



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# AALTOPAHVIKONEEN PROSESSIN HYLYN VÄHENTÄMINEN

Oskari Laaksoniemi

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2019  
Biotuote- ja prosessitekniikka  
Paper and Packaging Technology



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Biotuote- & prosessitekniikka  
Paper & Packaging Technology

LAAKSONIEMI, OSKARI:  
Aaltopahvikoneen prosessin hyllyn vähentäminen

Opinnäytetyö 45 sivua  
Toukokuu 2019

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli vähentää aaltopahvikoneen prosessissa syntyvää hylkyä DS Smithin Tampereen aaltopahvitehtaalla. Tampereen aaltopahvitehdas aloitti vuoden vaihteessa laajan, hylkyyn keskittyvän projektin, jolla pyritään seuraamaan, mistä jäte syntyy sekä mahdollisesti madaltamaan sitä. Työ keskittyi ratalevyden lisäämiseen, jonka avulla reunanauhan määrään pystytään vaikuttamaan. Jo valmiiksi täynnä oleva varasto sekä aaltopahvin suuresti vaihtelevan kulutuksen syystä varaston tilanne muodosti ongelman työlle. Ratalevyden tarvetta ja siitä saatua hyötyä tutkittiin ajosimulaatioiden avulla.

Työssä käsitellään aluksi aaltopahvin raaka-aineita, aaltopahvin rakennetta, aaltopahvikoneen rakennetta sekä itse valmistusprosessia, jotta ymmärretään kokonaiskuva aaltopahvin valmistuksesta. Seuraavaksi työssä käsitellään jätteen hallintaa, eli mistä jäte muodostuu ja missä painopisteet sijaitsevat. Jätteen hallinnan jälkeen työssä läpikäydään ratalevyden optimointiin liittyviä seikkoja, jotta ymmärretään, mistä syystä ratalevyden lisäämistä tutkittiin.

Saatujen tulosten perusteella ratalevyden lisäämisellä päästään teoreettisesti haluttuun tavoitteeseen. Ajosimulaatiot ovat vain ennusteita ja näin ollen teoreettisia. Käytännön vaikutusta kyetään seuraamaan vasta koekäyttöönoton yhteydessä. Saatujen tulosten perusteella reunanauhojen määrät vähenivät vaihtelevasti ja tuotekohtaisesti, mutta kehitystä hyllyn näkökulmasta kuitenkin syntyi.

Varaston tilanne ei muodostunut ongelmaksi, sillä varastoa järjestelemällä ja paperilajien käyttöä tuotenimikkeissä organisoimalla saadaan varastoon tarvittava tila järjestettyä jokaiselle vaihtoehdolle.

Työssä on luottamuksellista tietoa, jotka on joko piilotettu tai naamioitu.

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Bioproduct- & Process engineering  
Paper & Packaging Technology

LAAKSONIEMI, OSKARI:  
Reducing Process Waste of Corrugator

Bachelor's thesis 45  
May 2019

---

The purpose of this study was to decrease the waste created during the manufacture of corrugated board at DS Smith's corrugated board factory in Tampere. Tampere branch launched a waste handling project to oversee and control the waste of the factory. This study concentrates on reducing waste by optimizing the web widths, in order to decrease the amount of side trim. The limited storage space formed the biggest problem for the study, due to already full stock and the huge variation of paper consumption. The need and benefits for adding a new web width was studied with the help of simulating the trims on different high consumption products.

Firstly, the study concentrating on corrugated board by glimpsing through the raw materials, structure and the manufacturing process. In addition, the study goes through the structure of the corrugator. Secondly, concentrating on the distribution of waste and how it forms on the corrugator. Lastly of the theory part, the study shows the effects of optimizing web widths.

According to the results, theoretically the wanted outcome can be achieved by adding a new web width. Trim simulations are just predictions and, therefore, they can only be addressed as theoretical results. Only after test implementation of the new web width can the practical impact be witnessed. Nonetheless, according to the results, the amount of the side trim decreases varying by products due to orders and trim partners.

By organizing the storage and the recipes of the products, more than enough space can be created in the warehouse. Therefore, the full storage will not create a problem for adding a new web width.

The study includes confidential material, which are either hidden or masked.

---

Key words: web width, side trim, waste, reject

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	YRITYKSEN ESITTELY .....	8
2.1	DS Smith.....	8
2.2	Tampereen aaltopahvitehdas.....	8
3	AALTOPAHVI .....	9
3.1	Aaltopahvi yleisesti.....	9
3.2	Rakenne .....	10
3.2.1	Pintakartongit eli lainerit.....	10
3.2.2	Aallotuskartonki eli fluting .....	11
3.2.3	Liima .....	11
3.3	Aaltopahvikone .....	12
3.4	Märkä pää .....	12
3.4.1	Rullapukki.....	13
3.4.2	Rullanvaihtaja .....	13
3.4.3	Aallottaja.....	14
3.4.4	Liimausyksikkö .....	16
3.4.5	Arina.....	16
3.5	Kuiva pää .....	17
3.5.1	Pätkäleikkuri .....	17
3.5.2	Pituusleikkuri .....	18
3.5.3	Poikkileikkuri.....	19
3.5.4	Vastaanottolaitteisto.....	19
3.6	Aaltopahvin valmistus .....	20
4	JÄTTEEN HALLINTA.....	22
4.1	Vaikutettavissa oleva jäte .....	22
4.1.1	Märän pään jäte .....	23
4.1.2	Reunanauha .....	24
4.1.3	Pätkäleikkuri .....	24
4.1.4	Kuivanpään hylky .....	24
4.2	Tuotannosuunnittelu .....	24
5	RATALEVEYDEN OPTIMOINTI .....	26
5.1	Nykytilanne Tampereen tehtaalla .....	26
5.2	2350 mm rataleveys .....	26
5.3	Varasto .....	27
6	AJOJONOSIMULAATIO.....	28
6.1	Tilanne A .....	29

6.1.1 Tuote1 .....	32
6.1.2 Tuote2 .....	33
6.2 Tilanne B.....	34
6.2.1 Tuote3 .....	37
6.2.2 Tuote4 .....	38
6.2.3 Tuote5 .....	39
6.2.4 Tuote6 .....	40
6.3 Tilanne C.....	41
6.4 Tilanteiden yhteenveto.....	43
7 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	45
LÄHTEET .....	46

**LYHENTEET JA TERMIT**

Ap	Aaltopahvi
Fluting	Aallotuskartonki
Laineri	Pintakartonki
Trimmi	Ajojono
Lusaus	Paperirullan päällimmäisen kerroksen poistaminen
Rataleveys	Aaltopahviradan mitta leveyssuunnassa

## 1 JOHDANTO

Aaltopahvi on ollut luotettava pakkausmateriaali jo 1900-luvun alusta lähtien ja tulee olemaan edelleenkin. Aaltopahvin käyttö tulee lisääntymään kasvavan nettimyynnin ansiosta, jolloin aaltopahvipakkaukset tulevat olemaan lähempänä kuluttajaa kuin koskaan. Jotta aaltopahvin valmistus pysyy kasvavan tarpeen mukana, täytyy sen prosessin kehittyä vähintään yhtä nopeasti.

Tämä opinnäytetyö on tehty kehittämään hylkyjärjestelmää, vähentämällä syntyvän hyllyn määrää. Opinnäytetyö tehdään yhteistyössä Tampereen ammattikorkeakoulun ja DS Smithin Tampereen yksikön kanssa.

Opinnäytetyö on rajattu aaltopahvikoneen hylkyyn, sillä aaltopahvikoneen hylky on kriittisin piste syntyvää hylkyä silmällä pitäen. Tämän lisäksi jalostuksessa valmistuva hylky usein johtaa jälkensä aaltopahvikoneelle.

Opinnäytetyön tavoitteena on madaltaa aaltopahvin valmistuksessa syntyvän hyllyn määrää. Ylimääräinen hukka prosessissa rasittaa tuotantona lisäämällä jätteenhoitokustannuksia, lisäämällä energiankulutusta, rasittamalla ympäristöä sekä kuormittamalla tuotantoa ylimääräisellä työllä sekä siihen kuluvalle ajalle, josta aiheutuu yhtiölle turhia kustannuksia.

## **2 YRITYKSEN ESITTELY**

### **2.1 DS Smith**

DS Smith on Iso-Britannialainen pakkausalanyritys. DS Smith on kierrätettävien pahvipakkausten johtava toimittaja Euroopassa, sekä maailmanlaajuisesti toimiva muovisten erikoispakkausten, kierrätyksen ja paperin valmistuksen asiantuntija.

DS Smith työllistää noin 28 500 työntekijää ympäri maailmaa, mutta tehtaot ovat keskittyneet Eurooppaan ja Isoon-Britanniaan. DS Smith valmistaa 4 miljoonaa tonnia aaltopahvia, 3 miljoonaa tonnia paperia pakkauksiin ja käyttää 5,2 miljoonaa tonnia kierrätyskuituja vuodessa. DS Smith omistaa yli 200 tehdasta ja omasi 6,5 miljardin euron liikevaihdoin 2017-2018.

Suomessa DS Smith työllistää noin 260 henkilöä. Yksiköitä DS Smithillä on Suomessa aaltopahvitehdas ja PackRight Centre Tampereella, POS & Display tuotanto Nummelassa sekä pakkauspalveluyksiköt Kuopiossa, Iissä, Turussa ja Viialassa. Liikevaihto 2017-2018 oli noin 60 milj. euroa.

### **2.2 Tampereen aaltopahvitehdas**

Tampereen tehdas sai alkunsa 1970-luvulla TAKO:n aaltopahvitehtaana. Tehdas oli sen ajan modernein aaltopahvitehdas Euroopassa. SCA osti tehtaan 2000-luvun alussa, jolta DS Smith osti tehtaan haltuunsa 2012. Tampereen aaltopahvitehdas työllistää noin 160 henkilöä.

Tehtaalla on kuusi jalostuskonetta ja aaltopahvikone, joissa valmistetaan ruskeat, valkoiset ja päällystetyt aaltopahvilajit. Näiden lisäksi tehtaalla valmistetaan moniväripainetut aaltopahvipakkaukset. Flekso painatuksella saadaan aikaiseksi melkein valokuvamaiset painotuotteet. Tehdas on pinta-alaltaan noin kolme hehtaaria.



### 3 AALTOPAHVI

Ymmärtääkseen aaltopahvin hylkyä on hyvä tuntea aaltopahvin rakenne, raaka-aineet, ap-koneen rakenne, sekä valmistusprosessi. Tätä kautta tunnistetaan hylkyyn vaikuttavat tekijät ja vaikutussuhteet.

#### 3.1 Aaltopahvi yleisesti

Aaltopahvin käyttö on yleistynyt vuosien saatossa kuluttajapakkauksiin sekä myyntitelineisiin, yleisemmin kuitenkin aaltopahvia tapaa kuljetuspakkauksissa. Perus raaka-aineena on puu, joka on uusiutuva ja kierrätettävä materiaali, sekä ennen kaikkea toimii hiilinieluna puhdistuen ympäristöstä haitallista hiilidioksidia.

Aaltopahvi on vakiinnuttanut asemansa pakkausmateriaalina sen kestävyiden ja lujuutensa vuoksi, ja eritoten keveytensä ansiosta, joka näkyy suoraan kuljetuskuluissa. Tämän lisäksi aaltopahvia on nopea ja edullinen valmistaa. Aaltopahvista valmistettavat pakkaukset ovat helposti räätälöitävissä kohtaamaan asiakkaan toiveita sen variaatiomahdollisuuksiensa ansiosta. Pakkaus voidaan helposti räätälöidä asiakkaan tarpeen mukaan muuttamalla esimerkiksi kartonkityyppiä tai aallonkorkeutta. Monipuolisten painomahdollisuuksien ansiosta pakkaukselle saadaan vaivatta näyttävä ja myyvä ulkoasu.

Edellä mainittujen etujensa lisäksi aaltopahvilla on monia hyviä ominaisuuksia, kuten sen suojausominaisuudet kuljetuksen luomassa rasitteessa. Aaltopahvi suojaa tuotetta pudotuksilta, kolhuilta ja tärinältä, sekä toimii lämmöneristeenä aaltokerroksissa olevan ilman ansiosta. Aaltopahvipakkaus soveltuu myös monille erilaisille pakkaus- ja täyttökoneille, helpottaen sen liittämistä asiakkaan tuotantolinjaan. Aaltopahvipakkaukset voidaan myös valmistaa elintarvikealan vaatimiin säädöksiin ja täyttämään kaikki lain vaatimukset koskien hygieniapakkauksia (Aaltopahvi – Käyttäjän käsikirja 2007, 8–9).

## 3.2 Rakenne

Aaltopahvin raaka-aineita ovat pintakartongit, aallotuskartonki sekä liima. Pinta- ja aallotuskartongit ovat erityiskartonkeja, jotka ovat räätälöity aaltopahvin valmistukseen. Pintakartongin tarkoitus on pitää kartonki koossa ja aallotuskartongin tarkoitus on pitää pintakartongit halutun etäisyyden päässä toisistaan, muodostaen jäykkyyden ja lujuuden aaltopahviin.

### 3.2.1 Pintakartongit eli lainerit

Pintakartonkeja on kahta eri tyyppiä, kraft- ja testlainereita. Pintakartongit muodostuvat kahdesta kerroksesta, jossa ulompi kerros on sileämpää massaa parantaen visuaalisia ominaisuuksia. Pintakartonki voidaan myös päällystää esimerkiksi kaoliinilla tai muilla pigmenteillä parantaakseen painatusominaisuuksia. Sisempi kerros sen sijaan on huokoisempaa massaa, parantaen liimautumisominaisuuksia (Laakso & Rintamäki 2003, 28).

Kraflainerit valmistetaan pääosin ensikuiduista, sulfaattisellusta. Ensikuitujen ansiosta, kraflainerit omaavat parhaat mahdolliset puhkaisu-, veto- ja repeytymisljuudet, ja näin ollen ne soveltuvat vaativimpiinkin käyttökohteisiin. Kraflainerien neliömassat sijoittuvat 80-400 g/m<sup>2</sup> alueelle (Laakso & Rintamäki 2003, 28).

Kraflainereita on ruskea- tai valkopintaisena, sekä täysvalkoisena. Jos kartongilta vaaditaan erityisen hyvää ulkonäköä, voidaan kartonki päällystää pastalla, joka yleensä muodostuu kaoliinista ja muista mineraalipigmenteistä. Päällyste muodostaa yhtenäisen, sileän sekä tasaisen pinnan kartongille, samalla täyttäen viimeisetkin kuitujen välit (Aaltopahvi – Käyttäjän käsikirja 2007, 8).

Testlainerit valmistetaan pääosin tai kokonaan kierrätyskuiduista, muodostaen edullisemman ratkaisun. Testlainerit kuitenkin omaavat huonommat jäykkyyden- ja lujuusominaisuudet verrattuna kraflaineriin. Lujuusominaisuuksia voidaan kuitenkin vahvistaa neliömassaa kasvattamalla. Testlainerien lujuudet riippuvat käytetyistä uusiokuiduista (Laakso & Rintamäki 2003, 29).

Pääosin aaltopahvin valmistukseen käytettäviä testlainereita pyritään valmistamaan kierrätetyistä aaltopahveista, varsinkin pintakerrokseen kuluva massaa, jotta lujuus- ja pintaominaisuudet saadaan halutuiksi. Testlainerit jaotellaan kolmeen lajiin suorituskyvyn ja hinnan mukaan. Nämä lajit ovat test1, test2 ja test3, test1 ollen paras suorituskyvyltään ja näin ollen myös kallein. Neliömassat sijoittuvat 80-300 g/m<sup>2</sup> alueelle (Laakso & Rintamäki 2003, 29).

### **3.2.2 Aallotuskartonki eli fluting**

Aallotuskartongin on tarkoitus pitää pintakartongit halutun etäisyyden päässä toisistaan, muodostaen aaltopahville sen lujuuden ja jäykkyyden.

Aallotuskartonkia valmistetaan ensikuiduista sekä kiertokuiduista. Ensikuituinen aallotuskartonki valmistetaan puolikemiallisesta lehtipuu massasta. Sitä käytetään pääosin Pohjois-Amerikassa sekä Skandinaviassa, sillä se säilyttää huomattavasti paremmin jäykkyytensä kosteissa olosuhteissa kuin kiertokuiduista valmistettu aallotuskartonki. Ensikuituinen fluting on jäykempää, koska se sisältää suhteellisen paljon hemiselluloosaa. Flutingin jäykkyydellä on huomattava merkitys laatikon pinoamiskestäävyydelle (Laakso & Rintamäki 2003, 30).

Kiertokuiduista valmistettua aallotuskartonkia käytetään pääasiassa Keski-Euroopassa. Kiertokuituaallotuskartonki on kuitenkin jäykkyys- ja lujuusominaisuuksiltaan selkeästi huonompaa kuin ensikuiduista valmistettu. Pääosin tämä johtuu kuitujen koosta ja ominaisuuksista, joita sen raaka-aineina käytetään (Laakso & Rintamäki 2003, 30).

### **3.2.3 Liima**

Liima yhdistää ja pitää kiinni lainerit ja flutingin aallon lakipisteistä. Kartonkien täytyy olla huokoisia kosketuspinoiltaan, jotta liima ehtii muodostaa sitovan liimasauman. Liima on yleisimmin maissitärkkelystä, mutta myös vehnä- ja perunatärkkelystä voidaan käyttää. Liimauslaite annostelee liiman flutingin aallonharjoihin, jonka jälkeen fluting ja laineri puristetaan yhteen. Liiman lämpötilan noustessa tärkkelys gelatinoituu ja

muodostaa sitovan ja nopeasti kuivuvan liimasauman. Tämä mahdollistaa aaltopahvikoneen suuret ajonopeudet (Laakso & Rintamäki 2003, 31).

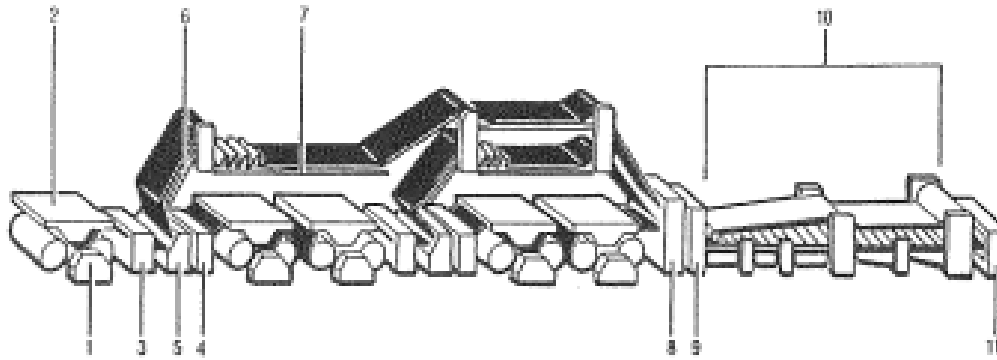
Märkälujaliima mahdollistaa aaltopahvipakkausten käyttämisen kosteissa olosuhteissa ilman liimasauman pettämistä. Normaaliin tärkkelysliimaan lisätään märkälujalisäainetta, joka muodostaa ohuen kalvon liiman päälle. Ohut kalvo estää kosteuden pääsemisen liimaan, näin ollen ylläpitäen tiiviin liimasauman (Laakso & Rintamäki 2003, 31).

### **3.3 Aaltopahvikone**

Aaltopahvikone on 100 metriä pitkä tuotantolinja, joka valmistaa aaltopahviarkkeja. Usein koneeseen kuuluu kaksi aallotusyksikköä, joka mahdollistaa kaksiaaltoisen aaltopahvin valmistuksen. Kone jaotellaan kahteen osaan, ”märkään” ja ”kuivaan” päähän. Nimitykset johtavat tiensä kartongin märkyyteen prosessin vaiheessa. Raja näiden kahden jaottelun välille sijaitsee kuivausosiossa. Nimike märkä pää johtuu vesipohjaisesta liimasta ja kartongin kosteudesta, sillä sitä kostutetaan vesihöyryllä. Vesihöyryn avulla aallotuskartonki saadaan optimaaliseen olomuotoon aallon muodostumiseksi sekä varmistaakseen hyvän ja pitävän liimasauman.

### **3.4 Märkä pää**

Märkä pää sisältää rullapukit, rullanvaihtajat, aallottajan, sillan sekä liimausyksikön. Jos tehdas valmistaa kaksi- tai kolmeaaltoista aaltopahvia, tarvitaan aallottajia aaltokerrosten verran. Kuvassa 1 on esitelty märän pään rakenne sekä siihen sisältyvät laitteet.



1	Rullapukki	6	Ylösvetokuljetin
2	Rullanvaihtaja	7	Silta
3	Pintakartongin esilämmitin	8	Esilämmittimet
4	Aallotuskartongin esilämmitin	9	Liimausyksikkö
5	Aallottaja	10	Arina

KUVA 1. Märän pään rakennekuva (Laakso & Rintamäki 2003, 33).

### 3.4.1 Rullapukki

Rullapukit toimivat aallotuskartonki- ja pintakartonkirullien aukirullaimena. Rullapukin nostovarret hyödyntävät hydraulikkaa sivuttais- ja nostosiirtoihin. Rullapukin nostovarren päädyssä on metallikartio, joka kiristää ja kohdistaa kartonkirullan rataa. Yksikönhoitaja suorittaa kuitenkin hienosäädön rullan sijainnille, jotta kartongit asettuvat kohdalleen liimauksessa (Laakso & Rintamäki 2003, 34–35).

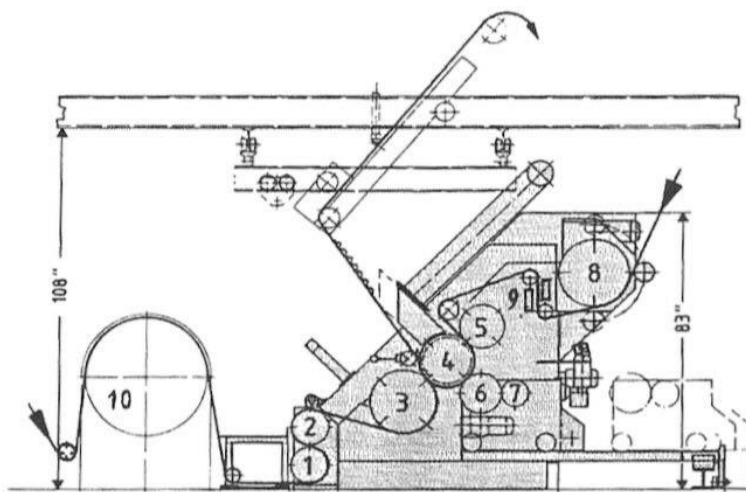
### 3.4.2 Rullanvaihtaja

Rullapukit ovat yhteydessä rullanvaihtajaan, jonka tehtävänä on vaihtaa loppuva rulla uuteen rullaan. Rullanvaihdossa splaiseri, eli rullanvaihtaja lukitsee rullapukin jarrut, jonka jälkeen se välittömästi iskee uuden radan kiinni loppuvaan rataan. Radat kiinnitetään toisiinsa teipin avulla. Tämän jälkeen splaiseri katkaisee vanhan radan ja kiihdyttää ajonopeuteen. Tämä kaikki tapahtuu muutamassa sekunnissa. Rata katkeaa

helposti rullan vaihdossa eli splaisauksen yhteydessä, jos esimerkiksi teippaus on suoritettu huolimattomasti tai kartonkirulla on vahingoittunut (Laakso & Rintamäki 2003, 35–36).

### 3.4.3 Aallottaja

Aallottaja muodostaa yksipuolisen aaltopahvin. Kuvasta 2 nähdään aallottajan rakenne ja siihen kuuluvat osat.



- 1 Pintakartongin esilämmitystela
- 2 Pintakartongin esilämmitystela
- 3 Puristustela
- 4 Aallotustela
- 5 Aallotustela
- 6 Liimatela
- 7 Kaavaritela
- 8 Aallotuskartongin esilämmitin
- 9 Aallotuskartongin höyrykostutin
- 10 Pintakartongin esilämmitin

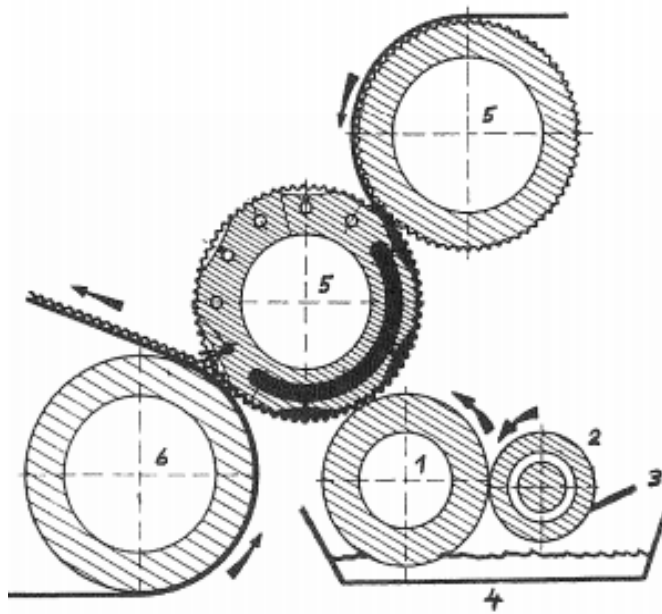
KUVA 2. Aallottajan rakenne (Laakso & Rintamäki 2003, 38).

Esilämmittimen tehtävänä on lämmittää kartongit sopivaan lämpötilaan prosessointia varten. Esilämmittimet ovat pyöriviä yksinkertaisia paineastioita, jotka perustuvat höyryyn

avulla lämmitettävään sylinteriin. Kietoumatelat painavat kartongin sylinterin pintaan, jolloin lämpö siirtyy kartongin pintaan (Laakso & Rintamäki 2003, 44–45).

Aallotustelojen tarkoitus on muodostaa aallotuskartongille sen muoto. Kartonki ohjataan aallotustelojen kitaan, joiden puristuksessa aalto muodostuu. Aallon muodostumisen jälkeen aallonharjoille lisätään liima.

Liimalaitteisto koostuu liima- ja kaavariteloista, kaavareista, liimalaatikosta sekä säätölaitteista. Itse liima sijaitsee liimalaatikossa, josta liima nostetaan liimatelan avulla aallonharjoille. Jotta oikea määrä liimaa päätyy aallonharjoille, täytyy liiman määrää liimatelassa hallita. Tämä toteutetaan kaavaritelalla, joka puristetaan liimatelaa vasten. Kaavaritela on yleisimmin kromattu ja kiillotettu peilimäiseksi. Kaavarit sen sijaan hallitsevat liimaa leveys suunnassa. Jos liimaa levitetään liian kapealle alueelle ratalevyteen nähden, jää valmiin aaltopahvin reunat auki (Laakso & Rintamäki 2003, 41–42). Kuvasta 3 nähdään liimalaitteiston rakenne, sekä siihen kuuluvat osat.



- |   |                      |
|---|----------------------|
| 1 | <i>Liimatela</i>     |
| 2 | <i>Kaavaritela</i>   |
| 3 | <i>Kaavari</i>       |
| 4 | <i>Liimalaatikko</i> |
| 5 | <i>Aallotustelat</i> |
| 6 | <i>Puristustela</i>  |

KUVA 3. Liimalaitteisto (Laakso & Rintamäki 2003, 42).

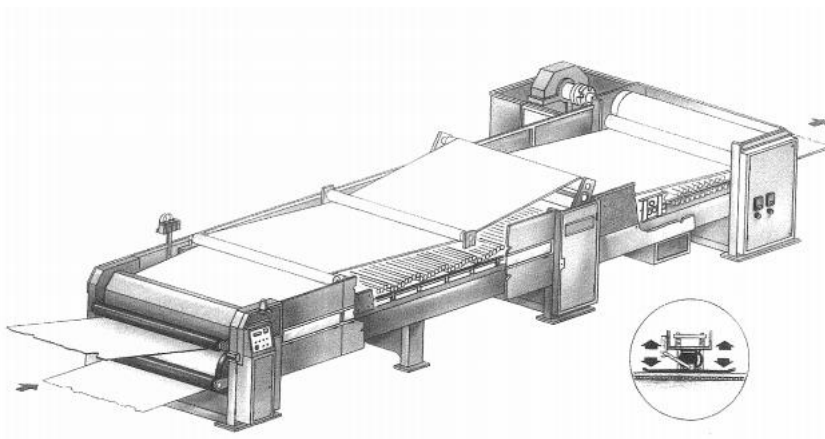
Pintakartonki liimataan aallotuskartonkiin puristustelan tai puristushihnan avulla. Nimensä mukaisesti sen avulla kartongit puristetaan yhteen muodostaen pitävän liimasauman. Ylösvetokuljetin ohjaa yksipuolisen aaltopahviradan sillalle, johon rata laskostuu. Laskostunut rata muodostaa ap-koneelle välivaraston, mikä antaa joustavuutta koneen operoinnille. Laskosten määrää seurataan nykyään automaatti järjestelmillä. Sillalla on myös radanohjauslaitteita, jotka pitävät radan oikealla kohdalla poikkisuunnassa.

#### 3.4.4 Liimausyksikkö

Liimausyksikön tehtävänä on levittää liimaa yksipuolisen aaltopahviradan aallonharjoille, jotta toinen pintakartonki saadaan liimattua siihen kiinni. Liimaus suoritetaan samalla periaatteella kuin aallottajallakin. Liimausyksiköltä rata ohjataan arinalle, jossa lopullinen aaltopahvi muodostuu.

#### 3.4.5 Arina

Arinalla yksipuoleiseen aaltopahvirataan liimataan pintakartonki, jolloin lopullinen aaltopahvi valmistuu. Arinan peruseriaate on vetää rata lämmitettyjen arinalevyjen päältä. Arinaan kuuluu lämmitys- sekä veto-osa.



KUVA 4. Arina (Laakso & Rintamäki 2003, 48)

Lämmitysosan tehtävänä on tuoda pahviin lämpöä, jotta liima gelatinoituu ja muodostaa pitävän liimasauman. Tämän lisäksi lämmitysosan tehtävänä on poistaa pahvista

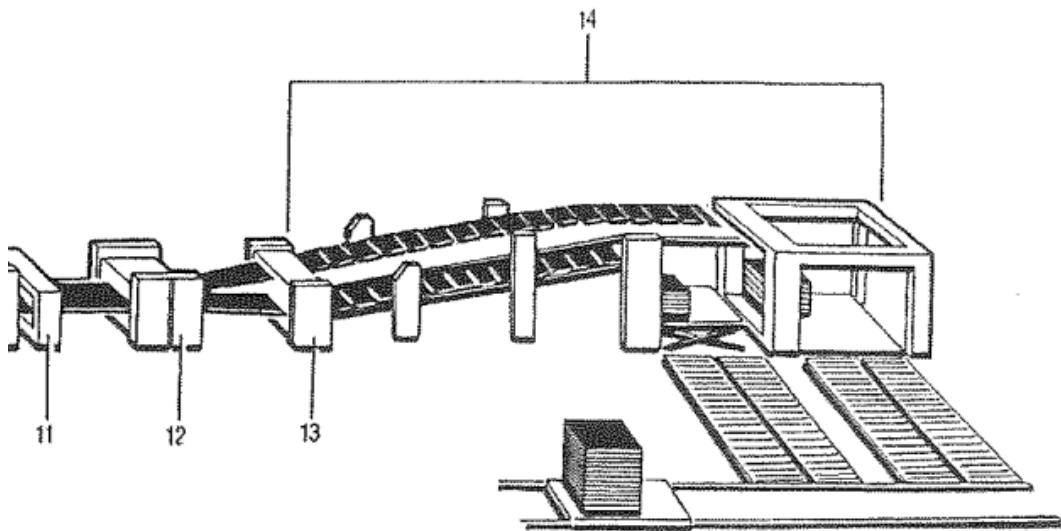


ylimääräistä kosteutta, jota on voinut muodostua liimauksessa tai kostutuksessa. Arinassa lämmitys toteutetaan höyrylämmitteisillä levyillä (Pinnington, 90).

Veto-osan tehtävänä on nimensä mukaisesti vetää pahvirata arinan läpi. Radan kuljettamiseen arinan läpi käytetään yleisimmin yhtä tai kahta huopaa. Kahden huovan tapauksessa puristus luodaan tiheään asetetuilla teloilla. Telat ovat umpinaisia ja pieniä halkaisijaltaan (Pinnington, 93–94).

### 3.5 Kuiva pää

Kuiva pää sisältää pätkäleikkurin, pituus- sekä poikkileikkurin ja vastaanottolaitteet. Kuvasta 5 nähdään kuivan pään rakenne ja laitteisto.



11	Tilauksenvaihtoleikkuri (Pätkäleikkuri)
12	Pituusleikkuri
13	Poikkileikkuri
14	Vastaanottolaitteisto

KUVA 5. Kuivan pään rakennekuva (Laakso & Rintamäki 2003, 33).

#### 3.5.1 Pätkäleikkuri

Pätkäleikkuri sijaitsee heti arinan perässä, ja sen tehtävänä on poistaa radasta käynnistämisen yhteydessä tai määrän pään ongelmatilanteen vuoksi muodostuvaa epäkuranttia tuotetta. Toinen pätkäleikkurin tehtävä on leikata rata tilauksenvaihtoa varten.

Käynnistämisen yhteydessä muodostuva hylky johtuu usein pahvin pintaan syntyvistä virheistä tai laminointiin liittyvistä ongelmista. Pahvin pinta voi kärsiä esimerkiksi palamisesta, jos raaka-aineet eivät ole tasalaatuisia. Tämä usein johtuu lämpötilaeroista kartongissa (Pinnington, 103). Laminointiin liittyvät ongelmat johtuvat yleisimmin pahvin reunojen jäädessä auki. Liimakaavarit usein vaativat oman aikansa asettuakseen oikealle kohdalle, varsinkin radan leveysmuutoksissa, jolloin liima ei levity koko pahvin alalle.

### **3.5.2 Pituusleikkuri**

Pituusleikkuri leikkaa rataa nimensä mukaisesti radan pituussuunnassa. Pituusleikkurilla pahviradasta leikataan reunanauha, jonka jälkeen rata leikataan tilausten perusteella osiin. Tämän lisäksi rataan tehdään tarvittaessa nuuttaukset, jotka muodostavat läppälaatikon saranat.

Leikkaus voidaan suorittaa kahdella tai yhdellä terällä. Kahden terän tapauksessa terät ovat vastakkain saksimaisesti ja ovat paksuudeltaan 5 – 10 mm ja halkaisijaltaan 200 mm. Kahden terän leikkuu usein murtaa pahvin ennen varsinaista leikkausta sen jyrkästä saksimaisesta leikkauksesta johtuen. Paksut terät pyrkivät taivuttamaan pahvia leikkuukohdasta, jolloin heikko liimasauma aukeaa herkemmin (Laakso & Rintamäki 2003, 49–50).

Yhden terän leikkaus suoritetaan nimensä mukaisesti yhdellä terällä. Vastakappaleena terälle toimii yleisimmin harja tai metallipyörä, jossa on aukko terää varten. Terä on paksuudeltaan 1 – 2 mm ja halkaisijaltaan 250 – 350 mm, joka mahdollistaa tarkemman ja siistimmän leikkuun (Laakso & Rintamäki 2003, 49–50).

Pituusleikkuri ohjautuu automaattisesti tilauksen mukaiseen leikkuuseen, jättäen koneenhoitajalle hienosäädön reunanauhan leikkaamiseen. Pituusleikkuria ohjataan koneellisesti keskusohjaamosta.

### **3.5.3 Poikkileikkuri**

Aaltopahvikoneella on yleisimmin kaksi poikkileikkuria, näin ollen koneella voidaan ajaa kahta tilausta samanaikaisesti. Kolmen poikkileikkurin ratkaisuita on olemassa, mutta niiden hyöty nousee esiin ylileveillä (2,7 – 2,8 m) koneilla. Yhden poikkileikkurin ratkaisuita on nähtävissä kapeammilla (1,8 m) koneilla. Yhden poikkileikkurin ratkaisu vaatii suuren määrän kartonkileveyksiä, jotta reunanauha pysyy tarpeeksi pienenä (Laakso & Rintamäki 2003, 51).

Poikkileikkuri koostuu kahdesta terärummusta, niiden ohjausyksiköistä ja antureista sekä yhdestä tai useammasta sähkömoottorista. Pyörivät terärummut leikkaavat saksimaisesti radan. Leikkuuta on tehostettu pakottamalla terät hieman kierteelle, jolloin saksimainen leikkuu onnistuu siistimmin ja tarkemmin. Leikkausjälki on kuitenkin kohtisuorassa radan reunoihin.

Poikkileikkurin tehtävänä on leikata rata arkeiksi. Poikkileikkurin ohjausyksikkö seuraa pulssianturin avulla radan todellista nopeutta ja leikkaa halutun arkipituuden puolen millimetrin tarkkuudella radasta. Ohjausyksikkö antaa leikkurin moottorille kiihdytyskäskyn leikata rata poikki oikealla hetkellä. Leikkuun jälkeen moottori saa käskyn jarruttaa tai kiihdyttää terärummun nopeutta, arkipituudesta riippuen. Pidemmällä arkipituuksilla moottori jopa pysähtyy ja odottaa leikkuuta, kun taas lyhyemmällä pituuksilla se joutuu kiihdyttämään ehtiäkseen leikata seuraavan arkin oikealta kohdalta (Laakso & Rintamäki 2003, 51).

### **3.5.4 Vastaanottolaitteisto**

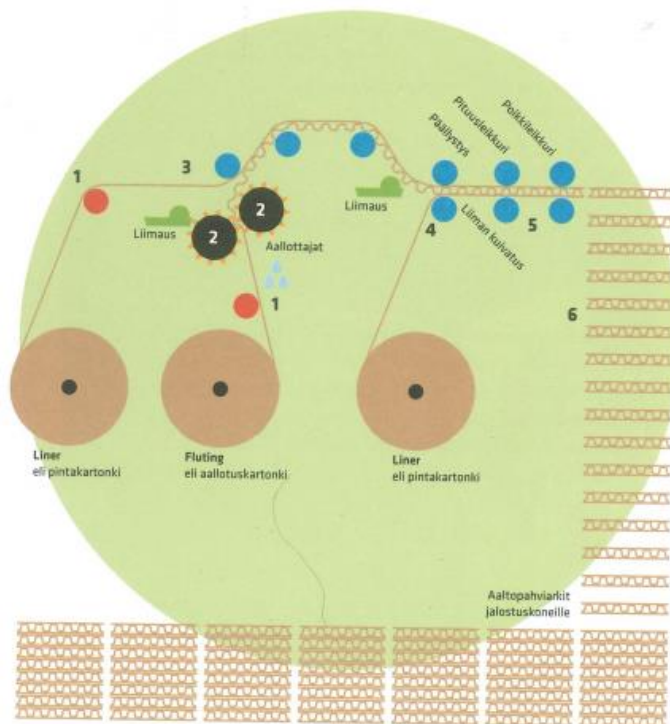
Vastaanottolaitteiden tarkoitus on pinota poikkileikkurilta saapuvat arkit. Haastavuutta prosessiin tuo konevauhdilla saapuvat arkit, sillä vastaanottolaitteen nopeus on vain noin viidesosa konenopeudesta. Näin ollen arkkeja kontrolloidaan esimerkiksi painamalla niitä alas harjojen avulla, jolloin arkit asettuvat limittäin ja ongelmitta radalle.

Alaleikkurilta tulevat arkit pinotaan nostamalla kuljetinta jota pitkin arkit saapuvat. Kun haluttu pinokorkeus saavutetaan, pino ajetaan ulos vastaanottolaitteistosta. Kuljetin lasketaan samanaikaisesti ala-asentoon, jotta uutta pinoa päästään aloittamaan mahdollisimman nopeasti.

Yläleikkurilta saapuvat arkit pinotaan alaspäin liikkuvalla poikittaiskuljettimelle, joka halutun pinokorkeuden saavutettua lasketaan alas ja ajetaan ulos vastaanottolaitteistosta. Poikittaiskuljetin täytyy tämän jälkeen nostaa takaisin ylä-asentoon, jonka jälkeen pinoaminen voidaan taas aloittaa.

### 3.6 Aaltopahvin valmistus

Yksiaaltoisten aaltopahviarkkien valmistus on yksinkertaisimmillaan esitetty alla olevassa kuvassa.



KUVA 6. Aaltopahvin valmistusprosessi (Aaltopahvi – Käyttäjän käsikirja 2007, 19).

Kartonkien esikäsitteily, joka sisältää kartonkien lämmittämisen sekä kostuttamisen, on ensimmäinen vaihe aaltopahvin valmistusta. Aallotuskartonki lämmitetään esilämmityssylinterin avulla ja kostutetaan höyryllä, jotta se muodostuu aalloksi

ongelmitta. Aallotuskartonki ajetaan aallottajaan, joka paineilman avulla muodostaa kartongista aallon muotoista. Samanaikaisesti esilämmitetty pintakartonki ajetaan toiselta puolelta aallottajaa, jotta se saadaan välittömästi aallon muodostamisen jälkeen liimattua aallotuskartonkiin. Liima sivellään aallon harjoihin ja puristetaan yhteen pintakartongin kanssa. Tästä muodostuu yksipuolinen aaltopahvi.

Yksipuolinen aaltopahvi vedetään ylösvetokuljettimen avulla sillalle, josta se johdetaan kohti esilämmitintä, ja edelleen liimausyksikölle. Liimausyksiköllä sivellään toisille aallonharjoille liima ja puristetaan välittömästi yhteen toiseen pintakartonkiin, jolloin muodostuu kaksipuoleinen aaltopahvi arinan suulle. Aaltopahvi vedetään arinasta läpi. Arina kuivattaa aaltopahvin lämmön avulla, sekä parantaa liimasaumaa.

Aaltopahviradasta leikataan reunat puhtaaksi eli reunanauha leikataan pois. Reunanauha johdetaan torven avulla jätehihnalle, jonka kautta reunanauhajäte päättyy jätepaaleihin. Pituusleikkurilla aaltopahvi leikataan tilausmittoihin pituudeltaan ja ajetaan yleisimmin kahteen rataan kohti poikkileikkuria. Poikkileikkuri leikkaa radan arkeiksi, jotka pinotaan vastaanottolaitteella automaattisesti pinoihin. Pinot kuljetetaan tilauksesta riippuen, joko suoraan lähettämöön, valmiina lähetettäväksi asiakkaalle, tai odottamaan jalostekoneelle päätymistä väliavarastoon.

Kaksiaaltoisen aaltopahvin tilanteessa hyödynnetään toista aallottajaa, joka muodostaa toisen kerroksen yksipuolisen aaltopahvin. Yksipuoliset aaltopahvit ja alapinta liimataan yhteen liimausyksiköllä, niin kuin yksiaaltoisen aaltopahvinkin tapauksessa.

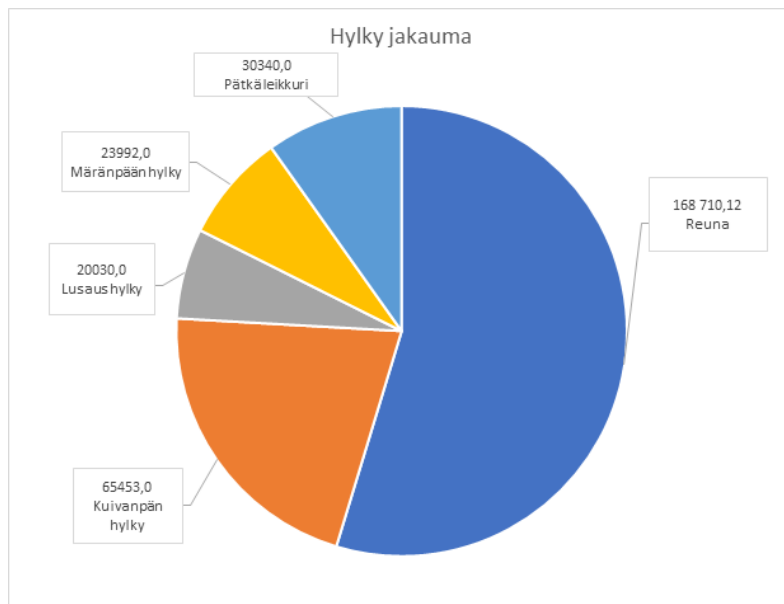
## 4 JÄTTEEN HALLINTA

Aaltopahvin prosessista syntyvää jätettä pystytään kierrättämään jopa viiteen kertaan. Tämä on yksi syy miksi aaltopahvi on varmistanut paikkansa pakkausteollisuudessa. Vaikka raaka-aineet ovat kierrätettäviä ja uusiutuvia, se ei kuitenkaan ole yritykselle tuottoisaa. Jätteestä syntyy suuria kustannuksia yritykselle ja sitä alentamalla päästään toimivampaan, tehokkaampaan ja ekologisempaan lopputulokseen. Rohden mukaan (1995, 188) aaltopahvitehtaassa syntyy keskimääräisesti 11,29 % jätettä, josta 7,86 % on vaikutettavissa olevaa. Yksikin prosentti aiheuttaa satojen tuhansien eurojen kustannuksia yritykselle.

### 4.1 Vaikutettavissa oleva jäte

Aaltopahvikoneen vaikutettavissa oleva jäte käsittää märän pään jätteen, reunanauhan ja arkki hukun. Tämä kaikki on ylimääräistä jätettä, jota vähentämällä yhtiö säästää jätteestä syntyvissä kustannuksissa, kuten energiakuluissa. Yrityksen toiminta on näin ollen myös ekologisempaa, sillä hylkyyn mennyttä tuotetta ei tarvitse valmistaa uudestaan, eikä käsitellä.

Kuviosta 1 nähdään aaltopahvikoneella muodostuvan hyllyn jakauma. Suurin hylkyä muodostava tekijä on reunanauha. Tulokset on kerätty jätteenhallintajärjestelmästä, jonka Tampereen tehdas käyttöönotti vuoden 2019 alusta alkaen.



KUVIO 1. Vaikutettavissa olevan hyllyn jakauma.

#### 4.1.1 Märän pään jäte

Märän pään jäte muodostuu monesta tekijästä. Yksi suurimmista hyllyn määrän aiheuttajista on vaihto aallottajalta toiselle. Aallottajaa käynnistäessä, sillalle kertyy monia metrejä epäkuranttia yksipuoleista aaltopahvia. Tämä johtuu useimmiten liimakaavareiden tai papereiden asettumisesta kohdilleen tai esimerkiksi kartonki on seisseen koneen syystä liian kuivaa.

Ajon aikanakin märässä päässä syntyy jätettä, vaikka paperit olisivatkin kohdallaan, liimakaavarit toimisivat moitteetta ja ajoparametrit olisivat kunnossa. Rullanvaihdossa syntyy saumakohta kartonkien välillä, joka rajoittuu yleensä kuitenkin vain yhden arkin hylkymäärään. Suurempi vaikutus hylkyyn muodostuu vaihdetun rullahylsyn ympärille. Hyvä rullanvaihtaja jättää hylsyyntä vain pienen määrän kartonkia.

Lusaushylkyä kuului ennen märänpään jätteeseen. Tampereen tehtaalla lusaushylkyä kuitenkin suoritetaan rullavaraston puolella. Lusaushylky tarkoittaa kartonkirullan päällimmäisen kerroksen poistamista. Usein tämä kerros on ikään kuin paketti suojaamassa rullaa. Lusaushylkyä poistetaan myös epäkurantteja kohtia rullan reunasta itse aaltopahvikoneella.

### **4.1.2 Reunanauha**

Aaltopahviradasta leikattava reunanauha muodostaa melkein puolet aaltopahvin prosessin jätteestä. Reunanauhat muodostuvat lajikohtaisten ajojonojen mukaan. Jos reunanauhat ovat liian pienet, leikkurin leikkaama jälki ei ole siistiä eikä tasaista, jolloin arkit ovat usein käyttökelvottomia jalostuskoneelle. Optimoimalla reunanauha sopivan pieneksi, jätettä syntyy huomattavasti vähemmän. Tämä ei kuitenkaan todellisuudessa ole toteutettavissa, sillä ajojonot täytyy suunnitella tilausten, jalostekoneiden sekä varastotilanteen mukaan. Monipuolisilla rataleveyksillä reunanauhan kokoon pystytään vaikuttamaan paremmin.

### **4.1.3 Pätkäleikkuri**

Pätkäleikkurilta syntyy jätettä pääasiassa vain koneen käynnistyksen ja lajinvaihdon yhteydessä. Pätkäleikkurilta erotelluista arkeista tarkastetaan pinta ja reunat, josta nähdään tuotteen käyttökelpoisuus. Ongelmasta riippuen tilanteeseen reagoidaan muuttamalla radan kireyttä, höyryjä, ajo parametreja ja tarkastamalla raaka-aineet, kunnes ongelma on korjattu.

### **4.1.4 Kuivanpään hylky**

Kuivanpään hylky käsittää jo valmiin tuotteen hylkäämistä laatusyistä. Tuote voi olla esimerkiksi huonosti liimautunut, arkin pinta voi olla palanut tai arkki on kaareutuva. Tuote on siis epäkuranttia ja joudutaan hylkäämään ja lähettämään repijälle ja siitä edelleen jätteen jatkokäsittelyä kohti.

## **4.2 Tuotannosuunnittelu**

Hyvällä tuotannosuunnittelulla jätteen määrää voidaan laskea huomattavasti. Tuotannosuunnittelu laatii trimmit eli ajojonot, joista määräytyy reunanauhan koko sekä lajinvaihdot. Pääasiassa tuotannosuunnittelija pyrkii laatimaan trimmit etenemällä leveästä kapeaan rataleveyteen, niputtamaan saman aaltoprofiilin ajot perätysten sekä toteuttamaan ajot mahdollisimman pienellä reunanauhalla. Tämä ei kuitenkaan aina



toteudu, sillä huomioon täytyy ottaa myös jalostekoneiden kuormitustilanne sekä tilausten kuljetusaikataulut.

Tällä hetkellä Tampereen tehtaalla tuotannosuunnittelu on vielä pääosin manuaalista, joka jättää tilaa virheen mahdollisuudelle ja hidastaa toimintaa verrattuna automaattiseen järjestelmään. Lisäksi manuaalinen ja monen tietojärjestelmän operointi jättää paljon tuotannosuunnittelijan muistin varaan.

## 5 RATALEVEYDEN OPTIMOINTI

Reunanauhasta muodostuva hylky on yli puolet Tampereen tehtaan vaikutettavissa olevasta hylystä aaltopahvikoneella (KUVIO 1.). Niin kuin kappaleessa 4.2. on esitelty, tuotannonsuunnittelu muodostaa trimmit, joista reunanauhat muodostuvat. Huomioon täytyy ottaa myös tilausten tilanne; jalostekoneiden kuormitus sekä lähtevä tavara, sillä ne vaikuttavat trimmien luomiseen. Optimoimalla rataleveydet tuotannonsuunnittelulle muodostuu enemmän vaihtoehtoja luoda trimmit.

Optimi rataleveydet omaavat tarpeeksi suuret variaatiot tehtaan ajojonoille, kuitenkin ylikuormittamatta varastoa ja kiinnitettyä pääomaa. Rataleveyden optimoinnilla mielletään rataleveyksien lisäämistä tai vähentämistä, riippuen tehtaan tuotantomallista.

Suuret variaatiot rataleveyksissä antavat tuotannonsuunnittelulle mahdollisuuden järjestellä ajojonot järkevämmiin ja tehokkaampiin. Radasta leikataan tilausmittaan kaksi rataa, jolloin suurin osa ajojonosta tarvitsee niin kutsutun trimmiparin, kuten kappaleessa 4.5.3. on esitetty. Jos vaihtoehtoja on niukasti, kasvavat reunanauhat helposti tarpeettoman suuriksi.

### 5.1 Nykytilanne Tampereen tehtaalla

Tampereen tehtaalla ajetaan tällä hetkellä 1800 mm, 2050 mm, 2200 mm ja 2500 mm rataleveyksillä. Rataleveyksistä on heti huomattavissa suuri ero 2200 mm ja 2500 mm sekä 1800mm ja 2050mm välillä, joista syntyy rasitetta trimmiparien luomiseen.

### 5.2 2350 mm rataleveys

Lisäämällä 2350 mm rataleveys 2200 mm ja 2500 mm välille, pystytään trimmipari jäsentelemään järkevämmiin ja tehokkaampiin varsinkin hyllyn näkökulmasta. Rataleveyden lisäämisellä pystytään vaikuttamaan reunanauhan kokoon ja tehokkuutta saadaan lisättyä esimerkiksi juoksumetriä mahdollisella vähenemisellä. Juoksumetrit voivat vähentyä ajojen leveysjakauman ansiosta. Oletetaan että 2050 mm leveän radan

trimmipareja pystytäänkin ajamaan 2350 mm leveällä radalla, tällöin saman neliömetrin saavuttamiseksi juoksumetrit ovat pienemmät leveämmän radan ansiosta.

### 5.3 Varasto

Tampereen tehtaan rullavarastoon mahtuu noin 1 500 tonnia kartonkia. Osa varastosta on hyödynnetty niin kutsuttujen tumppirullien järkevään varastoimiseen, jolloin ne saadaan vaivatta uudelleen käyttöön. Tumppirulla on vajaa rulla, josta jää ajo kesken. Tämä tumppirulla kuljetetaan rullavarastoon säilytykseen, josta se hyödynnetään myöhemmin. Tumppirullien kuljetuksesta vastaa automaattitrukit.

Aaltopahvitehtaan varasto elää tilausten mukaan todella paljon. Viikkokohtainen paperinkulutus tietyssä lajissa saatetaan ajaa kahdessa tunnissa. Tästä koituu suuria haasteita varaston logistiseen järjestelyyn. Tämän lisäksi uusia rullia tilatesa täytyy osata katsoa tulevaisuuteen tilaus kohtaisesti ja arvioida kulutus. Varaston tilannetta hämärtää entisestään paperinimikkeet, jotka eivät vielä ole järjestelmässä. Tästä syystä varaston tilannetta on hankala selata järjestelmien avulla.

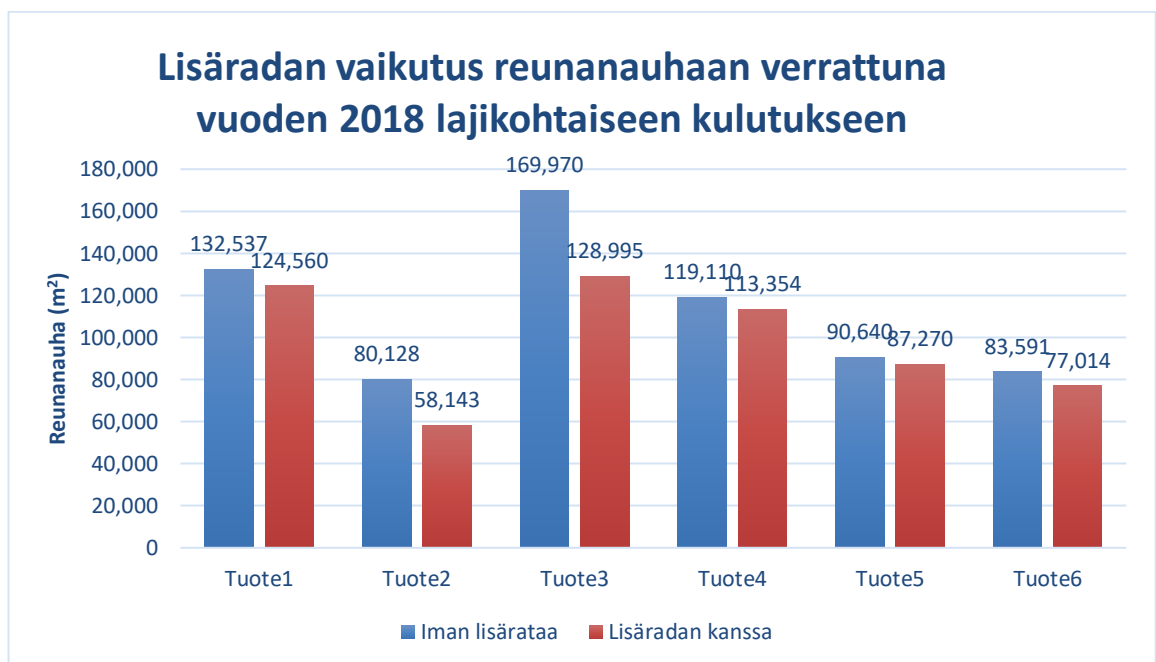
Varastossa kuitenkin on tilaa lisäradan mukana tuleville rullille. Järjestelemällä rullavarastoa järkevämmiin ja poistamalla muutamia nimikkeitä varastoon saadaan arviolta liki kymmenelle tuotenimikkeelle tilaa.

## 6 AJOJONOSIMULAATIO

Ajojono simuloidaan uuden ratalevyden kanssa, jotta nähdään ratalevyden lisäämisen vaikutus reunanauhaan. Simulaatiota varten valitaan muutama paperilaji, joilla on suuri kulutus, ja joita käytetään monessa tuotelajissa. Näin ollen päästään mahdollisimman vähällä varaston kuormittamisella tehokkaaseen lopputulokseen ratalevyden optimoinnissa.

Ajosimulaatioiden ennusteiden ja 2018 vuoden tuotelajikulutusten mukaan luotiin kaavioita kuvastamaan lisäradan vaikutusta reunanauhaan. Alapuolelle on esitetty kolme tilannetta 2350 mm leveälle radan lisäykselle. Tilanteet on jaettu paperilajien leveyksien lisästarpeen mukaan.

Kuviosta 2 nähdään lisäradan vaikutus lajikohtaisesti. Kuviota on luotu vuoden 2018 lajikohtaisen kulutuksen perusteella, hyödyntäen ajosimulaatiosta saatuja reunanauha-prosentti arvoja, sekä koko työmassan neliömäärää ilman lisärataa ja sen kanssa. Koko työmassa kuvastaa 99 päivän ajojonoa. Ajosimulaatioiden syystä laskelmat ovat teoreettisia, varsinkin koko työmassan tapauksessa, sillä 99 päivän ennusteeseen ei voida ottaa huomioon kaikkia tilauksia tai jalostuskoneiden vetävyyttä.



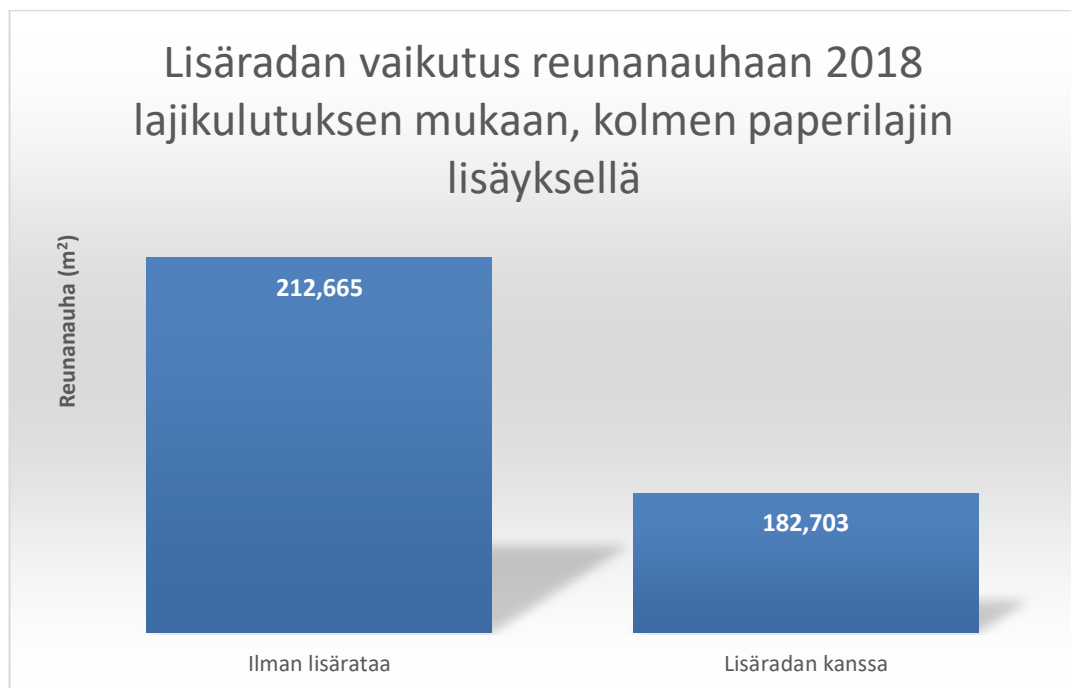
KUVIO 2. Reunanauhan määrä vuoden 2018 lajikohtaisen kulutuksen mukaan ilman lisärataa ja sen kanssa.

Kuviosta 2 nähdään, että Tuote3:n reunanauha laskee noin 40 000 neliometriä vuositasolla. Suurin yksittäinen hyöty syntyisi siis lisäradan lisäämisestä kyseiseen tuotelajiin. Varastotilan niukkuudesta johtuen tämä ei kuitenkaan ole tehokkain ratkaisu, sillä paperilajeja uudelle leveydelle täytyisi hankkia vähintään kolme kappaletta ja vaikutus osuisi vain yhteen vallitsevista tuotelajeista.

Tuotelajeja on koottu yhteen seuraavissa tilanteissa, jotta nähdään mikä vaihtoehtoista on tehokkain, huomioon ottaen varastotila. Tilanteissa on otettu huomioon yhtenevät raaka-aineet, kulutus, sekä selvä vaikutus lisäradan lisäyksestä. Näin ollen päästään tehokkaasti laskemaan reunanauhan määrää ylikuormittamatta varastoa.

## 6.1 Tilanne A

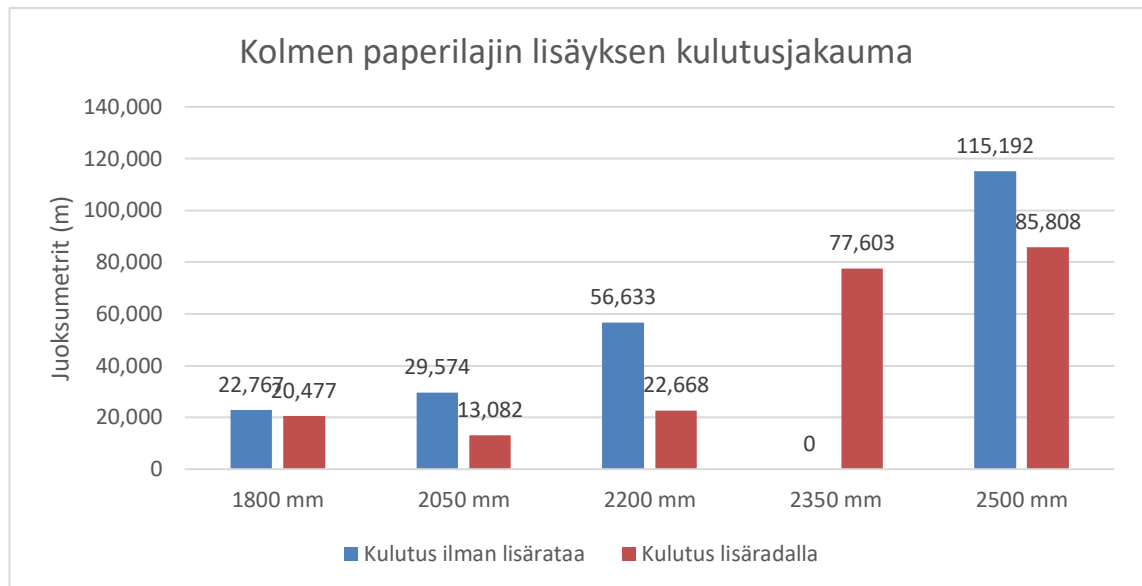
Tampereen yksiköllä on jo käytössä 2350mm leveä fluting paperi, joka sopii yhteen tilanteen A kanssa. Lisäleveyksiä tilanteeseen täytyy siis hankkia kahta laatua, jotta suurempi hyöty saadaan käyttöön. Kahdella eri lainerin hankinnalla päästään seuraaviin tuloksiin reunanauhan määrän laskemisessa kahdessa eri tuotelajissa.



KUVIO 3. 2350-mm ratalevyden lisäyksen vaikutus reunanauhaan tilanteessa A.

Kuten kuvioista 3 nähdään, reunanauhan määrä laskee yli 30 000 neliometriä vuoden 2018 lajikulutuksessa. Ero kuitenkin jakaantuu kahden tuotelajin välille, joka on nähtävissä kuvioissa 5. ja 6.

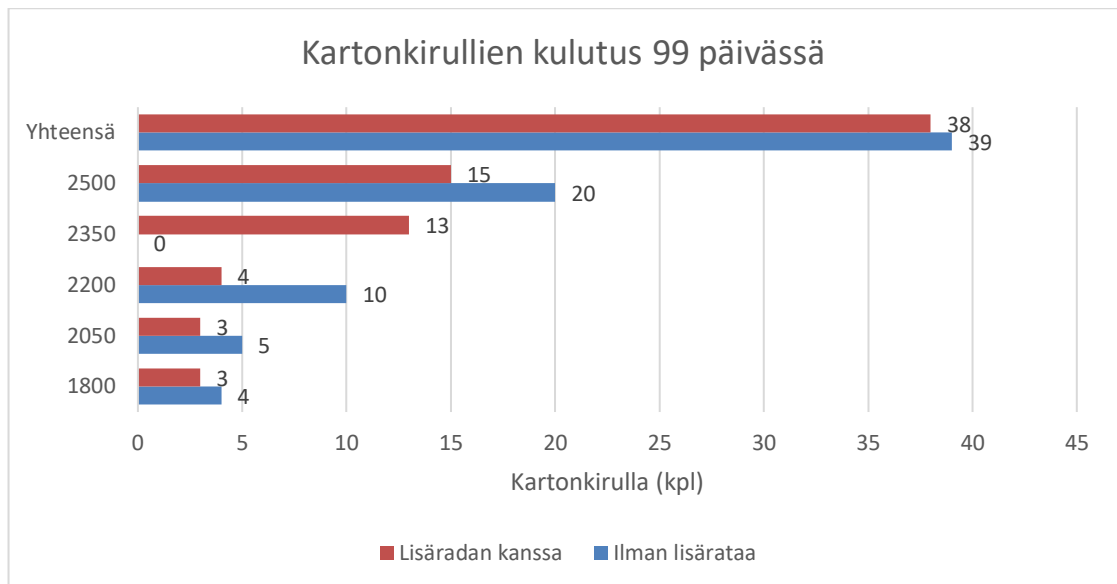
Kuviosta 4 nähdään paperien kulutuksen jakaantuminen eri leveyksille nykytilanteessa sekä lisäradan käyttöönoton jälkeen tilanteessa A. Kulutusjakaumat on laskettu ajosimulaation ennusteiden juoksumetrien perusteella koko työmassasta.



KUVIO 4. Tilanteen A paperin kulutusjakauma.

Kulutusjakaumasta käy ilmi, kuinka paljon tarvetta lisäradalle kyseisessä tilanteessa on. Lisäradan käyttöönotto jakaa paperin tarvetta, joka luo haastavuutta paperin tilauksen näkökulmasta. Varastokuorma ei kuitenkaan lisäänty, vaan jakaantuu tasaisemmin. Juoksumetrit saattavat vähentyä, sillä kapeampien leveyksien määrät vähenevät ja suuri painopiste muodostuu lisäleveydelle. Näin ollen neliömäärä pysyy samana, vaikka juoksumetrit vähenisivät.

Kuviossa 5 esitetään kartonkirullien kappalemäärät lisäradalla sekä ilman lisärataa. Kartonkirullien kulutus on laskettu kyseisen tilanteen paperilajien kulutusjakauman mukaan. Kartonkirullassa on keskiarvolta noin 6 000 metriä paperia.



KUVIO 5. Kartonkirullien kulutus lisäradan kanssa sekä ilman lisärataa kolmen paperin lisäyksellä.

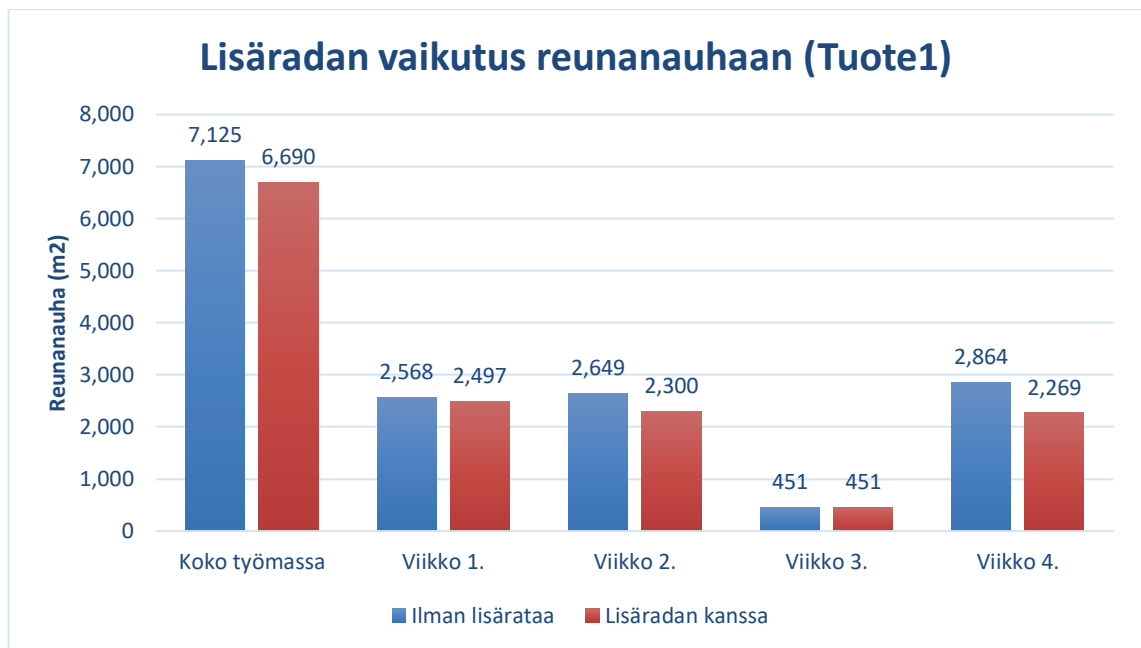
Kuten kuviosta 5 käy ilmi, rullien kappalemäärien muutos on miltei olematon. Lisäradalla säästetään yksi rulla 99 päivän koko työmassasta, jolloin vuodessa säästettäisiin arviolta neljä rullaa kyseisiä paperilajeja.

Kartonkirullien kulutusjakaumasta ilmenee myös varaston kuormitus. Tilanne A antaa hyvän ennusteen varaston kannalta, sillä kuormitus laskee lisäradan käyttöönotossa.

### 6.1.1 Tuote1.

Vuoden 2018 lajikulutuksen mukaan Tuote1 on valmistetuin tuote tehtaalla. Suuresta menekistään johtuen, Tuote1 on loistava ehdokas lisäradan lisäykseen. Suuren menekkensä syystä reunanauhaakin syntyy paljon.

Kuvion 6 on muodostettu ajosimulaation perusteella. Kuvio on teoreettinen ja käytännössä vaikutus ei välttämättä ole yhtä tehokas.



KUVIO 6. Lisäradan vaikutus tuotteen 1 reunanauhaan.

Kuviosta 6 nähdään, kuinka koko työmassan simulaatiossa reunanauha laskisi 415 m<sup>2</sup>. Viikkokohtainen ero on kuitenkin luotettavampi verrattuna käytännön tilanteeseen, sillä tehtaassa luodaan ajojono viikko kerrallaan. Ensimmäisen viikon simulaatio on lähimpänä käytännön tilannetta.

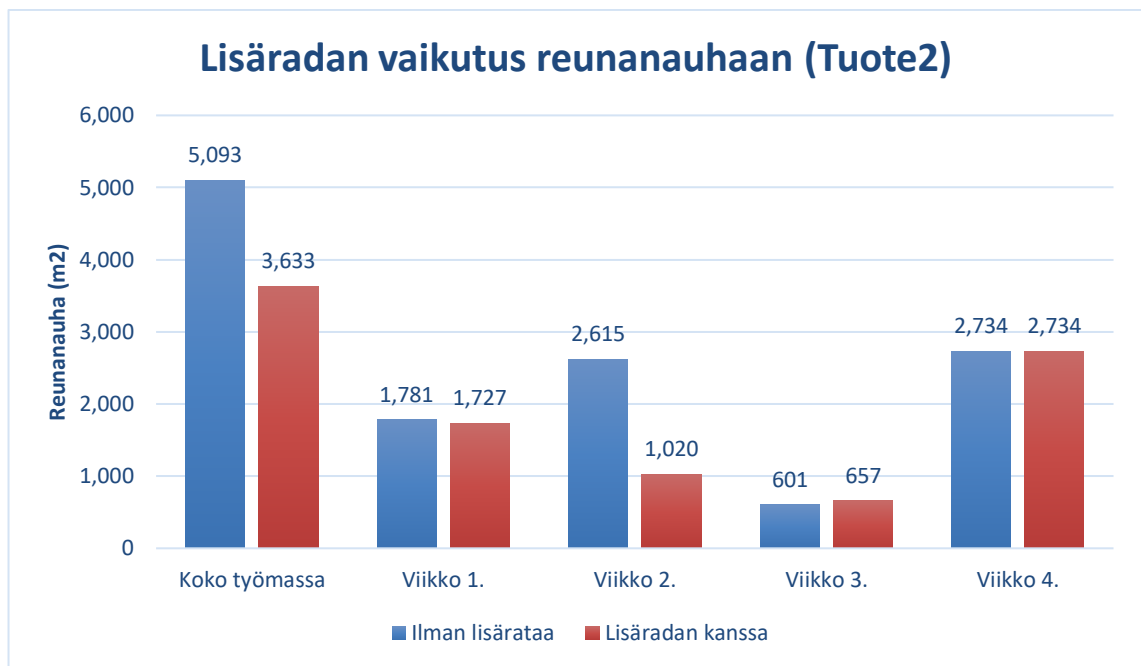
Kyseisessä lajissa vaikutus on marginaalinen, mutta suuren kulutuksensa vuoksi se on vartenotettava vaihtoehto. Jo olemassa oleva fluting kyseiseen leveyteen helpottaa käyttöönottoa tuotteelle. Tämän lisäksi, tilanteeseen saadaan mukaan Tuote2, joka omaa suuremmat vaikutukset lisäradasta.



### 6.1.2 Tuote2

Suuri volyymi tuotannossa kohdistuu myös tuotteelle 2. Kyseinen tuote sopii hyvin Tuotteen 1 kanssa pariksi, sillä ne käyttävät yhtenevää flutingia. Ero tuotteiden välillä syntyy ylä- ja alapinnan lainerin painosta. Tuotteessa 2 on painavammat lainerit, jolloin siitä syntyvä hukka on myös kalliimpaa.

Kuviosta 7 nähdään lisäradan vaikutus tuotteen 2 reunanauhaan viikkokohtaisesti sekä koko työmassasta.



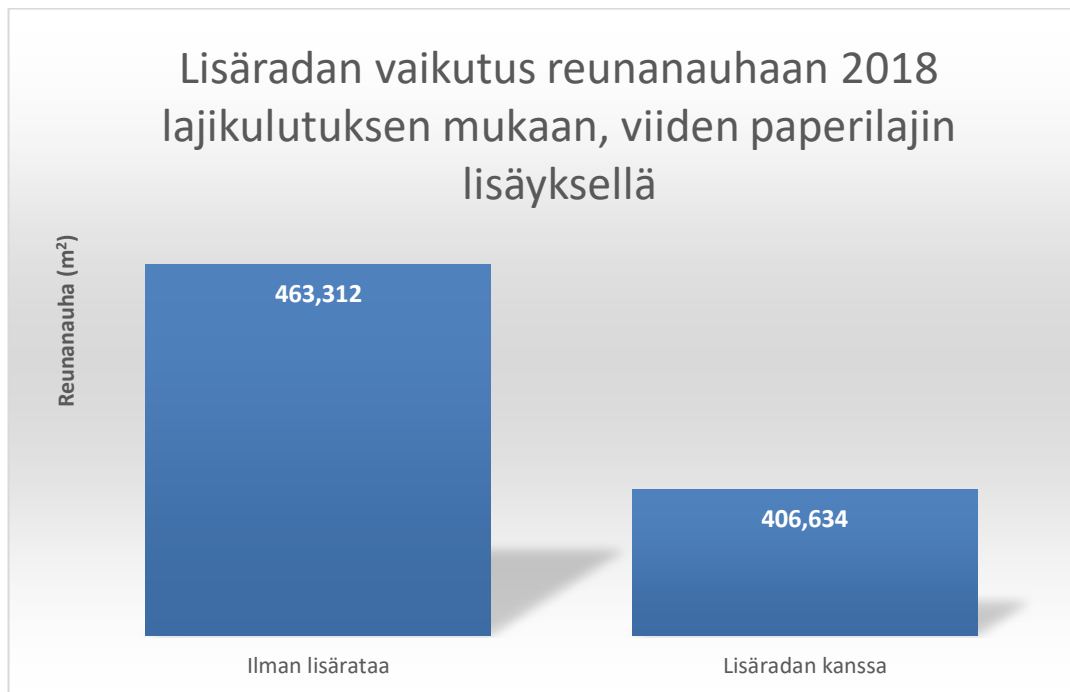
KUVIO 7. Lisäradan vaikutus tuotteen 2 reunanauhaan.

Ero on huomattavasti suurempi kuin tuotteella 1. Suurin vaikutus tapahtuu viikolla kaksi, jossa notkahdus on 1605 m<sup>2</sup>. Tästä syystä koko työmassan ero on niin suuri. Toisen viikon tulos ei kuitenkaan ole yhtä luotettava, kuin esimerkiksi viikon 1. tulos. Trimmisimulaatio ei kykene laskemaan tarkkaa ajojonoa kuin viikon ajalle. Tämä johtuu osin siitä, että tilauksia saapuu viime tingassa tuotannosuunnitteluun, jolloin aikaisessa ajojonossa ei näy vielä koko kuormitusta kyseiselle viikolle. Kuitenkin vuoden 2018 kulutuksen mukaan reunanauhan määrä laskisi noin 22 000 m<sup>2</sup> (KUVIO 2.), jonka mukaan säästöä syntyy hyllyn suhteen, vaikkei toisen viikon tulos olisikaan täysin luotettava.

## 6.2 Tilanne B

Tilanteessa B lisäleveyyksiä täytyisi hankkia viiteen eri paperilajiin. Näillä lisäyksin lisärata saadaan neljään eri tuotteeseen, jotka ovat Tuote3, Tuote4, Tuote5 ja Tuote6. Viiden paperilajin järjestely jo tiukkaan mitoitettuun varastoon aiheuttaa logistisia ongelmia. Kuitenkin tilanne B luo suuremman vähennyksen reunanauhoihin vuoden 2018 lajikulutuksen mukaan kuin tilanne A (KUVIO 2.).

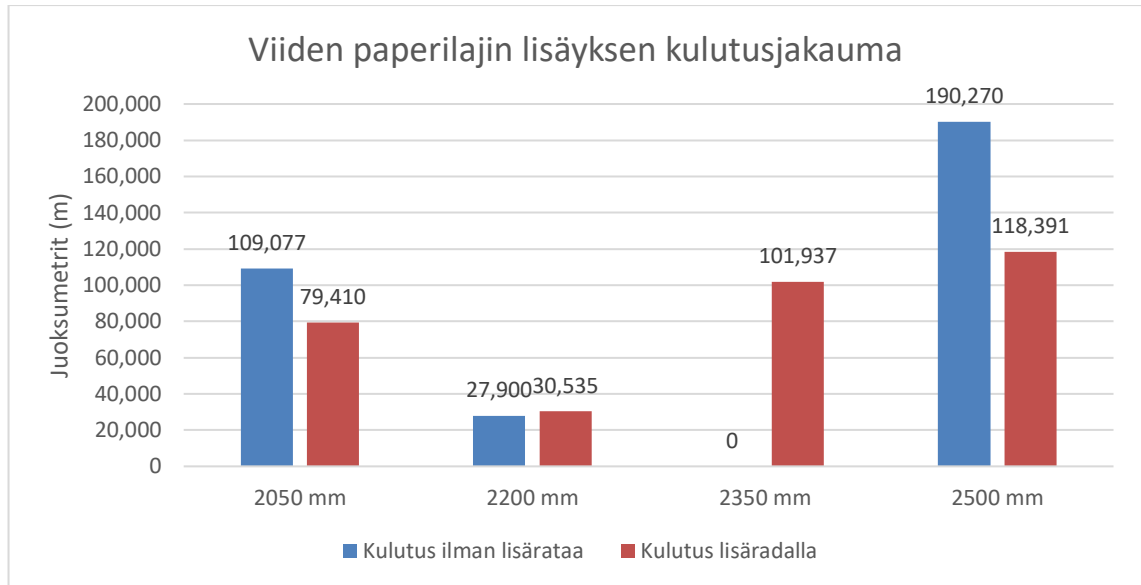
Kuviossa 8 esitetään reunanauhan määrä neliömetreinä suhteutettuna vuoden 2018 kulutukseen.



KUVIO 8. 2350 mm ratalevyden lisäyksen vaikutus reunanauhaan tilanteessa B.

Lisärata tuo hieman miltei 60 000 m<sup>2</sup> vähennyksen reunanauhan määrään vuodessa suhteutettuna vuoden 2018 tuotelajikulutukseen. Erotus jakaantuu viiden paperin välille, joiden kulutus nähdään kuviossa 9.

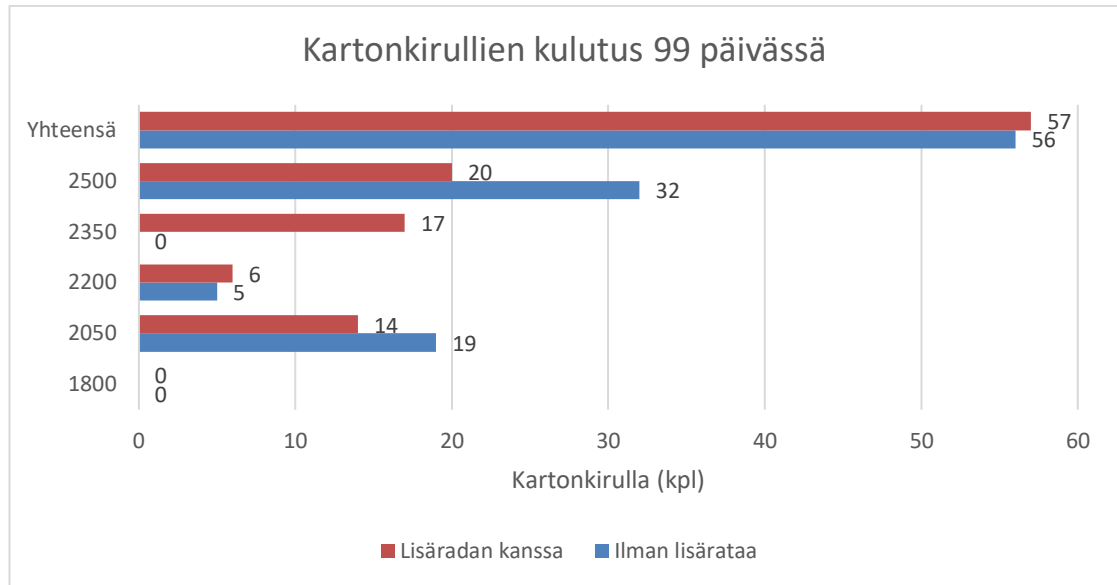
Kuviosta 9 nähdään paperien kulutuksen jakaantuminen eri leveyksille nykytilanteessa sekä lisäradan käyttöönoton jälkeen tilanteessa B. Kulutusjakaumat on laskettu ajosimulaation ennusteiden juoksumetrioiden perusteella koko työmassasta.



KUVIO 9. Tilanteen B paperin kulutusjakauma.

Kuviosta 9 huomataan, kuinka suuri tarve lisäradalle muodostuu. Kulutus jakaantuu tasaisemmin paperien välille lisäradan kanssa. Kapean 2050mm radan kulutus laskee miltei 30 000 m<sup>2</sup>, mutta suurin ero syntyy leveimmän 2500mm radan kohdalle, josta yli 60 000 m<sup>2</sup> jakaantuu uudelle radalle.

Kartonkirullien kulutus on laskettu kyseisen tilanteen paperilajien kulutusjakauman mukaan. Kartonkirullassa on keskiarvolta noin 6 000 metriä paperia.



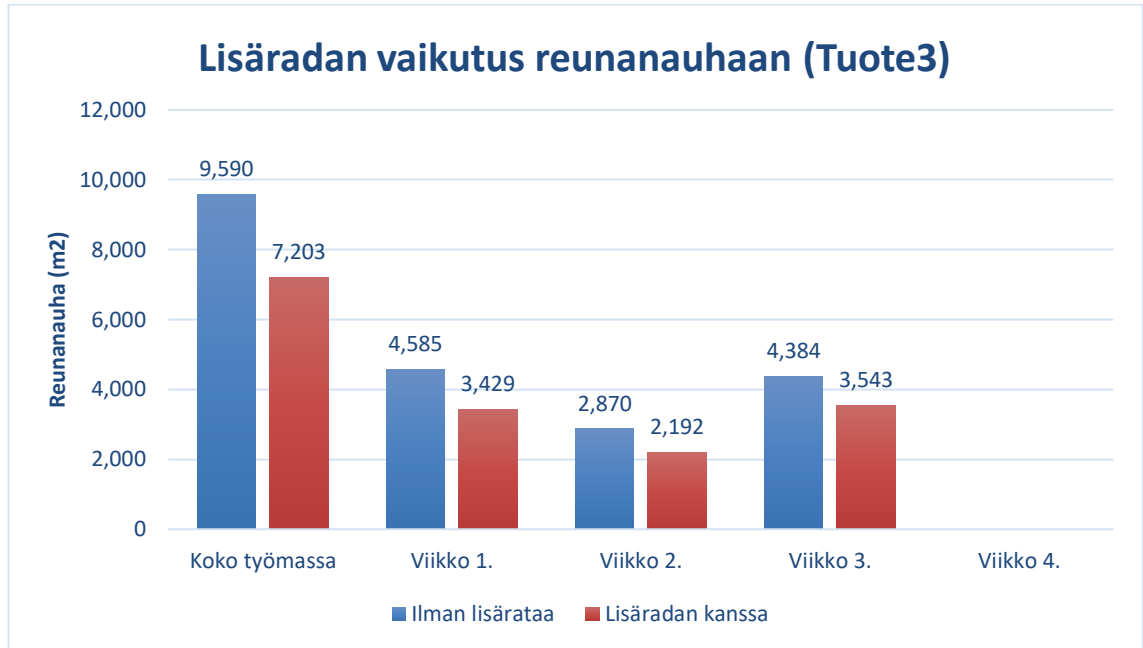
KUVIO 10. Kartonkirullien kulutus lisäradan kanssa sekä ilman lisärataa viiden paperilajin lisäyksellä.

Tilanteessa B lisärata luo yhden rullan lisäkustannuksen koko työmassaa eli 99 päivää kohden. Vuodessa syntyisi siis neljän rullan lisäkustannus kyseisiin paperilajeihin. Kustannus ei kuitenkaan ole liian suuri suhteutettuna säästettyyn 60 000 m<sup>2</sup> reunanauhaan, joka tilanteessa B syntyy (KUVIO 8.).

Varastoon sen sijaan syntyy kuormitusta lisäradasta. Koko työmassaa silmällä pitäen varastoon pitää sijoittaa yksi ylimääräinen rulla.

### 6.2.1 Tuote3

Yksittäisen tuotteen suurin lasku reunanauhan määrässä vuositasolla kohdistuu lajiin Tuote3 (KUVIO 2.). Kuviosta 11 nähdään ajosimulaation mukainen vaikutus reunanauhaan viikkokohtaisesti sekä koko työmassan osuus.

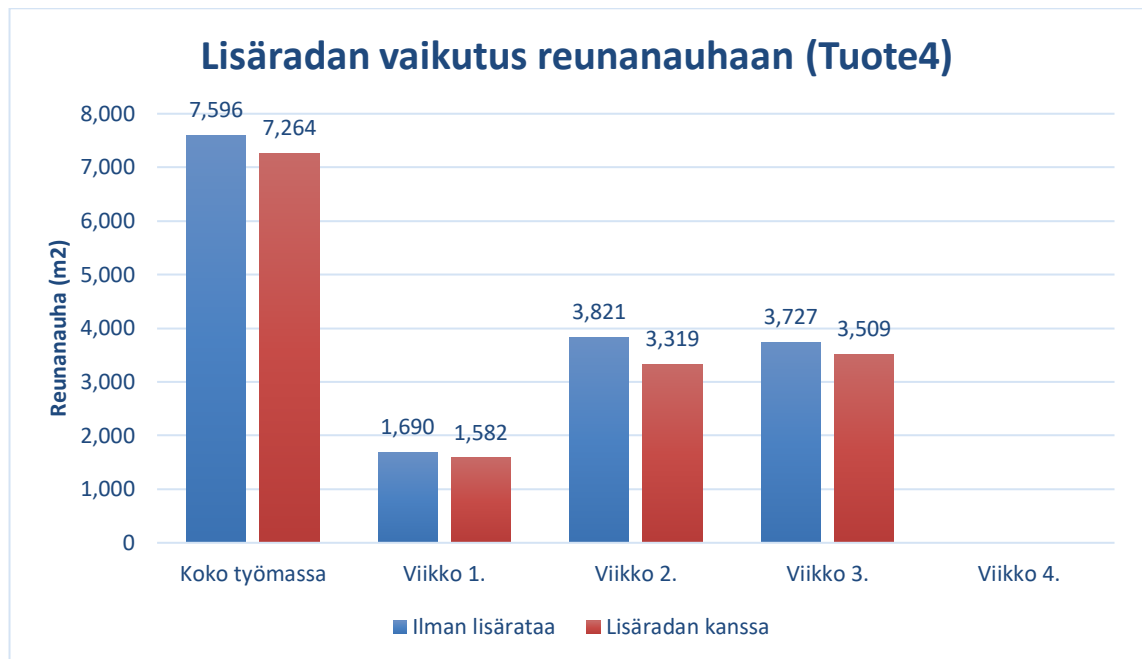


KUVIO 11. Lisäradan vaikutus tuotteen 3 reunanauhaan.

Kuviosta 11 nähdään huomattava ero jokaisella viikolla, joka kertoo tarpeesta lisäradalle. Reunanauhat madaltuisivat melkein 1 000 m<sup>2</sup> joka viikko ja koko työmassan reunanauhan osuus laskisi yli 2 000 m<sup>2</sup>. Kuvio 11. tukee vuoden 2018 lajikulutukseen suhteutettua reunanauhan määrää (KUVIO 2.) tuotteelle 3.

## 6.2.2 Tuote4

Kuviosta 12 nähdään ajosimulaation mukainen vaikutus reunanauhaan viikkokohtaisesti sekä koko työmassan osuus.



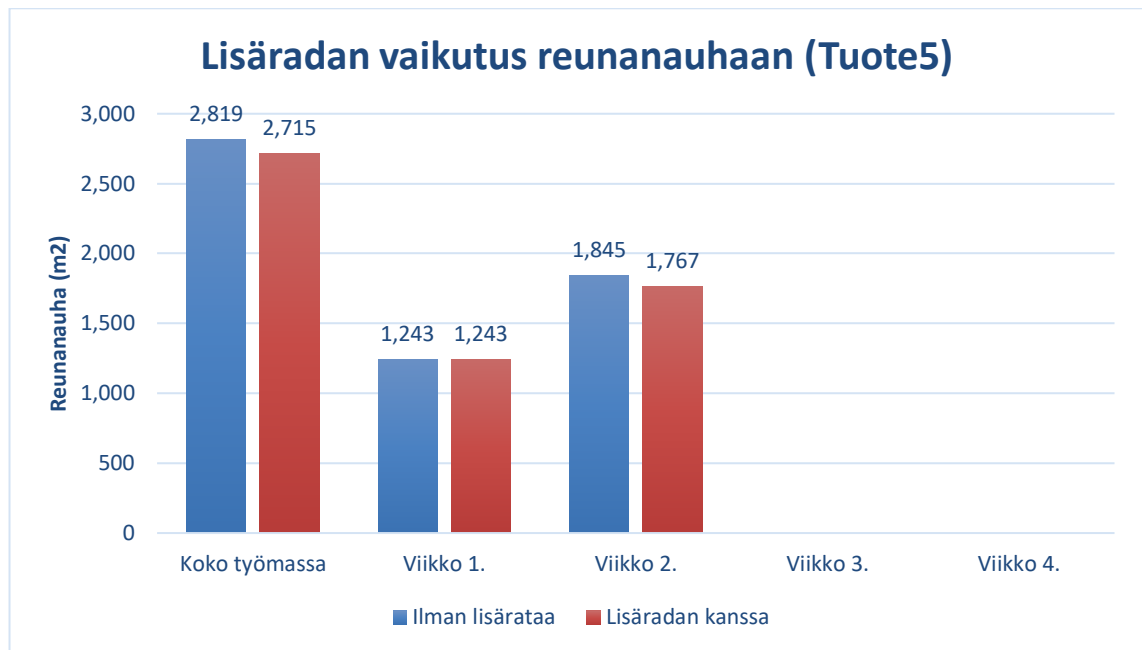
KUVIO 12. Lisäradan vaikutus tuotteen 4 reunanauhaan.

Kuvion 12. mukaan koko työmassan reunanauhan määrä laskee noin 300 m<sup>2</sup>. Lisäradasta koituu hyötyä tuotteelle myös viikkokohtaisesti. Kyseinen tuote käyttää yhteneviä pintakartonkeja sekä aallotuskartonkia muiden tilanteen tuotteiden kanssa.

Ajosimulaatiota ei pystytty tekemään viikolle 4., sillä tilauksia ei ollut kyseisille viikoille selvillä. Kaaviosta käy kuitenkin ilmi, että reunanauhan määrä laskee viikoittain keskiarvolta 100 m<sup>2</sup>.

### 6.2.3 Tuote5

Kuviosta 13 nähdään ajosimulaation mukainen vaikutus reunanauhaan viikkokohtaisesti sekä koko työmassan osuus.



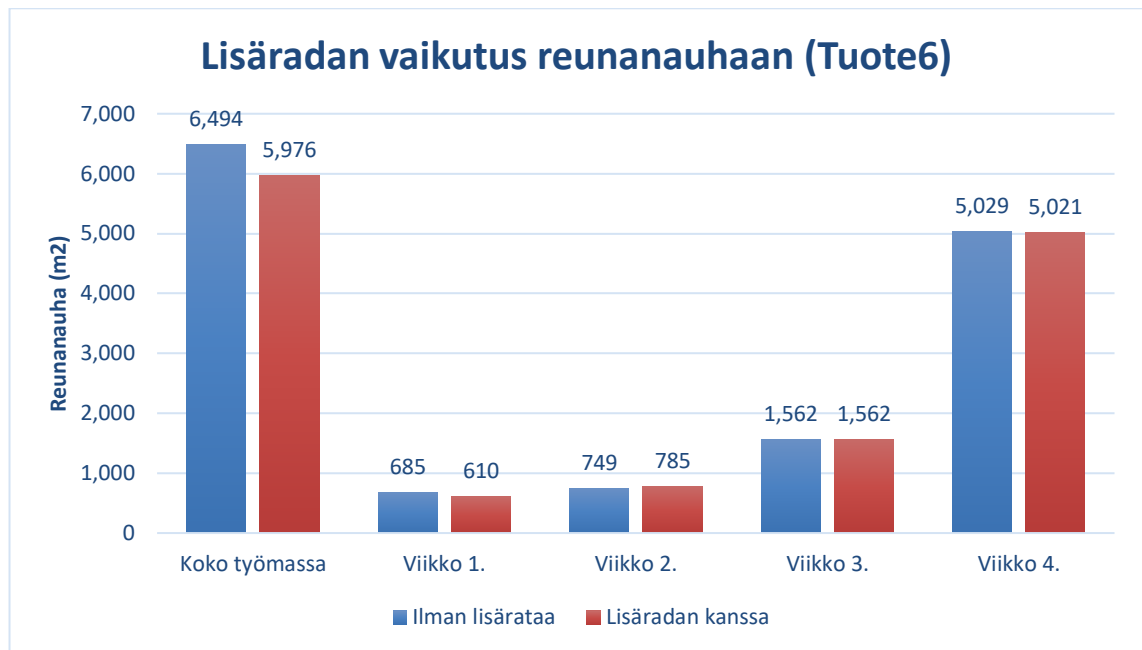
KUVIO 13. Lisäradan vaikutus tuotteen 5 reunanauhaan.

Vaikkakin vaikutus kuviossa 13 on pieni, tukee tuote 5 hyvin tilannetta B. Koko työmassan reunanauhan määrä laskee 104 m<sup>2</sup>. Kyseinen tuote käyttää yhteneviä pintakartonkeja sekä aallotuskartonkia muiden tilanteen tuotteiden kanssa.

Ajosimulaatiota ei pystytty tekemään viikoille 3. & 4., sillä tilauksia ei ollut selvillä kyseisille viikoille.

## 6.2.4 Tuote6

Kuviosta 14 nähdään ajosimulaation mukainen vaikutus reunanauhaan viikkokohtaisesti sekä koko työmassan osuus.



KUVIO 14. Lisäradan vaikutus tuotteen 6 reunanauhaan.

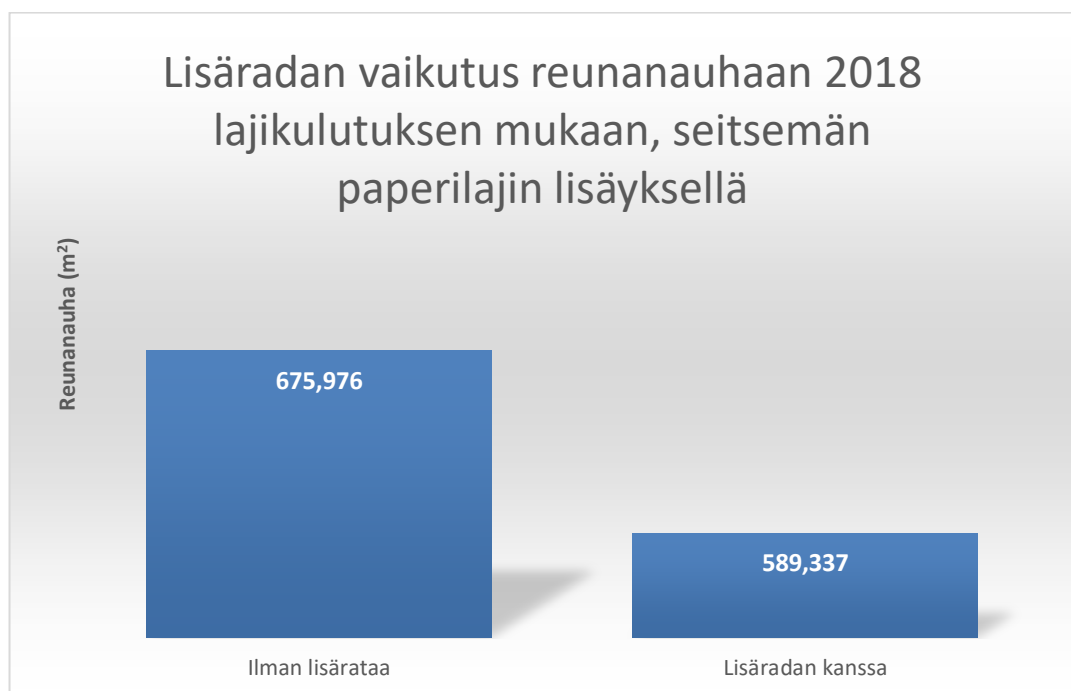
Tuotteen 6 suurin osa työkuormasta jakaantuu viikoille 3. & 4., jolloin tulokset ovat epärealistisia. Tästä huolimatta vuoden 2018 kulutuksen mukaan (KUVIO 2.) tuotteen 6 säästö reunanauhan määrässä on noin 5 500 m<sup>2</sup>. Teoreettisesti säästöä syntyy myös kyseiselle tuotteelle, jonka lisäksi tuote käyttää yhteneviä paperilajeja muiden tilanteen tuotteiden kanssa. Tämän ansiosta tuotteen lisäradan käyttöönotto ei aiheuttaisi eriävien paperilajien hankintaa 2350mm rataleveydelle.



### 6.3 Tilanne C

Tilanne C on kahden edellä mainitun tilanteen yhdistelmä. Hankkimalla kaikkia paperilajeja lisälevydelle luo selvästi suurimman säästön reunanauhan suhteen. Kuitenkin hyötysuhde laskee, sillä lisälevyksiä täytyy hankkia seitsemään eri paperilajiin, joka kuormittaa kiinnitettyä pääomaa, varastoa ja sen logistiikkaa huomattavasti enemmän.

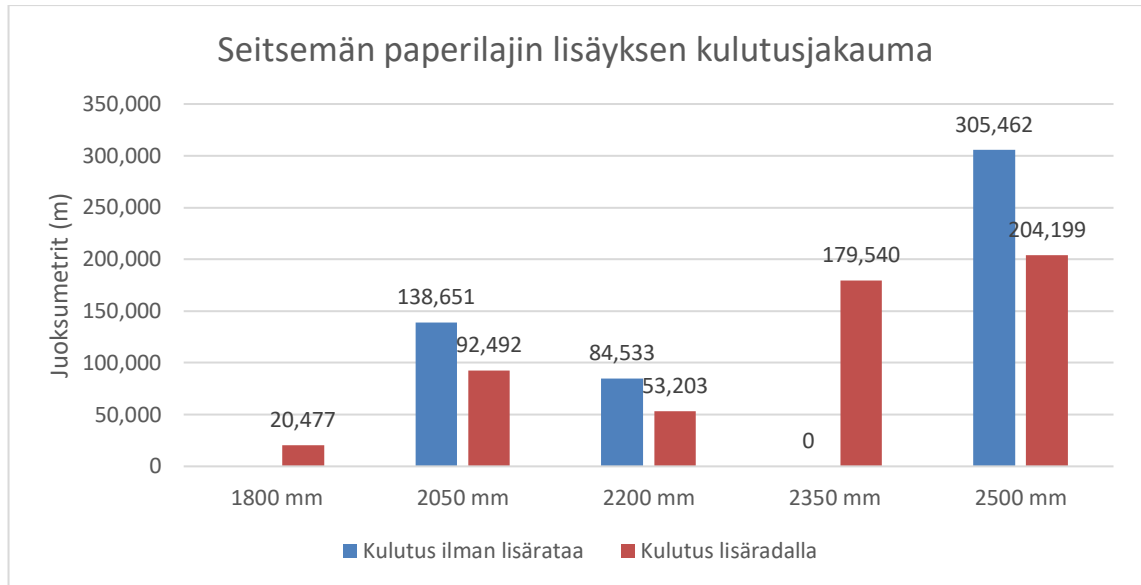
Kuviosta 15 nähdään seitsemän paperilajin lisäyksen tuoma säästö reunanauhassa vuositasolla.



KUVIO 15. 2350-mm ratalevyden lisäyksen vaikutus reunanauhaan tilanteessa C.

Vuoden 2018 tuotelajikulutukseen suhteutettuna tilanteen C säästö reunanauhan muodostamassa hyllyssä on 86 639 m<sup>2</sup>.

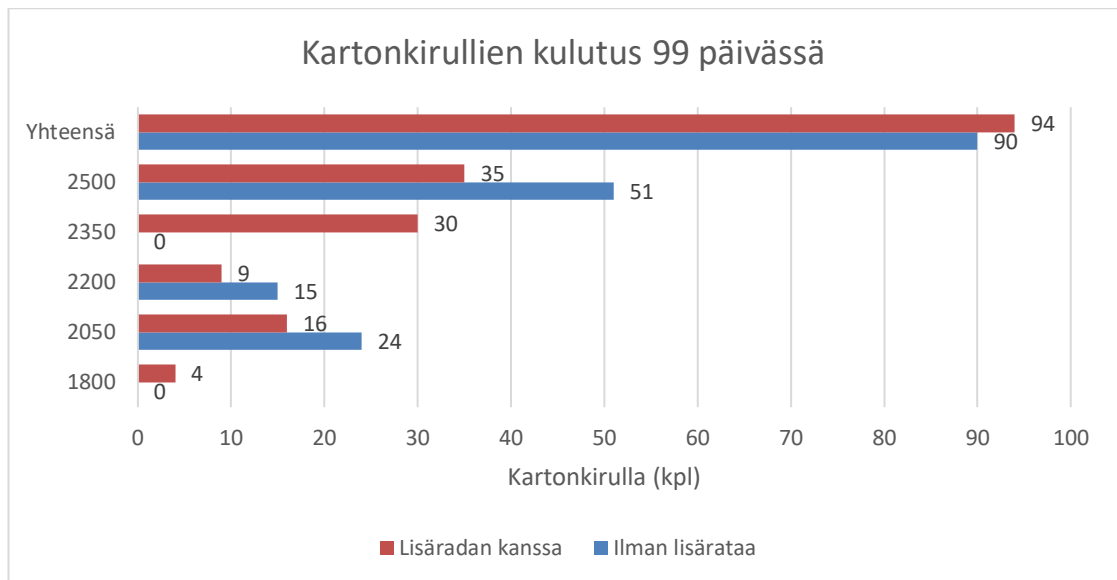
Kuviosta 16 nähdään paperien kulutuksen jakaantuminen eri leveyksille nykytilanteessa sekä lisäradan käyttöönoton jälkeen tilanteessa C. Kulutusjakaumat on laskettu ajosimulaation ennusteiden juoksumetrioiden perusteella koko työmassasta.



KUVIO 16. Tilanteen C paperin kulutusjakauma.

Kuviosta 16 nähdään lisäradalle muodostuva kuormitus. Paperinkulutus jakaantuu tasaisemmin eri leveyksille laskien kuormitusta varsinkin 2500mm leveältä radalta noin 100 000 metriä.

Kuvioon 17, sen sijaan on esitetty kartonkirullien kulutusjakauma. Kartonkirullien kulutus on laskettu kyseisen tilanteen paperilajien kulutusjakauman mukaan. Kartonkirullassa on keskiarvolta noin 6 000 metriä paperia.

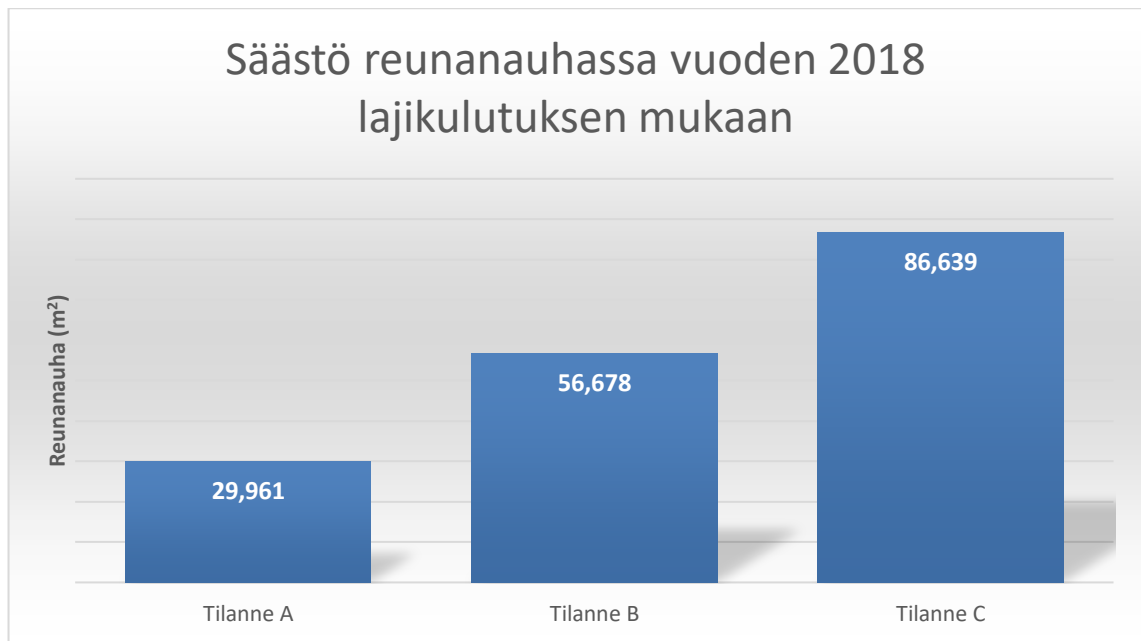


KUVIO 17. Kartonkirullien kulutus lisäradan kanssa verrattuna ilman lisärataa seitsemän paperilajin lisäyksellä.

Lisäradan käyttöönotolla rullia täytyy hankkia neljä kappaletta enemmän koko työmassaa eli 99 päivää kohden kuin nykyisellä rataleveystilanteella. Vuotuisella tasolla tämä tarkoittaa noin 13 kartonkirullaa. Vaikka reunanauhan määrässä syntyy säästöä tilanteessa C noin 87 000 m<sup>2</sup> (KUVIO 15.), muodostuu varastolle suuri kuormitus.

#### 6.4 Tilanteiden yhteenveto

Kuviossa 18 on esitetty jokaisessa tilanteessa muodostuva säästö reunanauhassa neliömetreinä.



KUVIO 18. Tilanteiden vertailu reunanauhan säästössä.

Tilanne A vaatii vain kolmen paperin lisäyksen, mutta vaikutus on huomattavasti pienempi kuin muilla tilanteilla. Tilanteessa A vaikutus saadaan aikaiseksi kahdelle tuotteelle, kun taas tilanteessa B vaikutus koskee neljää tuotetta. Tilanne ei kuitenkaan tulosten perusteella rasita varastoa, toisin kuin toiset tilanteet (KUVIO 5.).

Tilanne B omaa suuren potentiaalin reunanauhan määrän laskemiseen. Tuote 3 kohdalla reunanauhan määrä laski eniten (KUVIO 2.), joka kuvastaa lisäradan tarvetta kyseiselle tuotteelle. Tilanne B kuitenkin vaatii viiden paperin lisäyksen, jonka käyttöönotto vaatii enemmän järjestelytoimenpiteitä kuin tilanne A.

Suurin hyöty reunanauhan hylkyä tarkastellessa saavutetaan tilanteessa C, sillä se on kahden muun tilanteen yhdistelmä. Monen paperilajin lisäys aiheuttaa suuremman organisoinnin varastoon.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Todellisuudessa vaikutukset eivät todennäköisesti ole yhtä suuria, sillä ajojonosimulaatio on vain teoreettinen testi. Ajojonot luodaan yhden viikon ajalle, eikä 99 päivän ajalle, joihin kuvioissa on viitattu. Koko työmassa toimii kuitenkin suuntaa antavana indikaattorina, josta nähdään teoreettinen parannus reunanauhaa koskien.

Ajosimulaatiossa ei otettu huomioon sujuvuuteen vaikuttavia seikkoja, kuten esimerkiksi ajopituudet, jalostuskoneiden vetävyys, tilaukset, laiterikot ja kuljetukset. Näistä seikoista johtuen reunanauhat voivat olla hyvinkin erilaiset käytännössä kuin mitä teoreettinen arvo simulaatioiden perusteella antaa.

Kulutusjakaumat kuitenkin indikoivat tarvetta lisäradalle, sillä simulaatio sijoitti suuret määrät ajoista uudelle rataleveydelle.

Lisäradan käyttöönotosta voi syntyä epäsuorana vaikutuksena myös tehokkuuden kasvattamista. Ajopituudet voivat satunnaisissa tilanteissa lyhentyä, joka tarkoittaa, että saman määrän valmistamiseen kuluu vähemmän aikaa.

Tilanne A on mielestäni ajosimulaatioiden ja kuvioiden mukaan paras kyseisistä vaihtoehdoista. Varaston kuormituksen laskiessa ja vähäisellä paperilajien leveyksien hankinnalla päästään tehokkaaseen lopputulokseen, vaikka säästää reunanauhan määrässä syntyy vähän verrattuna muihin tilanteisiin. Tämän lisäksi tehtaassa on jo käytössä tilanteen vaativa aallotuskartonki kyseiseen rataleveyteen. Tilanteesta A olisi mielestäni hyvä lähteä liikkeelle uuden rataleveyden käyttöönotossa.

Suurin hyöty reunanauhan hylkyä tarkastellessa saavutetaan tilanteessa C. Rataleveyden lisäämisellä voidaan hyötyä muidenkin reseptien kohdalla, sillä paperilajeja kyseisellä leveydellä voidaan käyttää muissakin tuotteissa, kuin joita on tarkastelu tutkimuksessa.

Varaston tilannetta en laske rajoittavaksi tekijäksi, vaikka varaston tilanne vaikuttaakin tiukalta. Varastoa järjestelemällä ja organisoimalla reseptejä yhteneviin paperilajeihin saadaan varastoon enemmän kuin tarpeeksi tilaa lisäradan vaativille rullien lisäyksille. Varasto ei siis rajoita mitään tilanteista.

## LÄHTEET

Laakso, O. & Rintamäki, T. 2003. Aaltopahvin valmistus ja jalostus. 2. painos. Lahti. Suomen Aaltopahviyhdistys ry.

Pinnington, T. n.d. The Corrugated Industry. In pursuit of excellence. Hampshire. Brunton Technical Publications Ltd.

Rohde, E. 1995. Producing Corrugated Packaging Profitably. Plainview. Jelmar Publishing Co., Inc.

Suomen Aaltopahviyhdistys ry. 2007. Aaltopahvi. Käyttäjän käsikirja. Lahti Suomen Aaltopahviyhdistys ry.