksien osalta huonoimman kahden metrin perusteella. Vikaisuuksissa, joissa tulos ilmoitetaan prosentteina tilavuudesta, tuli ottaa huomioon sahatavarakappaleen kokonaispituus. Tutkimuksessa keskityttiin tutkimaan puun laatua ilman, että huomioitiin sahausessa syntyneitä mittaepätarkkuuksia tai käsittelyssä ja varastoinnissa syntyneitä vaurioita tai värivikoja.

6.5.1 Oksaisuus

Laatuluokituksessa sahatavarakappaleet jaettiin metrin moduuleihin, joista mitattiin kunkin moduulin suurimman tuoreen ja kuivan sisäoksan läpimitta laatulajitteluohjeen mukaisesti, sekä laskettiin oksien yhteismäärät. Lisäksi määritettiin suurimman kuivan sisäoksan laatu.

6.5.2 Muodonmuutokset

Syrjä- ja lapevääryys määritetään huonoimman kahden metrin matkalta, joten mittauksessa käytettiin apuna kahden metrin pituista suoraa alumiinitankoa. Vääryys lappeella ja syrjällä saadaan mittaamalla suurin pituus-suuntainen poikkeamana vaakatasosta eli käytetyn aputangon pinnasta. Myös kierous eli sahatavarakappaleen kierremäinen poikkeama tasosta määritettiin huonoimman kahden metrin matkalta painamalla sahatavarakappale keskeltä pöytää vasten ja mittaamalla kappaleen päästä suurin poikkeama pöydän pintaan. Kuperuus tarkoittaa poikkisuuntaista poikkeamaa tasosta, joka ilmoitettiin koko sahatavarakappaleen pituudelta huonoimpana mitattuna arvona. (Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys 1994.)

6.5.3 Muut viat

Pihkakolojen yhteenlaskettu pituus mitattiin pintalappeen puolelta sahatavarakappaleittain. Samoin meneteltiin kaarnarosojen ja korojen osalta. Lyyly ja pihkaisuus määritettiin prosentteina sahatavarakappaleen tilavuudesta. Vinosityisyys ilmoitettiin suhteessa sahatavarakappaleen pituussuunnan suoruuteen suhdelukuna.

7 TULOKSET

Tutkimusaineisto koostui siis Rivierankankaan männiköstä kaadetuista puista, joita oli yhteensä 28. Puista 14 oli järeää ylispuuta ja 14 pienempää alemman jakson puuta isompien puiden läheisyydestä. Puista sahattuista tyvi- ja latvatukeista sekä pölleistä saatiin yhteensä 337 sahatavarakappaletta. Näistä 273 oli peräisin isoista puista ja 64 pienistä puista. Sahatavaran tilavuus oli yhteensä 9,35 m³. Saadut sahatavarakappalet on jaoteltu eri dimensioihin taulukossa 5.

Taulukko 5. Sahatavaran saanto sahattujen dimensioiden mukaan jaettuna.

Dimensiot	Sahatavarakappalet			Pienet puut kpl / (tilavuus dm ³)	
	Isot puut kpl / (tilavuus dm ³)			Tyvitukki 4m	Pölli 2,5m
22*100				14 / (119,6)	7 / (37,9)
22*125	3 / (32,4)			2 / (22,0)	
22*150	1 / (12,9)	3 / (39,5)			
22*175	2 / (29,9)				
22*200	2 / (34,5)				
22*225			1 / (12,1)		
25*100	8 / (81,3)	6 / (59,2)	7 / (43,3)	1 / (9,9)	2 / (12,0)
25*125	4 / (50,5)	6 / (72,2)	5 / (31,3)		
25*150	11 / (164,6)	15 / (218,2)	16 / (144,9)		1 / (8,9)
25*175	6 / (100,2)	2 / (33,7)	1 / (10,7)		
25*200	3 / (61,0)	7 / (149,4)	5 / (55,2)		
25*225	3 / (68,1)	4 / (83,3)			
50*100			1 / (12,3)	26 / (517,9)	10 / (125,8)
50*125		1 / (25,1)	2 / (42,3)		1 / (18,5)
50*150	5 / (150,2)	5 / (145,1)	4 / (74,9)		
50*175	4 / (141,3)	2 / (52,1)	1 / (21,8)		
50*200	10 / (377,0)	15 / (586,3)	10 / (242,9)		
50*225	11 / (482,5)	5 / (219,9)	17 / (464,0)		
75*100					
75*150	1 / (43,8)				
75*175	2 / (103,4)				
75*200	2 / (119,1)	2 / (122,4)			
75*225	31 / (2074,0)	20 / (1296,6)	2 / (89,7)		

7.1 Tiheys

Taulukossa 6 (s. 28) kuvataan puuaineen kuiva-ilmakuivatiheyden vaihtelu rungon eri korkeuksissa. Puu oli tyveltä kaikkein tiheintä ja tiheys pieneni mitä korkeammalle rungolla noustiin. Pienistä koepuista ei sahattu lainkaan latvatukkia, joten näitä tuloksia ei ole taulukossa. Isojen puiden osalta tiheystietoa ei saatu määritettyä viidessä prosentissa tyvitukkien ja yhdessä prosentissa latvatukkien sahatavarakappaleista. Pienissä puissa tiheystieto jäi puuttumaan seitsemässä prosentissa tyvitukkien sahatavarakappaleista.

Taulukko 6. Kuiva-ilmakuivatiheyden vaihtelu puun eri korkeuksista sahatuissa sahatavarakappaleissa.

Sahatavarakappaleiden kuiva-ilmakuivatiheys (kg/m ³)	Isot puut	pienet puut
Pöllien keskimääräinen tiheys	433	404
tiheyksien keskihajonta	45	25
maksimi	641	457
minimi	342	361
Latvatukkien keskimääräinen tiheys	471	-
tiheyksien keskihajonta	41	-
maksimi	576	-
minimi	390	-
Tyvitukkien keskimääräinen tiheys	588	477
tiheyksien keskihajonta	53	40
maksimi	773	574
minimi	450	409

7.2 Laadun määräävät viat

Taulukoissa 7 (s. 29) on esitetty laatuluokan määräävät laatutekijät. Kunkin sahatavarakappaleen kohdalla on ilmoitettu vakavin vika, joka lopulta määräsi mihin laatuluokkaan kappale kuuluu. Jos sahatavarakappaleessa ei ole ollenkaan vikoja, laatuluokka on A1. Oksaisuuteen liittyvät viat olivat yleisimpiä laadun määrääviä tekijöitä. Suurien puiden tyvitukeista sahattujen lautojen yleisin laadun määräävä tekijä oli kuitenkin pihkakolot. Näistä yli puolessa tapauksista laatuluokka oli vähintään A4 pihkakoloista huolimatta. Latvatukeista sahatuissa lankuissa ja pölleistä sahatuissa laudoissa irto-oksien vaikutus laatuluokkaan oli erittäin suuri. Vaikka laudassa ei olisi ollut muita vikoja, johti läpimitaltaan suuri (>15mm) irto-oxsa laatuluokkaan D.

Pienten puiden sahatavarakappaleissa yleisin laadun määrittäjä oli kuivien oksien määrä. Tyvitukkien lankuissa toiseksi yleisin laadun määrittäjä oli kierous, jonka vuoksi laatuluokka oli usein jopa D. Yhdestä pienestä koe-puusta sahatutuissa lankuissa havaittiin lyllyä. Näissä tapauksissa se ei kuitenkaan suoraan vaikuttanut sahatavaran laatuluokkaan, sillä määrittävä tekijä oli syrjävääritys.

Taulukko 7. Sahatavaran laadun määrittävät tekijät rungon eriosissa.

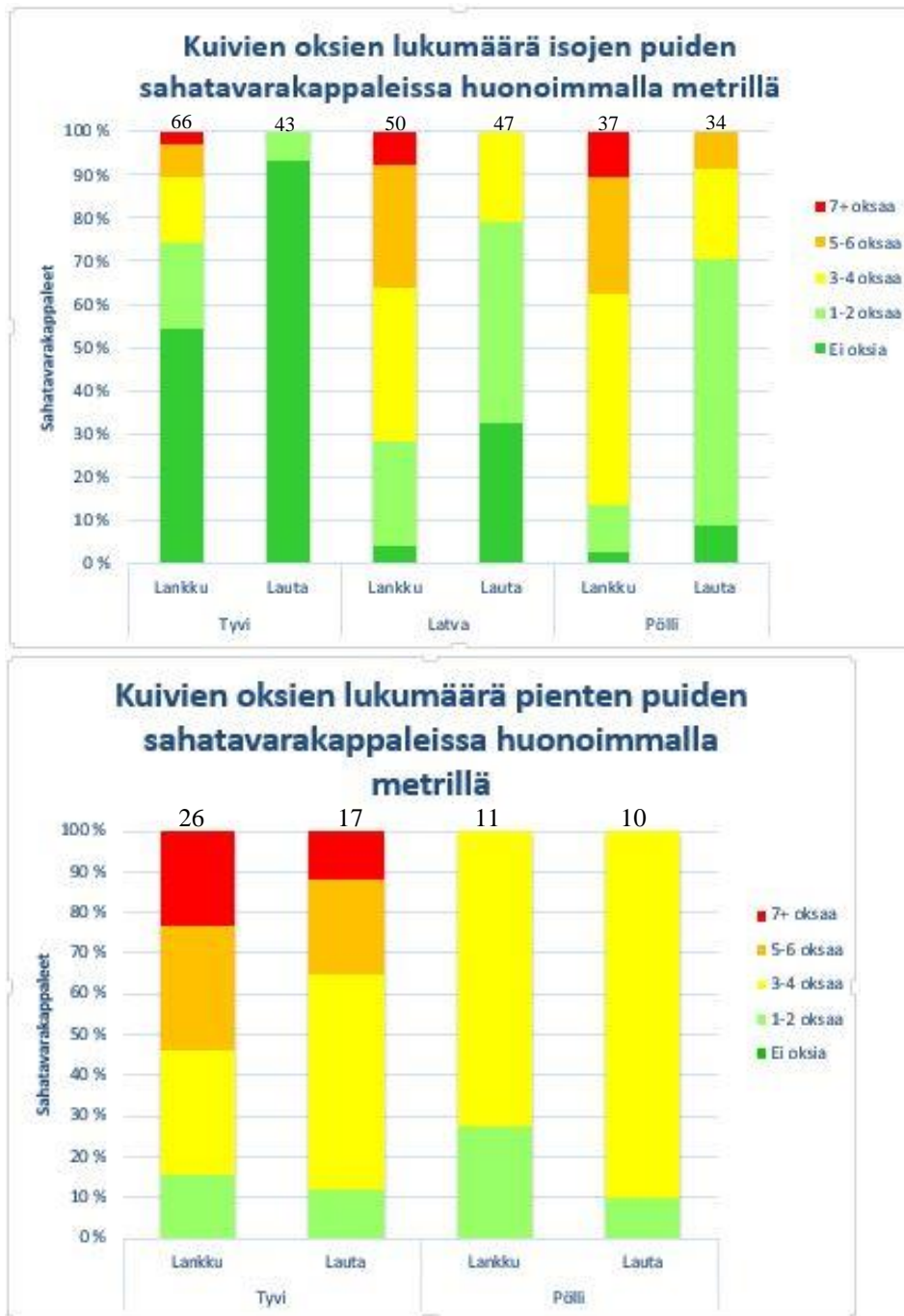
Sahatavara kappaleita yhteensä		Suuret koepuut																									
		Ei vikoja		Kuivaoksen läpimitta		Kuivien oksien määrä		Kuorioksen läpimitta		Laho-oksen läpimitta		Irto-oksen läpimitta		Pihkakolo	Kaarna roso		Koro	Vinosyisyys	Kierous	Syrjävääritys	Kuperuus						
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%						
Tyvitukki	109																										
Lankut	66	20	30	3	5	12	18	1	2	6	9	1	2	3	5	0	0	5	8	10	15	3	5	2	3	0	0
Laudat	43	22	51	0	0	0	0	3	7	0	0	0	0	7	16	0	0	5	12	4	9	1	2	0	0	1	2
Läpätukki	93																										
Lankut	50	2	4	6	12	14	28	7	14	5	10	12	24	0	0	0	0	3	6	0	0	1	2	0	0	0	0
Laudat	43	9	21	7	16	0	0	5	12	7	16	5	12	1	2	1	2	4	9	3	7	0	0	0	0	0	0
Pölli	71																										
Lankut	37	1	3	9	24	7	19	10	27	7	19	2	5	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Laudat	34	2	6	3	9	0	0	14	41	2	6	8	24	0	0	0	0	2	6	2	6	1	3	0	0	0	0

Sahatavara kappaleita yhteensä		Pienet koepuut																	
		Kuivaoksen läpimitta		Kuivien oksien määrä		Kuorioksen läpimitta		Irto-oksen läpimitta		Koro	Syyhäiriö	Kierous	Syrjävääritys	Kuperuus					
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%						
Tyvitukki	43																		
Lankut	26	0	0	11	42	4	15	0	0	0	0	2	8	7	27	2	8	0	0
Laudat	17	2	12	4	24	8	47	1	6	1	6	0	0	0	0	1	6	0	0
Pölli	21																		
Lankut	11	1	9	4	36	4	36	0	0	0	0	0	0	2	18	0	0	0	0
Laudat	10	5	50	0	0	2	20	1	10	0	0	0	0	1	10	0	0	0	1

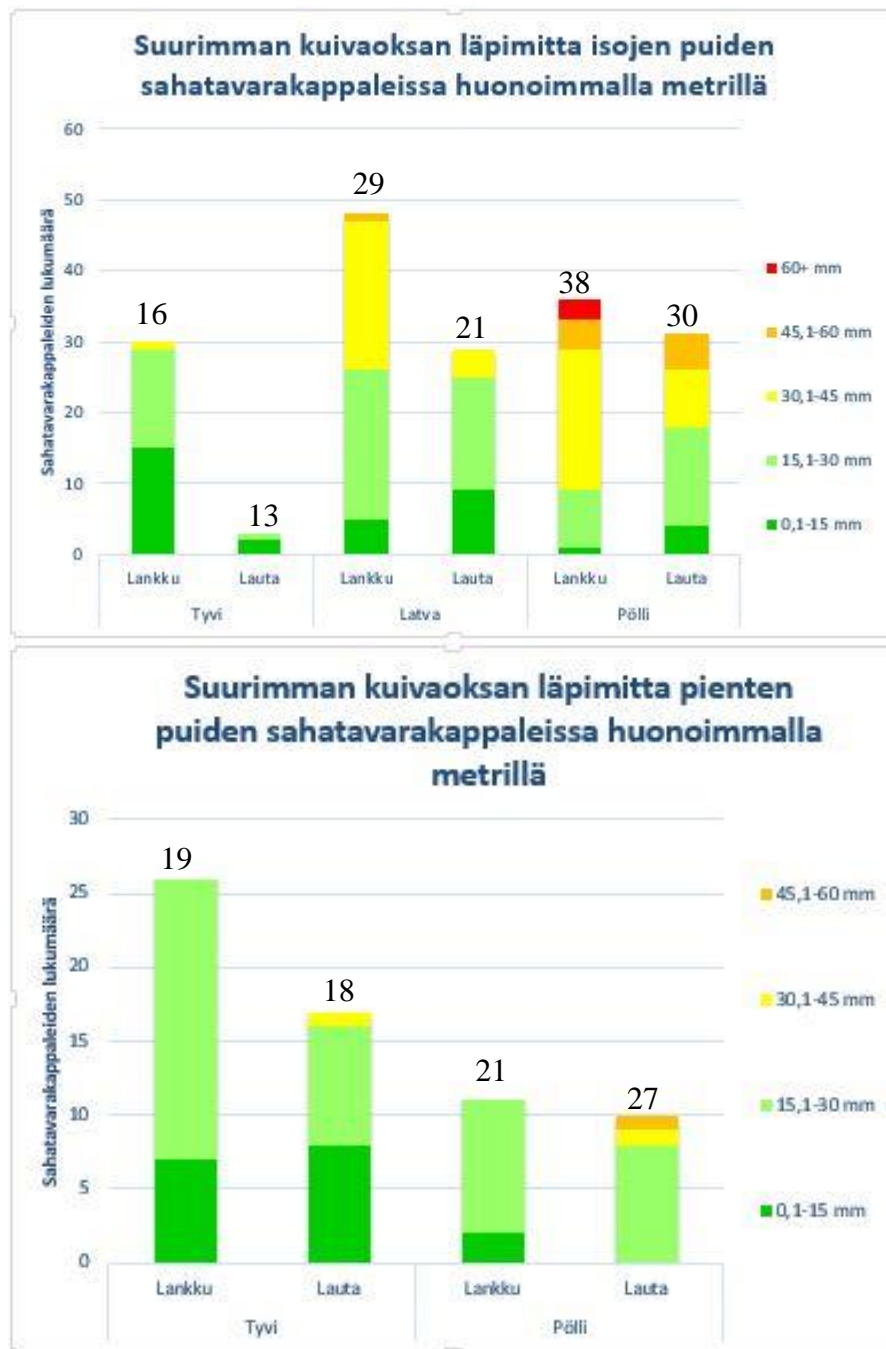
7.2.1 Oksaisuus

Sahatavaran oksaisuus oli hyvin merkittävä laadun määrittäjä. Kuvissa 9 (s. 30) ja 10 (s. 31) kuivien oksien määrä ja läpimitta on esitetty sahatavarakappaleiden huonolaatuisimmalla metrillä. Isojen puiden tyvitukkien pintaosissa oli erittäin vähä oksaista puuta, joten niistä sahatut laudat olivat yli 90 prosenttisesti täysin oksattomia. Myös tyvitukkien lankuista yli puolet olivat oksattomia. Pienien puiden tyvitukkeihin ei ollut vielä kehittynyt samanlaista oksatonta pintaosaa, joten sahatavarakappaleissa oli oksia huomattavasti enemmän, eikä täysin oksattomia kappaleita ollut ollenkaan. Useassa lankussa oli oksia huonoimmalla metrillä seitsemän tai enemmän, mikä johti laatuluokkaan D. C-laatuluokan sahatavarakappaleissa kuivia oksia sallitaan huonoimmalla metrillä kuusi, B-laadussa viisi, A4-laadussa neljä ja A3-laadussa vain yksi.

Vaikka oksia oli pienten puiden sahatavarakappaleissa paljon, olivat ne läpimitaltaan pieniä, pääosin alle 30 mm. Heikointa mahdollista laatua kuvaavien isojen puiden pölliin lankuissa ja laudoissa oli enemmän ja suurempia kuivia oksia kuin muissa sahatavarakappaleissa. Sahatavarakappaleiden dimensiot vaikuttavat suurimman sallitun oksan läpimitaan laatu- luokituksessa.



Kuva 9. Kuivien oksien lukumäärä on ilmoitettu isojen ja pienien puiden sahatavarakappaleissa huonoimman metrin matkalla. Pylväiden päälle on merkitty sahatavarakappaleiden yhteismäärä.

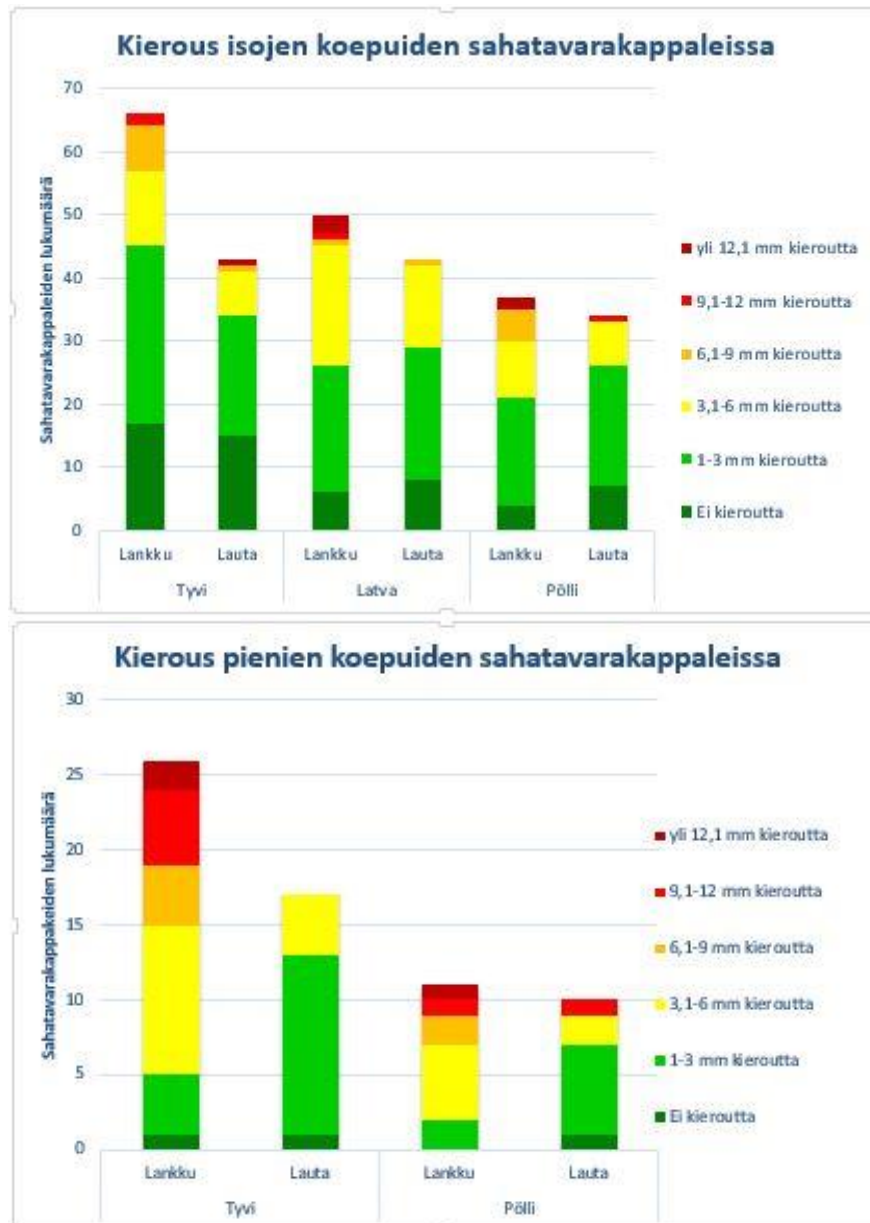


Kuva 10. Suurimman kuivan oksan läpimitta on ilmoitettu isojen ja pienten puiden sahatavarakappaleissa. Pylväiden yläpuolella on esitetty suurimpien oksien läpimittojen keskiarvot (mm) kussakin sahatavarakappaleissa.

7.2.2 Kierous

Kuvassa 11 (s. 32) esitetään sahatavaran kieroutuminen isojen ja pienten puiden sahatavarakappaleissa. Isojen puiden sahatavarakappaleille kieroutumisesta ei aiheutunut juurikaan laatua alentavaa haittaa. Sahatavarakappaleen leveys määrittää osaltaan suurimman sallitun kierouden. Isoista puista sahatut laudat olivat yleisimmin 150 mm leveitä, jolloin suurin sal-

littu kierous oli A1- ja A2-laatuoluokissa kuusi prosenttia kappaleen leveydestä eli yhdeksän millimetriä kieroutta. Isoista puista sahatut lankut olivat yleisimmin 200 mm tai 225 mm leveitä, joten A2-laatuoluokan rajan ollessa neljä prosenttia leveydestä, sallittiin näissä 6 mm tai 9 mm kieroutta. C-laatuoluokassa kierouden raja on kymmenen prosenttia lankun leveydestä ja 20 prosenttia laudan leveydestä. Pienistä puista saatu sahatavara koostui lähes yksinomaan 100 mm leveistä kappaleista. Näissä kieroutta sallittiin A1- ja A2-laatuoluokissa lankuissa neljä millimetriä ja laudoissa kuusi millimetriä. A3- ja B-laatuoluokissa rajat olivat lankuissa kuusi ja laudoissa kymmenen millimetriä.

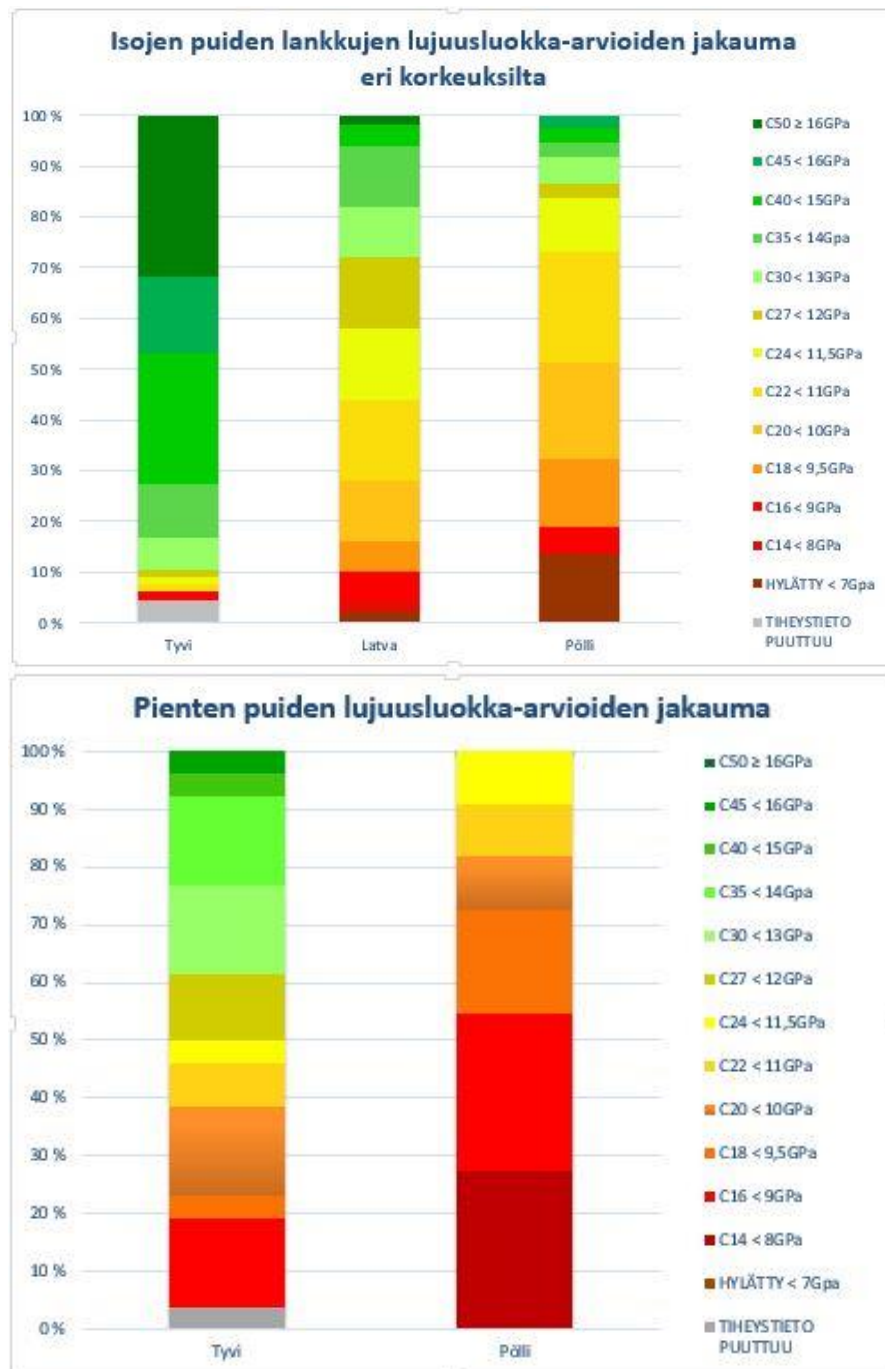


Kuva 11. Kierous isojen ja pienien puiden sahatavarakappaleissa

7.3 Lujuus

Lujuusluokka-arvio tehtiin vain 50 mm paksuille ja sitä suuremmille lankuille, näiden käyttötarkoituksen vuoksi. Laudoissa lujuus ei ole niin vält-

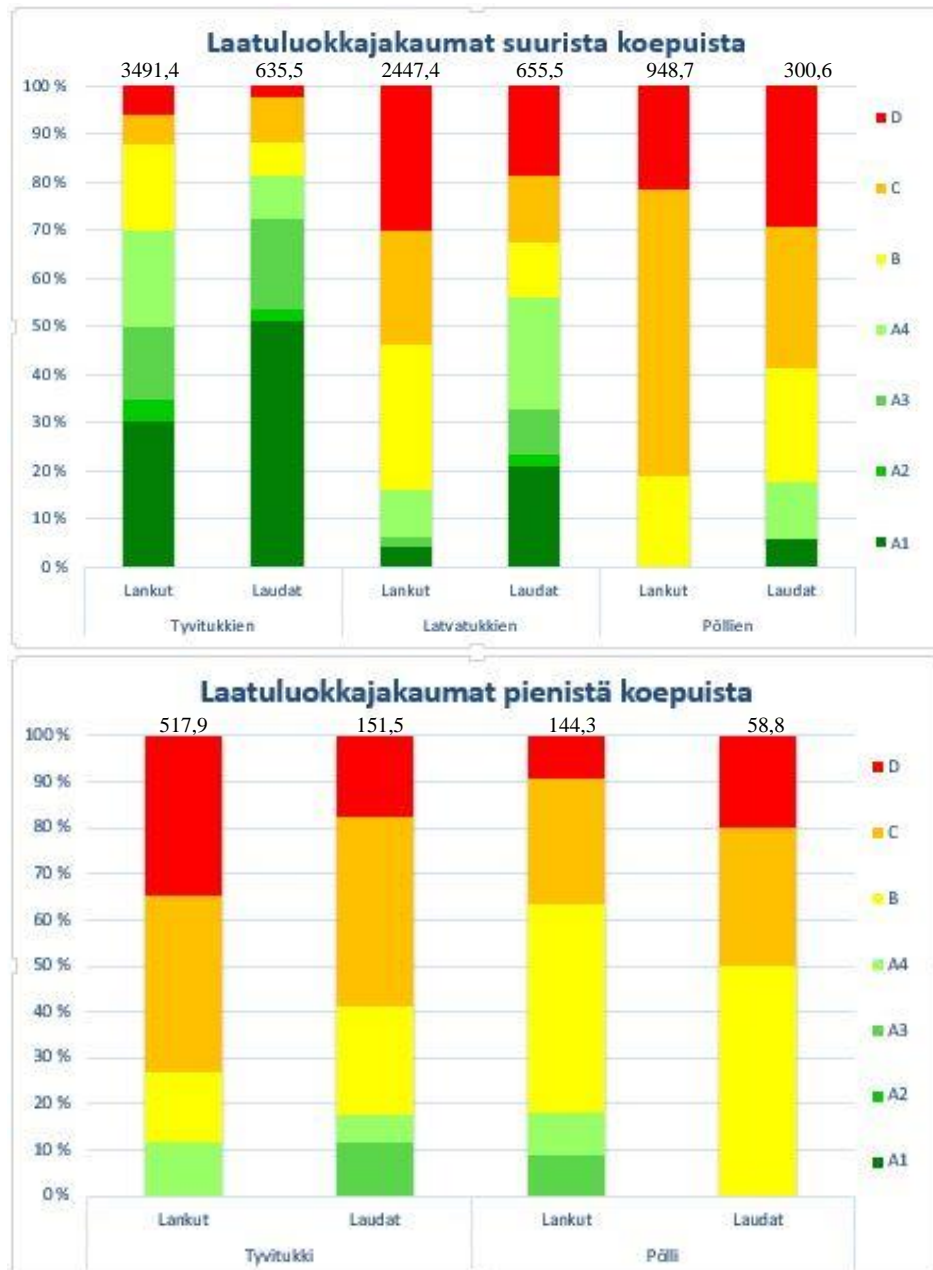
tämätön ominaisuus kuin lankuissa, joita hyödynnetään kantavissa rakenteissa. Tutkittaessa lujuusluokkajakaumaa todettiin tyvitukeista sahattujen kappaleiden olleen keskimäärin muita lujempia sekä isoissa, että pienissä koepuissa. Isoista puista sahattuissa latvatukeissa lujuusluokka oli myös keskimäärin korkeampi kuin pölleissä. Lähes 15 prosenttia isojen koepuiden pölleistä saaduissa lankuissa lujuus jäi luokkaan ”hylätty”, jossa dynaaminen kimmokerroin oli alle 7 GPa. Verrattaessa isoista ja pienistä puista saatuja keskimääräisiä lujuuksia todettiin vanhojen ylispuiden olleen laadultaan lujempia kuin pienten alispuiden. Tarkemmat lujuusluokka-arviot on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Lujuusluokka-arvioiden jakauma on esitetty EN338-standardin mukaan lajitelluissa lankuissa. Lujuusluokka-arviot perustuvat akustisen mittauksen perusteella laskettuihin dynaamisiin kimmokertoimiin.

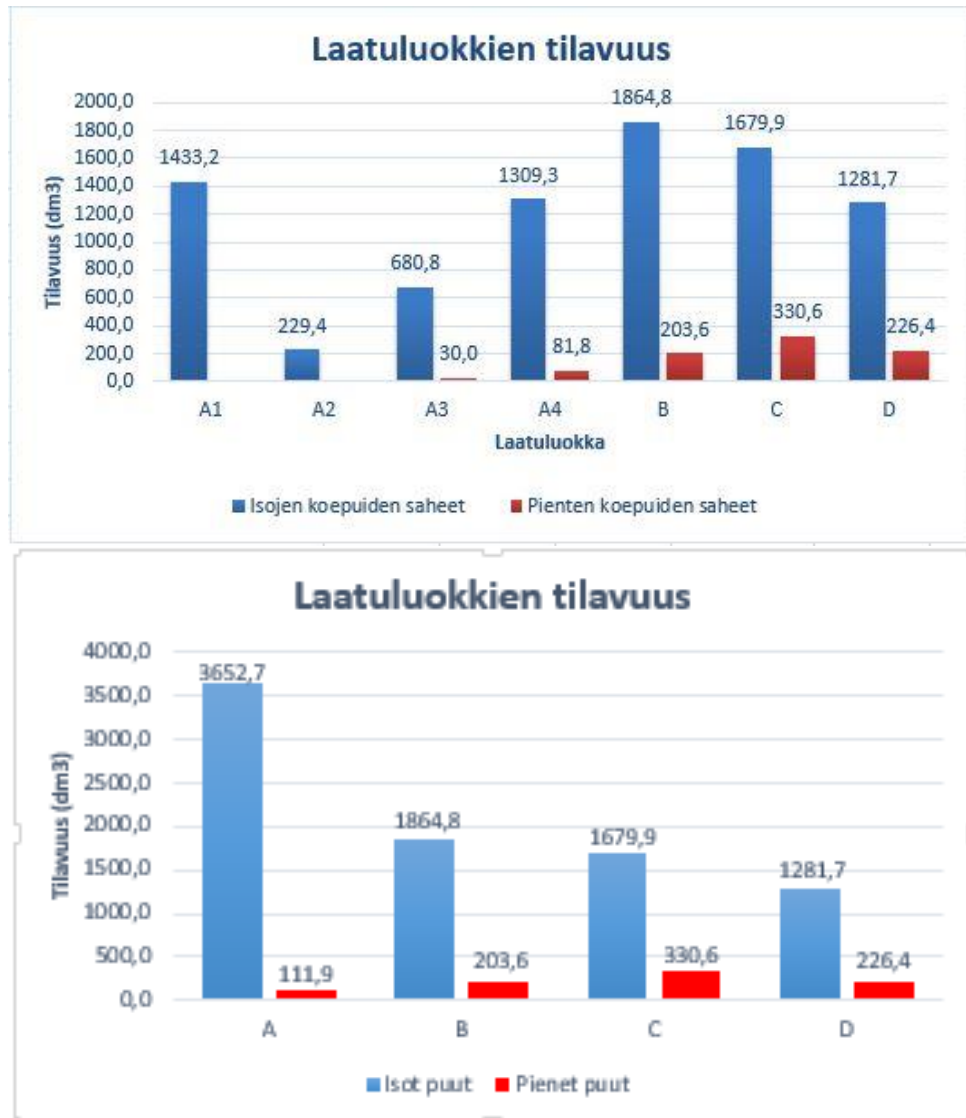
7.4 Laatuokkajakaumat

Sahatavaran laatuokkajakaumat eri rungon osista sahatuissa lankuissa ja laudoissa on esitettyä kuvassa 13. Korkealaatuisinta sahatavaraa saatiin isojen puiden tyvitukeista, joissa yli 70 prosenttia sahatavarakappaleista saavutti A-laatuokan. Pienistä koepuista sahattujen sahatavarakappaleiden paras laatuokka oli A3. Tyvitukeista saatiin myös heikkolaatuista C- ja D-laatuokan sahatavaraa. Pöllit sisälsivät paljon huonolaatuista puuta, vaikka joukossa oli myös muutamia A1-laadun lautoja. Laudat olivat aineistossa keskimäärin parempilaatuisia kuin lankut.



Kuva 13. Laatuokkajakauma on esitetty kappalemäärittäin isojen ja pienten puiden sahatavarakappaleissa. Pylväiden yläpuolella on lisäksi ilmoitettu kunkin sahatavarakappaleiden yhteensä laskettu tilavuus kuutiodesimetreinä.

Kuvassa 14 on esitetty sahatavaran jakautuminen eri laatuluokkiin tilavuuden mukaan koko aineiston osalta. Laatuluokka B oli yleisin, mutta C-laatuokkaa oli lähes yhtä paljon. Näiden jälkeen seuraavaksi yleisin oli paras mahdollinen eli A1-laatuokkaa. Yhdistettyjen A-laatuojen kokonais-tilavuus oli noin 40 prosenttia kaikesta saadusta sahatavarasta.



Kuva 14. Sahatavaran laatuluokkakohtainen saanto on esitetty isoissa ja pienissä puis-
sa. Yhdistetyn A-laadun osuus on huomattavan suuri muihin verrattuna.

8 POHDINTA

Tämä tutkimus toimi pilottihankkeena männyn erirakenteisesta kasvatustavasta. Aikaisempia tutkimuksia aiheesta ei ole tehty. Tutkimusaineisto koostui erittäin vanhoista ja suurista ylispuista sekä nuorista juuri tukkiin saavuttaneista männyistä. Vanhat ylispuut olivat kasvaneet suurimman osan kasvuajastaan tasarakenteisessa metsässä, kun taas nuoremmat puut ovat kasvaneet erirakenteisessa metsikössä. Metsikön kaksijakoisuus oli äärimmilleen viety, eikä tällainen puustorakenne kuvaa tutkittua kasvatustapaa käytännön metsätalouteen sovellettaessa. Käytännössä puita tuskin tulnaisiin kasvattamaan yhtä vanhoiksi kuin tässä tutkimusaineistossa olleet rungot. Tutkimuksen kannalta oli kuitenkin hyvä, että oli mahdollista tutkia erittäin vanhoista puista saatavan sahatavaran laatua. Pienet koepuut olisivat voineet olla hieman suurempia, koska nyt kaikki eivät täyttäneet vaadittavaa tukin latvaläpimittaa ja näin ollen niiden hyödyntäminen sahalla olisi epävarmaa. Mikäli alemman jakson puut olisivat olleet kookkaampia, olisi niistä ollut mahdollista saada enemmän aineistoa. Tutkimusmetsiköstä tällaisia puita ei kuitenkaan löytynyt.

Tutkimuspuista sahattavien tukkien sijainti oli suunniteltu siten, että saatiin tutkimuksen kannalta riittävä aineisto. Koko puusta saatavan sahatavaran laatuluokitukseen ei olisi ollut resursseja. Tyvitukki valittiin kuvaamaan puun parasta laatua ja latvusrajan alapuolelta sahattu pölli huonointa laatua. Lisäksi isoista koepuista sahatut latvatukit kuvasivat puun laatua näiden kahden ääripään välillä. Kuvassa 11 (s. 32) olevat sahatavaran laatuluokkajakaumat myös vastaavat tätä ennakoasetelmaa. Puun lujuuden arviointi tiheyden ja akustiikan avulla onnistui hyvin. Mitä tiheämpää puu oli, sitä suurempi oli myös puun lujuus. Etenkin isojen puiden tyvitukkien lankuissa tiheys oli suuri, kuten myös akustinen kimmokerroin. Näin ollen dynaamisen kimmokertoimen osalta lähes kaikki lankut saavuttivat rakennesahatavaraalta vaadittavan C24-lujuusluokan. Saatu sahatavara oli erittäin lujaa etenkin hitaan kasvun sekä lylyn puuttumisen vuoksi.

Laatuluokituksessa todettiin suurien koepuiden tyvitukkien sisältävän erittäin paljon hyvää, A-laatuluokan sahatavaraa ja huomattavan paljon jopa huippulaatua A1. Pienien koepuiden tyvitukkeihin ei huippulaadun oksatonta puuta ollut tietenkään vielä ehtinyt kehittyä, koska oksien karsiutuminen oli niissä vasta aluillaan. Näiden sahatavarakappaleiden vertailu ei kuitenkaan ole niin yksinkertaista. Jokaiselle sahatulle tukkityypille oli oma sahausasete ja näin ollen saadut sahatavarakappaleet olivat erikokoisia, mikä estää kappaleiden suoran vertailun. Suurien puiden tyvitukkien ytimen molemmin puolin sahatut lankut olivat paksuudeltaan 75 mm ja pienien puiden vastaavat 50 mm. Lisäksi pienistä puista sahattiin seuraavana 22 mm paksu lauta, jonka pintalape oli siis 75 mm päässä puun ytimestä. Näiden kappaleiden oksaisuutta tutkimalla voidaan huomata, että isojen puiden lankuissa on vähemmän ja pienempiä kuivia oksia kuin pienten puiden laudoissa. Tästä voidaan päätellä, että isoissa puissa olleet oksat ovat olleet läpimitaltaan pienempiä ja karsiutuneet aiemmin kuin pienten puiden oksat.

Sahatavaran laadun määräävistä tekijöistä juuri oksaisuuteen liittyvät viat olivat kaikkein yleisimpiä. Vikojen kirjo oli kaiken kaikkiaan hyvin pieni. Irto-oksien yleisyys oli ongelmallista, koska niiden vaikutuksesta laatu laskee yleensä jopa huonoimpaan D-laatulokkaan. Suurien puiden tyvitukkien laudoissa merkittävin laadun määräävä vika oli kuitenkin pihkakolo. Pihkakolot ovat todennäköisesti syntyneet kovien tuulien aiheuttamassa mekaanisessa rasituksessa. Tällöin puun sisään on syntynyt pieniä halkeamia, joita puu on pyrkinyt suojaamaan erittämällä niihin runsaasti pihkaa. Joissain rungoissa havaitun tyvitervastaudin aiheuttaman runsaan pihkaisuuden yhteyttä pihkakolojen yleisyyteen voidaan myös pohtia. Tutkimuksessa kiinnostuksenkohteena olleen lylyn vaikutus sahatavaran laatuun jäi tässä aineistossa erittäin pieneksi. Sahatavarakappaleista vain kahdessa havaittiin lylyä, eikä se varsinaisesti määrännyt lankkujen laatua, vaan syrjävääryys. Pelkän lylyn vuoksi laatuluokat olisivat lankuissa olleet A4 ja B, mutta syrjävääryyden vuoksi saadut laadut olivat C ja D. Lyly on saattanut vaikuttaa muodonmuutoksiin näiden kahden lankun osalta. Muodonmuutosten syntyyn kuivauksessa vaikuttavat syykulma, oksaisuus, lustojen taipuminen, epätasainen kasvu, sahatun kappaleen sijainti puun ytimeen nähden sekä epätasaisesti sijaitseva lyly. (Sandberg 2005.)

Metsissä puunkorjuuta suoritettaessa on aina mahdollista vahingossa vioittaa jäljelle jääviä kasvatettavia puita. Eirakenteisissa metsiköissä vahingon mahdollisuus vielä kasvaa. Laatuluokituksessa nämä viat ovat koroja, joita osasta sahatavarakappaleista havaittiin. Vaikka koepuiksi pyrittiin valitsemaan hyväkuntoisia yksilöitä, ei suurinta osaa koroista ollut mahdollista havaita tukista ulkoa päin, vaan ne paljastuivat sahauksen yhteydessä. Tällaiset kylestyneet korot ovat peruja aikaisemmista hakkuista, joita tutkimusmetsikössä on tehty lukuisia. Sen lisäksi, että korjuuvaurioista aiheutuu sahatavaran laatua alentavia koroja, ovat ne myös avoin reitti puuta lahottaville sienitaudeille, kuten männyn tyvitervastaudille. Eirakenteisten hakkuiden huolellinen suunnittelu ja toteutus ovatkin ensiarvoisen tärkeää, jotta korjuuvauriot voidaan välttää. Tutkimusmetsikössä hakkuista on suoritettu lähinnä oppilastyönä, joten korjuuvaurioiden määrä voi johtua siitä, ettei ammattitaitoa tarkkaan puun kaatoon ole vielä ollut riittävästi.

Laatuluokkajakaumien tarkastelussa tulee huomioida aineiston koko, sillä suurista puista saatiin sahatavaraa moninkertaisesti verrattuna pieniin puihin. Pienien puiden osalta aineisto oli niin pieni, ettei sen perusteella pidä tehdä hätiköityjä johtopäätöksiä laadun suhteen. Lisäksi tulee ottaa huomioon, että isojen ja pienten koepuiden kuvaama laatu on erilaista. Isot koepuut olivat metsikön huippuyksilöitä, joita on säästetty aiemmilta harvennuksilta ja pyritty kasvattamaan mahdollisimman suuriksi. Isot puut edustavat siis metsikön parasta mahdollista laatua. Pienien koepuiden osalta puusto oli vielä melko nuorta, eikä metsikössä ollut vielä suoritettu laadullisia harvennuksia. Harvennuksilla ei voida enää juurikaan vaikuttaa jäljelle jäävien puiden laatuun, mutta metsikkötasolla keskimääräinen laatu paranee poistettaessa oksaisimpia tai muuten viallisia puita.

On mahdollista, että valituksi tulleet pienet koepuut edustivat jopa heikompa laatua kuin metsikön keskimääräinen pienten puiden laatu. Metsikössä oli vain vähän suuriläpimittaisia alemman kerroksen puita, joten oli

haastavaa löytää edes tutkimukseen vaadittava määrä riittävän suuria runkoja. Tämän vuoksi valituiksi tulivat todennäköisesti alemman jakson puusukupolven suurimmat ja nopeakasvuisimmat yksilöt. Tasarakenteisessa metsän kasvatuksessa näitä kutsutaan etukasvuiksi, ja lukuisissa metsänhoito-ohjeissa nämä kehoitetaan poistamaan jo taimikkovaiheessa. Etukasvuissa puissa oksat ovat suurempia ja niitä on enemmän. Koska puun kasvu on ollut nopeampaa, on myös puuaineen tiheys pienempi kuin metsikössä keskimäärin.

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että etenkin jatkamalla kiertoaikaa runsaasti voidaan muutamasta rungosta saada iso määrä huippulaatuisia sahatavaraa. Pitkästä kasvuajasta ei juurikaan todettu aiheutuvan puun laatua merkittävästi alentavia haittoja. Kuitenkin mitä kauemmin puu kasvaa, sen kauemmin se on alttiina myrskytuhoille ja vaurioille, ja sitä kautta sienituhoille. Pienten puiden sahatavaran laatu oli heikompaa kuin suurien, joka oli oletettavaa, koska oksaton pintapuukerros ei ollut niihin vielä kehittynyt. Ennako-odotuksista poiketen todettiin, ettei laatua heikentävää lylyä juurikaan aineistossa ollut. Tämän tutkimuksen perusteella erirakenteinen männyn kasvatustapa on täysin mahdollista, mutta vaatii vielä paljon tutkimustyötä, jolla voidaan todentaa kasvatustavan taloudellisuus. Tutkittu kasvatustapa voisi hyvin toimia vaihtoehtona männikköä uudistettaessa. Todennäköisesti sille voisi olla myös kysyntää ympäristöä arvostavien metsänomistajien keskuudessa. Tässä tutkimuksessa ei vielä tarkasteltu ulkoisia oksaominaisuuksia, vaikka mittaukset ulkoisista oksaominaisuuksista jo suoritettiin. Mittausten perusteella on mahdollista arvioida runkojen karsiutumisen korkeutta, onnistumista ja tulevan oksattoman tyvitukkiisuuden pituutta. Tässä olisi yksi mahdollinen jatkotutkimusaihe.

Tulevaisuudessa tutkimukset aiheen tiimoilta kannattaisi painottaa metsiköihin, jossa puuston ikäluokat ovat lähempänä toisiaan. Kiinnostavaa olisi tietää, millaista sahatavaraa saadaan varttuneemmista alemman jakson puista. Lisäksi alemman jakson tutkimuspuiksi kannattaisi valita puita, jotka tulitaisiin harvennuksissa säästämään, sillä nämä edustaisivat keskimääräistä parempaa laatua. Sahausasetteiden erilaisuus esti isojen ja pienten puiden sahatavaran suoran vertailun ja hankaloitti tulosten tulkitsemista. Jos tulevien tutkimusten isot ja pienet puut ovat iällisesti lähempänä toisiaan, yhteisen sahausasetteen käyttö voi olla kannattavaa. Koepuiden kaadot etenkin näissä erirakenteisissa tutkimuksissa olisi paras tehdä kylmään vuodenaikaan. Tällä voitaisiin estä sienitautien leviäminen kantojen ja korjuuvaurioiden kautta.

Tutkimuskohteena toimineen Rivierankankaan männikön tulevaisuus on ongelmallinen, sillä tyvitervastautihavainnot männikössä eivät lupaa hyvää. Alueella on todella merkittävä maisemallinen arvo Evon alueelle, joten en usko laajaan avohakkuun ja lehtipuun viljelyn tulevan kyseeseen. Tyvitervastaudin leviämisen estäminen on suorastaan mahdotonta alueella, jossa harjoitellaan jatkuvasti puun korjuuta. Alueelle voisi kenties perustaa tutkimusalueen, jossa selvitetäisiin taudin leviämistä. Tyvitervastautiko-keiden lisäksi voisi tutkia pidemmällä aikavälillä alemman jakson männikön kehitystä ja sahatavaran laadun muutosta puun kasvaessa.

LÄHTEET

Auty, D. (2006) *Non-destructive evaluation of Scots pine (Pinus sylvestris L.) to determine timber quality following conversion to continuous cover forestry systems*, Väitöskirja. Edinburgh: Master of Science University of Edinburgh

Carter, P., Chauhan, S. & Walker, J. (2006), Sorting logs and lumber for stiffness using Director HM200, *Society of Wood Science and Technology* 38(1), s.49–54

Finér, L. (2007) *Vesiensuojelu aiheuttaa haasteita metsätaloudelle*. Metsätieteen aikakauskirja 3/2007, 279–282.

Helsingin yliopisto (2006). Mänty. Haettu 3.2.2016 osoitteesta http://www.helsinki.fi/metsatieteet/arboretum/puulajit/pinus_sylvestris.html

Hämeenlinnan kaupunki (2016) Padasjoen ilvesvaellusreitistö. Haettu 10.6.2016 <http://www.hameenlinna.fi/Palvelut/LinnanInfra/Luontopalvelut-ulkoliikunta-ja-virkistys/Ulkoilu--ja-virkistyspalvelut/Padasjoen-Ilvesvaellusreitisto/>

Hämeen maakunta-arkisto (n.d.), *Evon metsäopiston arkisto (1838–1972)*. Haettu 5.12.2016.

Karjalainen, E., Mäkinen, K., Tyrväinen, L., Silvennoinen, H. & Store, R. (2010) *Maiseman huomioon ottaminen metsätaloudessa*, Metlan työraportteja 165. Vantaa: Metsäntutkimuslaitos.

Kellomäki, S., Lämsä, P., Oker-Blom, P. & Uusivaara, O. (1992) *Silva Carelica 23 Männyn laatukasvatus*. Joensuu: Joensuun yliopisto.

Lindén, M., Lilja-Rothsten, S., Saaristo, L. & Keto-Tokoi, P. (2014). *Metsänhoidon suositukset riistametsänhoitoon, työopas*. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, (2008). *Tapion taskukirja*, 25. painos. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

Metsäntutkimuslaitos (2010). Pohjoinen mänty – laadukas ja monikäyttöinen. Haettu 3.2.2016 osoitteesta <http://www.metla.fi/metinfo/northernpine/index.html>

Pihlajanmaa, T. & Jantunen, J. (1995). *Järeän sahatavaran mekaaniset ominaisuudet*. Vihti: Maatalouden tutkimuskeskus.

Piri, T. (2009) *Männyn lahovikaisuus ja sen torjunta*. Vantaa: Metsäntutkimuslaitos

Pukkala, T., Lähde, E. & Laiho, O. (2011). *Metsän jatkuva kasvatus*. Joensuu: Joen Forest Program Consulting.

Puuinfo (n.d.a) Puu materiaalina. Haettu 12.5.2016
<http://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-materiaalina>

Puuinfo (n.d.b) Sahatavara. Haettu 7.10. 2016
<http://www.puuinfo.fi/puutieto/sahatavara>

Rikala, J. (2003). *Spruce and pine on drained peatlands – wood quality and suitability for the sawmill industry*. Väitöskirja. Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja N:o 35. Helsinki: Helsingin yliopisto.

Sandberg, D. (2005). Distortion and visible crack formation in green and seasoned timber: influence of annual ring orientation in the cross section. *Holz als Roh- und Werkstoff* 63, s.11–18

SFS-EN 338. (2010). Structural timber - Strength classes. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry

Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys. (1994). *Pohjoismainen sahatavara*, 1. painos, Helsinki: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys.

Valkonen, S., Sirén, M. & Piri, T. (2010). *Poiminta- ja pienaukkohakkuut – vaihtoehtoja avohakkuulle*. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

Haastattelut:

Martti Kolkka, 27.5.2015, Evo

Sauli Valkonen, 26.2.2016, Vantaa

Pekka Vuori, 8.6.2016, Evo

