

MÄNNYN RUNGONOSA LAJITTELUN OPTIMOINTI

Westas Raunio Oy

Tiivistelmä

Tekijä Laaksonen, Eemeli	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 22	Valmistumisaika Syksy 2019
Työn nimi Männyn rungonosa lajittelun optimointi		
Tutkinto Prosessi- ja materiaalitekniikka, Insinööri (AMK)		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Westas Raunio Oy:n tukinlajittelun röntgenmittarille uudet lajitteluarvot. Tavoitteena oli, että parempilaatuiset männyn välitukit voidaan lajitella tyvitukien lokeroon ja huonompilaatuiset välitukit ohjata latvatukkien lokeroon.</p> <p>Työ toteutettiin simuloimalla aikaisemmin lajiteltujen mäntytukkien tietoja simulaatio-tietokoneella ja tekemällä simulaatiotulosten perusteella testilajitteluja ja sahauksia. Testilajittelussa kerätyt tukit sahattiin ja sahatavaralaatuja verrattiin tyvitukista sahatun sahatavaran laatusaantoihin.</p> <p>Testilajittelun tukeilla saavutettiin yhtä hyvät laatusaannot kuin tyvitukin sahauksista. Välitukille selvitetty lajitteluasetukset voidaan jatkossa ottaa käyttöön tukinlajittelussa ja lisätä näin parempien sahatavaralaatujen osuutta tuotannosta.</p>		
Asiasanat Tukkilajittelu, röntgenmittaus, rungonosa		

Abstract

Author Laaksonen, Eemeli	Type of publication Bachelor's thesis	Published Autumn 2019
	Number of pages 22	
Title of publication Optimization of the trunk part sorting of pine		
Name of Degree Bachelor of Process and Material Technology		
Abstract <p>The objective of this thesis was to investigate new sorting values for the x-ray meter of sorting logs, for Westas Raunio Oy. The goal was to be able to sort the pine's middle logs that are better quality to the compartment of butt logs and also to channel the middle logs with not so good quality to the compartment of top logs.</p> <p>The research was executed by simulating the information of already assorted pine logs with a computer simulation and by doing test sorting and sawing according to the simulation results. The logs that were collected from the test sorting were sawed. The quality of the sawn timber was compared with the distribution of quality of the sawn timber that was sawn from the butt log.</p> <p>The logs of the test sorting achieved as good distribution of quality as the sawings of the top log. The investigated values of the middle logs can be put into operation in the sorting of logs from now on. That way the share of sawn timber that is better quality can be increased in the production.</p>		
Keywords Sawn timber, x-ray, log sorting		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	WESTAS	2
3	LAJITTELUN HYÖDYT	3
3.1	Männyn rungonosat	3
3.2	Sahatavaralaadut	4
4	LAJITTELUMENETELMÄT	8
4.1	Valoverhomittari	8
4.2	3D-mittaus	8
4.3	Röntgen	9
5	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	13
5.1	Tukkitietojen simulointi	13
5.2	Tukkien silmämääräinen tarkastelu	13
5.3	Testisahaukset	16
6	TULOKSET	17
6.1	Laatujakaumat	17
6.2	Käytännön hyödyt	20
7	YHTEENVETO	21
	LÄHTEET	22

1 JOHDANTO

Nykyaikaisen sahateollisuuden kustannusrakenteessa tukin kantohinta muodostaa yli puolet kokonaiskustannuksista. Kun tukin hintaan lisätään hakkuu- ja kuljetuskustannukset sahalle, saadaan kasaan jo 2/3 kokonaiskustannuksista. (Varis 2017, 31.) Tämän vuoksi raaka-aineen optimaalinen hyödyntäminen on avaintekijä sahan kannattavuuden kannalta.

Uusilla mittausmenetelmillä tukin ominaisuuksia voidaan mitata entistä tarkemmin ja aikaisemmassa vaiheessa prosessia. Mitä aikaisemmin raaka-aineen käyttö voidaan suunnitella, sitä tehokkaammin se voidaan hyödyntää prosessin seuraavissa vaiheissa. Tämän vuoksi uudet mittaus- ja lajittelulaitteistot ovat yleistyneet sahateollisuudessa voimakkaasti. Tärkeimmät mittausmenetelmät ovat röntgenmittaus sekä laser- ja kameramittauksen yhdistävä 3D-mittaus. Raaka-aineen käyttöä ja lajittelua tullaan tulevaisuudessa seuraamaan entistä tarkemmin, jolloin samankaltaiset mittalaitteet tulevat yleistymään tukinlajittelun lisäksi myös muissa prosessin vaiheissa. (Barbu 2019.)

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Westas Raunio Oy. Työn tavoitteena oli löytää sahan tukinlajittelussa käytössä olevalle röntgenmittarille asetukset, joilla männyn välitukit voidaan lajitella tukin oksaisuuden perusteella eri laatuluokkiin. Tavoitteena oli saavuttaa parempilaatuisilla välitukeilla samankaltainen laatujauma, kuin tyvitukkien sahauksella, jolloin paremmat välitukit voidaan lajitella tyvitukkien sekaan vaikuttamatta lopputuotteiden laatujaumaan.

Työ suoritettiin Westas Raunion sahalla syksyn 2019 aikana. Tutkimus toteutettiin kolmessa osassa. Suuntaa antavat aloitusasetukset selvitettiin simuloimalla aikaisemmin tukinlajittelussa lajiteltuja tukkeja ja tutkimalla eri oksamittaustavoilla saatuja arvoja. Simulointitulosten perusteella luotiin asetukset testilokeroille, joihin parempilaatuisia välitukkeja kerättiin. Lajittelun aikana testilokeroiden tukkeja tarkasteltiin silmämääräisesti ja asetuksiin tehtiin joitakin muutoksia tarkastelun perusteella. Testilokeroiden tukit sahattiin omina erinä, jolloin sahan tuorelajittelusta saatiin laatujaumat, joita voitiin verrata tyvitukista sahattujen kappaleiden laatujaumiin.

2 WESTAS

Westas-konsernin muodostavat Westas Group Oy, Westas Raunio Oy, Westas Pihlava Oy sekä Westas Bioenergia Oy. Konserni perustettiin vuonna 2013, kun Raunion saha ja Pihlavan saha liitettiin yrityskaupoilla osaksi Westas-konsernia. Liiketoiminta muodostuu sahauksesta sekä bioenergiatoiminnoista. Raunion saha Koskella sekä Pihlavan saha Porissa käyttävät vuosittain lähes 1,3 miljoonaa kuutiota tukkia. Sahat tuottavat vuosittain yhteensä noin 450 000 kuutiota kuusi- ja mäntysahatavaraa. Biopolttoaineita toimittavan Westas Bioenergian vuotuinen toimitusmäärä on noin 650 GWh biopolttoainetta. Konsernin vuotuinen liikevaihto on 125 miljoonaa euroa, josta viennin osuus on 85 %. (Westas 2019.)

Koskella sijaitseva Raunion saha perustettiin vuonna 1909. Vuosittainen sahatavaran tuotantomäärä on 235 000 m³. Tuotannosta noin 75 % on kuusisahatavaraa ja 25 % mäntysahatavaraa. Raunion saha työllistää 54 henkilöä ja toimii näin alueen merkittävänä työllistäjänä. Raunion saha on alusta alkaen tunnettu korkealaatuisesta sahatavarastaan sekä pitkäaikaisista ja hyvistä asiakassuhteista. (Westas 2019.)

Pihlavan saha perustettiin vuonna 1875. Sen vuosittainen sahatavaran tuotantomäärä on 215 000 m³. Sahatavarasta noin 60 % on kuusisahatavaraa ja noin 40 % on mäntysahatavaraa. Pihlavan sahan liikevaihto on 46 miljoonaa euroa. Sen henkilöstöön kuuluu 60 ihmistä. Pihlavan saha keskittyy erityisesti perussahatavaran tuotantoon. (Westas 2019.)

3 LAJITTELUN HYÖDYT

Tukin mittaukselle on kaksi päätarvetta, puukaupan tarpeisiin tehtävä vastaanottomittaus sekä sahan tuotantotarpeita vastaava tukkien lajittelu. Tukkilajittelun onnistuminen on ratkaiseva tekijä koko sahausprosessin kannalta. Hyvin onnistunut tukkien lajittelu vähentää tuotejakauman hajontaa ja parantaa lopputuotteen laatua. (Varis 2017, 67-72.)

Tärkein sahatavaran laatua määrittävä tekijä on oksien määrä, koko ja laatu. Sahatavaran oksaisuus määrittyy sen mukaan, minkälaisesta rungosta se on sahattu. Tukeille ei ole olemassa samanlaisia numeerisia laatulajitteluarvoja, kuin sahatavaralle on olemassa. Jokainen saha lajittelee sahattavat tukit omien mahdollisuuksien ja tarpeidensa mukaan. (VTT 2009.) Kun tukit voidaan jo lajitteluvaiheessa lajitella sen mukaan, mitä sahatavaraa siitä todennäköisesti tulee, voidaan raaka-aine käyttää entistä tehokkaammin hyödyksi.

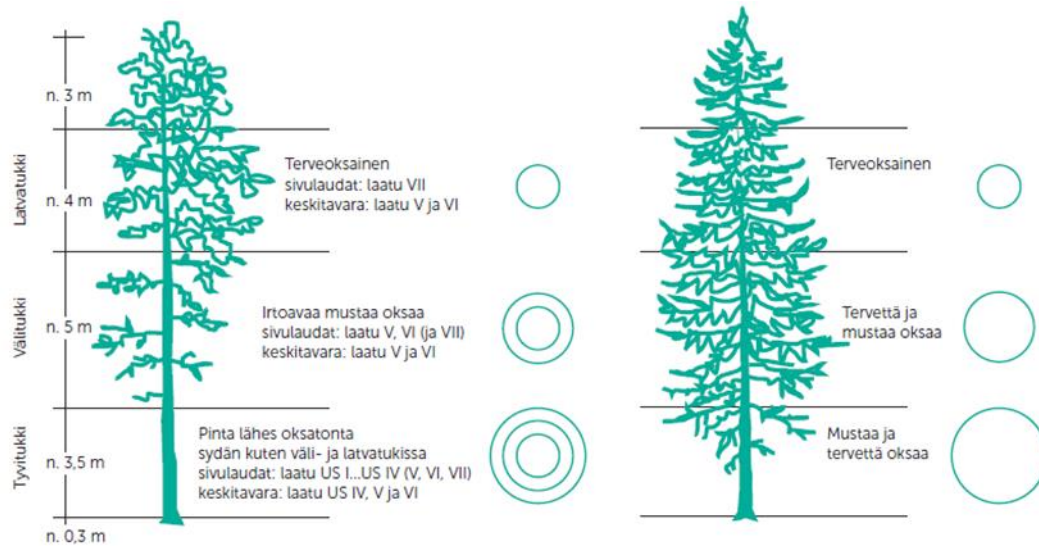
3.1 Männyn rungonosat

Kuusen ja männyn rungonosat eroavat selvästi toisistaan. Kuusen runko on tasalaatuisempaa tyvestä latvaan asti. Kuusen rungossa on terveitä oksia rungon koko alueella ja kuivien oksien osuus on lyhyt. Männyn eri rungonosat eroavat selvästi toisistaan sekä ulkonäöltään että fyysisiltä ominaisuuksiltaan (kuva 1). (Puuinfo 2019.)

Männyn tyvestä saatava tyvitukki on yleensä lähes oksatonta. Tyvitukki on männyn arvokain osa, josta saadaan oksattomia sivulautoja sekä korkealaatuisinta sydäntavaraa. Tyvitukin erottelu muista rungonosista onnistuu tukinlajittelussa rungon muodon perusteella. Tyvitukin tyviosa on selvästi kartiokkaampi muuhun runkoon verrattuna, jolloin tyvitukin tunnistus tukinlajittelussa onnistuu 3D-mittarilla. (Mäkikuutti 2019.)

Männyn latvatukissa on aina paljon oksia. Latvatukista saatavat sivulaudat ovat huonompi laatuista, kuin muista rungonosista saatavat laudat. Myös sydäntavara sisältää aina oksia, joten parhaimpia laatu luokkia ei ole mahdollista valmistaa latvatukista.

Välitukin ominaisuudet ja ulkonäkö saattavat vaihdella hyvinkin paljon, riippuen puun koosta ja kasvupaikasta. Parhaat välitukit ovat ominaisuuksiltaan tyvitukin veroisia. Pinta on oksatonta ja sydäntavarassa on vain pieniä mustia oksia. Osassa rungoista suuret terveet oksat ulottuvat myös välitukkiin asti, jolloin välitukista saatavat sahatavara laadut vastaavat enemmän latvatukista saatavia laatuja. Välitukki on muodoltaan latvatukin kaltainen, joten välitukkien erottelu latvatukeista rungon muodon perusteella on haastavaa (Mäkikuutti 2019).



Kuva 1. Rungonosat (Puuinfo 2019)

3.2 Sahatavaralaadut

Pohjoismaisella sahatavaralla on käytössä vakiintuneet sahatavaran peruslaadut, jotka määritellään Harmaassa kirjassa. Sahatavaran laatu määritellään jokaisen neljän sivun perusteella vikojen sijainnin, suuruuden ja lukumäärän mukaan. Kappaleen sisälape saa olla yhtä laatuluokkaa huonompi. Kaikille mitattavissa oleville puun ominaisuuksille on pyritty antamaan numeeriset raja-arvot, joiden vaihteluvälin ohje määrittää kullekin laadulle. (Varis 2017, 179-183.)



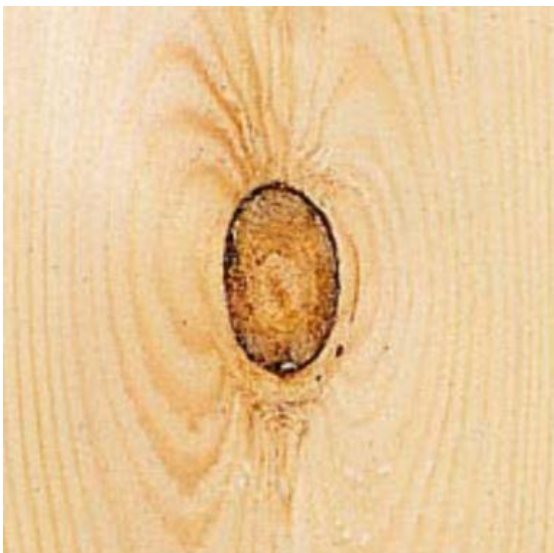
Kuva 2. Sahatavaralaadut (Puuinfo 2019)

US on korkein laatuluokka, joka sisältää tuotannosta lankeavan osuuden US I-US IV-laatuja. Termi US tulee sanasta "unsorted". US-laatu asettaa tiukat vaatimukset kappaleen ulkonäölle, oksaisuudelle sekä teknisille ominaisuuksille (kuva 2). Männyin US-laatuista sahatavaraa voidaan valmistaa ainoastaan tyvitukeista sekä parempilaatuisista välitukeista, sillä muut rungonosat ovat liian oksaisia. US-laadun sahatavaraa käytetään pääasiassa hyvin näkyville tulevilla tuotteilla, kuten huonekaluissa, listoissa, sisustuspaneelissa sekä käsityötuotteissa. (Harmaa kirja 2016, 17.)

V-laatua ei ole jaettu erikseen alaluokkiin. Puhekielessä V-laatua kutsutaan ”kvintaksi”. Sitä käytetään erityisesti rakentamisen eri käyttökohteissa, kuten ikkunoissa, ovissa, runkorakenteissa, ulkoverhoiluissa sekä lattioissa. (Harmaa kirja 2016, 17.) Kvinttalaatuista männyn sydäntavaraa voidaan valmistaa kaikista rungonosista, mutta sen ominaisuudet ja ulkonäkö vaihtelevat sen mukaan, mistä rungonosasta se on valmistettu. Latvatukista sahattu V-laadun sahatavara sisältää terveitä oksia (kuva 3) ja tyvitukin kvintta kuivia oksia (kuva 4). Välitukista sahattu kvintta sisältää suurimmaksi osaksi terveitä oksia, mutta joukossa on myös kuivaoksaisia kappaleita. Asiakkaiden mieltymykset vaihtelevat sen mukaan, mitä he sahatavarasta valmistavat. Höylättäväksi tarkoitettu sahatavarassa suositetaan terveksaista laatua, sillä kuivat oksat voivat irrota höyläyksessä, mikä huonontaa laatua. Kuivaoksainen kvintta on ulkonäöltään lähempänä US-laatua, joten sitä käyttävät asiakkaat, joille tuotteen ulkonäkö on tärkeää. Johtuen eri loppukäyttäjistä, kvinttalaadut erotellaan joskus toisistaan terve- ja kuivaoksaiseen kvinttaan.



Kuva 3. Tuore oksa (RT 21-112 8 8, 2017)



Kuva 4. Kuiva oksa (RT 21-112 8 8, 2017)

VI-laatu, jota puhekielessä kutsutaan sekstaksi, ei myöskään jakaannu alalaatuihin. VI-laatua käytetään pakkausteollisuudessa, betonilautoina sekä piiloon jäävissä rakenteissa. (Harmaa kirja 2016, 17.) Sekstalaatua käyttävät asiakkaat eivät aseta ulkonäkövaatimuksia sahatavaralle, joten sekstaa ei lajitella sen mukaan, mistä rungonosasta se on valmistettu.

Huonoin sahatavaralaatu on VII, jolle ei ole numeerisia arvoja. Ainoat vaatimukset ovat, että kappaleen on pysyttävä koossa ja sahanterän on koskettava pääosaa kappaleen pinnoista. (Varis 2017, 181.) VII-laadun hinta on alhainen ja sen käsittely tuotantolinjoilla on hidasta, johtuen epämääräisistä ja katkeilevista sahatavarakappaleista. Tämän vuoksi monet sahat hakettavat VII-laatuisen sahatavaran hakkeeksi jo sahausvaiheessa, sillä hakkeena siitä saatava tuotto on parempi.

4 LAJITTELUMENETELMÄT

Nykyaikaisissa sahateollisuuden tuotantolaitoksissa tukin mittaus ja lajittelu tapahtuu automaattisen lajittelujärjestelmän avulla. Tukin geometrian mittaukseen käytetään yleisesti optisia mittalaitteita. Tukin sisäistä laatua puolestaan mitataan röntgentekniikalla. Yhdistämällä optinen- sekä röntgenmittaus saadaan luotettava kuva tukin laadusta ja geometriasta. (Varis 2017, 67-72.)

4.1 Valoverhomittari

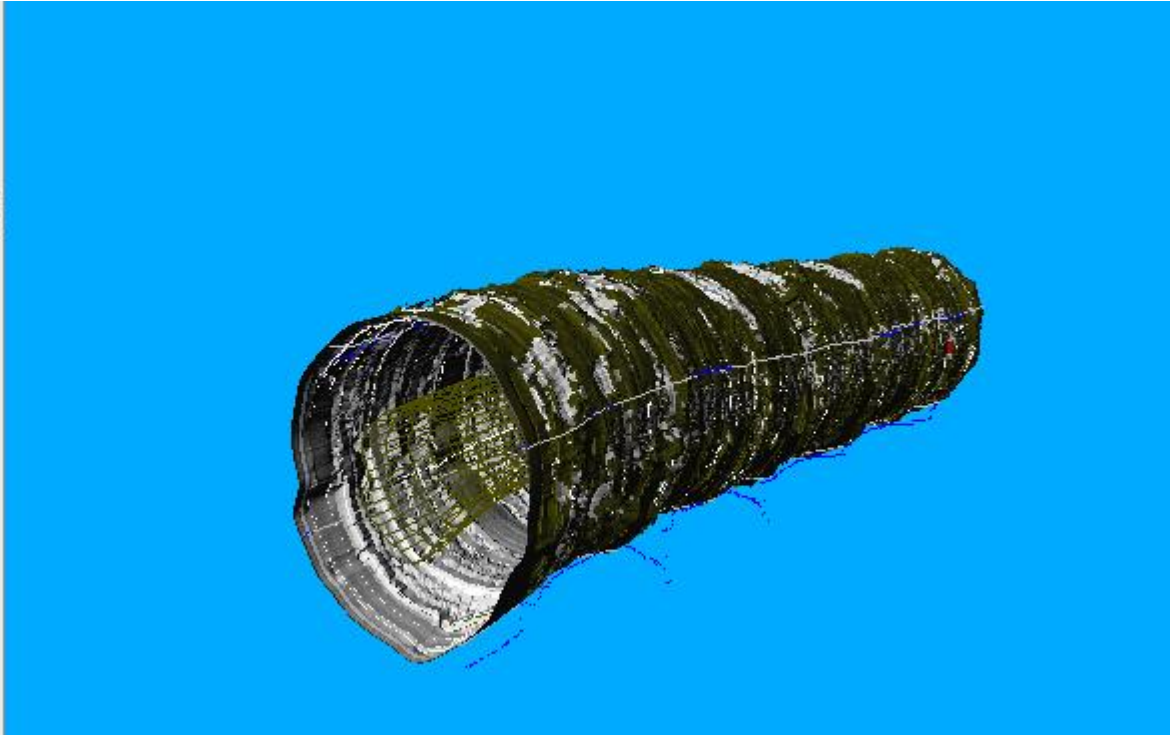
Valoverhomittari soveltuu yksinkertaiseen läpimittalajitteluun ja tukkien kuutiointiin. Mittaus perustuu valorampeihin, joihin mitattava tukki muodostaa varjostuman, joka on yhtä suuri kuin tukin halkaisija. (Varis 2017, 69.) Valoverhomittari ei kykene havaitsemaan kuoren paksuutta eikä tukissa olevia kuorettomia kohtia. Kuoren määrä vähennetään mittarin antamasta halkaisijasta kuoritulukon perusteella, jolloin saadaan tukin kuoreton latvaläpimitta. Kuoritulukolla vähennetään jokaisesta tukista kyseisen tukkihalkaisijan keskimääräinen kuoren paksuus.

Nykyaikaisemmilla mittausmenetelmillä on mahdollista saada tarkempi mittaustulos tukin geometriasta sekä laadusta, kuin valoverhomittarilla on mahdollista. Tämän vuoksi valoverhomittarit ovat teollisessa tukinlajittelussa väistymässä uudempien mittalaitteiden tieltä, sillä käsiteltäessä suuria tukkimääriä, tarkemmalla mittauksella saadaan suuria säästöjä tehokkaamman raaka-aineen hyödyntämisen ansiosta.

4.2 3D-mittaus

3D-mittausmenetelmä mahdollistaa 3D-mallin tuottamisen koko tukista (kuva 5). Mittaus perustuu kamera- ja lasertekniikan yhdistämiseen. Lasermittauksella saadaan muodostettua 3D-malli rungon geometriasta. Kameratekniikalla voidaan tunnistaa tukista kuorettomat kohdat. Yhdistämällä nämä kaksi mittaustekniikkaa saadaan muodostettua tarkka 3D-malli tukista ja määriteltyä tukin kuoreton latvaläpimitta. Latvaläpimitan määrittäminen 3D-mittarilla edellyttää, että tukissa on sekä kuorellisia että kuorettomia kohtia, joiden läpimittaa voidaan vertailla. (RemaSawco 2018.)

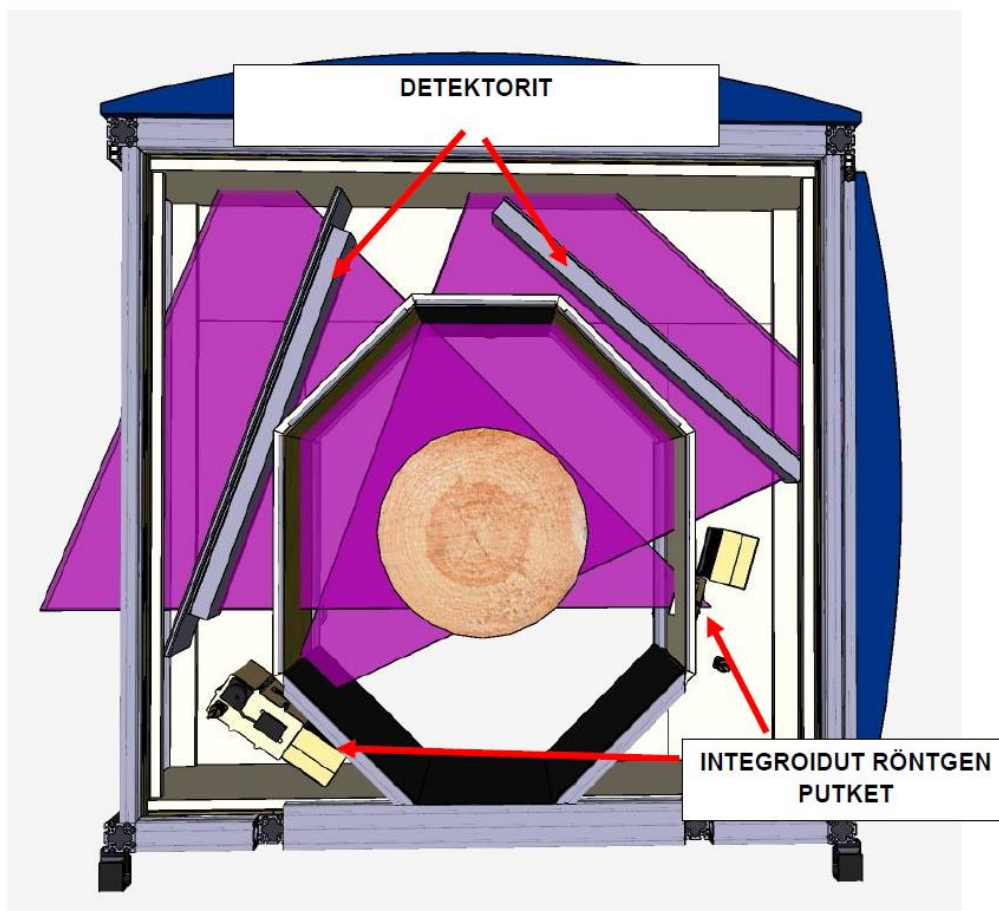
Tärkeimmät 3D-mittarilla mitattavat ominaisuudet ovat halkaisija, pituus, kartiokkuus, lenkous ja mutkaisuus. 3D-mittarilta saatavalla tiedolla voidaan tarkentaa röntgenmittarilta saatavia tuloksia. Kun tiedetään tarkalleen mitä tukin pinnalla on röntgenmittarin mittauskohdissa, saadaan myös sisäisestä laadusta tarkempi tulos. (RemaSawco 2018.)



Kuva 5. 3D-malli tukista Visiometric 3D ohjelmalla

4.3 Röntgen

Tukkien sisälaadun mittaamiseen käytetään röntgentekniikkaa. Mittaus perustuu sähköisesti röntgenputkella tuotettavaan säteilyyn, joka heijastetaan tukin läpi (kuva 6). Säteilyn määrä mitataan säteilynmääräanturilla ja muutetaan tukin halkaisijan kautta tiheysvaihteluksi. Röntgenmittarin tuottama tieto perustuu kappaleen aiheuttamaan tiheysvaihteluun röntgen säteessä. (Varis 2017, 70-71.)

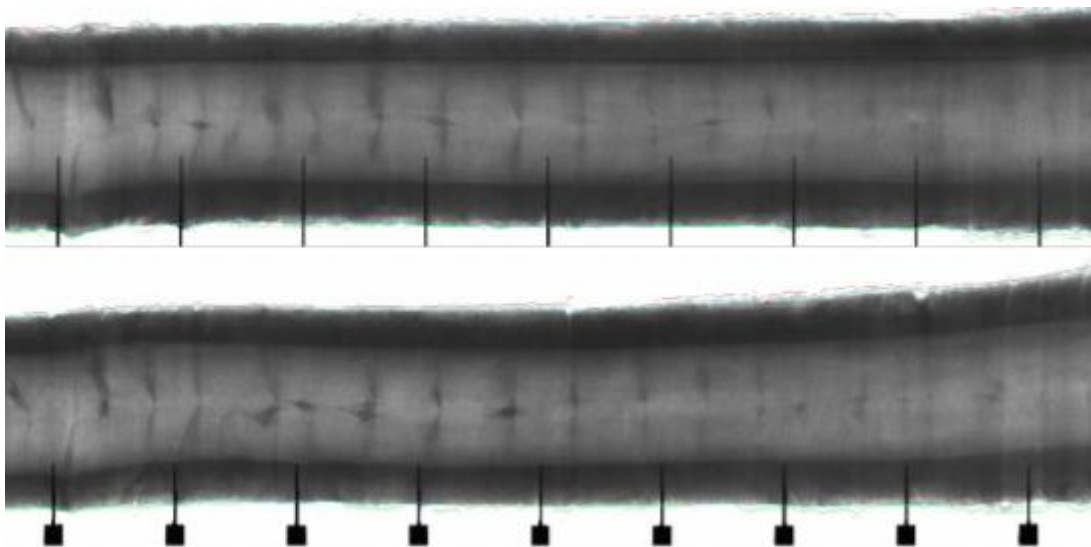


Kuva 6. Röntgenmittari (RemaSawco 2018)

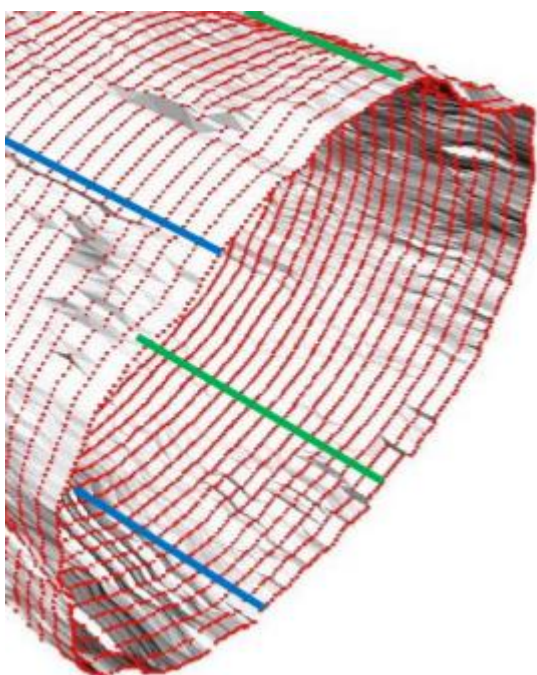
Valtaosa Suomessa käytössä olevista tukkiröntgeneistä on kahden suunnan röntgenmittareita, eli ne muodostavat tukista läpivalaisukuvan kahdesta vastakkaisesta suunnasta. Muita röntgentyyppejä ovat yhden suunnan röntgen sekä pyörivä röntgenmittari. Pyörivällä röntgenmittarilla on mahdollista saada kokonaisvaltainen kuva oksien sijoittumisesta tukin sisällä, mutta sen hinta on moninkertainen kahden suunnan röntgeniin verrattuna. (Piispa 2019.)

Röntgenmittarilla voidaan mitata kuoren paksuus ja tukin kuoreton läpimitta myös talvella, jolloin tukin pinnalla oleva lumi aiheuttaa epätarkkuutta 3D-mittarin mittatulokseen. Kahden suunnan röntgenillä kuoren paksuus saadaan mitattua neljästä kohtaa tukista. Vertailemalla 3D- ja röntgenmittarin tuloksia toisiinsa, saadaan kuorenpaksuudesta tarkempi tulos, kuin erikseen mitatuilla mittaustuloksilla. (RemaSawco 2018.) Kuvassa 7 nähdään röntgenmittauksella saatava läpivalaisukuva tukista. Kuoren tiheys on pienempi kuin varsinaisen puuaineksen, jolloin se voidaan havaita tukin pinnasta. 3D-mittarilla (kuva 8) voidaan havaita tukin muotovirheet, kuten soikeus, kolot, murtumat ja kyhmyt erittäin hyvin.

Kuvaan 8 on merkitty 3D-mittarin tapa mitata rungon muoto tukin joka suunnasta, sekä esimerkin omaisesti röntgen mittarin mittauskohdat sinisellä ja vihreällä viivalla.



Kuva 7. Röntgenkuva tukista (RemaSawco 2018)



Kuva 8. 3D malli tukista (RemaSawco 2018)

Toinen tärkeä ominaisuus, jota röntgen mittarilla mitataan, on tukin oksaisuus. Oksien määrää ja laatua voidaan mitata usealla eri tavalla. Useista mittaustavoista on valittava käyttöön oikeat mittaustavat, joilla lajittelutulos saadaan optimaaliseksi. Oksista on saatavilla seuraavia laskenta-arvoja: oksaisuusindeksi, kaikkien oksien keskiarvo koko, yksittäisen oksan keskiarvo ja maksimikoko, minimi- keskiarvo- ja maksimioksaväli, oksaryhmän

koko, oksakulmat sekä komponentti tuotteita varten mitattavat oksaisuusominaisuudet. (RemaSawco 2018.)

Muita röntgenmittarilla mitattavia ominaisuuksia ovat tukin muoto, sydänpuun osuus, vuosiluston paksuus, tiheysindeksi, vierasesineet kuten metalli sekä lahontunnistus. Lahontunnistus röntgenillä on haastavaa, sillä lahon puuaineksen tiheys on usein sama kuin terveen puuaineksen, jolloin sitä ei voida havaita röntgenmittauksella. (RemaSawco 2018.)

5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

5.1 Tukkitietojen simulointi

Tukinlajittelussa käytössä olevat 3D- sekä röntgenmittari mittaavat jokaisesta lajitellusta tukista monia ominaisuuksia, vaikka lajittelu joidenkin ominaisuuksien mukaan ei olisikaan käytössä. Uusien lajitteluasetusten etsiminen aloitettiin tallentamalla tukkien lajittelutietoja lajittelutietokoneelta ulkoiselle kovalevyllä. Tukinlajittelusta tallennettiin kaikki lajiteltavat tukit kahden viikon lajittelun aikana.

Tallennetut tukit simuloitiin RemaSawcon Visiometric 3D-simulointiohjelmalla. Simulointiohjelma on erillisellä tietokoneella käytössä oleva ohjelma, joka on samankaltainen varsinaisen tukinlajittelu ohjelman kanssa. Sillä voidaan luoda uusia lajitteluasetuksia ja simuloida tallennetut tukit uusilla asetuksilla vaikuttamatta varsinaiseen tukinlajitteluun. Näin saadaan selville, miten tallennetut tukit olisivat jakautuneet lajittelulokeroihin, jos käytössä olisi olleet erilaiset lajitteluasetukset.

Simuloiduista tukeista kerätyt tukkitiedot ladattiin Excel-taulukkoon. Excel hakufunktiolla rajattiin tukkitietojen joukosta kerralla tarkasteltavaksi vain yhden tukkiluokan tukit. Eri oksaisuuden mitta-arvoista muodostettiin jakaumataulukot Excelissä. Näin saatiin valittua monista oksaisuuden mittaustavoista käyttökelpoisimmat ja nähtiin, mihin haarukkaan tukinlajittelun mittaamat arvot normaalisti asettuvat.

Simulaatitietojen perusteella laadittiin varsinaiseen tukinlajitteluun uudet asetukset kahdeksalle testilokerolle. Testilokeroihin pyrittiin poimimaan ainoastaan kyseisen tukkiluokan parempilaatuiset välitukit. Kaikki muut tukit lajiteltiin vanhoilla lajitteluarvoilla omiin lokeroihinsa. Näin pystyttiin tarkastelemaan, minkälaisia tukkeja uusilla lajitteluasetuksilla on mahdollista lajitella erikseen välitukkien joukosta.

5.2 Tukkien silmämääräinen tarkastelu

Kun tukkeja oli lajiteltu kaksi päivää, kaikki testilokeroihin tippuneet tukit käytiin läpi Westaksen laatupäällikkö Jarmo Joen kanssa. Tukit tarkastettiin silmämääräisesti. Tarkastelussa testitukkeja verrattiin tyvitukkeihin ja pyrittiin arvioimaan, ovatko testitukit tarpeeksi vähäoksaisia parempien sahatavaralaatujen valmistamiseen.

Tukeista pyrittiin havaitsemaan kaikki näkyvissä olevat oksat sekä pinnalla olevat oksakyyhmyt (kuva 10), joiden alla oksa ulottuu lähes pintaan asti. Tavoitteena oli, että testilokeroiden parempilaatuisissa välitukeissa ei olisi yhtään suurta tuoretta oksaa (kuva 9) ja pieniä kuivia oksia sekä oksakyyhmyjä olisi maksimissaan muutamia runkoa kohden.

Silmämääräisen tarkastelun perusteella parhaiten onnistuneita asetuksia otettiin käyttöön kaikkiin testilokeroihin. Muutosten jälkeen testilokeroihin tippuneet tukit näyttivät tasalaa-
tuisilta ja vähäoksisilta tukkiluokasta riippumatta (kuva 11).



Kuva 9. Tuore oksa



Kuva 10. Oksakyhmy



Kuva 11. Testilokeron tukkeja

5.3 Testisahaukset

Testilokeroihin kerättiin tukkeja kahden viikon lajittelun ajan, jotta saatiin riittävän suuri erä laatuajakauman luotettavaa tarkastelua varten. Testilokeroiden parempilaatuiset välitukit sahattiin peräkkäin kyseisen tukkiluokan tyvitukkilokeron kanssa. Sahaus suoritettiin samoilla sahausaseteilla ja sahatavaralajittelussa käytettiin samoja asetuksia, jotta tyvitukin ja parempilaatuisen välitukin laatusaantoja voitiin luotettavasti vertailla.

Sahatavara lajiteltiin sahan tuorelajittelussa FinScan BoardMaster kamerajittelulaitteistolla. Testilokeroiden lajittelusta tulostettiin erilliset laaturaportit, joita voitiin verrata tyvitukista sahatun sahatavaran laatuun. Testilokeroiden sahauksessa oli tärkeää pitää prosessissa riittävän pitkä väli ennen ja jälkeen testilokeron sahausta, jotta eri lokeroista sahatut kappaleet eivät sekoitu keskenään ennen kamerajittelua.

6 TULOKSET

Testisahausten laatujakaumien vertailu tyvitukin laatujakaumiin osoittaa, että parempilaatuisista välitukeista on mahdollista saada yhtä hyvä laatujakauma, kuin tyvitukkien sahausesta. Näin saadaan lisättyä parempien sahatavaraalaatujen osuutta kokonaistuotantomäärästä, vaikka tukki raaka-aine pysyy samanlaisena.

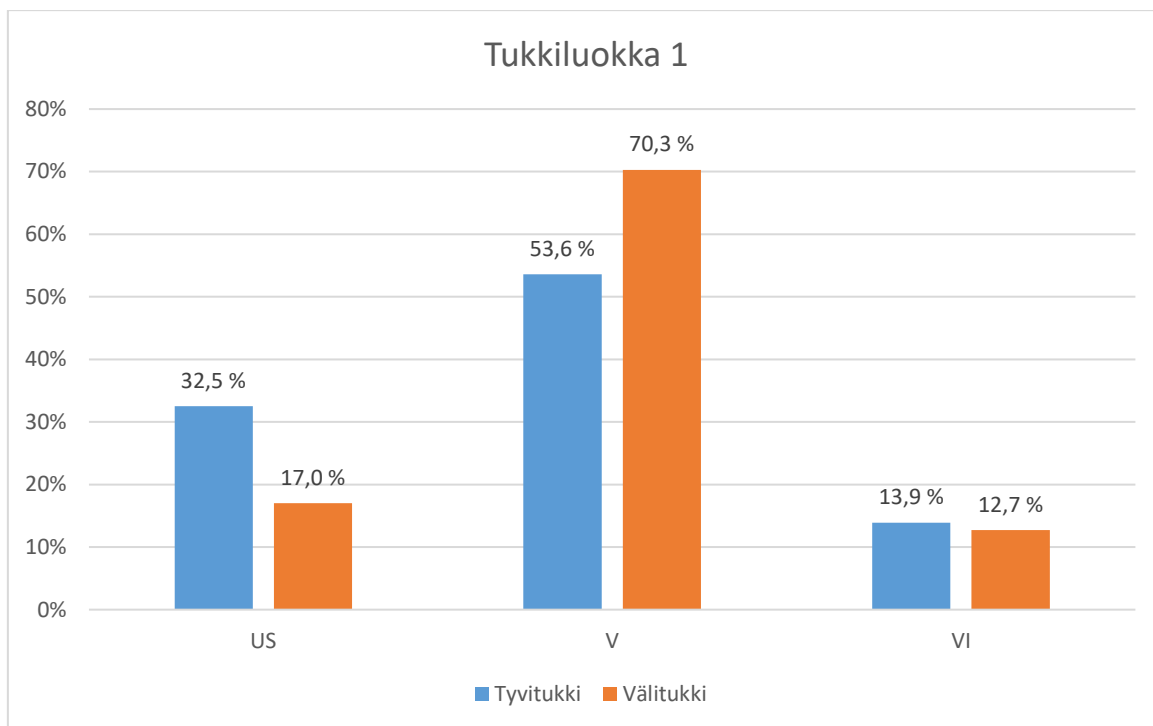
Laatujakaumien tarkastelussa on keskitytty ainoastaan sydäntavarakappaleiden laatujakaumaan. Tukkien uudenlainen lajittelutapa ei merkittävästi vaikuta sivulautojen laatujakaumaan, sillä parempilaatuiset sivulaudat voidaan kerätä talteen myös latva- ja välitukin sahausista.

6.1 Laatujakaumat

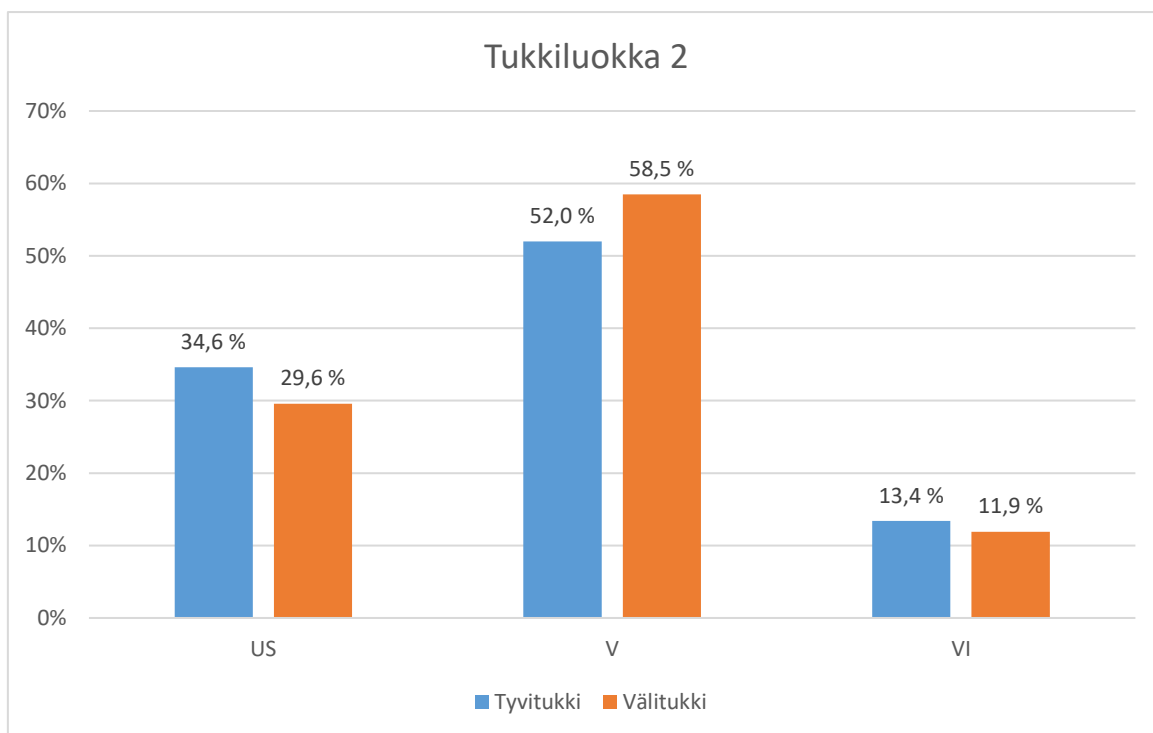
Kuviot 1-4 esittävät sahan tuorelajittelusta saadut sydäntavaran laatujakaumat. Kuvioissa esitetään tukkiluokakohtaisesti tyvitukista sahattujen kappaleiden laatujakauma, sekä saman tukkiluokan parempilaatuisista välitukeista sahattujen kappaleiden laatujakauma. Sekä tyvi- että välitukki sahattiin samassa tukkiluokassa samalla sahausasetteella ja lajitteliin samoilla lajitteluparametreilla, jotta laatujakaumat ovat vertailukelpoisia.

Tukkiluokissa 1 ja 2 käytettiin kahden sydäntavarakappaleen sahausasetetta ja tukkiluokissa 3 ja 4 käytettiin neljän sydäntavarakappaleen asetetta. Neljän sydäntavarakappaleen sahausissa laatujakauma on aina huonompi kahden kappaleen sahausiin verrattuna. Tämä johtuu siitä, että oksat ulottuvat sisempien kappaleiden läpi, mutta osa oksista ei ulotu ulompien kappaleiden ulkolappeelle asti. Sahatavarakappaleen laatu määräytyy pitkälti ulkolapteen perusteella, jolloin sisemmät kappaleet ovat poikkeuksetta huonompia laatuisia neljän kappaleen sahausissa. (Joki 2019.)

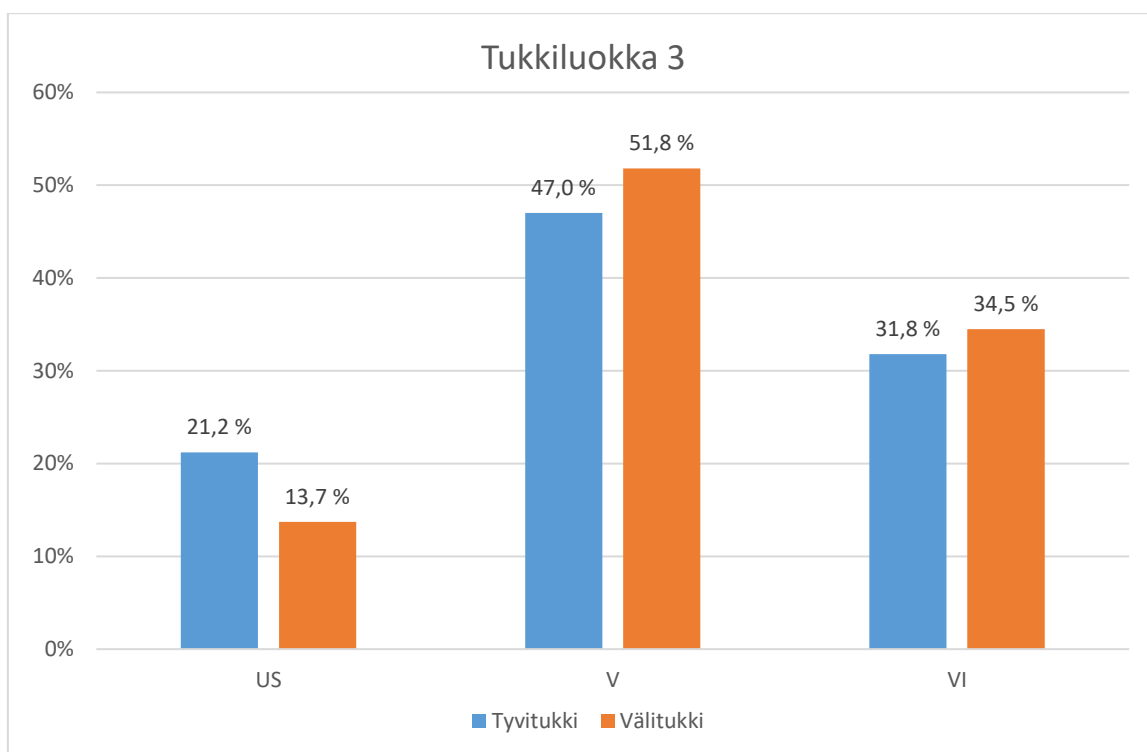
Suurin ero tukkiluokkien 1 ja 2 sekä 3 ja 4 välillä on havaittavissa neljän kappaleen sahausista johtuvasta korkeammasta VI-osuudesta. VI-osuus ei kuitenkaan merkittävästi muutu, riippuen siitä onko sahaus suoritettu tyvi- vai välitukista.



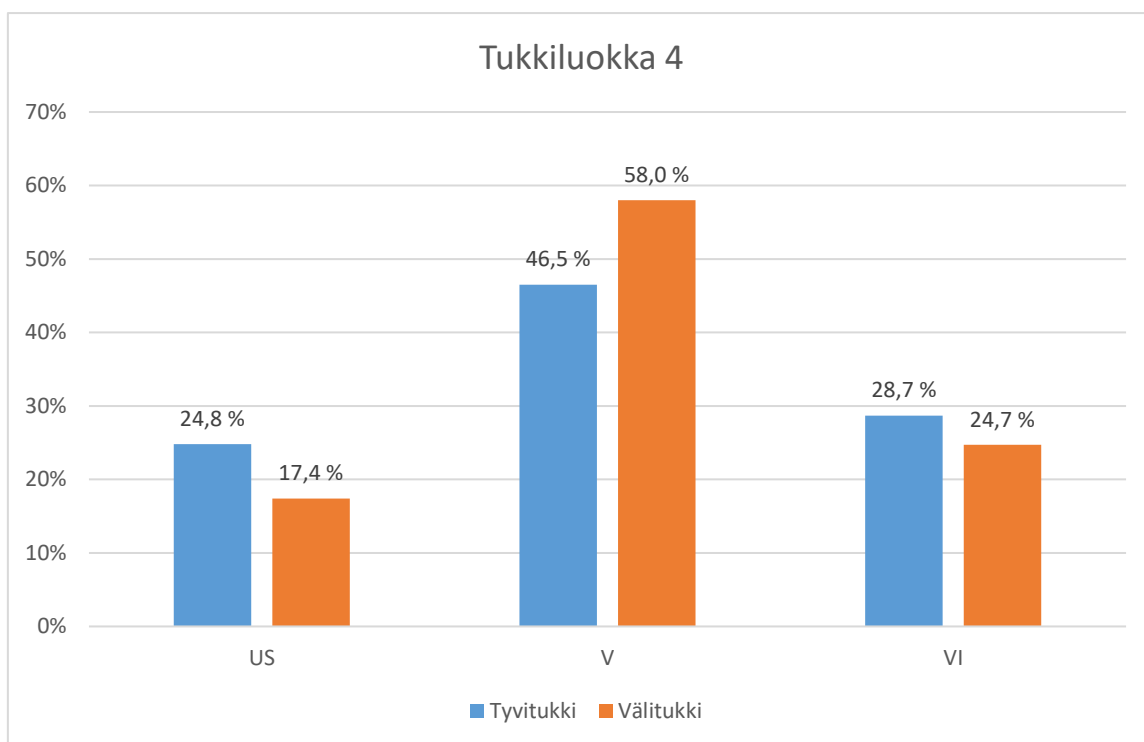
Kuvio 1. Laatujauma 1



Kuvio 2. Laatujauma 2



Kuvio 3. Laatujauma 3



Kuvio 4. Laatujauma 4

6.2 Käytännön hyödyt

Selkein hyöty, joka tukkien paremmalla lajittelulla saavutetaan, on lisääntynyt US-laadun osuus sydäntavaroiden kokonaismäärästä. US-laatuisen sahatavaran hinta on selvästi korkeampi, jolloin myös myyntivoitto on suurempi. Tietyillä sahatavaramarkkinoilla US-laatu toimii eräänlaisena virikkeenä ja mahdollistaa myös tuotannosta lankeavien alempien laatuojen myymisen samalle asiakkaalle. Kun asiakkaalle tärkeää US-laatua on saatavilla enemmän, on mahdollista myydä myös enemmän vaikeasti myytäviä alempia laatuja saman kaupan yhteydessä.

Lisääntyneestä US-laadun osuudesta voidaan laskea uudistuksesta saatava rahallinen hyöty. Parempilaatuisen välitukin osuus tyvitukin osuudesta on noin 7% riippuen tukkiluokasta. Westaksen vuosituotannon ja testisahauksissa saatujen välitukin laatusaantojen perusteella voidaan laskea, että US-laatuista sahatavaraa saadaan vuosittain 560 m³ enemmän. Kun US-laatu voidaan erotella erikseen jo sahan tuorelajittelussa, sen valmistuskustannukset eivät poikkea muiden laatuojen valmistuskustannuksista. Mikäli paremmat välitukit sahataan yhdessä muiden väli- ja latvatukkien kanssa, sahatavara myydään joko V-laatuna tai sahatuottoisena ST-laatuna (US+V). US- ja V-laatuojen keskimääräisen myyntihinnan ero Suomessa on ollut 59,82 euroa/m³, välillä 01/2018 - 09/2019 (FOEX 2019). Lisääntyneen US-laadun määrän ja myyntihintojen erotuksen perusteella laskettu rahallinen hyöty olisi noin 33 500 euroa vuodessa.

Rahallinen hyöty on hyvin teoreettinen ja yksinkertaistettu tulos, sillä todelliseen hyötyyn vaikuttaa myös monet muut tekijät. Eri sahatavara dimensioiden kustannukset vaihtelevat sahausken, kuivauksen, paketoinnin sekä logistiikka kustannusten osalta. Myös käytösuhteessa ja raaka-aine kustannuksissa on eroja riippuen siitä, millaisella asetteella sahatavara on tuotettu.

Uusi lajittelutapa helpottaa myynnin ja tuotannonsuunnittelun työtä, sillä se antaa lisää vapauksia sahata tyvi- ja latvatukit eri asetteilla. Kun tukit pystytään lajittelemaan jo tukinlajitteluvaiheessa siitä saatavan lopputuotteen laadun perusteella, ei tarvitse pelätä, että parempilaatuista raaka-ainetta hukataan huonompilaatuisen lopputuotteen sahausken.

7 YHTEENVETO

Tutkimuksen tavoitteena oli löytää tukinlajitteluun uudet asetukset, joiden avulla männyn välitukit voidaan lajitella sen mukaan, mitä sahatavaralaatua niistä sahauksessa saadaan. Tavoitteena oli valikoida välitukkien joukosta vain parhaimmat tukit, jotta laatujakauma pysyy ennallaan.

Opinnäytetyön tavoite saavutettiin ja tutkimuksessa selvitetty tukinlajitteluasetukset otetaan jatkossa käyttöön Westaksen molempien sahojen tukinlajittelussa. Kun samat asetukset otetaan käyttöön myös Pihlavan sahalla, tulee laatujakaumia seurata, sillä raaka-aineessa saattaa esiintyä alueellisia eroja, minkä takia samat asetukset eivät välttämättä toimi kaikkialla.

Vaikka tutkimuksessa laskettu rahallinen hyöty on vain suuntaa antava tulos, se osoittaa, että tukinlajittelussa tehtävillä muutoksilla voidaan parantaa kannattavuutta merkittävästi. Tukinlajittelumittareilta on mahdollista saada myös monia muita tietoja tukista tutkimuksessa käytettyjen lisäksi. Tulevaisuuden tutkimuskohteita ovat esimerkiksi tukin ominaisuuksien vaikutus sahatavaran lujuteen sekä tukin lenkouden ja kartiokkuuden vaikutus sahatavarasaantoihin.

Tulevaisuudessa entistä tarkempi mittaus ja uudet mitattavat ominaisuudet mahdollistavat raaka-aineen hyödyntämisen entistä tarkemmin. Laitteistojen hyödyntämisessä haasteena on, että kehitystyötä tehdessä pitää omata riittävä tietotaito sekä laitteistojen käytöstä ja mahdollisuuksista, että varsinaisesta sahausprosessista, jotta kokonaisvaikutuksia pystyy arvioimaan ja muuttamaan.

LÄHTEET

Kirjalliset lähteet:

FOEX 2019. PIX Sawn Softwood Timber FAS Finland history.

Harmaa kirja 2016. Pohjoismainen sahatavara lajitteluohje. STMY, STTF, TTF. 4. painos, Painotalo Plus Digital.

Barbu C.M. 2019. FH Salzburg. Luentomateriaali kurssilta Process analyses & controlling in the Forest Products Industry. Kevät 2019.

RemaSawco Oy 2018. LogProfilerX. Käyttäjän käsikirja.

Varis, R. 2017. Sahateollisuus. 2. painos. Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry.

Elektroniset lähteet:

Puuinfo 2019. Puun eri osien jakautuminen laatuluokkiin [viitattu 10.11.2019]. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/file/8027>

RT 21-112 8 8, 2017. Puutavara sahattu ja höylätty [viitattu 10.11.2019]. Saatavissa: <https://docplayer.fi/134126284-Rt-sit-infra-puutavara-sahattu-ja-hoylatty-sisallysluettelo.html>

VTT 2009. Itseoppivat ja joustavat tuotantojärjestelmät puutuoteteollisuudessa [viitattu 15.11.2019] Saatavissa: https://www.vtt.fi/files/download/sisupuu_seminaari/tukin_mittaus.pdf

Westas 2019. Sahat [viitattu 16.11.2019]. Saatavissa: <https://westas.fi/tietoja-meista/sahat/>

Suulliset lähteet:

Joki, J. 2019. Laatupäällikkö. Westas. Haastattelut syksy 2019 aikana.

Mäkikuutti, H. 2019. RemaSawco. Röntgen- ja 3D-mittarin käyttökoulutus. 27.8.2019.

Piispa, K. 2019. RemaSawco. Palaveri Röntgenmittarin hyödyntäminen. 13.11.2019.