

Käyttösuhteen parantaminen röntgenmittauksella

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

2024

Sami Lehtonen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Sami Lehtonen	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 26	Valmistumisaika 2024
Työn nimi Käyttösuhteen parantaminen röntgenmittauksella		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), puutekniikan koulutus		
Toimeksiantajaorganisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja) UPM Kymmene Oyj, Korkeakosken saha		
<p>Opinnäytetyössä tutkittiin, onko tukkiluokan käyttösuhdetta mahdollista parantaa sahalinjan röntgenmittauksen antaman palautteen perusteella ja tekoälylajittelun avulla. Tutkimuksessa tutkittiin kahta väli- ja tyvitukkeja sisältävää tukkiluokkaa, joiden läpimitat olivat 17–18 cm.</p> <p>Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, onko käyttösuhteen parantaminen mahdollista ja missä määrin. Tarkoituksena oli selvittää mahdollisuudet kahdella tukkiluokalla jatkotutkimuksia varten.</p> <p>Tutkimus sisälsi kaksi testierää, jotka vielä toistettiin tuloksien varmistamiseksi. Testierien jälkeen tukkien siirtoa tukkiluokasta toiseen testattiin vielä jatkuvassa testissä, josta saatiin käyttösuhteelle vertailua isommassa mittakaavassa.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena saatiin tärkeää dataa jatkotutkimuksia varten ja arviot laskennallisista hyödyistä isommassa mittakaavassa. Tutkimuksen aikana saatiin myös arvokasta tietoa ja oppia tukin kuorinnasta ja luokkaan osumisen kehittämisestä. Tutkimuksen tulokset osoittivat, että röntgenmittausta hyödyntämällä käyttösuhteen parantaminen on mahdollista ja sitä on kannattavaa tutkia ja testata myös jatkossa.</p> <p>On tärkeää huomioida, että pienelläkin käyttösuhteen parannuksella on huomattavat vaikutukset sahojen tulokseen. Raaka-ainekustannusten ollessa isoin yksittäinen kuluerä sahalle on jo yhden prosentin käyttösuhteen parannuksella mahdollista tehdä yli puolen miljoonan säästö.</p>		
Asiasanat Röntgenmittaus, Tekoäly, Käyttösuhde		

Abstract

Author(s) Sami Lehtonen	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2024
	Number of Pages 26	
Title of Publication Improving utilization ratio with X-ray measurement		
Degree, Field of Study Engineer (UAS), Wood Technology		
Organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party) UPM Kymmene Oyj, Korkeakosken saha		
<p>The thesis investigated whether it is possible to improve the utilization ratio of log classes based on feedback from X-ray measurement in sawmill line and with the assistance of artificial intelligence sorting. Two log classes containing middle and butt logs with diameters between 17-18 cm were studied.</p> <p>The objective of the research was to determine if improving the utilization ratio is feasible and to what extent. The aim was to explore the possibilities for further research with these two log classes.</p> <p>The study comprised two test batches, which were repeated to confirm the results. After the test batches, the transfer of logs from one log class to another was further tested in a continuous test, providing comparison of utilization ratios on a larger scale.</p> <p>The result of the study provided data for subsequent research and assessments of computational benefits on a larger scale. Valuable information and insights into log peeling and the development of accuracy in log classification were also gained during the research. The result of the study indicated that utilizing X-ray measurement can improve yield and is worthwhile to investigate and test further in the future.</p> <p>It's important to note that even a small improvement in yield can have significant impacts on sawmill profitability. With raw material costs being the largest single expense for a sawmill, just a one percent increase in yield can result in savings of over half a million.</p>		
Keywords Xray measuring, Artificial intelligence, Utilisation rate		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Tukkien lajittelu ja mittaus.....	2
2.1	Tukkilajittelu.....	2
2.1.1	Tukkien mittaus	2
2.1.2	Mitattavat ominaisuudet.....	2
2.1.3	Hylättävät ominaisuudet	3
2.1.4	Omavalvonta	3
3	Saha.....	5
3.1	Sahan syöttö ja kuorinta	5
3.2	Sahaus	6
3.3	Särmäys	7
3.4	Tuorelajittelu	8
3.5	Rimoitus ja kuivaus.....	9
3.5.1	Rimoitus	9
3.5.2	Kuivaus.....	10
3.6	Tasaus ja paketointi.....	11
3.6.1	Tasaus.....	11
3.6.2	Paketointi.....	13
4	Käyttösuhteen parantaminen röntgenmittauksella.....	14
4.1	Tutkimuksessa käytetty laitteisto.....	14
4.2	Tutkimuksen tarkoitus.....	14
4.3	Tutkimuksen tavoitteet.....	15
4.4	Tutkimuksen menetelmät.....	15
5	Tutkimus.....	17
5.1	Ennen tutkimuksen aloittamista	17
5.2	Testierä 1	19
5.3	Testierä 2	20
5.4	Jatkotoimenpiteet	20
5.5	Testierien toistaminen.....	21
6	Tutkimustulosten analysointi.....	22
7	Yhteenveto ja pohdinta	24
	Lähteet	26

Liite 1. Power Bi käyttösuhtevertailu 170A

Liite 2. Power Bi käyttösuhtevertailu 180A

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön yhteistyökumppani on UPM Korkeakosken saha. Opinnäytetyön kirjoittaja on työskennellyt yrityksessä yhtäjaksoisesti vuodesta 2010. Kirjoittajalla on kokemusta laitoksen eri osastoista, kuten tukkilajittelusta, sahasta, sekä tasaamosta.

Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen, koska Suomi on tunnettu laadukkaasta ja vastuullisesti tuotetusta sahatavarasta. Uusiutumattomien materiaalien korvaaminen ja metsien vastuullinen hoitaminen on iso osa taistelua ilmastonmuutosta vastaan. Raaka-ainekustannukset ovat isoin yksittäinen kustannus sahalle, joten on erittäin tärkeää saada tukista paras mahdollinen saanto.

UPM Korkeakosken saha on Juupajoella toimiva saha, joka tuottaa vuodessa noin 350 000 m³ mäntysahatavaraa ja työllistää suoraan 80 henkilöä. Laitos käyttää puusta saatavan kuoren lämmöntuotantoon omassa biolämpölaitoksessa. (UPM Timber.)

Vuonna 2022 sahalle asennettiin röntgenmittari sahalinjaan, jolta saadaan palautetta tukkilajittelun röntgenmittarille lajittelun onnistumisesta. Palautteen perusteella ja tekoälyä hyödyntäen on mahdollista myös ohjata tukkeja tukkiluokasta toiseen tarkoituksena parantaa kyseisten tukkien käyttösuhdetta.

Opinnäytetyön tutkimus rajattiin tukkiluokkiin, joita vastaanotetaan sahalle määrällisesti paljon ja kyseisistä tukkiluokista sahataan mahdollisimman vähän eri sahausasetteita, jotta testaus on mahdollista suorittaa järkevässä ajassa ja verrannollisilla asetteilla. Testin tukkiluokat sisältävät väli- sekä tyvitukkeja, joiden latvaläpimitta on 17–18 cm. Tavoitteena tutkia onko tukkiluokan käyttösuhdetta mahdollista parantaa hyödyntäen sahalinjan röntgenmittarilta saatua palautetta takaisinkytkennän kautta tukkilajittelun röntgenmittarille. Tukkiluokien rajauksen avulla ensisijaisesta tutkimuksesta jätettiin pois esimerkiksi tukkiluokat, mistä sahataan lyhyellä aikavälillä useita eri sahausasetteita. Tukkiluokkien ja sahausasetteiden pysyessä vakiona, saatiin mahdollisimman paljon vertailtavaa dataa mahdollisia jatkotutkimuksia varten.

2 Tukkien lajittelu ja mittaus

2.1 Tukkilajittelu

Tukkien lajittelu on tärkeä osa sahan prosessia. Lajittelun tavoitteena on optimoida sahauksesta saatavan puutavaran määrä ja laatu. Myös kuivaamoiden käyttö voidaan optimoida, kun kuivataan vain laadun täyttävää sahatavaraa oikeaan kuivausasteeseen. UPM Korkeakosken sahalle tukit toimitetaan rekoilla. Tukit otetaan vastaan tukkilajittelussa ja lajitellaan omiin tukkiluokkiin. Kyseisellä sahalla lajittelulokeroita on 60 ja tukkiluokkia 47. Tukit mitataan muun muassa koon, laadun ja muodon perusteella tukkiluokkiin. Tämä mahdollistaa maksimaalisen sahatavaran hyödyntämisen. Tukkilajittelussa eritellään myös vialliset tai muuten sahaukseen sopimattomat tukit erilleen.

2.1.1 Tukkien mittaus

Korkeakosken sahalla tukkien mittaukseen tukkilajittelussa käytetään Finnoksen Fusion tukkimittaria. Tukkien mittauksessa käytetään kahta toisistaan riippumatonta toimintoa, jotka ovat vastaanottomittaus ja tukkiluokkiin lajittelu. Vastaanottomittaus perustuu puutavaran mittauslakiin ja tukkiluokkiin lajittelu toiminnan kannattavuuteen. Tukkien mittauksessa yhdistetään 3D- ja röntgenmittauksen tuloksia. Mittaustekniikoiden avulla tukkeja pystytään myös lajittelemaan vastaamaan suoraan asiakkaan toiveita. Näin ollen sahauksen tuotoksena on valmiiksi oikeanlaista tuotetta tehokkaasti kuivattavaksi ja tasattavaksi.

2.1.2 Mitattavat ominaisuudet

Yleisimmät tukista mitattavat ominaisuudet ovat: latva- ja tyviläpimitta, pituus, kartiokkuus, lenkous, soikeus ja tilavuus. Lajitteluperusteina voidaan käyttää esimerkiksi: terveoksalajittelua, lustopakisuusvaatimuksia, oksavälituotteita, pituuspoimintaa tai US-laatuista sahatavaraa. Ominaisuuksia mitataan röntgenin tai 3D-mittauksen avulla, tai yhdistelemällä näiden tuloksia ja laskemalla niiden keskiarvoja.

2.1.3 Hylättävät ominaisuudet

Tukkimitarille pystytään määrittelemään rajat automaattisesti hylättäville ominaisuuksille, kuten mutkalle ja lengolle. Röntgenin avulla on mahdollista löytää tukkiin kuulumattomat vierasesineet ja usein mittarin yhteydessä käytetään myös metallinilmaisinta. Kyseisellä sahalla tukit ajetaan metallinilmaisimen läpi ennen röntgenmittausta. Automaattisen mittauksen ansioista mittari osaa suoraan hylätä alamittaiset, ylisuuret tai virheellistä pituutta olevat tukit. Automaattisen mittauksen lisäksi operaattori tekee myös visuaalista lajittelua. Väri viat eli sinistymät ja oksat ovat esimerkkejä manuaalisesti tehtävästä lajittelusta.

2.1.4 Omavalvonta

Maa- ja metsätalousministeriön asetus puutavaran mittauksen mittausmenetelmäryhmien ja mittausmenetelmien tarkemmasta sisällöstä sekä mittauslaitteiden käytöstä (1323/13/2013 3 §) toteaa seuraavasti:

Mittaajan on ennen mittauksen aloittamista ja käytönaikana seurattava mittauslaitteen tai siihen vaikuttavien laitteiden teknistä toimivuutta. Lisäksi mittauslaitteen toimivuutta on seurattava säännöllisin väliajoin mitattavien muuttumattomien testikappaleiden avulla tai tarkastusmittauksilla tai jatkuvalla mittaustulosten johdonmukaisuuden seurannalla. Näitä mittaustuloksia voidaan hyödyntää mittauslaitteen sisäisissä varmistus- ja hälytysjärjestelmissä ja mittaustuloksen tarkastusten kohdentamisen välineenä.

Kyseisellä sahalla suoritetaan ennen mittauksen aloittamista muuttumattoman kappaleen, tässä tapauksessa testiputken ajo, jolla varmistetaan mittauksen oikeellisuus. Testiputken lisäksi päivittäin ajetaan mittarin läpi 5 testitukkia, joista saadaan testiraportti. Testiraportilta pystytään seuraamaan, ettei mittauksessa ole tullut lyhyellä tai pidemmällä ajalla selkeätä muutosta. Samoilla testitukeilla testaan myös metallinilmaisimen toiminta. Mittausjärjestelmässä on myös automaattisia seurantoja ja hälytyksiä, jotka ilmoittavat operaattorille esimerkiksi pituuspoikkeamista.

Sahalla kerätään viikoittain kontrollitukkeja satunnaisotantana noin 30 kappaletta. Kontrollitukeissa verrataan vastaanottotilavuutta röntgentilavuuteen. Jos kontrollitukin mittauksessa on ± 3 %:n ero vastaanottotilavuuden ja röntgentilavuuden välillä, kyseinen tukki on mitattava tukkisaksilla. Tukkisaksilla saatu tulos korvaa röntgentilavuuden vertailussa. Kontrollitukkien mittauksen jälkeen tukkimittarilta saadaan yhteenveto raportti.

Yhteenvedon perusteella tarkastetaan, että eri mittausmenetelmien välillä ei ole yli $\pm 2\%$:n eroa tilavuudessa. Tukkimitaria säädetään kertoimilla. Kuvassa 1 nähdään testiputki, jota käytetään asetuksen määräämään mittauslaitteen toimivuuden tarkastamiseen.



Kuva 1. Testiputki

3 Saha

3.1 Sahan syöttö ja kuorinta

Kuorinta suoritetaan yleisesti sahan syötössä ennen sahausta. Valtaosassa Keski- ja Etelä-Euroopan sahoista tästä kuitenkin poiketaan ja tukit kuoritaan jo tukkilajittelussa. Tähän suurin vaikuttava tekijä on puukaupan hinnoittelutapa. Keski-Euroopassa myyjälle maksetaan ainoastaan puuaineesta, joten tukki on järkevää kuoria ennen mittausta, joka määrittää maksun. Yleisin sahoilla käytössä oleva kuorintamenetelmä on roottorikuorinta. Tämä menetelmä on hellävaraisin tunnetuista kuorintamenetelmistä. Nykyajan kuorimakoneet ovat erittäin luotettavia ja niiden aiheuttamat tuotannon pysähdykset ovat vain muutaman prosentin luokkaa. Kuvassa 2 nähdään Valon Koneen kuorimakoneen periaate roottorikuorinnassa. (Tynkkynen 2018, 76–77).



© Valon Kone

Kuva 2. Valon Koneen roottorikuorinnan periaate (Sahateollisuuskirja 2022)

Kyseisellä sahalla kuorinta suoritetaan sahan syötössä Valon Koneen kuorimakoneella. Ennen kuorimakonetta tukkikone syöttää tukit tukkipöydälle. Tukkipöydän jälkeen tukit kuljettetaan kiramoilla ja ketjukuljettimilla 3D-mittarin läpi, missä tukista mitataan latvahalkaisija, sekä pituus. Mittari tunnistaa tuleeko tukki tyvi- vai latvapää edellä ja antaa tiedon Nordautomation automatiikalle, joka ohjaa tyvipää edellä tulevat tukit kaartokuljettimelle ja latvapää edellä tulevat tukit suoraan kohti kuorimakonetta. Jos tukin mitat eivät vastaa sahauksessa olevaa tukkiluokkaa se ohjataan hylkylokeroon. Sahan ulkopuolella sijaitsevien kuljettimien tarkoituksena on tuoda tukit latvapää edellä kuorimakoneeseen ja sieltä sahalinjaan. Kuorinnan yhteydessä suoritetaan myös tyvensievennys. Kuorinnan jälkeen tukit tulevat varas-
topöydälle, mistä ne syötetään sahalinjaan.

Tutkimusta tehdessä saatiin arvokasta tietoa kuorinnan onnistumisesta sahalinjan Optimizer -mittarin raporteilta. Kuorinnan onnistumista pystytään myös seuraamaan Optimizerin antamien hälytysten perusteella.

3.2 Sahaus

Pohjoismainen sahauskäytäntö edellyttää, että jakosahausvaiheessa pelkka halkaistaan keskeltä. Tukka jaetaan muissa leikkauksissa keskitavaroiksi ja laudoiksi. Keskitavaraa sahataan kaksi tai useampi kappale ja nämä voivat olla samaa tai eri paksuutta. Normaalissa sahaustavassa on myös poikkeuksia, kuten sydänvapaa sahaus. Sahausprosessin tarkoitus on saada suurin mahdollinen määrä vaatimuksia vastaavaa sahatavaraa. Erilaisilla tekniikoilla ja laiteyhdistelmillä pyritään saamaan haluttu lopputulos, eli mahdollisimman korkealaatuista ja asiakkaan vaatimuksia vastaavaa sahatavaraa. Erilaisilla sahaustavoilla saanto samalle raaka-aineelle, sekä lopputuotteeseen tarvittava työmäärä ja jalostusprosessi vaihtelevat suuresti. Kuvassa 3 nähdään havainnekuva neli- eli pelkkasahaudesta, joka on käytössä kyseisellä laitoksella. (Ropilo 2018, 83–85)



Kuva 3. Neli- eli pelkkasahaus (Puuproffa.fi)

Kyseisen sahan sahalinja on valmistunut vuonna 1996 ja pääosa koneista on Heinolan sahakoneiden toimittamia. Sahalinjaa on vuosien varrella päivitetty ja sillä pystytään sahamaan edelleen verrattain hyvillä tuntitehoilla ja pienillä häiriöillä. Sahalinja koostuu tukinpyöryksestä, jossa tukki pyöritetään halutun mukaisesti, joko lenkouden mukaan tai asetteen mukaisella pyöryksellä. Tukin pyöryksen mittaamiseen käytetään tutkimuksen kohteena olevaa Finnoksen Optimizer -mittaria. Pyöryksen jälkeen tukista haketetaan pinnat ensimmäisellä pelkkahakkurilla. Välittömästi pintojen haketuksen jälkeen tukista sahataan ensimmäiset laudat vannesaharyhmällä. Vannesaharyhmään kuuluu yhteensä 4 sahaa, 2 paria. Ensimmäisestä vaiheesta on mahdollista sahata 2 tai 4 lautaa. Vannesahauksen jälkeen pelkka käännetään 90° jakosahausta varten. Ennen ensimmäistä jakosahausta pelkka

kulkee toisen pelkkahakkurin läpi, missä haketetaan vielä pyöreänä olevat pinnat. Toisen pelkkahakkurin ominaisuuksiin kuuluu käyräsahausmenetelmä. Käyräsahausmenetelmässä seurataan puun sydänlinjaa, joka vaikuttaa tukista saatavaan saantoon. Tämän jälkeen sahataan toisen vaiheen laudat automaattisella jakopyörösahalla, jossa on mahdollista sahata 2 tai 4 lautaa. Ensimmäisen jakosahan jälkeen sahataan vielä toisella automaattisella jakopyörösahalla haluttu määrä sydänkappaleita. Kyseisellä sahalla on mahdollista sahata kahdesta viiteen sydänkappaletta.

3.3 Särmäys

Vajaasärmäisten sivulautojen mitallistaminen voidaan hoitaa erillisellä särmäyssahalla. Särmäyskoneessa sahataan vajaasärmäiset rimat irti lauta-aihiosta tai hakettaa sivut suoraa hakkeeksi. Särmäysautomaateilla on mahdollista laaduttaa lauta konenäkösovelluksella tai lajittelijan toimesta. Erillisissä särmäysautomaateissa huomionarvoista on, että vajaasärmäisten aihoiden käsittely on hitaampaa, kuin valmiiksi särmättyjen lautojen. Täten särmäysautomaattien ja välivarastojen suunnittelu linjan yhteyteen on tehtävä vastaamaan sahalinjan maksimimaalista särmäämätöntä tuotantoa. Kuvassa 4 nähdään Heinolan sahakoneiden särmäyssaha. (Ropilo 2018, 85–86)



Kuva 4. Särmäyssaha (Sahateollisuuskirja 2022)

Kyseisellä sahalla on sahalinjassa kolme särmäyslinjaa. Kaksi näistä ovat automaattisia ja yksi operaattorin käyttämä särmäyskone. Ensimmäisellä automaattisella särmäyslinjalla särmätään ensimmäisen vaiheen, eli vannesahan sahaamat aihiot ja toisella automaattisella särmäyslinjalla toisen vaiheen aihiot, eli ensimmäisen jakosahan sahaamat laudat. Kolmas särmäyslinja on sijoitettu sahalinjan loppuvaiheeseen, joka mahdollistaa ensimmäisessä ja toisessa vaiheessa sahattujen aihoiden ohjaamisen kyseiselle särmälle esimerkiksi ruuhkatilanteissa tai automaattilinjojen pysähtyessä. Tällä varmistetaan sahalinjan jatkuva pyöriminen.

3.4 Tuorelajittelu

Tuorelajittelussa kiinteäasetteisissa sahalinjoissa dimensio pysyy samana sydäntavaran osalta, mutta lautojen leveydet vaihtelevat. Dimensioiden lisäksi tuorelajittelussa voidaan ohjata tuotteet lokeroihin myös laatujen mukaan. Lajittelulokerot voidaan jakaa kolmeen eri tyyppiin, jotka ovat häkkilokerot, pysty- tai vinolokerot ja vaakalokerot. Katkaisuissa on kaksi tapaa. Ensimmäisessä sahatavara pyritään katkaisemaan loppumittaansa jo tuorelajittelussa. Tällöin maksimoidaan tuorehakkeen määrä, sekä pienennetään prosessissa rimoitukseen ja kuivaukseen menevän tavaran määrää. Toisessa tavassa katkaistaan vain vajaasärmältä alimpaankin sahatavaralaatuun soveltumattomat kappaleet. Toisessa tavassa lopullinen laadutus tapahtuu vasta kuivalajittelussa. Katkaisuun vaikuttaa mahdollisen kameralajittelun sijoittelu sahalla, sekä kapasiteetti- ja laitekantakysymykset. (Valkonen 2018, 119–123)

Kyseisellä sahalla sydäntavara lajitellaan yhdeksään lokeroon. Kolme lokerollista muodostavat yhden kuivaamokuorman. Kiinteäasetteisen sahalinjan ansiosta dimensio pysyy sahauserän ajan samana. Tietyissä sahausaseteissa on mahdollista sahata kahta eri dimensiota. Esimerkkinä keskikappale voi olla eri dimensiota, kun halutaan sydänkappale eroon. Tällöin käytetään kameralajittelua, joka erottelee sydäntavarat dimensiottain omiin lokeroihin.

Lautatavaralle on oma lajittelulaitos. Lautatavaran dimensioiden ja laatujen vaihtuessa sahauserän aikana, on ne lajiteltava kameralajittelun avulla. Kyseisellä sahalla laudalle on 40 lokeroa käytössä ja laudat lajitellaan dimension lisäksi karkeasti kolmeen eri laatuun. Laatuja ovat vajaasärmäinen, täyssärmäinen ja oksaton.

3.5 Rimoitus ja kuivaus

3.5.1 Rimoitus

Tuorelajittelussa kerätään samaa dimensiota ja laatua lajittelulokeroihin tai -tasolle tarvittava määrä yhtä kuivaamokuormaa varten. Pääsääntöisesti kuormat ladotaan koneellisesti mahdollisimman tasakokoiseen pakettiin. Kuivausilman vapaan kulkemisen kuorman läpi mahdollistavat jokaisen kerroksen väliin asetettavat välirimat. Välirimojen tasainen asettelu ja kuorman tasakokoisuus ovat tärkeitä onnistuneen kuivauksen saavuttamiseksi. Rimoituskoneita on kahta tyyppiä, jotka ovat kolavälikone ja mattokone. Nämä eroavat toisistaan siten, että mattokoneessa kappaleita ei annostella kolien väliin, vaan ne kulkevat vierekkäin ketjukuljettimella. Molemmissa koneissa kappaleet jaetaan vuorotellen toiseen päättyyn. Rimoituskoneen mitoitus ja kapasiteetti on vastattava sahan tuotantoa, jotta se ei aiheuta pullokaulaa. Kuvassa 5 nähdään rimoitettu kuorma valmiina kuivaukseen. (Leppänen 2018, 127)



Kuva 5. Rimoitettu kuorma valmiina kuivaukseen (Sahateollisuuskirja 2022)

3.5.2 Kuivaus

Kuivaukseen on useita eri tapoja aina taivasalla tapahtuvasta kuivauksesta keinokuivaukseen. Sahateollisuudessa on siirrytty ilmakeivauksesta täysin keinotekoiseen kuivaukseen. Kuivauksen tarkoituksena on poistaa vettä sahatavaraista mahdollisimman tehokkaasti. Haluttuun kuivausasteeseen pyritään pääsemään mahdollisimman pienillä laatutappioilla ja mahdollisimman pienin kustannuksin. Erilaisia kuivausmenetelmiä ovat korkean lämpötilan kuivaus, jossa kuivauslämpötila on yli + 100 °C:ssa. Tyhjiökuivaus, joka perustuu veden kiehumiseen alipaineessa alle + 100 °C:ssa. Lauhdekuivaus on yksi variaatio ilmankiertoon perustuvalla kamarikuivaukselle. Tässä tavassa ei vesihöyryä johdeta ulos kuivaamossa, vaan se puhalletaan lauhduttimen lämpöpumpulle, jonka jälkeen kuivausprosessiin palautetaan höyrystyslämpö. Kamarikuivaamot soveltuvat kaikenlaisen puutavaran kuivaamiseen, joskin sivulautojen kuivauksen tuloksena voi olla epätasainen kuivaustulos. Kamarikuivaamoita käytetään yleensä, jos on tarve kuivata erityisesti pieniä eriä, sekä halkeama-herkän järeän sahatavaran kuivaamiseen. Kuvassa 6 nähdään kuivaamokuorma, joka on menossa kuivaamoon. (Pitkänen 2018, 131–132)



Kuva 6. Kuivaamokuorma (Sahateollisuuskirja 2022)

Kyseisellä sahalla on käytössä 19 kanavaa kuivaukseen. 2013 sahalle valmistui oma biolämpölaite, jossa on kaksi seitsemän megawatin vesikattilaa. Kuivaamolle asennettiin 2023 yhden megawatin lämpöpumppu, joka hyödyntää kuivauksen poistoilmasta talteen otettua lämpöä.

3.6 Tasaus ja paketointi

3.6.1 Tasaus

Kuivalajittelulaitos, jota kutsutaan myös tasaamoksi on prosessi, jossa kuivatusta sahatavaraa tehdään valmiita paketteja asiakkaalle lähtöä varten. Prosessi alkaa kuivauskuorien purkamisella lajittelulaitokselle laatulajittelua varten. Sahatavara katkaistaan lajittelussa lopulliseen pituuteensa. Kuivalajittelulaitoksen alkupäässä kappaleet erotellaan annostimella seuraavalle kuljettimelle yksi kolaväliinsä, jotta ne voidaan tunnistaa yksittäin visuaalisesti ja kameranajittelussa. Annostimen jälkeen tapahtuu katkaisu eli tasaus. Yleisesti tyvipää tasataan lajittelulaitoksen alkupäässä. Tasaamoiden tehtävänä on valmistaa jokainen sahatavarakappale lopulliseen pituuteensa ja lajitella samanlaatuiset kappaleet paketoitua varten. Katkaisussa lopulliseen pituuteen käytetään yleisemmin moniteräistä katkaisusaha eli trimmeriä. Laadutuksessa voidaan ohjata katkaisemaan kappaleesta kummasta päästä tahansa tietyn määrän moduuleja tai raakkikappaleet joko yhden tai kahden moduulin pätkiin. Perinteisten moduulimittojen lisäksi asiakkaan omat pituusmitat ovat yleistyneet. Myös tietyillä markkinoilla voi olla omia pituusmittoja. Katkaisun jälkeen sahatavarakappaleet kuljetetaan lajittelulokeroihin odottamaan paketoitua. Sahatavaroita joudutaan myös uudelleen lajittelemaan esimerkiksi vajaiden pakettien lisäämiseksi saman dimension joukkoon tai pituuden tai muun ominaisuuden tarkentamiseksi tai muuttamiseksi halutuksi. Uudelleen lajittelulta ei voida kokonaan välttyä. Uudelleen lajittelun määrät vuosivolyymista vaihtelevat esimerkiksi puulajin, raaka-aineen ja sahan muun teknologian takia. (Miettinen 2018, 148–153)

Kyseisellä sahalla on 2005 käyttöönotettu tasaamo, jossa on 55 lajittelulokeroa. Tasaamoa on päivitetty viimeksi 2014, jolloin asennettiin uusi hissi ja alkupään kuljettimet. Tasaamolla on käytössä FinScan kameranajittelu. Kuvassa 7 nähdään UPM Korkeakosken sahan laivausmerkinnät.

Korkeakoski

Redwood	
U/s	W-S-M
Vths	WSM
6ths	W-S-M
S/F	W-S-M

Redwood UPM+
UPM + C
UPM + P
UPM + R
UPM + P-S
UPM + L-C
UPM + L-S

Kuva 7. UPM Korkeakosken sahan laivausmerkinnät (UPM Timber)

3.6.2 Paketointi

Paketoinnissa valmiiksi lajitellut sahatavarakappaleet paketoidaan varastointia ja kuljetusta varten. Paketoinnin tehtävänä on tehdä paketista kestävä ja siisti. Halutun kokoinen paketti lasketaan paketoinnista kuljettimelle, josta se siirretään kuljettimilla vanteituspuristimelle. Aiemmin sidontavanteena käytettiin teräsvannetta, mutta nykyään lähes ainoastaan polyesteripohjaista PET-muovivannetta. Valmis paketti siirretään kuljettimilla suojaukseen ja etiketointiin. Paketin ympärille asetetaan suojakääre suojaamaan sahatavarakappaleita esimerkiksi kosteudelta. Samalla kun suojakääreet asetellaan paikalleen, kiinnitetään myös pakettietiketit. Etiketistä nähdään paketin numeron lisäksi sen sisällön tärkeimmät tiedot, kuten dimensio, laatu ja pituus. Kuvassa 8 nähdään UPM:n valmistavaraketti (Nikula 2018, 154–157)



Kuva 8. UPM Timberin valmistavaraketti (UPM Timber)

Kyseisellä sahalla sahatavaraketit varastoidaan mahdollisuuksien mukaan katetuissa varastoissa. Sahatavaraketit suojataan 5-sivun suojauksella ja käytössä oleva suojamuovi on valmistettu 75-prosenttisesti kierrätetystä materiaalista. Sahatavaraketit kuljetetaan sahalta eteenpäin juna- ja autokuljetuksina.

4 Käyttösuhteen parantaminen röntgenmittauksella

4.1 Tutkimuksessa käytetty laitteisto

Tutkimuksessa käytettiin tukkilajittelun ja sahalinjan röntgenmittareita. Mittareiden laitevalmistaja on kotimainen Finnos. Tukkilajittelun Fusion mittari asennettiin 2017 ja sahalinjan Optimizer 2022.

Mittarit ovat mekaanisesti ja sähköisesti samanlaisia. Fusion yhdistää laser- ja röntgenskannausteknologioita. Optimizerin röntgentekniikkaa voidaan hyödyntää tukin suuntauksessa, jolloin nähdään tukin sisäinen laatu ja oksien sijainti. Mittareiden yhdistäminen mahdollistaa fingerprint-tekniikan käyttöönoton. Kuvassa 9 nähdään Finnoksen Fusion mittari. (Finnos.)



Kuva 9. Finnos Fusion tukkiskanneri (Finnos)

4.2 Tutkimuksen tarkoitus

Tutkimus tuli ajankohtaiseksi vuoden 2022 lopussa, kun kyseiselle sahalle asennettiin röntgenmittari sahalinjan alkuun ennen tukinpyörittystä. Mittarin ensisijainen tehtävä on kuvata tukki ja pyörittää se haluttuun asentoon ennen ensimmäisen vaiheen sahausta. Tukki voidaan pyörittää, joko lenkouden mukaan tai sahausasetetta optimoiden. Röntgenmittari

sahalinjassa on vastaavanlainen, kuin tukkilajittelussa ja tämä mahdollistaa takaisinkytkennän mittareiden välillä. Takaisinkytkennässä hyödynnetään fingerprint-teknologiaa eli sahalinjan Optimizer -mittari pystyy tunnistamaan ja yksilöimään tukkilajittelussa Fusion -mittarilla mitatun tukin. Näiden ominaisuuksien ansiosta pystytään vertailemaan mittareiden tuloksia. Tukkilajittelussa tukki mitataan kuorellisena vastaanottomittauksessa ja röntgenin avulla pyritään löytämään tukin kuoreton halkaisija tukkiluokkaa varten. Sahalinjassa tukki mitataan kuorinnan jälkeen kuorettomana ja näin Optimizerilta saadaan palaute Fusion -mittarille mittauksen onnistumisesta ja lajittelusta oikeaan tukkiluokkaan. Sahalinjan mittari myös simuloi mitatun tukin ja sahalinjasta tulevan ajossa olevan asetteen ja pystyy näin opettamaan tekoälylajittelua, minkälaiset tukit kannattaisi sahata mihinkin luokkaan. Näiden palautteiden perusteella pystytään ohjaamaan tekoälyä vaikuttamaan tukkien lajitteluun ja tässä tutkimuksessa siirtämään tukkeja luokasta toiseen.

Tutkimuksessa oli tarkoitus selvittää, onko tukkiluokan käytösuhdetta mahdollisuus parantaa Optimizerilta saadun palautteen perusteella ja hyödyntäen tekoälyä. Tukkiluokiksi valikoitiin 17 ja 18 senttimetriä halkaisijaltaan olevat kaksi tukkiluokkaa. Kyseisiin luokkiin poimitaan sekä väli- että tyvitukkeja. Tekoälyn tehtävänä oli valikoida tukkeja, jotka omassa tukkiluokassaan simuloinnin perusteella saisi huonon käytösuhteen ja siirtää näitä tukkeja toiseen tukkiluokkaan, jossa tukista saisi paremman saannon.

4.3 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli käytösuhteen parantaminen siirtämällä tukkeja luokasta toiseen. Lähtötilanteessa tukkeja lajiteltiin tukkiluokkiin läpimitan perusteella. Kyseisellä sahallalla keskimääräinen tukkiluokan koko oli 15 mm. Jos tukkiluokan alaraja on 150 mm sen yläraja olisi 165 mm ja tähän väliin läpimitaltaan osuvat tukit ohjataan kyseiseen luokkaan. Tutkimuksessa lajittelun peruseriaate pysyi samana, mutta sahalinjan röntgenin palautteen perusteella nähtiin minkä tyyppiset tukit saavat omassa tukkiluokassaan huonon käytösuhteen ja siirrettiin kyseisiä tukkeja tukkiluokkien välillä välittämättä näiden kohdalla läpimittojen rajoista.

4.4 Tutkimuksen menetelmät

Tutkimuksen menetelmänä käytettiin kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusta. Se perustuu kohteen kuvaamiseen ja tulkitsemiseen tilastojen ja numeroiden valossa (Jyväskylän yliopisto 2015).

Tutkimuksen toteuttaminen vaati tukkilajittelusta vapaan lokeron, mihin ohjattiin tekoälyn valitsema tukkeja. Lokerosta tukit nostettiin omalle pohjalleen tukkikentällä, eroon muista

tukkiluokista. Pohjalle kerättiin tukkeja kuivaamokuormallisen verran kerrallaan testausta varten. Testeihin kerätyt määrät vaihtelivat 300–350 tukin välillä riippuen sahattavasta asetteesta. Tutkimuksen vertailtavaa dataa kerättiin historiasta, sekä testin yhteydessä sahatausta erillisestä erästä. Tuotannonsuunnittelun ja sahauksen sujuvoittamiseksi testierät sahattiin ennen vastaavaa tukkiluokkaa ja sahausasetetta. Täten aiheutettiin mahdollisimman vähän ylimääräistä häiriötä sahaukseen ja testin yhteydessä saatiin välitöntä vertailukelpoista tietoa vastaavasta asetteesta lankeavasta sumasta.

Tutkimuksen dataa kerättiin talteen sahan ja laitetoimittajan toimesta ja tulokset käytiin yhdessä viikoittain läpi ja sovittiin jatkosta. Tutkimuksessa keskityttiin käyttösuhteen parantamiseen, mutta testien yhteydessä kerättiin talteen myös tiedot tasaamon laatujaikautuksista, sekä tutkittiin sahan kuorinnan vaikutusta tukkiluokkien luokkaan osumiseen.

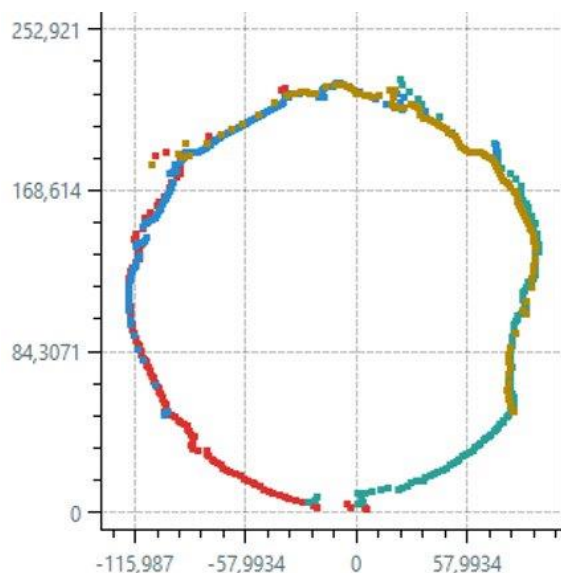
5 Tutkimus

5.1 Ennen tutkimuksen aloittamista

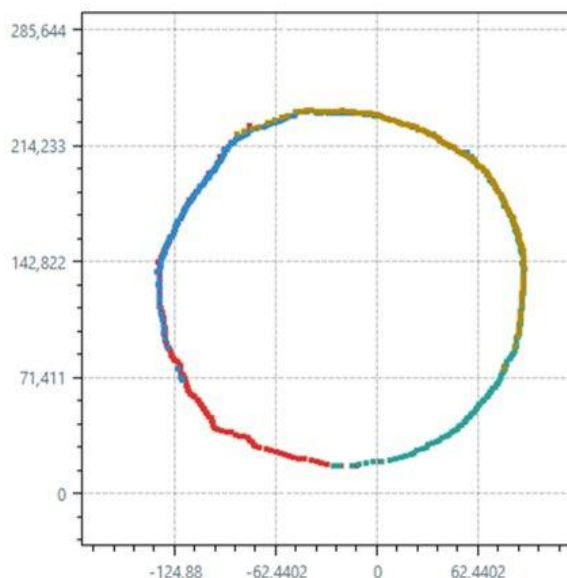
Sahalinjan mittarin asennuksen jälkeen laitetoimittajan kanssa pidettiin seurantapalavereita kahden viikon välein, joissa seurattiin sahalinjan röntgenin toimintaa ja sen mittauksesta tehtyjä havaintoja. Ennen mittarin asennusta sahan tukkilajittelussa käytettiin kuorikorjaustaulukoita, joiden avulla korjattiin lajitteluhalkaisijaa. Lajitteluhalkaisija tarkoittaa tukin kuoretonta halkaisijaa, jonka perusteella tukit ohjataan oikeaan tukkiluokkaan. Vuodenaikojen vaihtelun takia kuorikorjaustaulukoilla joko lisättiin tai vähennettiin mittarin mittaamaa halkaisijaa vastaamaan todellisuutta. Taulukoiden vaihtaminen tapahtui manuaalisesti sahan toimesta. Halkaisijan oikeellisuutta seurattiin sahalla luokkaan osumisesta, eli kuinka hyvin tukkiluokkaan sahatut tukit ovat osuneet kyseisen luokan läpimittojen rajoihin, sekä tukkien käsin kuorinnalla kontrollitukkeja mitattaessa. Sahalinjan röntgenmittarin avulla saatiin jatkuvaa ajantasaista tietoa lajittelun kuoretoman halkaisijan mittaamisen onnistumisesta ja laitetoimittaja kehitti kuorikorjaustaulukoiden tilalle aktiivisen mallin, joka tekee taulukoiden kaltaisia muutoksia jatkuvasti ja reaaliajassa.

Sahalinjan röntgenin asennus tehtiin syksyllä ja mittareiden takaisinkytkennän ansiosta dataa alettiin seuraamaan välittömästi. Tukkilajittelun mittaria ”koulutettiin” sahasta saadun tiedon perusteella ja aktiivista mallia säädettiin sen mukaan. Lämpötilojen vaihdellessa havaittiin myös läpimitan tarkkuudessa saman suuntaista muutosta. Sahalinjan mittarin kuvaamista 3D-kuvista havaittiin, että tukin kuorinta oli rouheaa ja kuoren mukana kuorittiin myös puuainesta varsinkin vaihtelevien kelien aikaan, kun lämpötila meni pakkasen ja pluskelien välillä. Näiden havaintojen perusteella ja sahan työntekijöiden kanssa käytyjen keskusteluiden myötä päätettiin tehdä muutoksia kuorintaan, jotta kuorinta olisi mahdollisimman hellävaraista, mutta silti kuori irtoaisi tukista.

Kuvissa 10 ja 11 nähdään sahalinjan mittarin kameralta saaduista kuvista, kuinka kuorinnan jäljet näkyivät mittauksessa. Kuvassa 10 tukkiluokka 200A ennen kuorintaan tehtyjä muutoksia. Kuvassa 11 sama tukkiluokka kuorinnan muutoksien jälkeen. Ulkolämpötila oli samaa luokkaa molempien kuvien tallennus hetkellä. Kuvassa 10 nähdään että tukista on lohjennut palasia kuorinnan yhteydessä, kun taas kuvassa 11 tukin pinta on kuorittu sileäksi ja tukki on pysynyt ehjänä.



Kuva 10. Finnos Optimizer mittarin kameroiden piirtämä kuva ennen kuorintaan tehtyjä muutoksia



Kuva 11. Finnos Optimizer mittarin kameroiden piirtämä kuva kuorintaan tehtyjen muutoksien jälkeen

5.2 Testierä 1

Sahan tukkiluokkien nimet määräytyvät läpimitan ja tukkilaadun mukaan. 170A tukkiluokka on läpimitaltaan noin 17 cm vaadittujen läpimittarajojen mukaan.

Kun kuorinnan aiheuttamat ongelmat oli selvitetty, aloitettiin ensimmäisen testierän kerääminen tukkilajittelussa. Ensimmäisessä testissä kerättiin 170A luokkaan tekoälylajittelulla normaalisti läpimitan mukaan 180A luokkaan kuuluvia tukkeja. Tarkoituksena löytää tukkeja, joiden käyttösuhde olisi huono 180A luokassa ja parempi pienemmässä luokassa. Tukkeja kerättiin tarvittava määrä yhtä kuivaamokuormaa varten tarkoituksena sahata tukit normaalin sahauserän alussa. Näin saatiin testin sahaukselle heti perään verrannollinen käyttösuhde normaalista erästä. Kuivaamokuorma merkittiin kuivaamokirjanpitoon erilleen tasaamon laaturajakaumaa varten. Tasaamolta saatiin testille myös verrannollinen erä, kun testin kuorma ajettiin vastaavan dimension erän alkuun.

Ensimmäisen testierän tukit olisi normaalisti sahattu luokkaan 180A 3ex 34x112 sahausasetteeseen. Tekoälyn tulkinnan mukaan tukit olisivat saaneet kyseisessä luokassa sahattuna huonomman käyttösuhteen, kuin sahattuna 170A tukkiluokassa 2ex 50x125 asetteeseen. Ensimmäinen testierä sahattiin 170A tukkiluokan erän alkuun ja erillään lankeavasta sumasta ja sahalinjasta tallennettiin raportointia varten testin käyttösuhde. Heti testin perään sahattiin normaalia 170A tukkiluokkaa lankeavasta sumasta, ottaen myös tästä erästä käyttösuhde vertailua varten. Ensimmäisen testierän käyttösuhde oli 2,01 ja perään lankeavasta sumasta sahatun erän 2,01. Taulukossa 1 nähdään vertailua testierän ja lankeavasta sumasta sahattujen erien välillä. Vertailun perusteella käyttösuhde pysyi samalla tasolla testierässä. Kyseistä asetetta oli heinäkuussa sahattu kahteen kertaan lankeavasta sumasta ja näiden erien käyttösuhteen keskiarvo oli 2,02.

Päivämäärä ▾	Eränumero ▾	Luokka ▾	Asete ▾	Käyttösuhde ▾
18.7.	8565	Testi	50x125	2,01
18.-19.7.	8561	170A	50x125	2,01
10.-11.7.	8502	170A	50x125	2,04
11.7.	8502	170A	50x125	1,99

Taulukko 1. Testierä 1 vertailu

5.3 Testierä 2

Toisessa testierässä poimittiin samalla tavalla tekoölyn avulla tukkeja 180A luokasta 170A luokkaan. Tällä kertaa testierä sahattiin 180A 3ex 34x112 asetteen alkuun, jotta saatiin vertailua luokkaan mistä tukkeja oltiin siirtämässä pois. Kyseiset tukit olisi sahattu tähän luokkaan ilman tekoölyn tekemää siirtoa. Taulukosta 2 nähdään, että testierän käyttösuhte oli 0,04 huonompi kuin lankeavasta sumasta sahatun erän. Huonompi käyttösuhte tarkoitti, että tekoöly oli valikoinut oikeanlaisia tukkeja siirrettäväksi. Vastaavanlaiset tukit saivat ensimmäisessä testierässä 170A tukkiluokan 2ex 50x125 asetteen sahuussa käyttösuhteeksi 2,01. Tekoölyn valitsemilla tukeilla oli yli 7 % parempi käyttösuhte siirretyssä luokassa, kuin luokassa mihin ne olisi normaalisti sahattu.

Päivämäärä ▾	Eränumero ▾	Luokka ▾	Asete ▾	Käyttösuhte ▾
24.7.	8589	Testi	34x112	2,17
24.7.	8590	180A	34x112	2,13

Taulukko 2. Testierä 2 vertailu

5.4 Jatkotoimenpiteet

Ensimmäisten testierien perusteella todettiin, että tukkien siirtämistä 180A luokasta 170A luokkaan kannattaa testata lisää, jotta saadaan varmuus kannattavuudelle. Laitetoimittaja teki samalla simulaatioita 170A luokan tukeille, selvittäen mahdollisuutta siirtää tukkeja luokkien välillä ja pitäen täten luokkien kertymän vakiona. Luokkien välisissä siirroissa ongelmia aiheutti vaihtuvat sahausasetteet. Yhdestä tukkiluokasta on mahdollista sahata useita asetteita ja täten siirto voi olla kannattavaa jonkin asetteen kohdalla, mutta toisella asetteella siirto ei välttämättä tuo hyötyjä tai huonoimmassa tapauksessa tukki jää liian pieneksi kyseiselle asetteelle. Laitetoimittajan kanssa todettiin, että toistetaan jo aiemmin tehdyt testit ja varmistetaan tukkien siirtojen kannattavuus.

5.5 Testierien toistaminen

Testierien toistaminen aloitettiin jälleen 170A tukkiluokan 2ex 50x125 sahaamisesta. Tukkeja siirrettiin 180A luokasta ja verrattiin lankeavan suman käyttösuhteeseen. Taulukosta 3 nähdään, että testin toistettavuus oli hyvällä tasolla. Testierän käyttösuhde oli jälleen täysin sama, kuin verrokin lankeavasta sumasta.

Päivämäärä	Eränumero	Luokka	Asete	Käyttösuhde
9.10.	8945	Testi	50x125	2,07
9.10.	8944	170A	50x125	2,07

Taulukko 3. Testierä 1 toistaminen

Vertailuksi toistettiin myös testierä 2, missä ensin sahattiin testierän tukit, jotka oli poimittu 180A tukkiluokasta huonon käyttösuhteensa vuoksi siirrettäväksi 170A luokkaan. Taulukosta 4 nähdään, että toistettavuus oli hyvä myös toisella testierällä testin ollessa jälleen 0,04 huonompi käyttösuhteeltaan verrokkierään verrattuna. Testien toistamisessa siirrettävien tukkien käyttösuhteen parannus oli yli 8 %.

Päivämäärä	Eränumero	Luokka	Asete	Käyttösuhde
12.10.	8974	Testi	34x112	2,26
12.10.	8970	180A	34x112	2,22

Taulukko 4. Testierä 2 toistaminen

Testissä ei toisellakaan kertaa saatu selkeästi näkyvää parannusta käyttösuhteessa tukkiluokassa mihin tukkeja siirrettiin. Tuorelajittelun laaduissa nähtiin hyvin pientä parannusta. Tukkien siirron hyödyllisyys oli kuitenkin merkittävä, kun vertailtiin siirrettävien tukkien käyttösuhdetta alkuperäisen tukkiluokan ja siirretyn tukkiluokan välillä. Laitetoimittajan simulointien perusteella 170A luokasta siirto 180A luokkaan oli mahdollista ja kannattavaa, jos 180A luokasta sahataan 3ex 34x112 19 mm laudoilla.

6 Tutkimustulosten analysointi

Tutkimuksen tuloksia analysoitiin Microsoftin Power BI:n avulla. Power BI ohjelmaa käytettiin sahalla erilaisissa seurannoissa ja asetettujen tavoitteiden toteuman visualisoinnissa. Opinnäytetyön kirjoittaja loi Power BI:n avulla vertailutyökalun, jolla pystyttiin vertaamaan käyttösuhdetta sahalta saatuun aiempaan dataan.

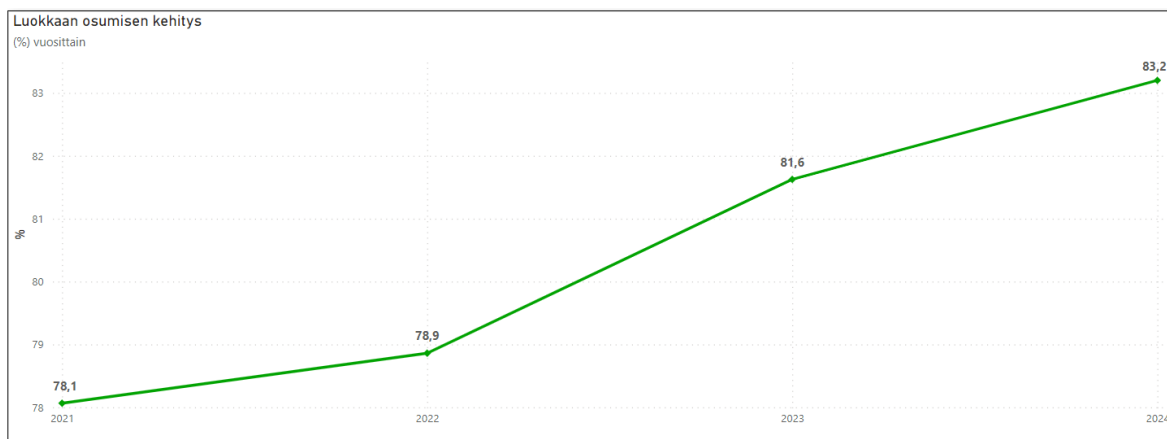
Tutkimuksessa tehtyjen testien perusteella tukkien siirto oli kannattavaa isommasta luokasta pienempään. Laitetoimittajan simulointien perusteella myös siirto molempiin suuntiin oli kannattavaa, mutta ongelmia aiheutti 180A tukkiluokka, josta sahattiin myös 3ex 34x127 sahausasetetta. 170A tukkiluokasta siirrettävien tukkien läpimitta ei riittänyt isompaan aseteeseen. Sahalla kuitenkin päädyttiin ottamaan tekoölyn tekemä tukkien siirto jatkuvaan käyttöön testattujen tukkiluokkien osalta. Tänä aikana jätettiin 180A tukkiluokasta sahaamatta isompaa asetetta. Jatkuvassa siirrossa tekoöly teki tukkien siirtoja tukkiluokkien 170A ja 180A välillä ja näin ollen saatiin tehtyä käyttösuhteen vertailua isommasta sumasta. Tukkeja siirrettiin noin 10 % luokkien välillä, pitäen molempien luokkien kertymät vakiona.

Vaikka testierissä ei havaittu käyttösuhteen parantumista 180A luokasta siirretyissä tukeissa, jotka sahattiin 170A luokan aseteeseen oli odotettavissa, että suuremmassa määrässä eroa tulisi. Liitteenä olevan käyttösuhdevertailun mukaan tekoölylajittelun ollessa päällä parani 170A tukkiluokasta sahattavan 2ex 50x125 sahausasetteen käyttösuhde 0,01. Käyttösuhteen ollessa vertailtavana ajanjaksona 2,02 ja tekoölylajittelun aikaan 2,01. (Liite 1).

Käyttösuhdevertailua tehtiin samaisena ajanjaksona myös 180A tukkiluokan 3ex 34x112 sahausasetteelle. Liitteenä olevan käyttösuhdevertailun mukaan kyseisessä aseteessa käyttösuhde parani 0,05. Ennen tekoölylajittelua käyttösuhteen ollessa 2,27 ja tekoölylajittelu ollessa päällä 2,22. (Liite 2).

Keskiarvallisesti laskettuna tukkien siirto tekoölylajittelun avulla paransi kahden tukkiluokan osalta käyttösuhdetta noin 1,4 %.

Tutkimuksessa saatujen käyttösuhde parannusten lisäksi sahalla tehtiin huomattavia parannuksia tukkien kuorintaan liittyen. Tukkien kuorinnan oletettiin olevan hyvällä tasolla aina siihen asti, kun sahalinjasta oli mahdollista saada tarkkaa dataa kuorituista tukeista. Alla olevassa kuviossa 1 nähdään kyseisen sahan seurannasta luokkaan osumisen kehitystä vuodesta 2021. Luokkaan osuminen parani vuonna 2023 edellisestä vuodesta 2,7 prosenttiyksikköä.



Kuvio 1. Luokkaan osumisen kehitys vuodesta 2021

7 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli, selvittää onko tukkiluokan tai tukkiluokkien käyttösuhdetta mahdollista parantaa sahalinjan röntgenmittarin antaman palautteen perusteella ja tehtyjen testien perusteella kyseisellä sahalla tämä olisi mahdollista. On kuitenkin huomioitava, että kyseiset testit suoritettiin kahdelle tukkiluokalle, joka on vain reilun neljä prosenttia sahan kaikista tukkiluokista. Tutkimuksessa tehdyt testit osoittivat kuitenkin sen, että tukkien siirtoa tukkiluokkien välillä tekoälyä hyödyntäen kannattaa tutkia lisää ja yli koko tukkisuman. Laittevalmistajan alkuperäisten arvioiden mukaan männällä käyttösuhteen paraneminen palautteen perusteella olisi luokkaa 0,5–1 %. Jatkuvassa testissä onnistuttiin parantamaan kahden tukkiluokan osalta käyttösuhdetta 1,4 %. Oletettavaa on, että parannus oli huomattavan hyvä valikoitujen tukkiluokkien osalta ja että parannus käyttösuhteeseen ei olisi näin korkealla tasolla monessa muussa tukkiluokassa.

Ottaen huomioon sahojen kulurakenteen, jo yhden prosentin parannus käyttösuhteessa tuo erittäin merkittäviä taloudellisia hyötyjä. Esimerkkinä yhden prosentin parannus käyttösuhteeseen sahalla, joka tuottaa vuodessa 300 000 m³ valmista mäntysahatavaraa käyttösuhteella kaksi, eli käyttää 600 000 m³ tukkia. Yhden prosentin parannuksella käyttösuhte olisi 1,98. Tämä tarkoittaisi, että sahan tarvitsee käyttää 594 000 m³ tukkia saadakseen 300 000 m³ valmista sahatavaraa. Yhden prosentin käyttösuhteen parannuksella saha saisi saman määrän valmista sahatavaraa käyttäen siihen 6 000 m³ vähemmän tukkia. Jos mäntytukki maksaisi 90 euroa kuutiolta sahalle kuljetettuna, olisi rahallinen säästö sahalle 540 000 euroa vuodessa.

Jo ennen opinnäytetyön tutkimusta kyseisten laitteiden asennuksen jälkeen tehtiin merkittäviä havaintoja tukkien kuorinnasta. Tukkien kuorinnassa kyseisellä sahalla on toimittu vuosikaudet samoilla vanhoilla opituilla tavoilla, ilman sen tarkempaa tutkimusta. Kuorintaan liittyen moni asia on oletettu olevan hyvällä tasolla. Kun kuorinnasta oli mahdollista saada dataa, sitä käytettiin heti hyväksi ja aloitettiin omat testaukset kuorimakoneella. Kuorimakoneen testauksessa oli otettava huomioon iso läpimittajakauma. Vaikka kuorinnan sai hyvälle tasolle pienellä tukkiluokalla, saattoi se olla isolla tukkiluokalla huonontunut. Vanhahkon laitekannan takia oli löydettävä kultainen keskitie kuorinnan osalta. Kuorinnasta opittujen seikkojen osalta sahalla on onnistuttu parantamaan luokkaan osumista vuoden 2021 78,1 %:n osumatarkkuudesta jo reilusti yli 80 %:iin. Kehitystyö kuorinnankin osalta jatkuu tulevaisuudessa.

Käyttösuhteen ja luokkaan osumisen parantaminen ja kehitystyö on vasta alkanut opinnäytetyön aikana ja opinnäytetyön tutkimuksista on saatu pohja lisätutkimuksille. Jatkuva tuotannon, sekä laitteiden kehittäminen on elinehto nykypäivän kovassa kilpailussa. Viitaten

opinnäytetyön tarkoituksiin ja tavoitteisiin voidaan todeta, että tutkimuksessa tehdyillä testauksilla oli positiivinen vaikutus lukujen valossa, sekä saatiin oletuksille vastakohtaksi faktoja ja tutkittua dataa.

Lähteet

Finnos. Ratkaisumme. Viitattu 26.2.2024. Saatavissa

<https://www.finnos.fi/fi/ratkaisumme/sahateollisuus>

Jyväskylän yliopisto 2015. Määrällinen tutkimus. Viitattu 19.10.2023. Saatavissa

<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/marallinen-tutkimus>

Leppänen, T 2018. Rimoitus ja kuivaus. Teoksessa Varis, R (toim.) Sahateollisuus. 2. painos. Helsinki: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry, 127

Maa- ja metsätalousministeriön asetus puutavaran mittauksen mittausmenetelmäryhmien ja mittausmenetelmien tarkemmasta sisällöstä sekä mittauslaitteiden käytöstä (1323/13/2013)

Miettinen, J 2018. Sahatavaran lajittelu kuivauksen jälkeen, tasaamo. Teoksessa Varis, R (toim.) Sahateollisuus. 2. painos. Helsinki: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry, 148-153

Nikula, H 2018. Sahatavaran paketointi, varastointi ja merkintä. Teoksessa Varis, R (toim.) Sahateollisuus. 2. painos. Helsinki: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry, 154-157

Pitkänen, M 2018. Rimoitus ja kuivaus. Teoksessa Varis, R (toim.) Sahateollisuus. 2. painos. Helsinki: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry, 131-132

Ropilo, J 2018. Sahausprosessi tukista sahatavaraksi. Teoksessa Varis, R (toim.) Sahateollisuus. 2. painos. Helsinki: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry, 83-85

Ropilo, J 2018. Sahausprosessi tukista sahatavaraksi. Teoksessa Varis, R (toim.) Sahateollisuus. 2. painos. Helsinki: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry, 85-86

Tynkkynen, T 2018. Tukkien kuorinta. Teoksessa Varis, R (toim.) Sahateollisuus. 2. painos. Helsinki: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry, 76-77

UPM Timber. Tuotantolaitokset. Viitattu 26.6.2023. Saatavissa

<https://www.upmtimber.com/fi/tietoa-meista/tuotantolaitokset/>

Valkonen, J 2018. Dimensiolajittelu ja välivarastointi. Teoksessa Varis, R (toim.)

Sahateollisuus. 2. painos. Helsinki: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry, 119-123

Liite 1. Power Bi käyttösuhtevertailu 170A



Käyttösuhtevertailu



170A 2ex 50x125 19mm laudoilla (Vasen: ilman tekoäylajittelua 2023 marraskuu & oikea: tekoäylajittelu päällä 2023 marraskuu – 2024 tammikuu)

