

Sahalinjan asetteiden ajotapojen optimointi

Tukkiluokat 130–190 mm

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

2022

Sami Lehtonen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Sami Lehtonen	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2022
	Sivumäärä 36	
Työn nimi Sahalinjan asetteiden ajotapojen optimointi Tukkiluokat 130–190 mm		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), puutekniikan koulutus		
Toimeksiantajaorganisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja) Metsä Fibre Vilppulan Saha		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä tutkittiin, miten sahalinjan ajotapojen optimointi vaikuttaa Veiston SL250 3.4 sahalinjan tehokkuuteen, häiriöihin, käyttösuhteeseen ja linjasta läpi ajettuiden tukki-kappaleiden määrään. Opinnäytetyöhön liittyvä tutkimus sisälsi latvahalkaisijaltaan tukki-luokat 130–190 mm ja näiden tukkiluokkien sisällä pelkan leveydet 100 mm ja 125 mm.</p> <p>Tutkimuksen tavoitteena oli löytää parhaat mahdolliset ajotavat, joilla olisi mahdollista nostaa sahalinjan tehokkuutta, vähentää häiriöitä ja saada ajettua mahdollisimman paljon kappaleita linjasta läpi. Tutkimuksen tarkoitus oli myös saada aikaiseksi mahdollisimman vakioitu ja neutraali koeajotulos aikaiseksi, josta saataisiin dataa vertailupohjaksi mahdollisia tulevaisuuden tutkimuksia varten.</p> <p>Opinnäytetyön tutkimus sisälsi neljä koeajoerää, joissa testattiin erilaisten ajotapojen vaikutuksia asetteiden käyttäytymiseen linjalla. Tutkimuksen data kerättiin sahan MES-tuotannonohjausjärjestelmästä, jonka jälkeen data lajiteltiin ja tulokset analysoitiin.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena saatiin datan perusteella selville näille kyseessä oleville tukki-luokille ja aseteille parhaiten sopiva ajotapa, tutkimuksen piirissä olleista vaihtoehdoista. Tutkimuksen tuloksien perusteella asetteiden ajotapojen vakioinnilla on positiivinen vaikutus sahalinjan tehokkuuteen ja häiriöiden vähenemiseen.</p>		
Asiasanat Tukkiluokka, asete, optimointi		

Abstract

Author(s) Sami Lehtonen	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2022
	Number of Pages 36	
Title of Publication Optimization of driving methods of saw lines sawing patterns Log classes 130–190 mm		
Degree, Field of Study Engineer (UAS), Wood Technology		
Organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party) Metsä Fibre Vilppulan Saha		
Abstract <p>The investigation of this thesis was that how does the optimization of driving methods of Veisto SL250 3.4 saw lines sawing patterns effect on the efficiency, failure rate, yield and the number of logs sawed through the line. The investigation included log classes which top diameter was 130–190 mm and within these log classes cant widths 100 mm and 125 mm.</p> <p>Target of this investigation was to find best possible driving methods which would make it possible raise the efficiency of the saw line, cut down the failure rate, and maximize the number of the logs sawed trough the line. In addition, the other target of the investigation was to collect standardized and neutral data from the saw lines test drives so that data could be used basis of comparison on future investigations.</p> <p>The investigation was started by arranging four test drive batches where was tested the different driving methods effects on the sawing patterns behavior on the line. The data was then collected from saw lines MES-production management system, followed by sorting and analyzing the data.</p> <p>The result of the investigation of the data was obtained the most suitable driving method for these sawing patterns. The investigation indicates that by standardizing the driving methods a positive effect is obtained to the saw lines efficiency and cutting down the failure rate.</p>		
Keywords Log class, sawing pattern, optimization		

Sisällys

1	Johdanto.....	2
2	Sahalaitos.....	4
2.1	Tukkilajittelu.....	4
2.2	Sahan syöttö.....	4
2.3	Sahalinja.....	6
2.3.1	Periaate	6
2.3.2	Mittaus.....	6
2.3.3	Pelkkahakkuri	7
2.3.4	Pelkkasaha.....	8
2.3.5	Jakosaha	8
2.3.6	Ristisaha.....	9
2.4	Tuorelajittelu	10
2.5	Rimoitus ja kuivaamo.....	10
2.6	Tasaus ja paketointi.....	10
3	Sahalinjojen ominaisuudet	12
3.1	Kiinteäasetteinen sahalinja	12
3.2	Muuttuva-asetteinen sahalinja	12
3.3	Asetteen optimoinnin vaikutukset.....	13
4	Pienten tukkiluokkien ajotapojen optimointi.....	14
4.1	Tutkimuksen tarkoitus	14
4.2	Tutkimuksen tavoitteet.....	14
4.3	Menetelmät.....	15
5	Tutkimuksen järjestelyt	16
5.1	Koeajo 1: Vakioarvot.....	16
5.2	Koeajo 2: Nopeuden korotus	17
5.3	Koeajo 3: Maltillinen nopeuden korotus ja tukkivälin lyhennys	17
5.4	Koeajo 4: Lautamallien painottaminen	18
6	Tutkimustulosten analysointi	19
6.1	Analysoinnin kriteerit.....	19
6.2	Vakioarvot	19
6.3	Koeajo 2: Nopeuden korotus	22
6.4	Koeajo 3: Maltillinen nopeuden korotus ja tukkivälin lyhennys	25
6.5	Koeajo 4: Lautamallien painottaminen	27
6.6	Keskiarvot.....	30

7	Tutkimuksen tulokset	31
7.1	Vakioarvot	31
7.2	Nopeuden korotus	31
7.3	Maltillinen nopeuden korotus ja tukkivälin lyhennys	31
7.4	Lautamallien painottaminen	32
8	Yhteenveto ja pohdinta	33
	Lähteet	35

Liite 1. Opinnäytetyöhön liittyvät testiajot

Liite 2. MES-järjestelmän raportointityökalu

Sanasto

Asete	Tukista sahattavien sahatavarakappaleiden määritelmä
Häiriöprosentti	Suhdeluku, joka kuvastaa ajetun asetteen häiriöaikaa, ajoikaan nähden
Käyttöaste	100 % - tukkiväli ja häiriöt
Käyttösuhde	Kuorellinen tukki kuutio / valmis sahatavara kuutio
MES	Sahan toiminnanohjausjärjestelmä (MES = Manufacturing Execution System)
Pelkka	Tukki haketetaan pelkkahakkurissa neljältä sivulta, jolloin tukista muodostuu pelkka
Prologic	Sahalinjan mittareiden ohjausjärjestelmä
Tukkiväli	Sahalinjalla kulkevien tukkien väli toisiinsa nähden
WinCC	Sahalinjan logiikan ohjausjärjestelmä

1 Johdanto

Opinnäytetyön lähtökohdat

Tämän opinnäytetyön yhteistyöyrityksenä toimii Metsä Fibre Vilppulan Saha. Opinnäytetyön kirjoittaja on työskennellyt kyseisellä sahalaiteksella opinnäytetyön tekohetkellä 11 vuotta, joten osa tämän opinnäytetyön sisällöstä pohjautuu omakohtaisiin kokemuksiin ja tietoihin. Opinnäytetyön aiheena on pienten eli tässä tapauksessa latvahalkaisijaltaan 130–190 mm tukkiluokkien asetteiden ajotapojen optimointi Veiston SL250 3.4 sahalinjalla.

Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen, koska puutavaran kysyntä viimeisten vuosien aikana on kasvanut entisestään puurakentamisen lisääntymisen myötä. Ilmastonmuutos ja siihen liittyvä hiilineutraaliuteen pyrkiminen ovat globaaleja megatrendejä, jotka vaikuttavat suuresti puun käytön lisääntymiseen rakennusmateriaalina.

Tästä syystä sahalaiteksen tuotannon tehokkuuden ja laadun jatkuva parantaminen ja ajankäytön maksimointi on tarpeellista. Edellä mainitut asiat ovat johtaneet siihen, että saha-ala kokonaisuudessaan on ollut kasvussa ja uusia sahalaiteksia on rakennettu kiihtyvällä tahdilla, joten tuotannon jatkuva kehittäminen on tärkeää jo käynnissä olevilla sahoilla.

Yritys

Metsä Fibre Vilppulan saha on Suomen mittakaavassa suuri mekaanisen metsäteollisuuden sahalaite, joka työllistää suoraan 101 henkilöä. Sahalaiteksen päätuotteena on kuusi-sahatavara, jota valmistetaan useille eri teollisuuden toimijoille. Sahalaiteksen tuotantokapasiteetti vuosittain on 535 tuhatta kuutiota valmista sahatavaraa, josta noin 90 % menee vientiin. (Metsä Group.)

Yrityksen kyseinen sahalinja on valmistunut vuonna 2013, jolloin sahan syöttö, sahalinja ja tuorelajittelu uudistettiin. Sahalaiteksella hyödynnetään tuotannosta tulevat sivuvirrat siten, että tukeista saatu kuori käytetään energian tuotantoon laitoksen omassa lämpövoimalassa, tuorehake lähtee sellutuotantoon ja sahanpuru viereiselle pellettitehtaalle.

Opinnäytetyön rajaus ja tavoitteet

Opinnäytetyöhön liittyvä tutkimus rajattiin niin kutsuttuihin pieniin tukkiluokkiin, jotta tutkimusmateriaalista ei tulisi kerralla liian laaja käsiteltäväksi. Tässä tapauksessa nuo tukkiluokat sisältävät latvahalkaisijaltaan luokat 130–190 mm. Kyseisistä tukkiluokista tuotetaan useita eri asetteita, jotka sisältävät useita lautamalleja ja sydäntavara paksuuksia, mutta vain kahta eri sydäntavara leveyttä, 100 mm ja 125 mm.

Käytännön toteuttamisen kannalta on selkeintä tehdä vastaavanlainen tutkimus nopeusluokittain, joten on järkevää aloittaa pienistä eli suuren nopeusluokan asetteiden omaavista tukkiluokista ja tarpeen vaatiessa on mahdollista edetä seuraaviin nopeusluokkiin toteuttamaan tämän opinnäytetyön pohjalta vastaavanlainen tutkimus. Pienistä tukkiluokista aloittaminen on selkeintä siitä syystä, että sahatavarakappaleiden määrä on näissä alhaisempi, kuin suuremmissa tukkiluokissa, joten muut osastot eivät nouse niin herkästi rajoittaviksi tekijöiksi tutkimusta suoritettaessa.

Opinnäytetyö ei käsittele muita tukkiluokkia eikä pelkka kokoja, kuin edellä mainitut. Kyseisellä laitoksella sahataan tällä hetkellä vain kuusta, joten myöskään muita puulajeja ei huomioitu tutkimusta tehdessä. Opinnäytetyössä ei analysoida laadullisia tekijöitä tai niiden mahdollisia muutoksia tutkimuksen aikana. Opinnäytetyössä ei oteta huomioon muiden osastojen, kuin sahalinjan vaikutuksia tutkimukseen. Asetteet, joiden koeajoihin muut osastot ovat vaikuttaneet on jätetty tutkimuksen ulkopuolelle.

Tutkimuskysymykset:

- Onko ajoparametrien vakioimisella positiivinen vaikutus tehokkuuteen, häiriöihin ja läpi menneisiin kappaleisiin?
- Voiko kokonaan uudella ajotapa mallilla olla hyötyjä verrattuna tämänhetkisiin ajotapa malleihin ja miten tämä mahdollisesti vaikuttaa käyttösuhteeseen?

2

Sahalaitos

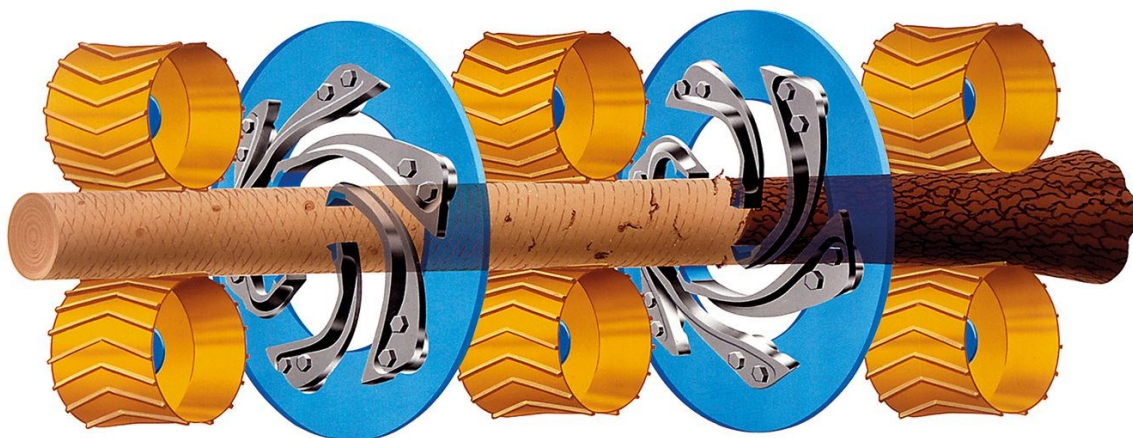
2.1 Tukkilajittelu

Tukit toimitetaan sahalle, joko rekoilla tai junilla. Tukit vastaanotetaan tukkilajittelussa, jossa ne lajitellaan pääsääntöisesti latvahalkaisijan perusteella omiin tukkiteloihin. Tukkien mittauksen ja lajittelun tarkoitus on jakaa tukit sellaisiin luokkiin, että niistä saatu sahatavaran arvo olisi mahdollisimman suuri. Tukkiluokkien määrä vaikuttaa sahaustulokseen siten, että mitä tarkemmin ja pienimpiin luokkiin tukit on lajiteltu, sen parempi on sahauksen käyttösuhte. (Sipi 2006a.)

Tukkilajittelun mittausjärjestelmä perustuu röntgenin ja 3D-mittauksen yhteistulokseen, joilla tukista saadaan tarvittavat tiedot lajittelua varten. Tukit potkaistaan lajittelijan ketjulta lokeroon, joita tällä kyseisellä laitoksella on 70 kappaletta. Tässä prosessin vaiheessa poistetaan myös sahaukseen kelpaamattomat tukit eli vioittuneet, ylisuuret tai muuten epäkuorintit. Lokeroista tukit siirretään pyöräkoneilla oman tukkiluokkansa tukkiteloihin.

2.2 Sahan syöttö

Kyseisellä sahalaiteksella on käytössään tukkien sisään syötössä kaksi samanlaista syöttölinjaa, joissa on molemmilla linjoilla Valon Koneen VK8000 kuorimakoneet. Kuvassa 1 nähdään Valon Koneen tukkien kuorinta periaate.



Kuva 1. Valon Koneen kuorinta periaate (Sahateollisuuskirja 2022)

Ennen kuorimakoneita tukit mitataan Prologicin-mittareilla. Mittauksessa todetaan tukin mitat eli latvahalkaisija ja pituus ja tätä kautta sopivuus ajossa olevaan tukkiluokkaan. Tässä

kohtaa mittauksessa myös saadaan ennen kuorimorakennusta olevalle revolverikäntäjälle tieto tukin kulkusuunnasta, mikä määrittää käntäjän liikesuunnan, koska tukit ajetaan kuorimakoneeseen ja sahaan latvapää edellä. Mikäli tukki ei täytä ajossa olevan tukkiluokan toleransseja tai tukki on muuten epäkurantti, tukki potkaistaan tässä vaiheessa hylkyyn. Hylkäyksen jälkeen kyseinen tukki menee joko uudelleen ajettavaksi tukkilajitteluun tai vastaavasti suoraan hylkyyn, jonne menevät alimittaiset, haljenneet tai katkenneet tukit. Kuvassa 2 on kuvattuna, miten tukin mittaus tapahtuu.



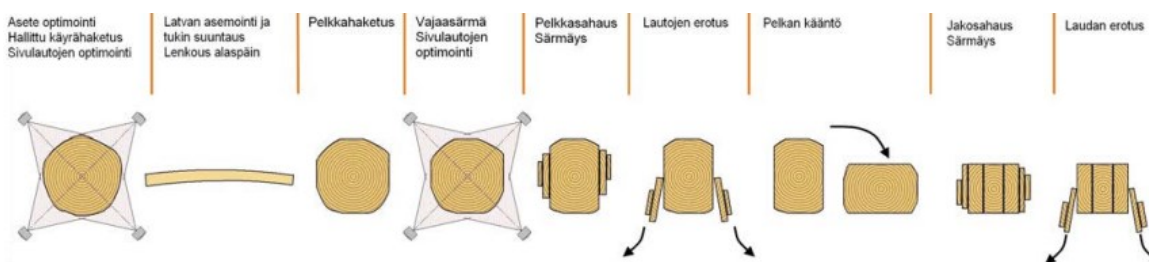
Kuva 2. (Prologic 2021)

Molemmille syöttölinjoille on mahdollista syöttää tukkipöytiä pitkin jokaista tukkiluokkaa, joten mitään rajoittavia tekijöitä tässä ei ilmene. Täten myöskään syötön kapasiteetti ei ollut rajoittava tekijä tutkimusta tehdessä, koska tukkeja saatiin riittävästi sahausprosessia varten molempien syöttölinjojen ollessa käytössä.

2.3 Sahalinja

2.3.1 Periaate

Tutkimuksen kohteena olleessa laitoksessa sahalinjana oli Veiston HewSaw SL 250 3.4. Sahalinja koostuu tukin ja pelkan mittauksesta kolmessa eri vaiheessa, neljästä sahayksiköstä ja useista erilaisista sahatavara kuljettimista. Kuvassa 3 on esitetty sahalinjan pääperiaatteet.



Kuva 3. Sahalinjan periaate (Hew Saw 2017)

Sahalinja toteuttaa niin kutsuttua skandinaavista eli tukin keskilinjan mukaista sahausperiaatetta, joka tarkoittaa tukin ytimen mukaista sahausta. Sahaustapana linjalla on nelisahaus, joka on yleisin sahaustapa Suomessa. (Sipi 2006b.)

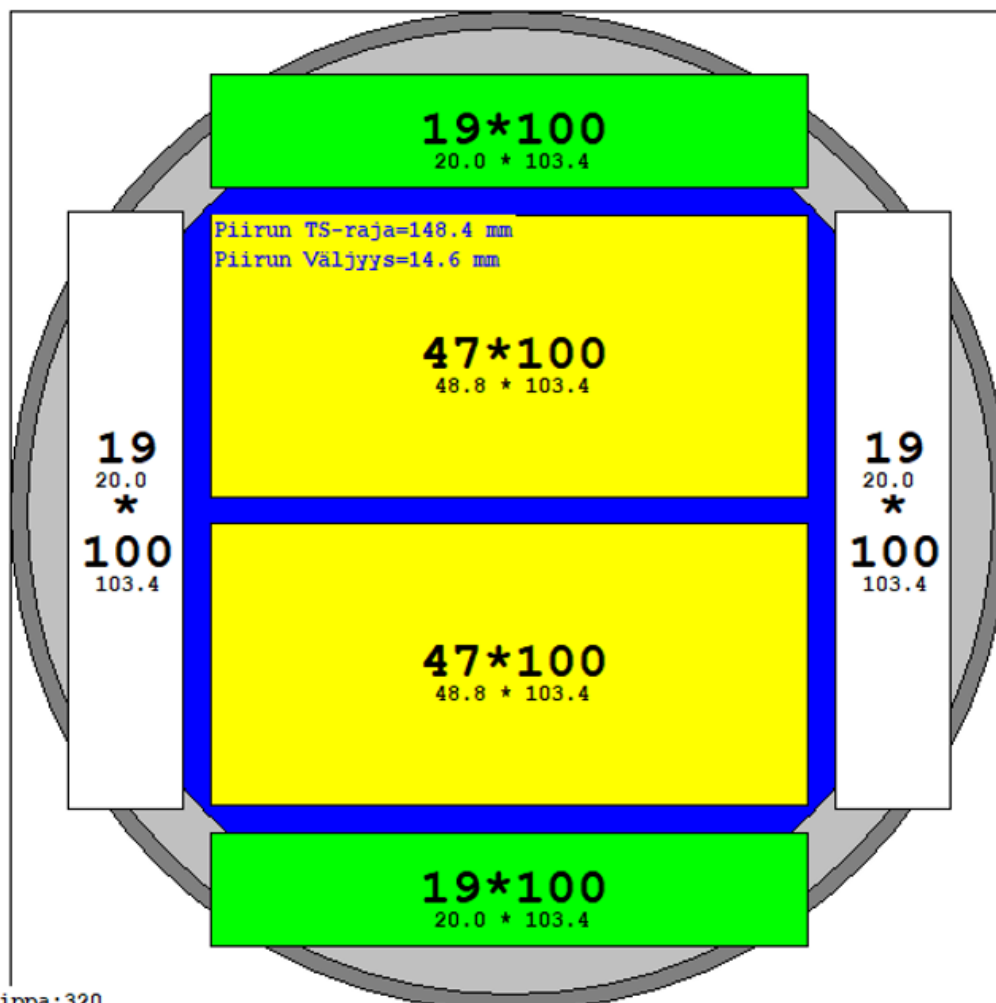
2.3.2 Mittaus

Tukin mittaus tapahtuu ensimmäisen kerran ennen saharakennusta, tässä vaiheessa jokaiselle tukille luodaan yksilöllinen asete eli määritetään sydäntavara kappaleet ja lautojen paksuudet ja alustavat leveydet. Tässä kohdassa luodaan kuljettimien avustuksella oikea tukkiväli asetteiden vaatimalle pituudelle, jotta terät ja koneenosat ehtivät paikoittua oikein.

Kuvassa 4 nähdään tutkimuksessa olleista tukkiluokkien asetteista yksi esimerkki, joka on otettu sahalinjan Kosoft-ohjelmasta. Kosoft-ohjelmaa käytetään eräänlaisena linkkinä tuotannon asetteiden lähettämiseen sahalinjan ja tuorelajittelun välillä. Kuvassa keltaisella merkityt sydäntavarakappaleet eli lankut pysyvät pääsääntöisesti vakiona asetteen sisällä, mutta vastaavasti valkoisella merkityt pelkkasahan sivulaudat ja vihreällä merkityt jakosahan sivulaudat voivat vaihtua joka tukin välillä mittareiden optimointitulosten perusteella.

Pelkkasahan leikkuu=152.6 mm
 Jakosahan leikkuu=103.4 mm

Alaraja=163.0
 Yläraja=172.9



l-V Laippa:320
 l-V Laippa:260

Kuva 4. Kuvakaappaus Kosoft-ohjelmasta

Asetteen saatuaan tukit kulkevat kuljetinta pitkin seuraavalle mittarille, jossa määritetään pyörityskulma tukille ja varmistetaan edellä olleen mittarin antama asete. Pyörityskulman saatuaan tukki pyöritetään haluttuun kulmaan kahden pyörittäjän avulla niin, että lenkous on alaspäin. Kuvaustapa näissä kahdessa mittauspisteessä on vastaavanlainen, kuin aiemmin sahan sisään syötössä mainitussa kuvassa 2.

2.3.3 Pelkkahakkuri

Tukin pyörityksen jälkeen tukki haketetaan pelkkahakkurissa kaikilta neljältä sivulta. Ensin haketetaan vaakateräpäillä tukin sivut, jonka jälkeen pystyteräpäillä haketetaan tukin ylä- ja alapinta. Pelkan korkeus määräytyy vaakateräpäiden etäisyydellä toisistaan ja pelkan korkeus pystyteräpäiden etäisyydellä toisistaan. (Veisto 2013a.)

Pelkkahakkurin jälkeen pelkka mitataan uudelleen pelkanmittauskuljettimella ja sivulautojen paikoitus ja leveyden muuttaminen on vielä mahdollista, jos mittarit toteavat sen mahdolliseksi ja kannattavaksi.

2.3.4 Pelkkasaha

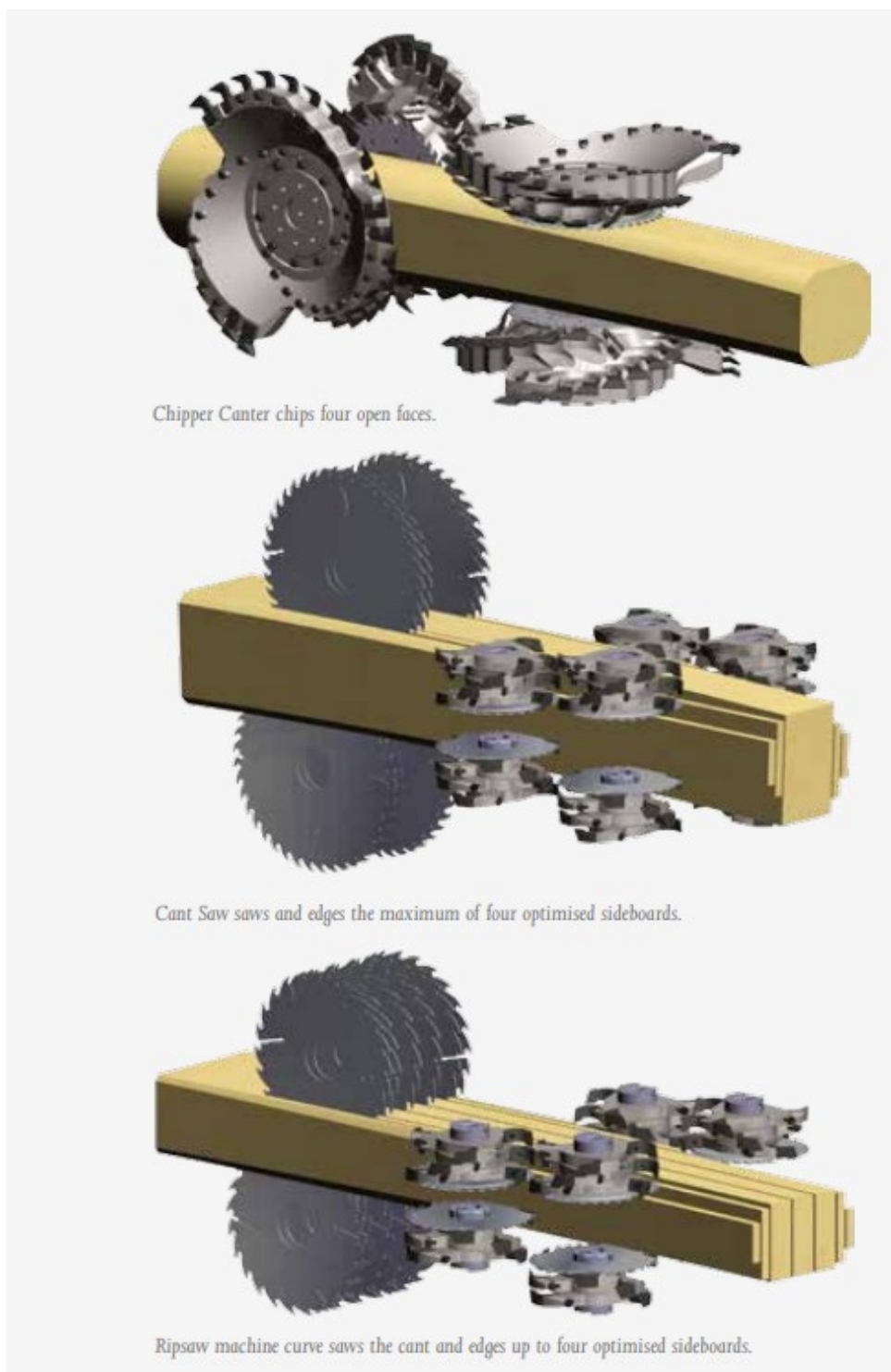
Pelkan mittauksen jälkeen on pelkkasaha, jossa pelkasta sahataan ja särmätään ensimmäiset sivulaudat. Pelkkasahan teräyksiköt koostuvat neljästä leikkaavasta pyöröterästä ja yhteensä kahdeksasta särmäyskursosta. (Veisto 2013b.)

Lautojen määrä voi vaihdella 0–4 välillä, riippuen asetteesta ja mittarien tekemistä päätöksistä. Laudat pudotetaan sahayksikön jälkeen erottelukuljettimella, josta ne jatkavat matkaa tuorelajitteluun.

2.3.5 Jakosaha

Pelkkasahauksen jälkeen, pelkka kaadetaan 90 astetta vasemmalle, ennen jakosahaa. Jakosahan teräyksiköt koostuvat normaali tilanteessa kuudesta leikkaavasta pyöröterästä ja yhteensä kahdeksasta särmäyskursosta. Lisäksi voidaan lisätä kiinteitä teriä teräakseleille, jolloin saadaan lisättyä leikkuiden määrää, asetteen vaatimuksien mukaan. (Veisto 2013c.)

Jakosahassa pelkasta sahataan ja särmätään sivulaudat 0–4 kappaletta ja sydäntavarat 2–5 kappaletta. Sydäntavara kappaleiden määrä vaihtelee asetteiden mukaan ja sivulautojen määrä asetteiden ja mittareiden päätöksien mukaan. Sydäntavara kappaleiden leveys määräytyy pelkan korkeudesta jakosahalla. Seuraavassa kuvassa 5 on kuvattuna kolmen edellä mainitun sahayksikön käyttämät terät ja mitä kappaleita kyseisessä sahalinjan vaiheessa tukista tai pelkasta otetaan.



Kuva 5. Sahayksiköiden terät (Hew Saw 2017)

2.3.6 Ristisaha

Laitoksella on edellä mainittujen sahayksiköiden lisäksi vielä neljäs yksikkö eli ristisaha, jossa on samat valmiudet, kuin jakosahassa. Erona jakosahaan on, että tässä yksikössä teräakselit ovat sijoitettu vaakasuunnan sijaan pystysuuntaan. Tämä yksikkö ei kuitenkaan

ollut tätä tutkimusta tehdessä aktiivisessa käytössä, joten se ei vaikuttanut tutkimuksen tekemiseen tai tuloksiin.

2.4 Tuorelajittelu

Sahalinjan jälkeen on dimensio- eli tuorelajittelu, jossa sahatavara kappaleet lajitellaan tuoremittojen mukaan. Tuorelajittelun tarkoitus on erottaa sahatavarat tuoremittojen ja laadun perusteella toisistaan, kuivausta varten. (Valkonen 2018.)

Sydäntavaralle eli lankuille on oma linjansa, jossa on 14 vaakalokeroa ja sivulaudoille on oma linjansa, jossa on 70 pystylokeroa. Tavoitteena kummallakin linjalla on annostella yksi kappale annostimelta linjalle kuljettimen kolaväliin, jossa tuorelajittelun Lisker-mittarit mitaavat kappaleesta molemmat sivut ja lappeet. Näin kappaleesta saadaan mitattua paksuus, leveys, raakapituus ja tavoitepituus.

2.5 Rimoitus ja kuivaamo

Tuorelajittelun jälkeen sydäntavarakappaleet ja laudat menevät lokeroista ketjukuljettimia ja kiramoita pitkin rimoitukseen. Kyseessä olevalla sahalaitoksella molemmille puolille on omat rimoituskoneensa, mutta tarpeen vaatiessa sydäntavara kappaleita ja sivulautoja voidaan ajaa ristiin tuorelajittelun lokeroihin, jos toinen puoli on pois käytöstä ja täten rimoittaa vain yhdellä koneella.

Rimoituskoneella sahatavara kappaleet rimoitetaan kerrokseen kappalemäärän mukaan siten, että jokaisen kerroksen väliin tulee välirimat, jotta ilma pääsee kiertämään kuivausprosessin aikana tasaisesti kuorman läpi. Kuormat rimoitetaan kuivaamovaunujen päälle, jotta ne ovat valmiita kuivaamolle siirtämistä varten. (Leppänen 2018, 127-129).

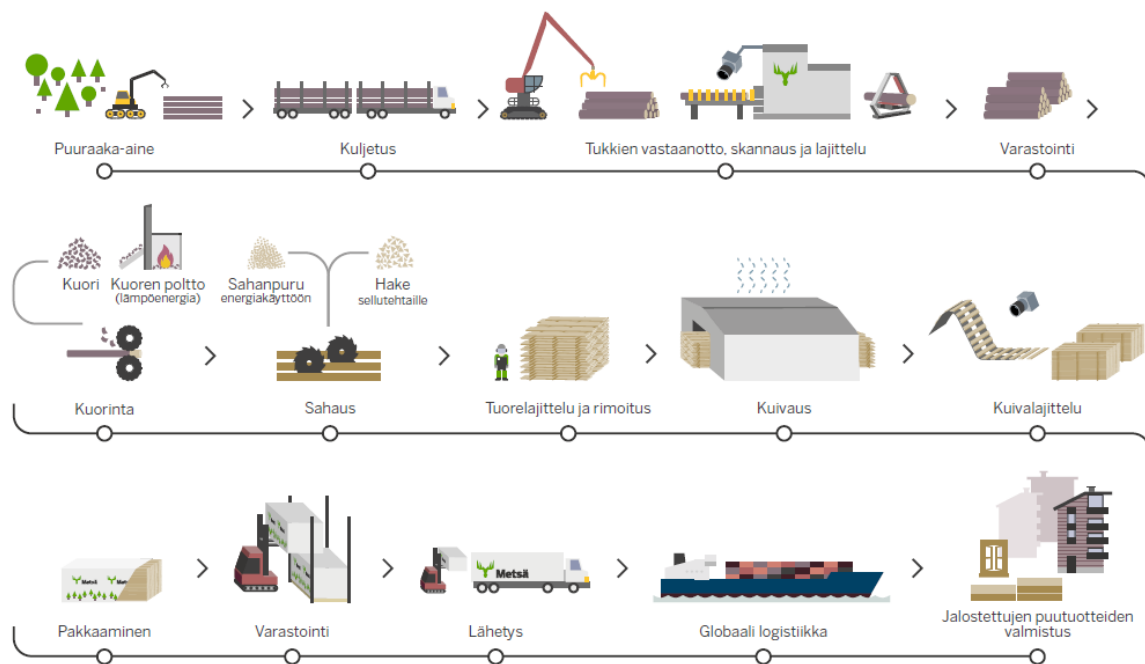
Valmiit kuormat siirretään kuormien siirtämiseen tarkoitetulla siirtovaunulla kuivaamolle, joko jatkuvatoimiseen kanavakuivaukseen tai kertatäyttöiseen kamarikuivaukseen. Kappaleiden paksuus määrittää kuormien paikat kuivaamoraiteilla.

2.6 Tasaus ja paketointi

Kuivatut sahatavarakuormat siirretään kuivaamolta siirtovaunulla tasaamon purkaushissille, jossa kuormat puretaan ja välirimat poistetaan. Sahatavarakappaleet lajitellaan uudelleen eri dimensioiden ja laatujen mukaan ja katkaistaan trimmereillä haluttuun loppupituuteen, pääasiassa laadun mukaan. Uudelleen lajittelun jälkeen sahatavara kappaleet pakataan ja

lähetetään eteenpäin asiakkaille. (Miettinen 2018.) Alla olevassa kuvassa 6 on kuvattuna edellä mainittujen sahalaitoksen osien prosessin eri vaiheet.

Sahatavaran tuotantoprosessi



Kuva 6. Sahatavaran tuotantoprosessi (Metsä Fibre)

3 Sahalinjojen ominaisuudet

3.1 Kiinteäasetteinen sahalinja

Kiinteäasetteisella sahalinjalla tarkoitetaan niin sanottua perinteistä sahalinjaa, jossa sahakoneiden terien ja ohjainten asemat eivät ajon aikana muutu, vaan pysyvät samassa asemassa. Asetteessa olevien kappaleiden dimensiot pysyvät myös tästä syystä samana, eivätkä muutu tukkien tai pelkkojen välillä.

Kiinteäasetteisella sahalinjalla tukkiväli voidaan pitää lyhyempänä, kuin muuttuvaasetteisellä sahalinjalla, koska sahakoneet eivät tarvitse aikaa uudelleenpaikoitukseen tukkien tai pelkkojen välillä. Kiinteäasetteisella sahalinjalla käyttösuhte on huonompi ja syntyy enemmän hukkaa, koska jokainen tukki on yksilö ja tukkien koossa on toleranssien sallimaa hajontaa tukkiluokan sisällä.

3.2 Muuttuva-asetteinen sahalinja

Muuttuvaasetteisella sahalinjalla tarkoitetaan sahalinjaa, jossa sahatavarakappaleiden dimensiot voivat muuttua tukkien välillä, jotta jokaisesta puusta saadaan mahdollisimman hyvällä käyttösuhteella maksimaalinen lopputulos kappaleiden määrän ja dimensioiden suhteen. Muuttuvaasetteisella sahalinjalla jokainen tukki mitataan yksilöllisesti, jotta juuri kyseessä olevaan tukkiin saadaan sovitettua parhaat mahdolliset kappaleet.

Yleisimmin sydäntavaran dimensiot pysyvät kuitenkin vakioina asetteen sisällä, mutta sivulautojen määrä ja dimensiot muuttuvat puun halkaisijan ja ominaisuuksien mukaan. Joissakin tilanteissa kuitenkin käytetään asetteita, joissa on kaksi eri sydäntavara dimensiota, joista otetaan toinen eroon esimerkiksi pituuden perusteella. Näin toimitaan, jos on tarve tietyn mittaiselle tuotteelle tietyistä tukkiluokasta, eikä sitä haluta ajaa omana asetteenaan.

3.3 Asetteen optimoinnin vaikutukset

Tukkien optimointi vaikuttaa sahalinjalla siten, että se parantaa käyttösuhdetta, mutta se vaatii pidemmän tukkivälin, kuin perinteinen sahalinja, jotta sahakoneiden teräyksiköt ja ohjaimet ehtivät paikoittua uudelleen tukkien välillä. Tukkiväli voi siis vaihdella tukkien välillä hyvinkin paljon, mutta taas vastaavasti pysyä samana, jos mittarit saavat useammalle tukille saman tuloksen, jolloin asete ei muutu eikä ole tarpeen pidentää tukkiväliä näiden tukkien välillä.

Ropilon ja Kauppisen (2018, 100) mukaan mittaamalla ja optimoimalla jokaisen tukin, saadaan arvollisesti parhaat mahdolliset sahatavara kappaleet kyseessä olevaan tukkiin aikaiseksi. Sahalinjan mittareiden ohjelmisto valitsee jokaiselle tukille asetteen parhaan sydäntavara ja sivulautavaihtoehdon tuottavuuden ja arvosaannon mukaan. Jokainen tukki on kuitenkin yksilöllinen, joten tukkien mahdolliset liikkeet linjalla saattavat vaikuttaa lopputulokseen optimoinnista huolimatta.

4 Pienten tukkiluokkien ajotapojen optimointi

4.1 Tutkimuksen tarkoitus

Pienten tukkiluokkien ajotapojen optimoinnin tarkoituksena oli löytää optimaalisimmat ajotavat ja luoda niiden pohjalta ehdotelmia, joiden perusteella voisi tarpeiden mukaan yhdenmukaistaa ajotapoja vuorojen välillä, jotta parhaat käytänteet saataisiin käyttöön. Myös kokonaan uuden ajotavan testaus ja tiedon kerääminen eri vaihtoehtojen vaikutuksista sahalinjan käyttäytymiseen oli olennainen osa tätä tutkimusta.

Aiemmin tehdyt tutkimukset ja testaukset sahalinjan ajotapoihin tai parametreihin liittyen ovat olleet lähinnä laitetoimittajan ja yrityksen keskinäisiä testauksia, jotta on saavutettu sopimuksessa määrätyt tavoitteet. Vastaavan tapaista seuranta tai ajotapojen optimointia ei tässä mittakaavassa ole toteutettu laitevalmistajan tai yrityksen toimesta.

4.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tavoitteena tässä projektissa oli nostaa pienten tukkiluokkien tehokkuutta, pienentää häiriöprosenttia ja tätä kautta nostaa läpi menneiden kappaleiden määrää, niin vuoro-, viikko-, kuin kuukausitasolla. Näiden edellä mainittujen asioiden toteutuessa saataisiin pienet tukkuluokat ajettua nopeammin sahalinjasta läpi, jotta jäisi enemmän ajoaikaa paremman käytösuhteen omaaville aseteille tai vastaavasti enemmän aikaa muuhun hyötykäyttöön esimerkiksi ennakkohuoltoon.

4.3 Menetelmät

Tutkimuksessa on käytetty kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusmenetelmää, joka sisältää tutkimusmateriaalin luokittelua, vertailua ja syy- ja seuraussuhteiden selvittämistä numeerisin menetelmin (Jyväskylän Yliopisto 2015).

Tutkimukseen tarvittavan datan kerääminen jaettiin neljään koeajo-osaan ja jokaista koeajoa varten varattiin kahden viikon ajanjakso, jotta saataisiin riittävä määrä asetteita ajettua, näin ollen vertailu olisi todenmukainen ja sattumien ja häiriöiden mahdolliset vaikutukset eivät vaikuttaisi tuloksiin. Koeajoja varten luotiin koeajosuunnitelma, josta näkyivät asetteiden tutkimukseen asetetut nopeudet ja tukkivälit. Jokaisella asetteen vaihdolla asetteen lähtöarvot muutettiin koeajojen mukaisiksi ja näitä arvoja pyrittiin noudattamaan. Jos kyseessä olevia arvoja ei pystytty noudattamaan tai asetteen ajon aikana ilmeni isoja ongelmia tai häiriöitä, tämä asete kirjattiin ylös sahan valvomossa olevaan koeajosuunnitelman ohessa olevaan listaukseen, jotta tämä asete osattaisiin jättää tarpeen vaatiessa huomioimatta tulosten tarkastelun yhteydessä.

Koska tällaista dataa ei ollut aiemmin koeajojen muodossa kerätty lähdettiin liikkeelle siitä, että ensimmäiset koeajot suoritettiin vakioimalla nopeudet, tukkivälit ja muut ajoparametrit. Koeajotulosten data kerättiin sahan MES-toiminnanohjausjärjestelmästä, jonka käyttöä on kuvattu liitteessä 2. Järjestelmästä saatiin asetekohtaisesti kaikki haluttu data taulukoitua ja täten vertailua varten järjestettyä Excel-tilukkolaskenta ohjelmaan. MES-järjestelmä eli Manufacturing Execution System on järjestelmä, joka kerää tarpeelliset tuotannon tiedot eri koneilta yhteen järjestelmään, jonka avulla tuotantoa voidaan seurata ja ohjata (Pinja 2020).

5 Tutkimuksen järjestelyt

5.1 Koeajo 1: Vakioarvot

Aluksi opinnäytetyöhön liittyvät koeajot esiteltiin sahan aamupalaverissa yleisesti, jonka jälkeen periaatteet käytiin läpi vielä jokaisen sahalinjalla toimivan vuoron kesken. Näin toimimalla varmistettiin tuotannon henkilöstön tietoisuus tutkimuksesta ja sen tavoitteista, jotta ajotavat olisivat yhtenäisiä, että tuloksista tulisi luotettavia ja vertailukelpoisia.

Ensimmäisessä koeajovaiheessa tavoitteena oli saada vertailupohjaksi muita testejä ja tulevaisuutta varten mahdollisimman vakioituilla arvoilla normaaliolosuhteissa ajettu ajanjakso aikaiseksi. Tätä kahden viikon koeajoa varten ajettujen asetteiden arvot otettiin suoraan tällä hetkellä sahalinjan logiikan ohjelma WinCC:llä olevasta Veiston tukkiväli- ja nopeustaulukosta, joka nähdään alla kuvassa 7. Nämä arvot olivat oletusarvoja, joita ohjelma tarjoaa automaattisesti asetteen vaihdon yhteydessä. Nämä arvot ovat sahalinjan ylösajon yhteydessä todettu toimiviksi laitetoimittajan ja yrityksen edustajien toimesta.

Kuvassa 7 olevassa taulukossa vasemmalla olevassa sarakkeessa olevat arvot ovat sahalinjan nopeuksia, jonka riville tehdään muutokset tukkiväleihin nopeuskohtaisesti.

Toisessa sarakkeessa ovat laudattoman asetteen tukkivälit, joka säätää siis vain laudattoman sahatavarapaketin tukkiväliä. Kolmannessa sarakkeessa on kiinteän tukkivälin arvot, jotka ovat käytössä silloin, jos linjalla ei käytetä tukkien optimointia, vaan ajetaan kiinteällä tukkivälillä.

Neljännessä sarakkeessa on muuttuva tukkiväli, joka tarkoittaa sivulautojen optimointia, sydäntavaran pysyessä vakiona. Viidennessä sarakkeessa on pitkä tukkiväli, joka tarkoittaa täyttä optimointia, jolloin sivulautojen lisäksi sydäntavaran mitat voivat muuttua tukkien välillä.

TUKKI VALI					PALAUTA ALKUPERÄISET	
KIINTEA EI LAUTOJA NOPEUS	VALI	KIINTEA VALI	MUUTTUVA VALI	PITKA VALI		
50	100	100	180	400	cm	
70	100	100	180	400	cm	
80	100	100	180	400	cm	
90	110	110	190	400	cm	
110	110	110	210	400	cm	
120	120	120	230	400	cm	
130	120	120	250	430	cm	
150	160	160	270	450	cm	
180	160	160	290	480	cm	
210	160	170	310	510	cm	
SULJE			TALTEEN			

Kuva 7. Kuvakaappaus WinCC-tukkivälitaulukko

Kyseiset vakioarvot perustuvat sahakoneiden terien ja ohjaimien, tukin pyörytyksen ja pelkan kaatajan toiminnan varmistamisen vaatimiin laskennallisiin arvoihin. Kyseisillä arvoilla sahakoneet ehtivät paikoittaa terät ja ohjaimet tukkien välillä, tukinpyöritin ehtii pyörittää tukit haluttuun kulmaan ja pelkankaataja ehtii kaataa pelkan ennen seuraavan tuloa kaatajalle. (Veisto 2013d.)

5.2 Koeajo 2: Nopeuden korotus

Toisessa koeajovaiheessa testattiin, miten pelkkä nopeuden korotus vaikuttaa asetteiden läpimenoon linjalla. Nopeutta korotettiin ja tukkiväliä muokattiin liitteenä olevan koeajosuunnitelman mukaisesti. (Liite 1).

Kuten suunnitelmasta huomataan nopeuden korotus verrattuna vakioarvoihin, oli vain hie- man yli viisi prosenttia. Se ei vaikuta kovin merkittävältä muutokselta, mutta koeajossa ole- vien asetteiden testauksissa oltiin jo todella lähellä linjan maksiminopeuksia, joten nopeu- den pienikin korotus tekee jo suuria muutoksia linjan käyttäytymisessä.

5.3 Koeajo 3: Maltillinen nopeuden korotus ja tukkivälin lyhennys

Kolmannessa koeajovaiheessa testattiin, miten maltillisempi nopeuden korotus yhdistettynä lyhennettyyn tukkiväliin vaikuttaa asetteiden läpi menoon linjalla. Nopeutta korotettiin ja tuk- kiväliä lyhennettiin liitteenä olevan koeajosuunnitelman mukaisesti. (Liite 1).

Tässäkin kohdassa voidaan todeta suunnitelmasta, että nopeuden korotus tai tukkivälin lyhennys eivät ole kovin merkittäviä muutoksia, mutta näissäkin ollaan jo kuitenkin laskennallisesti linjan kriittisten osien paikoituksen kannalta jo lähellä ääriarvoja tai niiden yli. Tämän koeajon tavoitteena olikin testata missä kohtaa sahalinjan tukkivälin minimi on ja ollaanko tämänhetkissä tuotannon ajotavoissa jo lähellä sitä.

5.4 Koeajo 4: Lautamallien painottaminen

Viimeisessä koeajossa testattiin lautamallien painottamisen vaikutuksia asetteiden häiriöihin, tehokkuuteen ja läpi menneisiin kappaleisiin. Koeajon ajaksi kahta lautamallia, 19 x 100 mm ja 32 x 100 mm arvoa nostettiin kaikkien sivulauta tuotteiden joukossa, joka tarkoittaa sitä, että tukkien mittauksen yhteydessä tapahtuvassa asetteen optimoinnissa näitä kyseisiä lautamalleja painotettiin muita enemmän. Kyseiset lautamallit valikoituivat tuotannon suunnittelijan kanssa käydyn keskustelun perusteella, jossa mietittiin mitä lautamalleja on myynnin ja tarpeen näkökulmasta mahdollista tällä hetkellä painottaa ja mikä olisi koeajon kannalta järkevää.

Tutkimuksen aihealueena olevien pienten tukkiluokkien asetteet sisältävät vähemmän lautamallien vaihtoehtoja, mistä mittarit voivat valita optimaalisimmat vaihtoehdot jokaiselle tukkille. Tämä tiettyjen lautamallien painotus näissä aseteissa saa aikaan sen, että asete pysyy enemmän vakiona eikä muutu jokaisen tukin välillä, mikä lyhentää merkittävästi tukkiväliä linjalla ja tukkikappaleita saadaan ajettua enemmän.

Tässä koeajo vaiheessa jouduttiin jatkamaan testejä yhteensä kolmen viikon mittaiseksi, aluksi suunnitellun kahden viikon sijaan, koska asetteita ei saatu kahden viikon ajanjakson aikana riittävästi, että tulokset olisivat olleet vertailukelpoisia keskenään.

6 Tutkimustulosten analysointi

6.1 Analysoinnin kriteerit

Koeajotulosten analysointiin valittiin tutkimuksen kohteena olevien tukkiluokkien sisältämistä asetteista analysoitaviksi asioiksi sahalinjan häiriöprosentti, tehokkuuslaskenta, käytösuhde ja ajettujen asetteiden läpimenneet tukkikappaleet minuutissa. Tutkimuksen ulkopuolelle on jätetty ne asetteet, joiden ajon aikana on ilmennyt mekaanisia tai sähköisiä ongelmia linjalla tai vastaavasti, jokin muu pitkäkestoisempi yksittäinen häiriö.

Valittujen kohteiden tulokset taulukoitiin ja niiden perusteella luotiin kaavio, joka osoittaa asetekohtaisesti kunkin asetteen tutkimustuloksen numeerisesti. Lopuksi laskettiin vielä ajettujen koeajokerän asetteiden keskiarvot kaikista tutkittavista luokista ja ne taulukoitiin.

6.2 Vakioarvot

Vakioarvoilla toteutetun ajotavan oletuksena oli, että koko tuotannon sitouduttua ajotapojen ja parametrien vakiointiin se pienentäisi häiriöiden määrää. Oletettavaa oli myös, että koeajokerien välillä on vähemmän hajontaa ja tulokset ovat tasaisempia, kuin muissa koeajokerissa.

Häiriöprosentit asetekohtaisesti

Alla olevassa kuviossa 1 nähdään vakioarvolla toteutettujen asetteiden häiriöprosentit suurimmasta pienimpään. Kuten kuvioista voidaan todeta, koeajokerästä neljäsosa eli viisi asetetta on ajettu todella pienillä häiriöillä < 5 %.

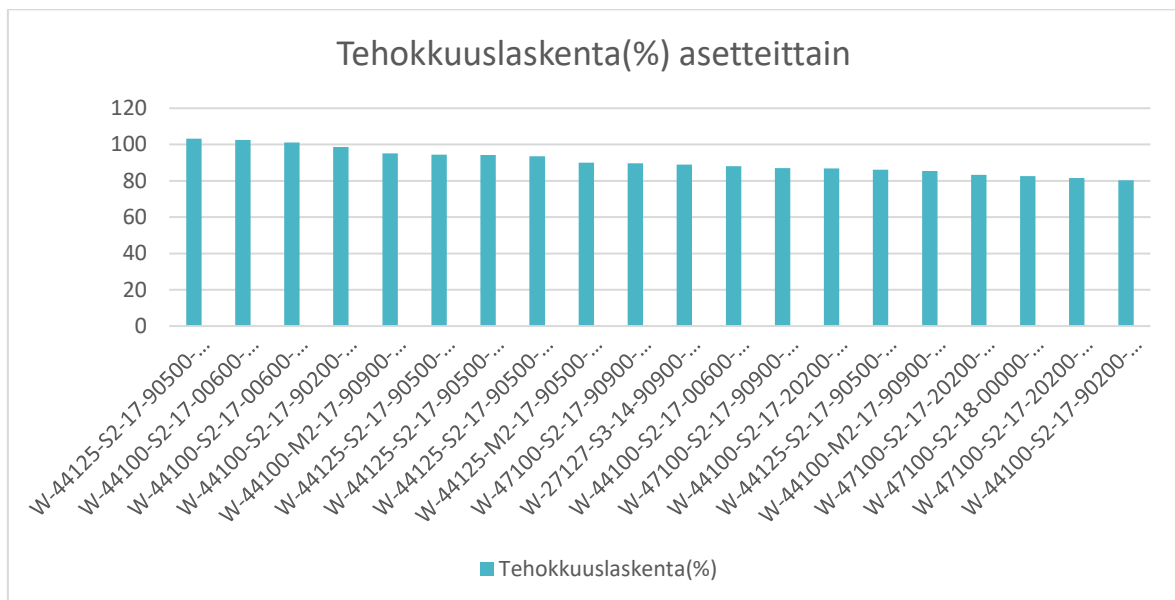


Kuvio 1. Häiriöprosentit asetteittain, vakioarvot

Tehokkuuslaskenta

Sahalinjan tehokkuuden seurantaan kehitetty tehokkuuslaskenta kuvastaa sitä, miten tehokkaasti kyseessä oleva asete on ajettu annettuihin lähtöarvoihin nähden. Jokaiselle aseteelle on määritetty MES-järjestelmään tavoitenopeus ja tavoitetukkiväli, joihin ohjelma vertaa ajossa olevan asetteen arvoja.

Tehokkuus- ja häiriöprosentit vaikuttavat toisiinsa, eli jos asetteessa on ollut korkeampi häiriöprosentti, niin tehokkuus on tällöin myös huonompi. Toisaalta taas ajamalla asete mahdollisimman tehokkaasti voidaan kompensoida pieniä häiriöitä mitä ajon aikana on syntynyt. Alla olevassa kuviossa 2 nähdään vakioarvoilla toteutetun koeajoerän tehokkuusprosentit asetteittain.



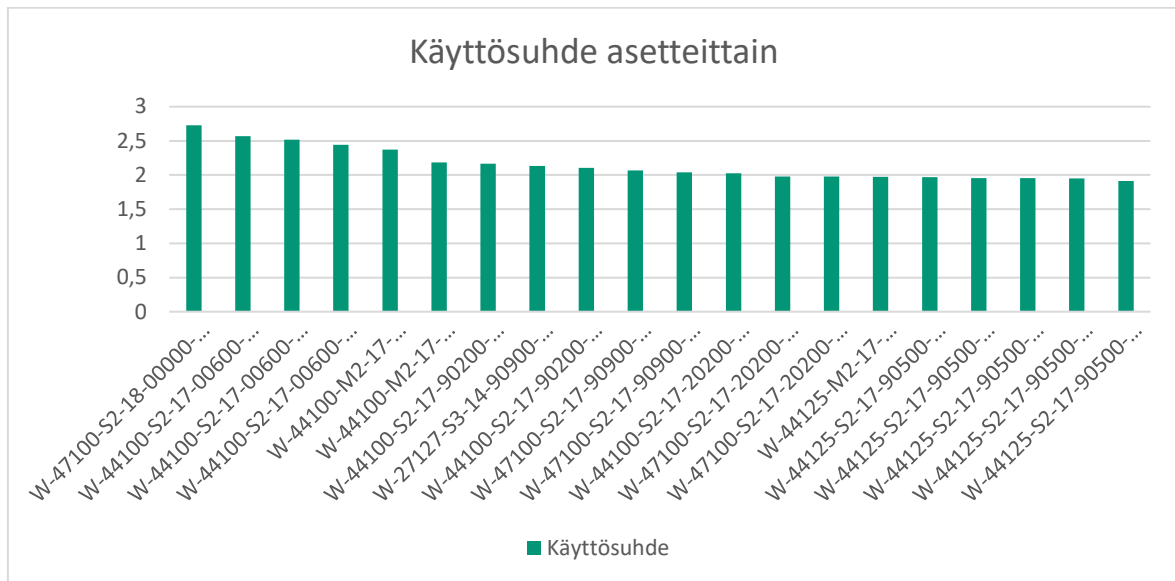
Kuvio 2. Tehokkuuslaskenta asetteittain, vakioarvot

Käytösuhde

Käytösuhteen huomioiminen kyseessä olevassa ensimmäisessä koeajoerässä ei ollut merkittävässä osassa koeajoerän tutkimusta, mutta tarkoitus olikin saada kyseisestä erästä perusarvot mihin muita koeajoeriä olisi mahdollista verrata. Asetteiden käytösuhde ei tässä koeajoerässä muuttunut juurikaan verrattuna normaaleihin tuotannon ajotapoihin, koska muutoksia ei tehty asetteen rakenteeseen.

Alla olevassa kuviossa 3 on nähtävissä vakioarvoilla toteutettujen asetteiden käytösuhdeet. Tarkastelussa tulee ottaa huomioon, että tutkimuksessa olleissa asetteissa oli hieman

varianssia koeajojen välillä eli, vaikka ne sisälsivätkin paljon samoja asetteita keskenään, niin pieniä eroavaisuuksia silti löytyi.



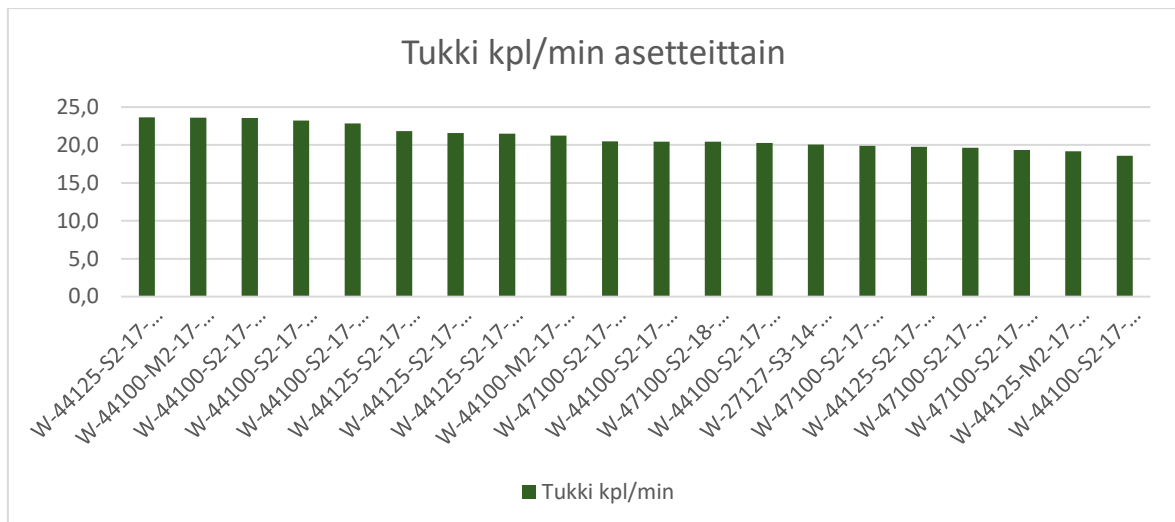
Kuvio 3. Käyttösuhde asetteittain, vakioarvot

Ajettujen asetteiden tukkikappaleet minuutissa

Koeajojen häiriöiden ja tehokkuuden kanssa keskeisessä osassa oli ajettujen asetteiden tukkikappaleet minuutissa. Kappaleet laskettiin koko asetteen ajalta jakamalla ajettujen tukkikappaleiden määrä asetteen ajon käytetyllä ajalla.

Ajettujen tukkikappaleiden seuraaminen tällä menetelmällä on varsinkin pienten tukkiloukien osalta tärkeää, koska tällä tavalla saadaan käsitys, kuinka asete on saatu ajettua läpi linjasta. Pienissä tukkiloukissa käyttösuhteen ja kappaleiden arvon maksimointi on hankalampaa, kuin isoissa tukkiloukissa, koska pienessä tukissa ei riitä materiaalia isoihin muutoksiin tukkien välillä. Tästä syystä on tärkeää, että saadaan mahdollisimman tehokkaasti kappaleita ajettua läpi linjasta.

Alla olevassa kuviossa 4 nähdään ajettujen asetteiden tukkikappaleet minuutissa vakioarvojen koeajojen osalta.



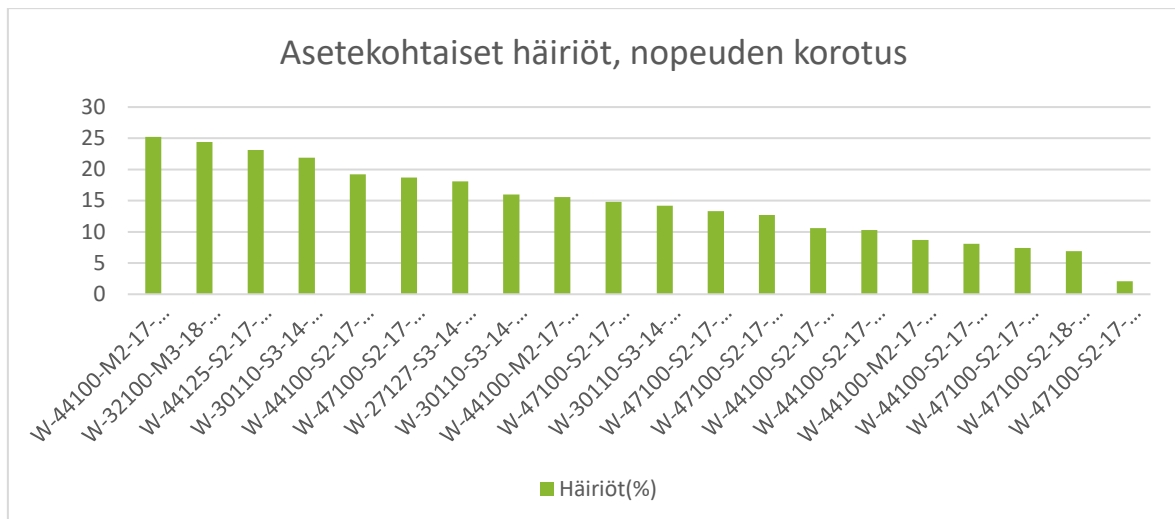
Kuvio 4. Tukkikappaleet minuutissa asetteittain, vakioarvot

6.3 Koeajo 2: Nopeuden korotus

Nopeuden korotuksen oletettiin vaikuttavan asetteiden koeajotuloksiin siten, että todennäköisesti häiriöt tulevat kasvamaan, koska nopeuden korotus vaikuttaa linjalla tapahtuvien häiriöiden syntyyn ja niiden seuraukset korotetulla nopeudella kertaantuvat, kun verrataan matalampaan nopeuteen. Vaikka tässä tutkimuksessa ei otettu laadullisiin asioihin kantaa eikä niitä erikseen tutkittu, oli oletettavaa, että myös laadulliset ongelmat lisääntyvät nopeuden korotuksen myötä.

Häiriöprosentit aseteikohtaisesti

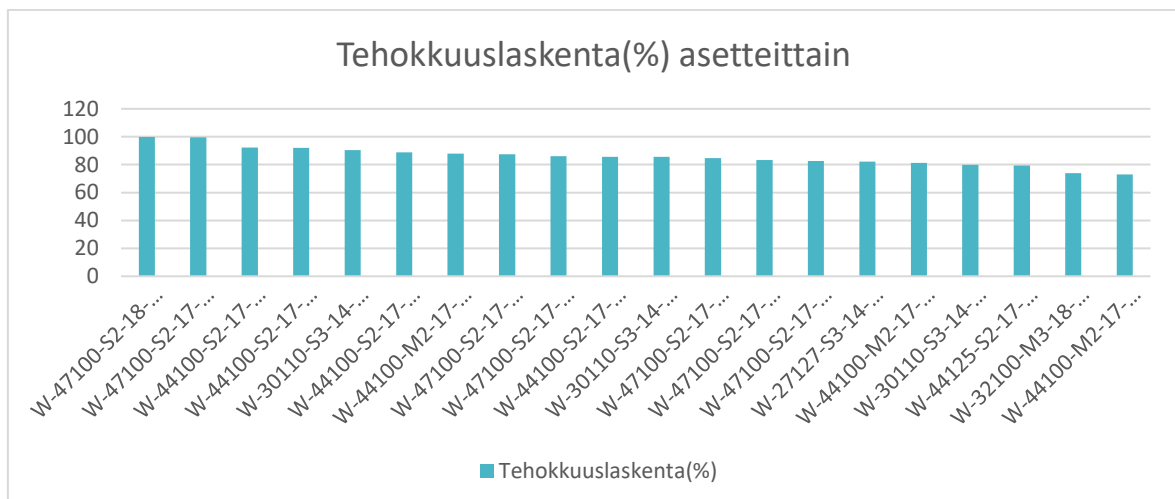
Alla olevassa kuviossa 5 nähdään nopeuden korotuksen jälkeen ajettujen koeajojen häiriöprosentit asetteittain. Kuten kuviosta voidaan huomata häiriöprosentit ovat kasvaneet linjalla koko koeajoerän osalta, kun verrataan vakioarvoilla ajettuihin asetteisiin.



Kuvio 5. Häiriöprosentit asetteittain, nopeuden korotus

Tehokkuus laskenta

Alla olevassa kuviossa 6 nähdään nopeuden korotuksen jälkeen ajettujen koeajojen tehokkuusprosentit asetteittain. Aiemmin vakioarvojen tehokkuuden analysoinnin yhteydessä mainittu häiriöprosentin ja tehokkuusprosentin korrelaatio on tässä kuviossa huomattavissa. Häiriöprosentti kasvoi nopeuden korotuksen myötä, joten myös tehokkuusprosentit olivat huonompia, kuin vakioarvoilla.

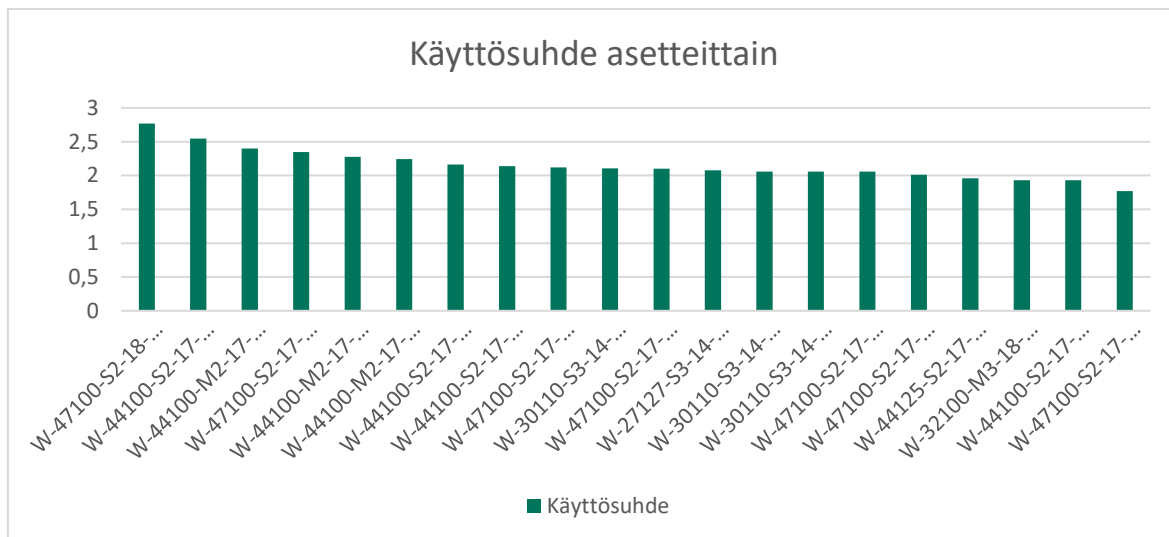


Kuvio 6. Tehokkuuslaskenta asetteittain, nopeuden korotus

Käyttösuhde

Alla olevassa kuviossa 7 nähdään nopeuden korotuksen aikana ajettujen koeajoerien asetteiden käyttösuhteet. Nopeuden korotuksen kohdalla tämä käyttösuhteen muutos ei ollut pääosassa tutkimusta, koska pelkkä nopeuden korottaminen ei pitäisi vaikuttaa käyttösuhteeseen, koska asetteen rakennustapoihin ei tehty muutoksia.

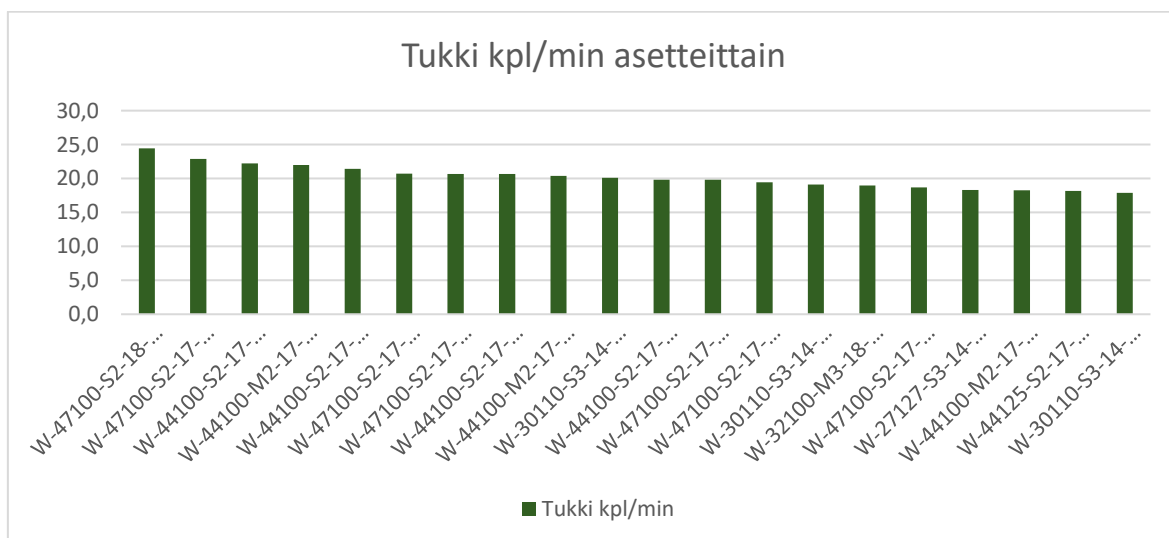
Kuviosta on kuitenkin huomattavissa pientä käyttösuhteen nousua, kun verrataan vakioarvoilla toteutettuihin koeajoihin. Lisäksi tämä oli tärkeä olla mukana, jotta vertailu koeajojen kohdalla on mahdollista varsinkin lautamallien painoituksen osalta, jossa saattoi olla nähtävissä muutoksia käyttösuhteen osalta.



Kuvio 7. Käyttösuhde asetteittain, nopeuden korotus

Ajettujen asetteiden tukkikappaleet minuutissa

Alla olevassa kuviossa 8 nähdään nopeuden korotuksen aikana ajettujen asetteiden tukkikappaleet minuutissa. Kuten kuviosta voidaan huomata, koeajojen joukosta löytyy asetteita, joissa on koko asetteen ajoaikana ajettu lähes 25 kappaletta minuutissa, mutta kokonaiskuvassa katsottaessa koko ajoerää, on havaittavissa jälleen heikompia tuloksia enemmän, kuin vakioarvoilla toteutetulla ajotavalla.



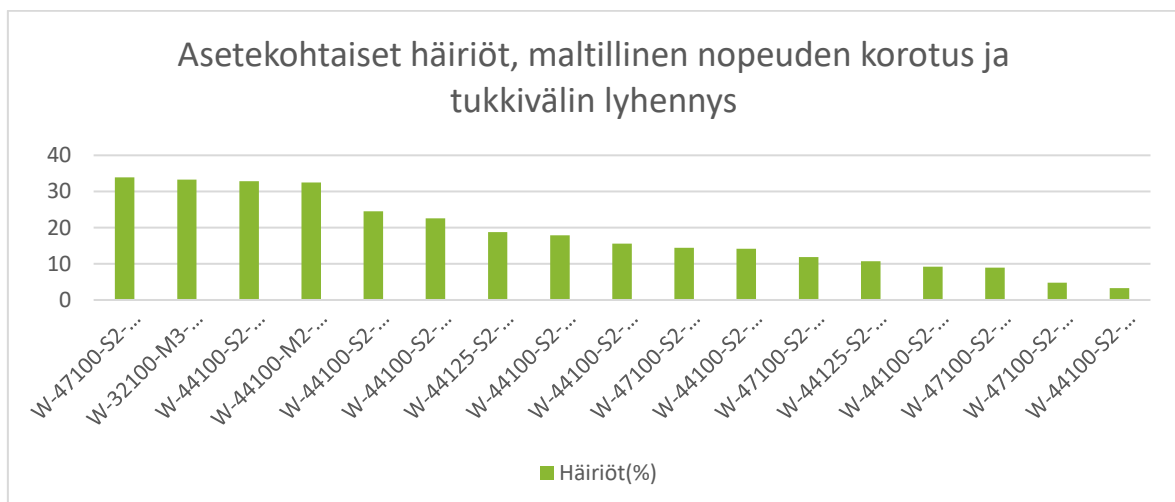
Kuvio 8. Tukkikappaleet minuutissa asetteittain, nopeuden korotus

6.4 Koeajo 3: Maltillinen nopeuden korotus ja tukkivälin lyhennys

Maltillisen nopeuden korotuksen ja tukkivälin lyhentämisen oletettiin kasvattavan linjan häiriöiden määrää, koska sahalinjan yksiköille ja laskennalle jää vähemmän aikaa, kuin matalammalla nopeudella ja pidemmällä tukkivälillä. Tämän ajotapamallin oletettiin myös vaikuttavan käyttösuhteeseen alentavasti, koska virheiden määrä oletettavasti kasvaa tukinpyörityksessä ja sahayksiköissä, joten mittareiden optimoimat kappaleet eivät välttämättä toteudu halutulla tavalla.

Häiriöprosentit asetekohtaisesti

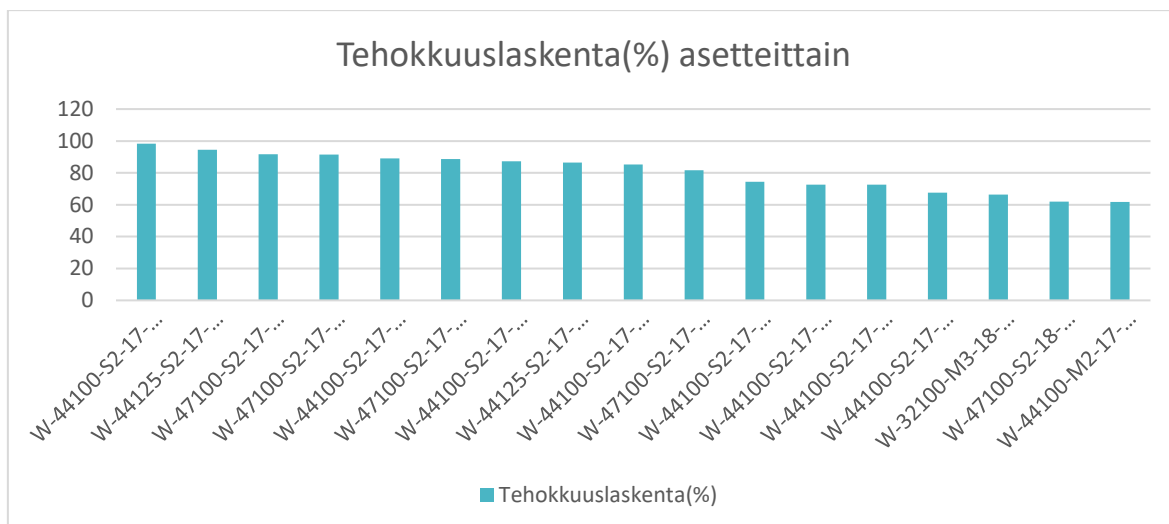
Alla olevassa kuviossa 9 nähdään nopeuden korotuksen ja tukkivälin lyhennyksen vaikutukset koeajonerän asetteisiin. Koeajonerän asetteiden häiriöistä on havaittavissa, että näiden koeajojen aikana ilmeni lähes jokaisen asetteen kohdalla enemmän häiriöitä ja ongelmia, kuin vakioarvoilla tai pelkällä nopeuden korotuksen aikana ajettujen asetteiden kohdalla.



Kuvio 9. Häiriöprosentit asetteittain, maltillinen nopeuden korotus ja tukkivälin lyhennys

Tehokkuus laskenta

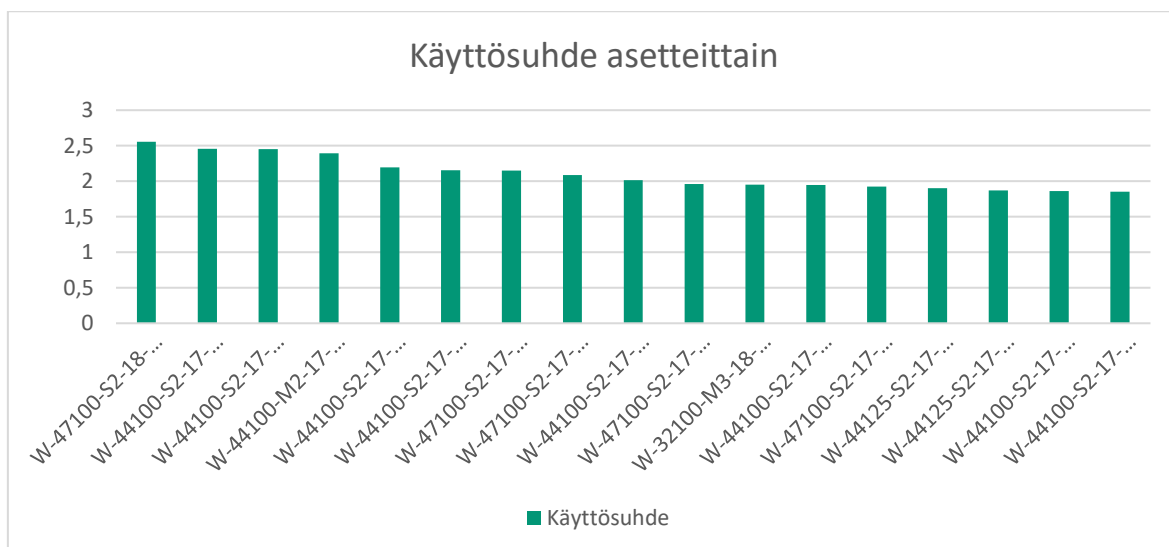
Alla olevassa kuviossa 10 nähdään nopeuden korotuksen ja tukkivälin lyhennyksen vaikutukset sahalinjan tehokkuuslaskentaan. Tehokkuuslaskennan luvuista voidaan todeta, että ajotavan muutos näkyy koeajojerien tuloksissa ja tulos oli tässä heikompi, kuin vakioarvoilla tai pelkällä nopeuden korotuksella toteutetut koeajonerät.



Kuvio 10. Tehokkuuslaskenta asetteittain, maltillinen nopeuden korotus ja tukkivälin lyhennys

Käyttösuhde

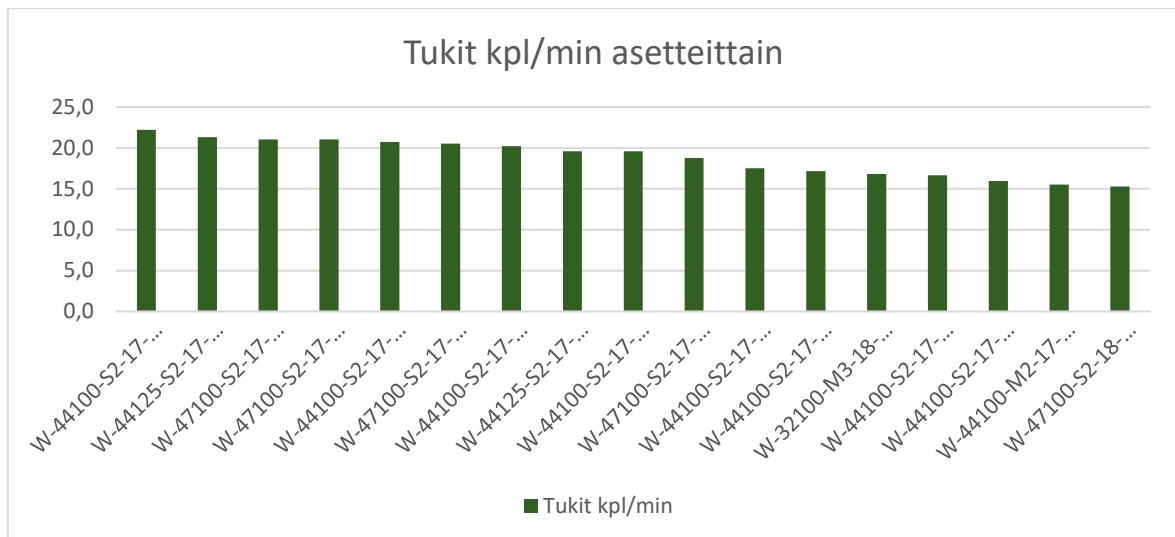
Alla olevassa kuviossa 11 nähdään nopeuden korotuksen ja tukkivälin lyhennyksen mahdolliset muutokset käyttösuhteessa. Tässäkään koeajoerässä ei ollut merkittäviä muutoksia käyttösuhteessa, kuten ennakkoon oletettiin.



Kuvio 11. Käyttösuhde asetteittain, maltillinen nopeuden korotus ja tukkivälin lyhennys

Ajettujen asetteiden tukkikappaleet minuutissa

Alla olevassa kuviossa 12 nähdään nopeuden korotuksen ja tukkivälin lyhennyksen muutokset läpi menneiden kappaleiden määrään linjalla. Kuten tukkikappaleiden määrästä minuuttia kohden voidaan todeta, että tällä ajotavalla ei saatu tässä tutkimuksen osassa parempia tuloksia, kuin aiemmissa koeajoissa.



Kuvio 12. Tukkipappaleet minuutissa asetteittain, maltillinen nopeuden korotus ja tukkivälin lyhennys

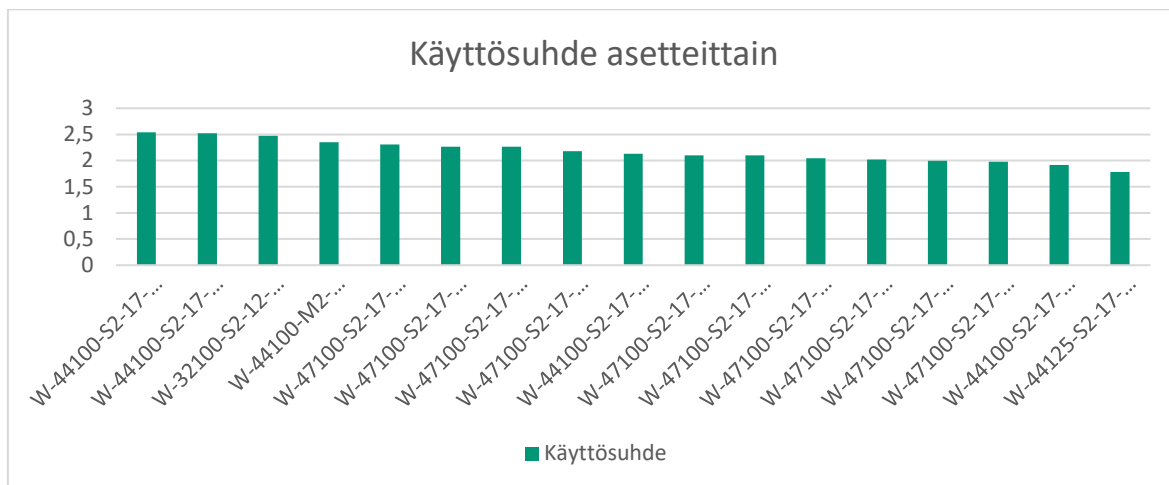
6.5 Koeajo 4: Lautamallien painottaminen

Lautamallien painottamisen oletettiin vaikuttavan eniten läpi ajettujen tukkipappaleiden määrään, koska tiettyjen lautamallien painottaminen on aiemmilla painotus jaksoilla vakioinut asetteiden optimointia, mikä tarkoittaa vähentyneitä tarvetta paikoittaa sahayksiköitä uudelleen, joka lyhentää sahalinjalla olevaa tukkiväliä. Lautamallien painottamisen oletettiin mahdollisesti vaikuttavan käyttösuhteeseen alentavasti, koska se saattaisi jättää joissakin tapauksissa mitoiltaan suuremman kappaleen tekemättä tietyn lautamallin painotuksen vuoksi.

Häiriöprosentit asetekohtaisesti

Alla olevassa kuviossa 13 nähdään tiettyjen lautamallien painottamisen vaikutukset häiriöprosentteihin. Tämän koeajoerän kohdalla tulee ottaa huomioon, että alkuperäisen kahden viikon jakson sijaan jouduttiin ajamaan kolmas viikko, jotta asetteita saatiin riittävästi, joten datan kerääminen ei ollut aivan yhtä yhtenäistä, kuin muissa koeajoerissä. Myös olosuhteet olivat vaihtuneet jo tutkimuksen viimeisessä osassa, koska ulkolämpötilat olivat muuttuneet pakkaslukemiksi, joka osaltaan on saattanut vaikuttaa hieman tutkimuksen tuloksiin.

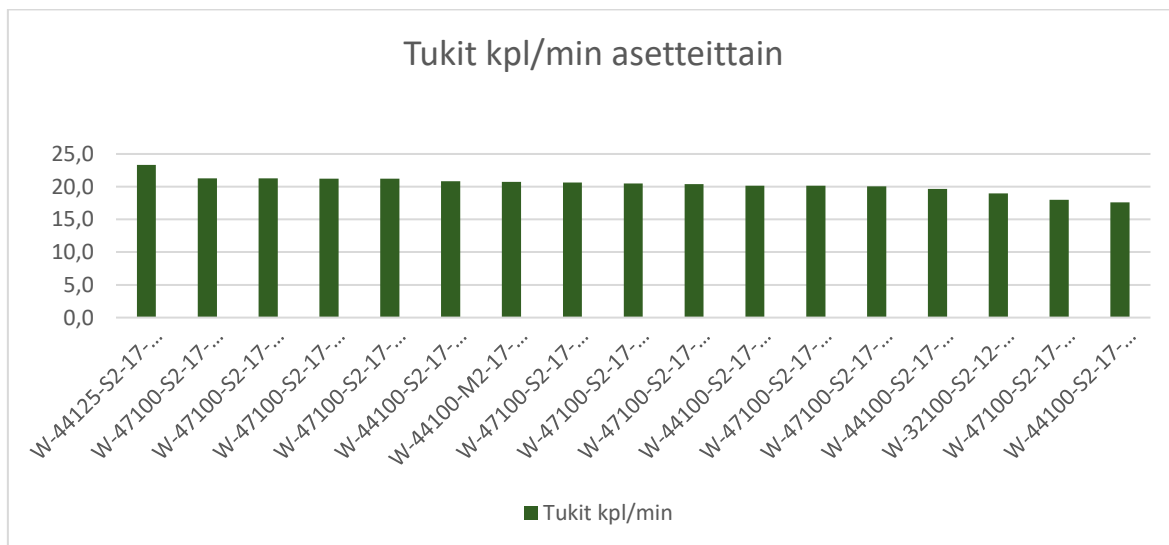
painottaminen suosii vain valittuja lautamalleja ja tämä saattaa vaikuttaa sahalinjan mittareiden päätöksiin. Käyttösuhde ei kuitenkaan merkittävästi noussut, vaikka näin ennalta oletettiin.



Kuvio 15. Käyttösuhde asetteittain, lautamallien painottaminen

Ajettujen asetteiden tukkikappaleet minuutissa

Alla olevassa kuviossa 16 nähdään lautamallien painoituksen koeajokerän aikana ajettujen asetteiden tukkikappaleet minuuttia kohden. Oletamus oli, että lautamallien painottaminen vakiinnuttaisi valittujen tukkiluokkien asetteiden varianssia sahalinjalla ja täten lyhentäisi tukkiväliä.



Kuvio 16. Tukkikappaleet minuutissa asetteittain, lautamallien painottaminen

6.6 Keskiarvot

Jokaisesta neljästä koeajonerästä laskettiin myös keskiarvot, jotka näytetään taulukoissa 1 ja 2. Keskiarvoista voidaan nähdä, kuinka tuottavasti, tehokkaasti ja häiriö vapaasti, kunkin koeajonerän asetteet on keskiarvollisesti saatu ajettua läpi linjasta. Keskiarvoista on nähtävissä sama suuntaus, kuin aiemmin esitetyissä analysoinneissa, mutta mukana on useampi kategoria.

Koeajonerä	Sahata- vara (m ³)	m ³ /h	Häiriöt (%)	Käyttö- aste (%)	Käyttö- suhde	Tehokkuuslas- kenta (%)
Vakioarvot	332	93	10,1	55,4	2,15	90,7
Nopeuden korotus	302	88	14,6	50,7	2,15	85,8
Nopeuden korotus & tukki- välin lyhennys	309	89	18,2	49,2	2,1	80,6
Lautamallien painottaminen	375	85	12,8	53	2,18	85,1

Taulukko 1. Koeajonerien keskiarvot 1

Koeajonerä	Tukit (kpl)	Tukki kpl/min	Tukit (m ³)	Keskinopeus (m/min)	Tukkiväli (cm)	Kesto (min)
Vakioarvot	4487	21,1	695	178	283	215
Nopeuden korotus	4131	20,2	634	184	309	205
Nopeuden korotus & tukki- välin lyhennys	3919	18,8	623	180	305	209
Lautamallien painottaminen	5396	20,3	800	181	300	270

Taulukko 2. Koeajonerien keskiarvot 2

7 Tutkimuksen tulokset

7.1 Vakioarvot

Vakioarvoilla toteutetun koeajonerän datan perusteella tällainen ajotapa tuottaa parhaat tulokset, niin häiriöiden vähenemisen, tehokkuuden kasvamisen ja läpi ajettuiden tukkikappaleiden suhteen. Vaikka tässä opinnäytetyössä ei otettu huomioon laadullisia näkökulmia, on kuitenkin todennäköistä, että myös laatu säilyy tällaisella ajotavalla parempana, kuin nopeuden korotuksen tai tukkivälin lyhennyksen jälkeen.

Ajotavan ja parametrien vakioinnilla saatiin myös tasaisempia tuloksia kokonaisvaltaisesti aikaan ja vuorokohtaisia eroja tasoitettua. Ajamalla ennalta määrättyä nopeutta saatiin asetteiden keskinopeudet vakioitua todella lähelle tavoitenopeutta ja hajontaa oli asetteiden ja vuorojen välillä vähemmän.

7.2 Nopeuden korotus

Nopeuden suora korotus toi muutamien asetteiden kautta hyviä tuloksia läpi menneissä tukkikappaleissa minuuttia kohden, mutta kokonaisuutta katsottaessa 10 m/min hitaammin ajettu vakioarvoilla toteutettu ajotapa toi paremmat tulokset joka osa-alueella ja jopa läpi menneiden tukkikappaleiden keskiarvo oli parempi. Nopeuden korotuksen ongelmat ovat kasvaneissa häiriöprosentteissa ja näiden jälkeen tapahtuvissa ongelmien selvitys tilanteissa, jotka vievät asetteen tehokkaalta ajamiselta aikaa. Myöskään laadun ei voida olettaa paranevan nopeuden korotuksen myötä, koska aletaan olla lähempänä linjan laskennallisia minimi aikoja paikoitusten osalta kriittisten linjan osien suhteen.

7.3 Maltillinen nopeuden korotus ja tukkivälin lyhennys

Tässä koeajo erässä oli huomattavasti enemmän häiriöitä ja tehokkuuden laskua, kuin muissa tutkimuksen piirissä olleissa koeajoissa. Osittain tutkimuksesta jätettiin asetteita ulkopuolelle jo senkin takia, koska ajoparametrien pitäminen asetetuissa arvoissa ei ollut mahdollista. Sahalinjan laskennallinen minimi tukkiväli tuli näissä asetteissa vastaan ja se huomattiin häiriöiden kasvuna ja muutamina mekaanisina jälkinä sahatavara kappaleissa, jotka tulivat sahayksiköiden särmäyskursojen veitsistä, jotka ovat sahayksikön pisin ja sitä kautta hitain osa paikoittumaan tukkiväleissä.

Näistä huomioista voidaan todeta, että tukkivälin lyhentäminen korkean nopeusluokan asetteissa ei ole toimiva tapa sahalinjan tehokkuuden kannalta. Tukkivälin lyhentäminen

näissä tutkimuksen aiheena olleissa aseteissa aiheuttaa enemmän häiriöitä, nostaa laite- ja terärikköjen todennäköisyyttä ja tutkimuksessa esiin nousseiden huomioiden perusteella huonontaa myös laatua.

7.4 Lautamallien painottaminen

Lautamallien painottaminen ajotapana oli oletusarvoltaan parempi, kuin mitä lopputulos datan osalta näyttää. Lautamallien painotus oli nopeuden korotusta ja tukkivälin lyhentämistä parempi vaihtoehto datan perusteella, mutta silti vakioarvoilla toteutettu ajotapa, oli parempi jopa tukkikappaleissa minuuttia kohden.

Tätä lautamallien painotusta testattiin tässä tutkimuksessa kahdella eri lautamallilla, mikä saattoi vaikuttaa osaltaan siihen, että lopputulos ei ollut tukkivälien lyhenemisen kannalta aivan toivotunlainen. Lautamallien painotus oli myös koeajoneristä viimeinen, jossa saattaa näkyä jo hieman ulkoilman olosuhteiden muutos pakkaslukemiin, joka vaikuttaa tukkien ja niistä tulevan purun käyttäytymiseen sahalinjalla, koska puun kosteus muuttuu ja pakkasen saattaa lyhyessäkin ajassa vaikuttaa pintapuun ominaisuuksiin. Koeajo erää jouduttiin myös jatkamaan viikolla muihin verrattuna, koska yhtäjaksoisesti ei saatu riittävästi asetteita vertailua varten.

Ennako oletuksien perusteella voitiin ennakoida, että tiettyjen lautamallien painottaminen saattaisi nostaa käytösuhdetta ja näin ollen pienentää asetteesta saatua tuotantomäärää, mutta oli mielenkiintoista huomata, että ainakaan tämän testin aikana käytösuhde verrattuna muihin koeajoihin ei merkittävästi noussut. Tämä antaa viitteitä siitä, että kyseistä ajotapaa voisi jatkossakin testata ilman, että tarvitsee huolehtia käytösuhteen nousemisesta.

8 Yhteenveto ja pohdinta

Yhteenvetona voidaan todeta, että varsinkin muuttuva-asetteisella sahalaitoksella on hyödyllistä tehdä tämän opinnäytetyön tutkimuksen yhteydessä toteutettua asetteiden ajotapojen seuranta ja niistä voidaan saada merkittäviä huomioita ja parannus ehdotuksia tuotannon toiminnan edistämiseksi. Näin ollen saadaan myös vertailupohjaa tulevaisuutta varten ja on mahdollista palata vanhoihin tutkimustuloksiin ja tehdä niiden pohjalta uusia tutkimuksia.

Tutkimuskysymyksiin viitaten voidaan myös todeta, että tutkimuksen ajaksi tehdyllä ajotapojen vakioinnilla oli positiivinen vaikutus asetteisiin, joka ilmeni häiriöiden pienenemisellä, tehokkuuden kasvulla ja vakioituneilla läpi menneillä tukkikappaleilla. Ajotapojen ja parametrien vakioimisella saadaan vuorojen välisiä eroja pienemmäksi ja kokonaiskuvassa tuotantoa tasaisemmaksi ja tehokkuutta paremmaksi. Tällaisella ajotapojen vakioinnilla on myös positiivinen vaikutus tuotannon ohjaamiseen ja seuraamiseen, kun muuttujia on vähemmän. Laite- ja terärikköjen todennäköisyys myös pienenisi tai olisi helpommin ennustettavissa näin toimiessa. Laadun arviointi olisi myös helpompaa, jos ajotavat olisivat mahdollisimman yhtenäiset.

Tällä tutkimus kerralla uudella ajotavalla ei saatu merkittäviä tai uusia tuloksia aikaan, mutta todennäköistä on, että näiden testien tuloksien perusteella tehtyjen koeajojen muutosten pohjalta olisi mahdollista tehdä uusi tutkimus, jossa tuosta lautamallien painotuksen ajotapamallista olisi mahdollista saada enemmän potentiaalia ulosmitattua.

Tutkimuksesta oli myös hyötyä siinä, että se oli tiettävästi ensimmäinen tässä mittakaavassa tehty koeajojen seuranta, joten tästä jäi paljon uusia tulokulmia tulevaisuuden mahdollisia tutkimuksia varten. Esimerkiksi tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että tutkimus olisi ollut vielä helpompi toteuttaa käytännön kannalta, jos olisi valittu vain yksi pelkka koko kahden pelkka koon sijaan. Tällä muutoksella olisi linjan ajoparametrien hallinta ollut helpompaa eikä olisi vaatinut niin paljon työtä ja seuranta, että halutuissa arvoissa on pysytty. Myös lautamallien painotuksen koeajojen yhteydessä huomattiin, että kahden lautamallin painottaminen ei tuota samanlaista asetteen vakiointia, kuin mitä yhden lautamallin, joten tässäkin jäi vielä tutkittavaa seuraavaa kertaa varten. Tarkempaa tutkimusta varten asetteet pitäisi vakioida testin ajaksi ja seurata vain näitä tiettyjen asetteiden käyttäytymistä, koko aseterekisterin sijaan.

Lisäksi voidaan todeta, että tällaisen tutkimuksen toteuttaminen syventää tutkimuksen tekijän tietämystä asetteista ja sahalinjan käyttäytymisestä. Tutkimuksen tekemisen

yhteydessä myös tietyt ennakko-oletukset saavat tietopohjan niiden taakse ja vastaavasti, jotkin oletukset saattavat osoittautua datan perusteella vääriksi.

Lähteet

- HewSaw 2017a. Tuotekortti SL 250 3.3. Viitattu 1.11.2022. Saatavissa <https://hew-saw.com/wp-content/uploads/2022/01/Tuotekortti-SL250-3.3-FI.pdf>
- HewSaw 2017b. Tuotekortti SL 250 3.3. Viitattu 1.11.2022. Saatavissa https://hew-saw.com/wp-content/uploads/2019/12/HewSaw_Main_Brochure_English_2017.pdf
- Jyväskylän Yliopisto 2015. Määrällinen tutkimus. Viitattu 1.11.2022. Saatavissa <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/maarallinen-tutkimus>
- Leppänen, T 2018. Rimoitus ja kuivaus. Teoksessa Varis, R (toim.) Sahateollisuus. 2. painos. Helsinki: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry, 127–129
- Metsä Fibre. Sahatavara tuotanto. Viitattu 3.11.2022. Saatavissa <https://www.metsa-group.com/fi/metsafibre/metsafibre/sahatavaran-tuotanto/>
- Metsä Fibre. Sahatavaran tuotanto. Viitattu 3.11.2022. Saatavissa <https://www.metsa-group.com/fi/metsafibre/metsafibre/sahatavaran-tuotanto/vilppulan-saha/>
- Miettinen 2018. Sahatavaran lajittelu kuivauksen jälkeen. Teoksessa Varis, R (toim.) Sahateollisuus. 2. painos. Helsinki: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry, 147-150
- Pinja 2020. Pinja MES-järjestelmä. Viitattu 3.11.2022. Saatavissa <https://blog.pinja.com/mes-jarjestelma>
- Prologic 2021. Viitattu 3.11.2022. Saatavissa https://www.prologicplus.com/_files/ugd/d4d74a_c9b86a0ce94742c78bcef8ca8e47b6e0.pdf
- Ropilo, J. & Kauppinen, T. 2018. Sahausprosessi tukista sahatavaraksi. Teoksessa Varis, R (toim.) Sahateollisuus. 2. painos. Helsinki: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry, 100
- Sahateollisuuskirja 2022. Roottorikuorinnan periaate. Viitattu 3.11.2022. Saatavissa rajoitetusti <https://sahateollisuuskirja.fi/?s=kuorimakone#2rotaatiokuorinnan>
- Sipi, M. 2006a. Sahauseriaatteet. Puutuoteteollisuus 5, sahatavaratuotanto. 3. Painos. Helsinki: Opetushallitus, 49-57
- Sipi, M. 2006b. Sahauseriaatteet. Puutuoteteollisuus 5, sahatavaratuotanto. 3. Painos. Helsinki: Opetushallitus, 67-99
- Valkonen 2018. Dimensiolajittelu ja varastointi. Teoksessa Varis, R (toim.) Sahateollisuus. 2. painos. Helsinki: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry, 119

Veisto 2013a. Hew Saw SL250 3.4 Käyttö- ja huolto-ohjeet. Viitattu 3.11.2022. Ei saatavissa

Veisto 2013b. Hew Saw SL250 3.4. Käyttö- ja huolto-ohjeet. Viitattu 3.11.2022. Ei saatavissa

Veisto 2013c. Hew Saw SL250 3.4. Käyttö- ja huolto-ohjeet. Viitattu 3.11.2022. Ei saatavissa

Veisto 2013d. Hew Saw SL250 3.4. Käyttö- ja huolto-ohjeet. Viitattu 3.11.2022. Ei saatavissa

Liite 1. Opinnäytetyöhön liittyvät testiajot

Opinnäytetyöhön liittyvät testiajot

Suoritetaan pienten tukkiluokkien (latvahalkaisija 130-190 mm) ajomenetelmien optimointiin liittyen seuraavat testiajot:

1. Vakioarvoilla toteutettu ajotapa, Veiston taulukosta nopeus ja tukkiväli. 2 vk

100 mm pelkalle 180 m/min, tukkiväli 290 cm
125 mm pelkalle 170 m/min, tukkiväli 280 cm

2. Korkeampi nopeus. 2 vk

100 mm pelkalle 190 m/min, tukkiväli 300 cm
125 mm pelkalle 180 m/min, tukkiväli 290 cm

3. Matalampi nopeuden korotus ja lyhennetty tukkiväli. 2 vk

100 mm pelkalle 185 m/min, tukkiväli 275 cm
125 mm pelkalle 175 m/min, tukkiväli 265 cm

4. Lautamallien painottaminen, testataan tiettyjen lautamallien painottamisen vaikutukset tukkiväliin, läpi ajettuihin kappaleisiin ja käyttösuhteeseen nähden. 2 vk

100 mm pelkalle 180 m/min, tukkiväli 290 cm
125 mm pelkalle 170 m/min, tukkiväli 280 cm

Testiajojen tavoitteet:

Tavoitteena löytää parhaat mahdolliset käytänteet pienten puiden eli suurten nopeusluokkien ajamiseen. Parantaa tätä kautta tehokkuutta, vähentää häiriöitä ja saada enemmän ajoaikaa paremman käyttösuhteen omaaville asetteille.

Liite 2. MES-järjestelmän raporttityökalu



1. Aloitusnäytöltä vasemmalta yläreunasta valikosta löytyy raportointityökalu, josta löytyvät erilaiset sahalaitoksen raportit.



2. Raportointityökalun valikosta valitaan: SAHAUS-9 raporttia, jonka alavalikosta valitaan raportti: Sahaus: Aamupalaveri

Takaisin dashboardille

Sahaus: Aamupalaveri

Edellinen 1 päivä

1 kone

Päivä

Päivä hetken

Vie tiedostoon

Muokkaa taulukko

Vineku päivätty 11.11.2022 19:57:38

Hae

Täusunumero	Name	Sahatavara(M3)	Häiriö(%)	Käyttöaste(%)	Käyttöaika	Tehokkuuslaskenta(%)	Tuott(Kg)	Tuott(M3)
1 270 119	W-02138-04-18-50500-M213	214,9	17	53,3	1,908	82	1 480	410
1 270 101	W-44125-02-17-90500-A180	89,5	5,2	62	1,916	99,3	907	171,4
1 270 899	W-02190-02-18-20522-A300	876,4	23,3	48,7	1,881	78,7	7 361	1 446,4
1 270 898	W-02190-M2-18-20500-M212	396,8	7,9	56,5	1,84	92,7	3 258	711,7
1 270 896	W-72225-02-18-20500-A290	105	9	61,5	1,938	101	387	202,4
1 270 896	W-72225-02-18-20500-A290	395,5	12,6	62	1,919	100,3	1 608	759
1 270 895	W-00505-0A-18-22220-A305	346,9	5,3	70,2	1,872	101,3	1 238	647,5
1 270 894	W-44305-0A-18-26290-A290	142,8	41,4	41,3	1,996	69,9	604	285,1
1 270 823	W-44130-02-18-60230-A190	307,4	11	54,3	2,079	85,2	3 910	805,5
-	-	2 943,4	16,8	54,0	1,92	86,4	20 720	5 695,2

3. Aamupalaveri raportti aukeaa ja määritellään "Edellinen 1 päivä"-painikkeen alta ajanjakso, jota halutaan tarkastella. Tämän jälkeen tarkasteluun valittu taulukko on mahdollista viedä Excel-taulukkolaskenta ohjelmaan "Vie tiedostoon"-painikkeella.