

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutus

Sami Juntunen

SAHALAITOKSEN LAADUTUSJÄRJESTELMÄN TARKKUUS

Opinnäytetyö
Toukokuu 2020



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020
Metsätalouden koulutus

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
013 260 600

Tekijä
Sami Juntunen

Nimeke
Sahalaitoksen laadutusjärjestelmän tarkkuus

Toimeksiantaja
Iisveden Metsä Oy

Tiivistelmä

Laatulajittelu on yksi sahatavarantuotannon vaiheista, jossa laudan tai lankun laatu määritellään oksien tai muiden ominaisuuksien mukaan eri laatuiluokkiin. Pohjoismaiset sahatavaran lajitteluohjeet toimivat laatulajittelun perustana Suomessa.

Moderneilla sahoilla käytetään konenäöllä toimivaa laatulajittelua. Se mahdollistaa sahatavaran nopean ja tarkan lajittelun. Vaikka konenäkö onkin tarkka ja luotettava tapa lajitella sahatavaraa, tulee senkin tulosta seurata säännöllisesti, ettei huonompaa laatua päädy hyvän sekaan ja toisin päin. Valmiiseen pakettiin joutuva lajitteluvirheen määrä tulisi pysyä 1 – 3 % sisällä.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia Iisveden Metsä Oy:n laatulajittelulaitteiston tarkkuutta selvittämällä valmiista paketeista väärin lajiteltujen lautojen määrää. Tavoitteena on selvittää virheen määrä ja mahdollisesti syy, miksi kappale on lajiteltu väärin.

Sahatavaran laatulajittelua ja siinä esiintyvää virhettä tutkittiin Iisveden Metsä Oy:llä keväällä 2020. Tuloksista pystyi päättelemään sen, että lajittelu toimii tarvittavalla tarkkuudella. Suuret lajitteluvirheet esiintyivät erissä, joissa laudat olivat todella huonolaatuisia. Virheen määrää ja syytä on hyvä kartoittaa jatkossakin, jotta lajittelu laatu pysyy hyvänä.

Kieli	Sivuja	29
suomi	Liitteet	0
	Liitesivumäärä	0

Asiasanat

Sahateollisuus, sahatavara, laatulajittelu, konenäkö



THESIS
May 2020
Degree Programme in Forestry

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Sami Juntunen

Title
Accuracy of Sawmill Grading System

Commissioned by
Iisveden Metsä Oy

Abstract

Softwood grading is a part of softwood production. In this part, the softwood's quality is specified by different features into various grades. Nordic timber grading rules are the default grading guidelines in Finland.

Modern sawmills use a grading system that is based on machine vision. Machine vision allows fast and precise grading of softwood. The machine vision is precise but it should be monitored to make sure that lower quality softwood won't get mixed with better quality softwood. The inaccuracy in grading should be around 1 – 3 % in the finished softwood package.

The purpose of this thesis is to research the accuracy of the grading system in Iisveden Metsä Oy by inspecting the level of inaccuracy in grading in the finished softwood package. The goal is to find out how much inaccuracy in grading is happening and why.

Softwood grading accuracy was researched in the spring 2020. The grading accuracy was working with the necessary accuracy. The level of inaccuracy should also be monitored in the future to ensure softwood grading stays at a desirable level.

Language

Finnish

Pages 29

Appendices 0

Pages of Appendices 0

Keywords

Sawmill industry, softwood, grading, machine vision

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Sahateollisuus Suomessa.....	5
3	Sahalaitoksen tuotantoprosessi	6
3.1	Tukkilajittelu ja kuorimo	7
3.2	Sahaus	8
3.3	Trimmaus ja lajittelu	9
3.4	Tapulointi ja kuivaus	9
3.5	Tasaus, toinen lajittelu ja paketointi	10
4	Sahatavaran laatulajittelu.....	10
5	Iisveden Metsä Oy	13
5.1	Tuotantoprosessi	14
5.2	Lajitteluprosessi	16
6	Tutkimuksen tavoitteet	18
7	Aineisto ja menetelmät.....	18
8	Tulokset	19
9	Pohdinta.....	27
	Lähteet.....	29

1 Johdanto

Sahateollisuus on ollut jo pitkään yksiä Suomen suurimpia teollisuuden aloja. Sahatavaraa myydään ulkomaille jatkuvasti, sillä laadukas suomalainen sahatavara on todella haluttua monessa eri maassa. Laatulajittelu on yksi sahalaitoksen vaiheista, jossa sahatavara luokitellaan eri laatuihin. Tämän avulla sahatavaran laatu vastaa juuri asiakkaan toiveita.

Sahalaitokset käyttävät laatulajitteluun konenäön avulla toimivaa laatulajittelua. Se mahdollistaa automaattisen, nopean ja tarkan lajittelutuloksen. Uudet lajittelulaitteistot pystyvät lajittelemaan jopa 140 kappaletta minuutissa. Vaikka lajittelutulos on tarkka, voi silti eri laatuja päätyä hieman sekaisin. Parempilaatuista tavaraa voi löytyä huonomman tavaran seasta ja toisin päin. Lajittelukoneen tarkkuutta on hyvä seurata, että lajittelutarkkuus pysyisi mahdollisimman hyvänä.

Tutkimuksessa lähdettiin selvittämään lisveden Metsä Oy:n laatulajittelulaitteiston tarkkuutta. Kyseisellä sahalaitoksella oli havaittu, että laatulajittelu tekee välillä virheitä ja lajittelee tai ei lajittele ollenkaan joitakin sahatavarakappaleita. Laatulajittelun tarkkuus on tärkeää sahatavaran myynnille. Liian suuresta määrästä virheitä, syntyy selvää taloudellista tappiota.

2 Sahateollisuus Suomessa

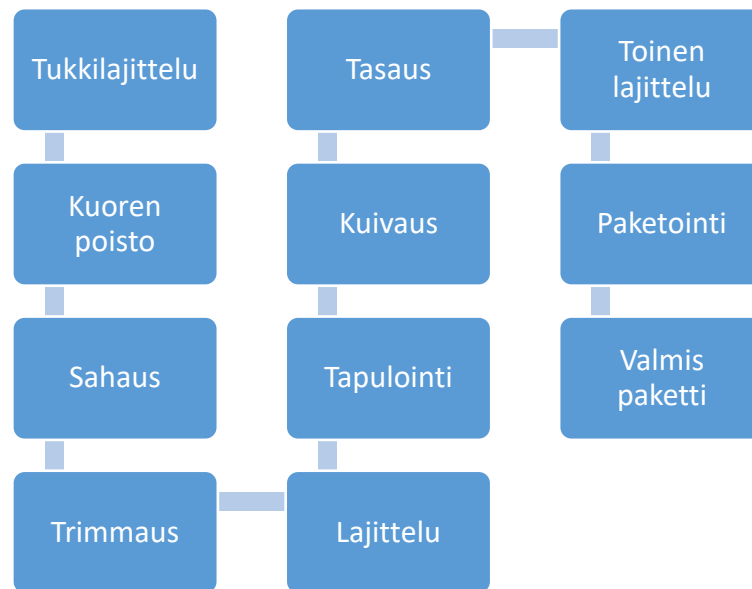
Suomi on suhteellisesti laskettuna Euroopan metsäisin maa. Sen vuoksi Suomi on teollisena maana riippuvainen metsien käytöstä. Metsäteollisuutta on aloitettu harjoittamaan jo 1700-luvulla. Siihen aikaan puutavara, palkit ja hirret sahattiin vesisahoilla. Suomessa sahattua puutavaraa käytettiin paljon Länsi-Euroopan kasvavissa kaupungeissa, laivatelakoilla ja kaivoksissa. Suuri kysyntä puutavalle ja logistiikan kehitys antoi lisää painetta Suomen metsäteollisuuden kehittymiselle. 1850–1860-luvulla sallittiin höyrysahojen käyttäminen, mikä nopeutti huomasti vuosittaisia sahausmääriä. (Varis 2017, 13 – 17.)

Samoina aikoina myös sellu- ja paperiteollisuus kehittyi suuresti sahateollisuuden kanssa. Saha- ja paperiteollisuus hallitsi Suomen taloutta. Sahateollisuus on kasvanut jatkuvasti ja nyt 2000-luvun Suomessa sahataan puutuotteita jopa kymmenen kertaa enemmän vuodessa kuin 1870-luvulla höyrysahojen voimalla. Sahateollisuuden osuus Suomen vientituotteista vuonna 2018 oli noin 4,4 %. (Elinkeinoelämän keskusliitto 2020.) Laatulajittelu on yksi monista vaiheista sahateollisuudessa mikä on kehittynyt huimasti viime vuosina. Ennen sahatavaran laatu määritettiin visuaalisesti usean lajittelijan toimesta lajittelupisteessä. Nykyään lajittelu suoritetaan lähes poikkeuksetta konenäön avulla. (Varis 2017, 13-17.)

Suomessa on paljon saha-alan konserniyrityksiä, joista 2015 tilastojen suurimpia ovat Stora Enso, Metsä Wood, UPM Kymmene, Pölkky Oy ja Vapo Timber. Teollisia sahoja Suomessa 2015 vuonna esiintyi noin 80 kappaletta. Suurin osa niistä on sijoitettu Järvi-Suomen tai rannikon alueelle. (Sahakonttori 2020)

3 Sahalaitoksen tuotantoprosessi

Pääpiirteittäin sahalaitokset toimivat samalla periaatteella. Sahalaitoksessa tukki muuttuu sahatavaraksi seuraavien vaiheiden kautta: tukkilajittelu, kuorimo, sahaus, trimmaus, lajittelu, tapulointi, kuivaus, tasaus, toinen lajittelu ja paketointi (kuvio 1). Suurin osa näistä vaiheista suoritetaan koneellisesti, mikä lisää suuresti sahalaitoksen tuottavuutta. Paketointi ja pakettien suojaaminen on yleistä suorittaa käsin pienemmillä sahalaitoksilla. (Laiho 2017)



Kuvio 1. Sahalaitoksen prosessikaavio

3.1 Tukkilajittelu ja kuorimo

Sahalaitoksessa tukit siirretään ensimmäisenä tukkilajitteluun, jossa tukeista mitataan latva- ja tyviläpimitta, pituus, soikeus, kartiokkuus, lenkous ja tilavuus (Varis 2017, 64). Tukit lajitellaan mitattujen ominaisuuksien perusteella omiin lokeroihinsa. Tukkilajittelija on pitkä automatisoitu kuljetin. Tukit liikkuvat sen kuljettimilla omiin ennalta määrättyihin lokeroihin. Suomessa korjuu ja katkonta suoritetaan monesti samalla tavalla, minkä takia tukkilajittelulaitteisto on lähestulkoon aina samanlainen, lokeroiden määrä voi muuttua. Tukkilajittelussa hyödynnetään paljon modernia tekniikkaa, kuten röntgeniä. Röntgenin avulla tukkeja voidaan lajitella myös lahoisuuden mukaan. (eSaha 2020a.)

Kuorinta suoritetaan kuorimokoneella, jonka tarkoitus on murtaa puun ja kuoren välinen jälsikerros ja irrottaa kuori puusta. Kuorimo sijoitetaan pohjoismaissa ennen sahaan syöttöä, jolloin puunkuori suojaa puuta kaiken aikaa ennen sahausta. Kun taas Etelä- ja Keski-Euroopassa kuorimo sijoitetaan ennen tukkilajittelua, jotta tukin käsittely olisi helpompaa, eikä turhaa massaa tarvitsisi liikutella. Kuoren poistaminen helpottaa jatkossa puun käsittelyä. Myöhemmissä vaiheissa syntyvä hake on tällöin kuoretonta. Kaikki puun epäpuhtaudet jäävät kuoren mukana kuorimoon. (eSaha 2020b.)

3.2 Sahaus

Kuorimon jälkeen tukit siirtyvät heti sahauslinjaan. Sahauslinja kostuu monista kuljettimista ja itse sahakoneesta, jossa tukki sahataan halutulla tavalla. Sahakoneet koostuvat vannesahoista, pelkkähakkureista tai pyörösahoista (eSaha 2020c). Sahausmenetelmiä on monenlaisia, mutta kaikissa on sama periaate. Kaikki sahaustavat pyrkivät maksimoimaan tukista saatavan sahatavaran määrän samalla, kun tuotetaan haluttua tavaraa tukin keskiosasta. Ylijäämäosa muuttetaan hakkeeksi.

Yleisimmät sahausmenetelmät ovat nelisahaus ja läpisahaus. Nelisahaus on kaksivaiheinen. Aluksi sahataan sivulaudat tukista pois, niin että jäljelle jää tukin pelkkä. Tämän jälkeen pelkstä sahataan haluttua tavaraa (kuva 1). Läpisahauksessa kaikki laudat ja lankut sahataan samaan aikaan (kuva 2).



Kuva 1. Nelisahausksen vaiheet (PuuProffa 2020).



Kuva 2. Erilaisia läpisahaustapoja (PuuProffa 2020).

3.3 Trimmaus ja lajittelu

Seuraavana linjastolla suoritetaan tuorelajittelu eli dimensiolajittelu. Sahatavara lajitellaan paksuuden ja leveyden eli dimension mukaan. Tässä vaiheessa on tarkoituksena poistaa mahdollinen vajaasärmä eli trimmata trimmerin avulla. Vajaasärmällä tarkoitetaan sellaista osaa mihin sahanterä ei ole koskenut sahatavarrassa. Dimensiolajittelun yhteydessä voidaan suorittaa myös esilajittelu laadun suhteen. Tämä vaihe tulee kuitenkin toistaa myöhemmin kuivalajittelussa, jolloin kuivauksessa ja kuljetuksessa syntyneet vauriot voidaan karsia (eSaha 2020d). Trimmauskohdan ja lajittelun määrittämisessä hyödynnetään modernia konenäkötekniikkaa, joka pystyy lajittelemaan enemmän kuin 100 kappaletta minuutissa. (Tuominen 2011 33.)

3.4 Tapulointi ja kuivaus

Lajittelun jälkeen sahatavara tapuloidaan kuivausta varten. Tapuloinnilla tarkoitetaan sahatavaran järjestelyä pinoihin siten, että jokaisen kerroksen väliin sijoitetaan kuivausrimat. Kuivausrimat antavat sahatavaralle hengitystilaa kuivauksen yhteydessä.

Tapulointi suoritetaan koneellisesti. Kuivaus suoritetaan erilaisissa kuivamoissa. Kuivauksen tarkoituksena on laskea sahatavaran kosteusprosenttia asiakkaan haluamaan määrään. Kosteusprosentit vaihtelevat kauppojen mukaan. Yleisesti kuitenkin vientikuivan sahatavaran kosteusprosentti on 18 – 24 % ja puusepänkuivana 8 - 14 %. Kuivauksen yhteydessä syntyy sahatavaraan kuivausvikoja, kuten halkeamista, kupertumista, kiertymistä ja värjäntymistä (eSaha 2020e).

3.5 Tasaus, toinen lajittelu ja paketointi

Tasaamalla suoritetaan tuotantoprosessin viimeiset vaiheet ennen paketointia. Tasaamalla tapuloidut kuivat paketit puretaan linjastolle. Viimeinen lajittelu suoritetaan konenäön avulla noudattaen asiakkaan sopimuksen mukaisia laatuohjeita. Toisessa lajittelussa keskitytään kuivauksessa ja pakettien siirtelyssä tuleviin väri- ja muotovikoihin. Viimeisen lajittelun jälkeen sahatavarakappaleet tasataan myyntimittaansa. (eSaha 2020f.)

Valmiin sahatavaran viimeinen vaihe on paketointi. Paketoinnissa lajiteltu sahatavara ladotaan paketointikoneistolla haluttuun pakettikokoon. Paketin kokoamisessa laitetaan välirimoja kerroksien väliin, jotta paketti pysyy kasassa, eikä lähde kaatumaan sivuilta. Valmis paketti suojataan muovilla ja sidotaan kiinni muovi- tai metallivanteilla. Suojattu paketti on nyt valmis jatkokuljetuksia varten. (eSaha 2020g.)

4 Sahatavaran laatulajittelu

Sahatavara on yksi monesta tuotteesta, jota valmistetaan puusta. Sillä tarkoitetaan puun tukkiosasta sahattuja lautoja, lankkuja, ja muita tuotteita. Sahatavaran valmistuksessa käytetään puusta paksu tukkiosuus. Laadukkaan sahatavaran tuotanto vaatii, että tukki olisi mahdollisimman tasalaatuinen ja oksaton. Sahattaessa sahatavaraa syntyy myös oheistuotteita, kuten purua, kuorta ja haketta. Näitä tuotteita voidaan hyödyntää myöhemmin muissa puutuotteissa tai energiantuotannossa. Sahatusta tukista itse sahatavaran osuus on noin puolet. Yksi Suomen suurimmista vientituotteista on sahatavara. Sahatavaran osuudesta noin 75 % menee ulkomaan vientiin. (Tapion Taskukirja 2018, 432.)

Tukin sahausuksessa saadaan valmistettua eri tuotteita, joista tärkeimmät tämän työn osalta ovat lankut (paksuus enemmän kuin 38 mm, mutta vähemmän kuin 100 mm, leveys yli 75 mm) ja laudat (paksuus enintään 38 mm, leveys yli 75 mm).

Tukin keskiosasta sahataan hyvää lankku- tai lautatavaraa, jota kutsutaan keskitavaraksi ja tukin sivuilta sahataan ohutta lautaa, jota kutsutaan taas pintatavaraksi. (Puuinfo 2019)

Laatulajittelun perustana toimii pohjoismaiden yhteiset laatulajitteluohjeet, jonka perusteella sahatavaran laatu määritellään jokaisen laudansivun perusteella. Laatulajittelussa sahatavara lajitellaan kameroilla saadun kuvamateriaalin perusteella eri laatuteknisiin luokkiin (Pohjoismaiden sahatavara – Lajitteluohjeet 2016). Korkein laatu on US (unsorted), joka sisältää US I – IV laadut, joista US I on korkein. Sen jälkeen tulevat laadut V (kvinta) ja VI (seksta). (Varis 2017, 181.) Sahatavara, joka ei täytä näiden luokkien kriteerejä, sijoitetaan VII laatuluokkaan. VII laatuun kelpaa kaikki sahatavara ja sitä ei määritellä millään numeraalisilla arvoilla. Ainoa kriteeri on, että kappale pysyy koossa. (Kuva 3. Puuinfo 2020). Jos jokaista laatua ei tarvitse lajitella erikseen, US + V yhdistetään ja käytetään nimitystä ST, eli sahatuottoinen, tällöin hyvästä ST sahatavarasta erotetaan vain VI pois. VI on selvästi huonompilaatuista, jonka takia tätä käytäntöä noudatetaan usein. Usein sahoilla on myös omia asiakaslähtöisiä laatuja, jotka on tehty tietyn asiakkaan tarpeita varten. Nämä laadut voivat olla esimerkiksi sellaisia, jossa alemman laatuluokittelun ominaisuuksia ei huomioida. (Tapion taskukirja 2018, 433.)



Kuva 3. Kuusisahatavaran laatuluokat. Puuinfo 2020.

Laaduntarkastuksessa kaikki sahatavaran sivut tarkastetaan konenäön avulla. Yleisimpänä tapana käytetään montaa matriisikameraa, jotka kuvaavat sahatavaran jokaisen sivun sen liikkeessa linjastolla. (eSaha 2019a). Konenäkö on yleisesti teollisuudessa käytössä kappaleautomaatio sovelluksissa. Konenäöllä voidaan tarkastella melkein mitä vain (Pelli 2011) Laatulajittelussa konenäkö luo sahatavarakappaleesta 3D-kuvan, josta erottaa kaikki sahatavaran viat, kuten oksaisuuden ja muotoviat. Laadutusjärjestelmä sijoitetaan tuore- sekä kuivalinjastossa tasaamon yhteyteen. Laadutusjärjestelmä sisältää kameroita, tietokoneen, valaisimet ja itse lajittelupöydän.

Eniten sahatavaran laatua määrittelee oksien koko, sijoittuminen ja määrä. Hyvässä US-luokan sahatavarassa oksia on todella vähän ja ne ovat pieniä, kun taas huonommassa VI-luokassa oksien määrää ei ole taas rajoitettu mitenkään (Taulukko 1, Puuinfo 2020). Oksia on monia eri laatuksia, joista joitakin voidaan sallia enemmän kuin toisia sahatavaran pintaan. Laho- ja kuorioksa ovat laadulle huonoja oksia, kun taas terve- ja kuivaoksa saa olla enemmän näkyvillä. Pikkuoksa eli helmioksa ei otetaan huomioon, jos ne ovat alle 10 mm ja terveitä. US- ja V-luokassa kaikkien oksien täytyy olla kiinteitä. Sahatavaran laadussa on muitakin syitä sille, miksi sahatavara luokitellaan alempaan luokkaan. Näkyvät muotoviat, lohkeamat, halkeamat, vajaasärmäiset, murtumat ja muut käsittelyn yhteydessä syntyvät viat alentavat sahatavaran laatua VI- tai VII-luokkiin. (eSaha 2019b)

Taulukko 1. Sahatavaran päälaatujen laatuoluokitus oksien perusteella (Puuinfo 2020).

Päälaadut	US	V	VI	
Oksien sallittu enimmäismäärä huonoimmalla 1 metrin osuudella				
Lappeella: terveoksa / kuivaoksa / kuorioksa / laho-oksa / oksien kokonaisuus	4 / 4 / 2 / 0 / 6	5 / 5 / 3 / 3 / 10	oksin kokoa ja lukumäärää ei ole rajoitettu	
Syrjällä: terveoksa / kuivaoksa / kuorioksa / laho-oksa / oksien kokonaisuus	2 / 2 / 1 / 0 / 3	3 / 3 / 2 / 2 / 5		
Oksien koko				
Tuore oksa	Kappaleen paksuus mm	Kappaleen leveys mm	Oksan koko mm	
Lappeet	16-25	75-115	20	35
		125-150	25	40
		175-225	30	45
	32-38	75-115	25	40
		125-150	30	45
		175-225	35	50
	44-50	75-115	30	45
		125-150	35	50
		175-225	40	55
	63-75	75-115	35	50
		125-150	40	55
		175-225	45	60
Tuore oksa	Kappaleen paksuus mm	Oksan koko mm		
syrjät	16-19	15	sama kuin paksuus	
	22-25	20	sama kuin paksuus	
	32-38	25	30	
	44-50	30	40	
	63-75	35	50	
Muut oksat	Oksalaji	% tuoreiden oksien koosta		
	Oksaryhmän oksa	70	70	
	Kuiva oksa	70	70	
	Kuorioksa	50	60	
	Laho-oksa	-	50	

Pikkuoksat (helmioksat)

Laaduissa US IV – VI ei oteta huomioon 10 mm ja sitä pienempiä terveitä tai kuivia oksia.

Kiinteä oksa

Laaduissa US ja V tulee oksien olla kiinteitä.

Kuorioksa

Kuorioksa, jota kuori ympäröi vähemmän kuin 1/4 -osan osuudelta, luokitellaan kuivaksi oksaksi.

Laho-oksa US-laadun pintalappeessa eikä syrjässä sallita laho-oksia.

Oksien kompensointisääntö

Mikäli oksakoko on pienempi kuin kyseisen laadun taulukkoarvo, sallitaan suurempi lukumäärä oksia. Taulukon oksakokojen yhteisummaa mm:ssä (= oksien lukumäärä x läpimitta) ei minkään oksatyypin osalta saa kuitenkaan ylittää.

Irto-oksat ja oksanreiät

Sahatavarakappaleet, joissa on 30 mm tai pienempiä irto-oksia tai oksanreiäitä, luokitellaan laaduksi VI. Suurempia irto-oksia tai reiäitä sisältävät kappaleet luokitellaan laatuun VII.

Muut laatua alentavat viat kuten lahoisuus, halkeamat ja kieroisuus vaikuttavat sahatavaran laatuun ja lujuuteen todella paljon. Suuret lujuuteen vaikuttavat viat johtavat aina sahatavaran hylkäämiseen. Sahatavara, joka menee hylkyyn, haketetaan sahalaitoksessa hakkeeksi. Näitä vikoja syntyy sahatavaran kuivauksen ja pakettien siirtelyn yhteydessä. Alimmainen lauta- tai lankkukerros voi kärsiä vahinkoa trukkipiikeistä siirtelyn yhteydessä, kun taas päällimmäinen kerros saattaa kieroutua kuivauksen yhteydessä. Alimmainen ja päällimmäinen kerros sahatavarapaketista ovat kaikista huonolaatuisimmat.

5 Iisveden Metsä Oy

Iisveden Metsä Oy on Pohjois-Savossa toimiva saha, joka on toiminut jo vuodesta 1924 lähtien. Sahalla raaka-aineena käytetään vain terveoksaista ja hyvälaatuista kuusitukkaa. Sen vuosituotanto on noin 115 000 m³ kuusisahatavaraa, joka saavutetaan käyttämällä 250 000 m³ kuusitukkaa. Valmistaa sahatavaraa toimitetaan enimmäkseen ulkomaille ja suurimpina vientimaina ovat Italia, Ranska

ja Aasian maat. Laitos hyödyntää suurin piirtein kaiken kuoren ja hakkeen, mitä syntyy tuotannon yhteydessä omassa lämpölaitoksessa. Ylimääräistä purua, haketta ja kuorta myydään muille yrityksille. Yritys työllistää noin 45 henkilöä. (Lisveden Metsä Oy 2019)

Sahan tuotantoa on kasvatettu suuresti viimeisinä vuosikymmeninä. Sahalle on investoitu uusia kuivaamoita, uusi lämpölaitos ja kokonaan uusi tuorelajittelulinjasto. Ennen sahalla ajettiin tuore-, sekä kuivasahatavara saman kombilinjaston läpi. Vaikka saha sijaitseekin vesistöjen lähellä, sinne ei enää kuljeteta puuta vesiteitse, vaan kaikki raaka-aine toimitetaan kuorma-autoilla.

5.1 Tuotantoprosessi

Kuusitukit toimitetaan lisveden sahalaitokselle autokuljetuksella noin 4,15 – 5,50 m pituisina. Tukit siirretään autosta tukkilajitteluun, jossa tukit skannataan röntgenillä ja lajitellaan pituuden ja paksuuden mukaan. Röntgen mahdollistaa erottamaan tukit, jotka sisältävät esimerkiksi lahoa.

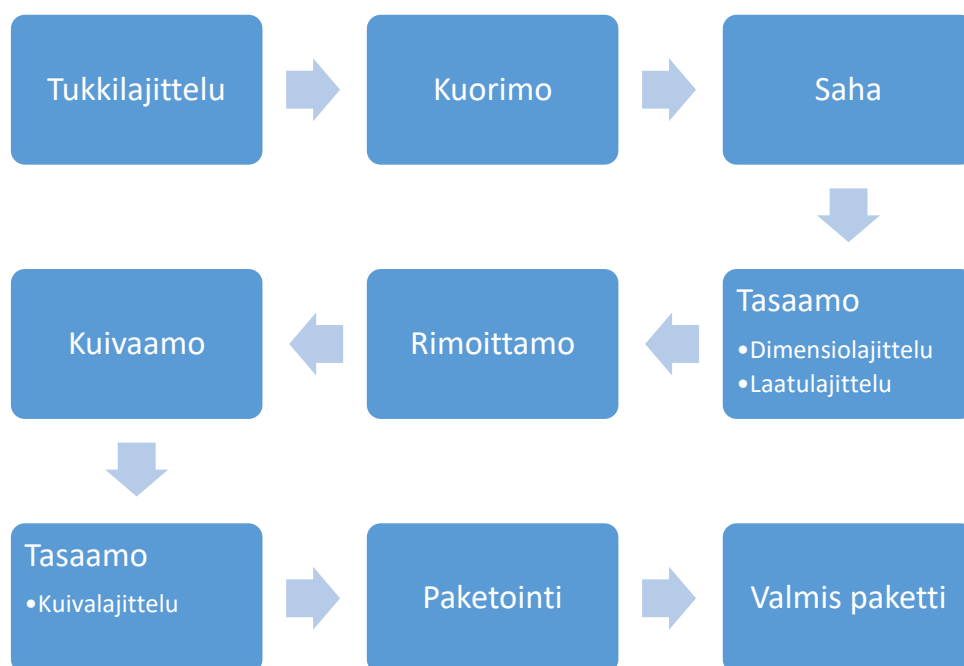
Kun tukit on lajiteltu tukkikentälle pituuden ja paksuuden mukaan, ne siirtyvät kuorimon kautta sahaan. Sahassa tukeista sahataan keskitavaraa, eli lankkua tai lautaa. Keskitavaran lisäksi tukista saadaan maksimoitua kaikki puuainees ottaamalla sivuista sivulautaa. Jos sahatut tukit ovat liian kapeita, sivulaudasta tulee vajaasärmäistä. Joissain tapauksessa jopa keskitavara voi jäädä vajaaksi. Vajaasärmäisyyttä ei sallita hyvässä, eli ST-luokan sahatavarassa.

Sahauksen jälkeen sahatavara liikkuu kuljettimia pitkin kiramoille, eli ketjuille, jotka annostelevat tavarank yksi kerrallaan tuorelinjaston tasaamolle. Tasaamossa sahatavara katkotaan haluttuun pituuteen. Tasaamon yhteydessä suoritetaan dimensiolajittelu ja laatulajittelu, jota opinnäytetyö pyrkii kehittämään. Tuoreena voidaan lajitella ST ja VI sahatavara erikseen. Lajiteltu ja katkottu sahatavara putoaa niille tarkoitettuun lokeroihin, joita kaiken kaikkiaan on kaksikymmentä.

Lokerot merkkautuvat täydeksi, kun oikea määrä yhden laadun ja dimension sahatavaraa on mennyt lokeroon tasaamon jälkeen. Täydet lokerot tyhjentyvät rimoittamon kuljettimelle, jossa sahatavara liikkuu kahden kirammon kautta itse rimoittamoon. Rimoittamossa sahatavara ajetaan paketteihin, jossa jokaisen kerroksen välissä on kuivausrimat. Yhdessä paketissa on sahatavaraa voi olla 100 – 400 kappaletta, joko lautoja tai lankkuja. Tämän prosessin jälkeen paketit siirtyvät kuivaamoihin.

Kuivaamoissa sahatavara kuivataan haluttuun kuivuusasteeseen. Kuivaus voi kestää 48 tunnista jopa kahteen viikkoon. Tämän prosessin aikana sahatavaraan saattaa tulla mekaanisia vaurioita, kuten päätylohkeamia tai taipumista.

Tämän jälkeen jäljellä on enää kuivalinja. Kuivalinjalla kuivatettu sahatavara nostetaan purkulinjastolle, jossa paketti kulkee kuljettimien avulla purkuhissille. Purkuhissillä paketti puretaan siten, että kuivausrimat putoavat kerroksien välistä pois ja sahatavaran ajetaan taas kahden kirammon kautta kuivalinjan tasaamolle. Kuivalinjan tasaamo toimii samalla tavalla kuin tuorelinjastolla. Kuivalinjaston lajittelussa erotellaan kaikki kuivauksessa ja kuljetuksessa syntyneet mekaaniset vauriot, kuten lohkeamat, halkeamat ja kierteisyys. Sahatavara katkotaan trimmerillä lopulliseen myyntimittansa ennen lokeroihin putoamista. Lokerot tyhjenevät paketointiin, jossa paketit kasataan ja suojataan muovisuojalla. Pituuspaketit koostuvat vain yhdestä pituudesta, dimensiosta ja laadusta. Tämän jälkeen paketit ovat valmiita kuljetettavaksi asiakkaille (kuvio 2).



Kuvio 2. Koko laitoksen tuotantoprosessin eteneminen.

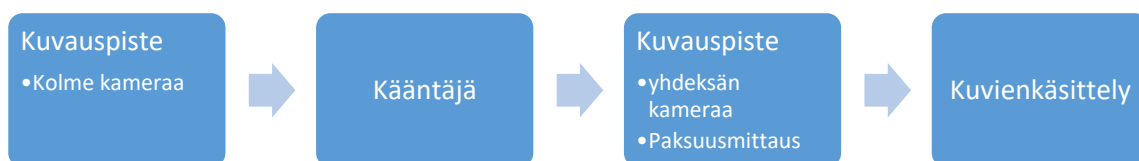
5.2 Lajitteluprosessi

Laadutusjärjestelmänä on FinScannilta hankittu BoardMaster HD. Lajitteluprosessi tapahtuu tasaamon yhteydessä, jossa sahatavara liikkuu ketjustolla eteenpäin. Ketjustolla lajittelun aikana sahatavara menee ensimmäiseksi yhden kuvauspisteen läpi. Sen jälkeen kappale käännetään kääntäjällä, josta kappale menee toiselle kuvauspisteelle. Kuvauspisteillä on voimakkaat valaisimet, jotka varmistavat, että kuvat ovat selviä ja tarkkoja. Kameran ovat sijoitettu kappaleen pituuden suuntaisesti riviin. Ensimmäisellä kuvauspisteellä kappale kuvataan kolmella kameralla ylhäältä päin suoraan 90 asteen kulmasta ketjustoon verrattuna. Nämä kamerat tutkivat sahatavarassa olevia oksien kokoa, oksien määrää, vaajasärmäisyyttä ja muita näkyviä alentavia laatukriteerejä. Tämän jälkeen sahatavara liikkuu kääntäjälle, jossa kappale kääntyy yhden kerran ympäri. Tällä tavoin voidaan seuraavalla pisteellä kuvata sahatavara alhaalta päin. Toisella kuvauspisteellä on kolme kamerariviä sahatavara kappaleen suuntaisesti, ja se koostuu kolmesta kamerasta. Nämä kamerat kuvaavat 45, 90 ja 135 asteen kulmasta laudan alapuolen ja sivut (kuva 4). Toisella kuvauspisteellä on myös paksuusmittarit sahatavaran ala- ja yläpuolella (kuvio 3). (Halonen 2020.)



Kuva 4. Lajittelun toinen kuvauspiste (Kuva: Sami Juntunen).

Kaikki kuvat yhdistetään tietokoneella toimivalla ohjelmalla automaattisesti. Ohjelmaan saadaan jokaisesta sahatavarasta graafinen 3D-kuva. Tähän ohjelmaan on myös syötetty parametrejä ja sääntöjä, jotka määrittävät sallittua laatuviikojen kokoa ja määrää. Nämä säännöt pohjautuvat pohjoismaiden laatulajitteluohjeisiin ja asiakkaan toiveisiin. Jos laatuviikojen koko tai määrä on liian suuri, kappale lajitellaan alempaan laatuluokkaan. Tässä prosessissa tapahtuu välillä virheitä, jonka seurauksena sahatavaraa lajitellaan väärään pakettiin. Virhettä on huomattu etenkin dimensioissa 22 x 150 mm ja 23 x 200 mm. Syynä voi olla kuvien laatu, liian nopea ketjustovauhti tai sääntöjen väärät arvot. (Halonen 2020)



Kuvio 3. Tasaamalla sijaitseva lajitteluprosessi

6 Tutkimuksen tavoitteet

lisveden Metsä Oy:lla oli ollut tiedossa, että lajittelussa tapahtuu virhettä, mutta syytä tai määrää ei ole ollut varmassa tiedossa. Työssä oli siis tarkoituksena lähteä tutkimaan alustavasti virheen määrää ja sitä kautta mahdollisesti selvittää myös virheen alkuperää.

Opinnäytetyössä lähdettiin tutkimaan dimensioissa 22 x 150 mm ja 23 x 200 mm tapahtuvaa lajitteluvirheen määrää. Näissä dimensioissa oli huomattu lajitteluvirhettä molempiin suuntiin. Eli hyvää tavaraa löytyi huonosta paketista ja huonoa tavaraa löytyi hyvästä paketista. Virhe aiheuttaa pientä taloudellista tappiota sahalaitokselle. Teollisessa ympäristössä tämän kaltaiset virheet täytyy minimoida.

Tutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa laatulajitteluun liittyviä ongelmia. Jos laatulajittelussa olisi vikaa, sitä voisi lähteä korjaamaan. Tutkimus antoi lisveden Metsä Oy:lle selvemmän ja tarkemman kuvan laatulajittelun toimivuudesta

7 Aineisto ja menetelmät

Jotta lajitteluvirheiden määrä pystyttiin selvittämään, tuli otanta ottaa mahdollisimman laajasti. Tämän takia otanta otettiin useammasta eri sahauserästä. Sahauserällä tarkoitetaan yhtä erää, jolloin sahataan pelkästään yhtä dimensiota tukin keskiosasta. Jokaisesta sahauserästä katsottiin kuivauksen jälkeen pake-toinnin yhteydessä molemmista laaduista kolme satunnaisesti määritettyä pakettia ja jokaisesta paketista 50 kappaletta lautoja. Erän ensimmäinen ja viimeinen paketti poistettiin satunnaisotannasta. Otannassa oli viisi sahauserää 22 x 150 mm lautta ja yksi 23 x 200 mm lautta. Yhteensä 750 kappaletta 22 x 150 mm ja 150 kappaletta 23 x 200 mm. Kaikki laudat tarkasteltiin visuaalisesti ja luokiteltiin joko ST- tai VI-luokkaan. Rajatapauksissa oksien kokoja mitattiin tarkemmin.

ST- ja VI -laadut erotellaan toisistaan dimensiossa 22 x 150 mm ja 23 x 200 mm asiakaslähtöisten sääntöjen perusteella, sen takia ennen kuin paketteja aukaisiin, tuli perehtyä näiden dimensioiden lajittelusääntöihin huolellisesti.

Kappaleiden laadun määrittämisessä tuli ottaa huomioon se, että asiakkaalle riittää, jos toinen lape laudasta on puhdas. Tässä tapauksessa laudassa saa olla suuriakin kuorioksia, kunhan ne eivät vain ole läpi meneviä. Kaikki muotoviat ja ulkonäköviat ovat laatua alentavia vikoja.

Pohjoismaiden laatulajitteluohjeita noudattaen sahatavarapaketissa saa olla jopa 10 % hylkyyn menevää tavaraa. Sopimuksissa voidaan sopia pienemmästä hylkyprosentista. Lajitteluvirheen määrä olisi saatava lähemmäksi 1 – 3 %.

Tulosten perusteella voidaan selvittää, missä kyseisessä dimensiossa lajitteluvirhettä tapahtuu, missä laadussa ja kuinka paljon. Näiden tulosten pohjalta voidaan tehdä muutoksia lajittelusääntöihin ja parametreihin. Muutosten jälkeen sama dimensio tarkastetaan samalla menetelmällä, mikäli sille on tarvetta.

8 Tulokset

Ensimmäinen otanta oli 22 x 150 mm:n dimensiosta. Tulokset olivat odotetun kaltaiset. ST-laadun kolmesta eri paketista yhdessä oli selvästi kaksi väärin lajiteltua kappaletta. Toisessa laudassa oli molemmilla lappeilla suuria näkyviä kuorioksia (kuva 5) ja toisessa laudassa tuvipäässä oli lahoa (kuva 6). VI-paketeissa yhdestä paketista löytyi yksi lauta, jossa ei ollut minkään näköisiä laatua alentavia vikoja.

Taulukko 2. Ensimmäinen otanta.

pvm	12/02/2020		
Erä 1	22x150 4ex 4m Italia		
ST paketti	1	2	3
ST	50	48	50
VI	0	2	0
VI paketti	1	2	3
ST	1	0	0
VI	49	50	50



Kuva 5. Kuorioksa (Kuva: Sami Juntunen).



Kuva 6. Tyvilaho (Kuva: Sami Juntunen).

Toisessa otannassa oli myös tarkastelussa 22 x 150 mm:n dimensio. Tässä erässä yhdestä ST-paketista löytyä kolme lautaa, jotka oli väärin lajiteltu. Kahdessa oli suuri kuorioksa ja yhdessä oli paljon pieniä kuorioksia (kuva 7). VI-paketeissa oli kolmessa paketissa yhteensä kolme kappaletta lautoja, joissa ei ollut mitään näkyvää syytä luokittelulle alempaan luokkaan (kuva 8).

Taulukko 3. Toinen otanta.

pvm	18/02/2020		
Erä 2	22x150 4ex 4m Italia		
ST paketti	1	2	3
ST	47	50	50
VI	3	0	0
VI paketti	1	2	3
ST	2	0	1
VI	48	50	49



Kuva 7. Oksainen lauta (Kuva: Sami Juntunen).



Kuva 8. Pieni oksa vain yhdellä lappeella ei riitä syyksi VI-luokitteluun (Kuva: Sami Juntunen).

Kolmannessa otannassa oli 23 x 200 mm dimensio. Kaikki ST-paketeissa olevat huonompilaatuiset kappaleet olivat lohjenneet päädyistä. VI-paketeista ei löytynyt yhtään ST-laatuista lautaa. Lohkeamat ovat voineet tulla laatulajittelun jälkeen. Jos lohkeamat tulevat lajittelun jälkeen lokeroista pudotessaan tai paketoinnissa, pitäisi ne karsia pois paketoinnin pisteessä. Tähän lajittelulla ei voi vaikuttaa.

Taulukko 4. Kolmas otanta.

pvm	20/02/2020		
Erä 3	23x200 5ex 4m italia		
ST paketti	1	2	3
ST	48	49	45
VI	2	1	5
VI paketti	1	2	3
ST	0	0	0
VI	50	50	50

Neljännessä otannassa tutkittiin taas 22 x 150 mm paketteja. Erän otannasta vain yhdessä ST-paketissa oli selvä läpimenevä kuorioksa (kuva 9). VI-paketeissa oli yksi ST-kappale seassa.

Taulukko 5. Neljäs otanta.

pvm	05/03/2020		
Erä 4	22x150 4ex 4m Italia		
ST paketti	1	2	3
ST	50	49	50
VI	0	1	0
VI paketti	1	2	3
ST	0	0	1
VI	50	50	49



Kuva 9. Suuri läpimenevä kuorioksa (Kuva: Sami Juntunen).

Viides otanta tehtiin 22 x 150 mm dimensiolle. Tutkimuksen ensimmäinen ja ainut erä, jossa ST-pakettien otannassa ei ollut yhtään VI-kappaletta seassa. VI-paketeissa oli yksi ST-kappale.

Taulukko 6. Viides otanta.

pvm	12/03/2020		
Erä 5	22x150 4ex 4m Italia		
ST paketti	1	2	3
ST	50	50	50
VI	0	0	0
VI paketti	1	2	3
ST	0	1	0
VI	50	49	50

Kuudes ja viimeinen otanta tehtiin myös 22 x 150 mm dimensiolle. ST-paketeissa oli seassa kuorioksainen lauta ja yksi lauta, johon oli palanut terän jäljet sahassa (kuva 10). VI-pakteissa löytyi yksi ST-laadun lauta.

Taulukko 7. Kuudes otanta.

pvm	23/03/2020			
Erä 6	22x150 4ex 4m Italia			
ST paketti	1		2	3
ST	50		49	49
VI	0		1	1
VI paketti	1		2	3
ST	0		0	1
VI	50		50	49



Kuva 10. Sahan terän polttama jälki (Kuva: Sami Juntunen).

Seuraavissa taulukoissa (Taulukko 8) on kaikki otantaan mukaan otetut kappale määrät laadun mukaan.

Taulukko 8. 22 x 150 mm koko otanta.

22 x 150 mm	
Kaikki ST paketit	
742 kpl	ST
8 kpl	VI

22 x 150 mm	
Kaikki VI paketit	
7 kpl	ST
743 kpl	VI

22 x 150 mm	
Kaikki ST paketit	
98,9 %	ST
1,1 %	VI

22 x 150 mm	
Kaikki VI paketit	
0,9 %	ST
99,1 %	VI

ST-paketeissa esiintyvien VI-kappaleiden alentavat syyt. Kuorioksa esiintyi kaikista eniten ja se onkin samalla yleisin syy, minkä takia sahatavaraa luokitellaan alempaan luokkaan.

Taulukko 9. ST-paketeissa olleiden VI-lautojen viat.

22 x 150 mm ST-paketeissa olleet viat			
Kuorioksa	Oksainen	Laho	Värivika
5	1	1	1

Tutkimuksessa saatiin otettua laaja otanta 22 x 150 mm dimensiosta ja yhden sahauserän otanta 23 x 200 mm. 23 x 200 mm laudassa huomioitavaa oli se, että koko erä oli itsessään todella huonolaatuista, jonka takia oli oletettavaa, että tavaraa päätyy rikkonaisena valmiisiin paketteihin. Vika ei silloin ollut suinkaan lajittelulaitteistossa, vaan kuivauksessa tai kappaleiden käsittelyssä, jossa kappaleet olivat lohkeilleet. Erityistä tässä dimensiosta on se, että sahauserässä sahattiin tukin keskiosasta viisi kappaletta 23 x 200 mm dimension lautaa (5ex sahaus), kun taas 22 x 150 dimensiosta sahataan neljä lautaa tukin keskeltä (4ex sahaus). Tällöin 5ex sahausessa jokaisesta tukista tulee aina yksi 23 x 200 mm dimension lauta, jossa on puun sydän mukana. Puun sydänosa on erittäin tiivis ja kuiva osa, ja monesti päätyhalkeama lähtee etenemään juuri puun sydämen kohdalta. Tämän takia kuivauksen jälkeen laudoissa oli todella paljon päätylohkeamia ja niitä tuli lisää vielä paketoinnissakin, joka on lajittelun jälkeen.

Kaikki viisi 22 x 150 mm erää olivat onnistuneita erinä eikä niissä ollut mitään vikaa. Normaalissa olosuhteessa lajittelulaitteisto toimi moitteettomasti ja saavutti jopa vain 1,1 hylkyprosentin valmiisiin paketteihin. Lajitteluvirhettä ei myöskään ole toisin päin paljoa, eli VI pakettiin ei joudu turhaan ST-laadun lautoja. VI otannassa oli vain 7 kpl ST lautoja eli 0,9 % kokonaismäärästä.

ST-paketeissa löydettyissä VI laadun laudoissa oli selvä trendi. VI laudoista viidessä oli suuri kuorioksa. Kuorioksa on yleisin syy laadun alentamiseen. Suuri kuorioksa on todella selvä laudan lappeella ja pitäisi ehdottomasti näkyä lajittelussa. Jostain syystä välillä tulee yksittäisiä VI-kappaleita, joista kamerat eivät huomaa kuorioksa tai muita vikoja.

9 Pohdinta

Tutkimus antaa hyvän varmuuden siitä, millä tarkkuudella lajittelu toimii. Aikaisemmin tiedossa oli vain se, että lajittelussa tapahtuu välillä virhettä, mutta ei tiedetty kuinka paljon. Myös virheen syytä on saatu kartoitettua enemmän. Lajittelulaitteisto toimii oikealla tarkkuudella normaalissa tilanteessa, mutta kun sahauserä itsessään on esimerkiksi todella oksainen, vääriä kappaleita eksyy enemmän vääriin paketteihin. 23 x 200 mm:n sahauserä oli todella huono. Erän otannassa oli paljon lohjenneita lautoja. Lohkeamia saattoi tulla jopa lajittelun jälkeenkin, mikä tarkoittaa sitä, että huonojen kappaleiden määrään ei voi vaikuttaa niin paljoa lajittelulla. Laudat saattavat hajota lokeroitten jälkeen tai puristimeen. Näissä leveissä laudoissa pitäisi keskittyä enemmän kuivaukseen. Kun kuivaus hoidetaan hyvin ja huolellisesti, laudat eivät lohkeilisi niin paljoa puunsydämen kohdalta.

Tulos oli yllättävän positiivinen. 1,1 hylkyprosentti ST-paketeissa on todella vähän verrattuna pohjoismaiden laatulajitteluohjeiden asettamaan 10 %:n rajaun. Toistaiseksi lajittelulaitteistolle ei tarvitse tehdä muutoksia, sillä tutkimuksen tulos asettuu 1 – 3 hylkyprosentin sisälle, mikä on todella hyvä. Jos lajittelusta haluaa

tehdä vielä tarkempaa, on syytä alkaa tutkimaan, miksi kamerat eivät välillä tunnista suuria kuorioksia. Tutkimuksen aikana kokeiltiin myös ottaa väärin lajitellun laudan, kantaa sen takaisin lajitteluun ja testata, lajittelisiko se toisellakin kerralla samalla tavalla. Toisella kerralla lajittelukoneisto kuvasi laudan oikein ja pudotti sen VI-luokkaan.

Lajittelupisteessä on mahdollista myös lajitella manuaalisesti konenäön apuna. Linjastotyöntekijä voi itse merkata minkä tahansa kappaleen huonompilaa-tuiseksi. Lajittelijalle täytyy kouluttaa selvästi VI- ja ST-laatu-erot, jotta virheet saataisiin minimoitua. Manuaalista lajittelua pitäisi suorittaa enemmän ja tarkemmin, kun kyseessä on huono erä. Huonossa erässä on niin paljon huonoja kappaleita, että konenäköön ei voi luottaa täysin. Huomioitavaa on myös se, että jos sahatavara on kuivauksen takia vääntynyt tai kieroutunut, se oletettavasti tulee murtumaan paketoinnissa puristimien välissä. Tällä tavoin pakettiin saattaa päättyä paljonkin rikkonaista tavaraa lajittelun jälkeenkin. Lajittelijan täytyy ehdottomasti itse lajitella murtumat ja lohkeamat, joita kamera ei pysty näkemään.

Vastaavia tutkimuksia on julkaistu todella vähän ja niitä olisikin mielenkiintoista vertailla tähän tutkimukseen. Vuonna 2006 tehtiin tutkimus, jossa vertailtiin modernia konenäkölaadutusjärjestelmää manuaalisen lajitteluun (Comparison between automatic and manual quality grading of sawn softwood 2006). Tutkimuksessa automaattinen lajittelu toimi hieman yli 90 % tarkkuudella. Tutkimus on kuitenkin 14 vuotta vanha, joten se ei ole suoraan verrattavissa 2020-lukuun. Esimerkiksi laitteet ovat kehittyneet suuresti sinä aikana.

Konenäköavusteinen lajittelu toimii siis tarvittavalla tasolla. Lajittelutarkkuus on tärkeä asia mitä pitää seurata. Sen takia suositellaan seuraamaan valmiin sahatavarapaketin laatua. Lajittelun tarkkuudesta saa hyvän yleiskuvan paketoinnin yhteydessä, juuri ennen kuin laudat tai lankut ajetaan pakettiin.

Lähteet

- Elinkeinoelämän Keskusliitto. 2020. Ulkomaankauppa. <https://ek.fi/mita-temme/talous/perustietoja-suomen-taloudesta/ulkomaankauppa/>
- eSaha. 2019a. Laatulajittelu ja lujuuslajittelu. <https://sahateollisuuskirja.fi/laatu-lajittelu-ja-lujuuslajittelu/>. 7.12.2019a.
- eSaha. 2019b. Sahatavaran laatuun vaikuttavien ominaisuuksien määritelmät ja mittaustavat. <https://sahateollisuuskirja.fi/laatulajittelu-ja-lujuuslajittelu/sahatavaran-laatuun-vaikuttavien-ominaisuuksien-maaritelmat-ja-mittaustavat/>. 7.12.2019b.
- eSaha. 2020a. Miten tukkilajittelu tapahtuu. <https://sahateollisuuskirja.fi/sahatavaran-valmistus/tukkien-lajittelu-ja-mittaus/miten-tukkilajittelu-tapahtuu/>
- eSaha. 2020b. Tukkien kuorinnan tarkoitus sahalla. <https://sahateollisuuskirja.fi/?s=kuorimo>
- eSaha. 2020c. Sahausprosessi. <https://sahateollisuuskirja.fi/sahatavaran-valmistus/sahausprosessi/>
- eSaha. 2020d. konenäköjärjestelmät sahatavaran tuore- ja kuivalajittelussa. <https://sahateollisuuskirja.fi/sahatavaran-valmistus/sahatavaran-laadutusjarjestelmat-konenakosovellukset/konenakojarjestelmat-sahatavaran-tuote-ja-kuivalajittelussa/>
- eSaha. 2020e. Kuivauslaatu, kuivauksessa syntyvät viat ja niiden ehkäiseminen. <https://sahateollisuuskirja.fi/sahatavaran-valmistus/rimoitus-ja-kuivaus/kuivauslaatu-kuivauksessa-syntyvat-viat-ja-niiden-ehkaiseminen/>
- eSaha. 2020f. Sahatavaran lajittelu kuivauksen jälkeen, tasaamo. <https://sahateollisuuskirja.fi/sahatavaran-valmistus/sahatavaran-lajittelu-kuivauksen-jalkeen-tasaamo/>
- eSaha. 2020g. Sahatavaran paketointi. <https://sahateollisuuskirja.fi/sahatavaran-valmistus/sahatavaran-paketointi-varastointi-ja-merkinta/sahatavaran-paketointi/>
- Halonen, J. 2020. Työnjohtaja. Iisveden Metsä Oy. Haastattelu.
- Hukka, A. 1996. Puun kuivumisen matemaattinen mallintaminen korkeissa lämpötiloissa. VTT. Technical research centre of finland. Espoo.
- Iisveden Metsä Oy. 2019. <https://www.iisveden.fi/index.php/fi/yrittys>
- Laiho, O. 2017. Sahalaitoksen tuotantoprosessi. Oulun yliopisto. Prosessitekniikka. Kandidaatintyö.
- Lycken, A. 2006. Comparison between automatic and manual quality grading of sawn softwood. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:977660/FULLTEXT01.pdf>
- Pelli, V. 2011. Konenäköjärjestelmä. Tampereen ammattikorkeakoulu. Automaatioteknologian koulutusohjelma. Opinnäytetyö
- Pohjoismainen sahatavara – Lajitteluohjeet. 2016. Helsinki: STMY.
- Puuinfo. 2019. Puutavara - sanastoa ja käsitteitä. <https://www.puuinfo.fi/puu-tieto/puu-materiaalina/puutavara-sanastoa-ja-kasitteita>. 4.12.2019.
- Sahakonttori. 2020. <https://sahakonttori.fi/sahateollisuus-suomessa/>
- Tapion taskukirja. 2018. Helsinki: Metsälehti.
- Tuominen, M. 2011. Moderni sahatekniikka. Lahden ammattikorkeakoulu. Puutekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Varis, R. 2017. Sahateollisuus. Jyväskylä: Kirjakaari Oy.