
PAPERIKONEEN MATERIAALIHYÖTYSUHTEEN PARANTAMINEN

UPM Kymmene Oyj Tervasaari PK 5



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Tuotantotalouden koulutusohjelma

Valkeakoski, syksy 2013

Matti Niemi

Matti Niemi



VALKEAKOSKI

Tuotantotalouden koulutusohjelma

Tekijä

Matti Niemi

Vuosi 2013

Työn nimi

Materiaalihiyötysuhteen parantaminen paperikoneella

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö tehtiin UPM Kymmene Oyj:n Tervasaaren paperikone viidelle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää keinoja PK5:n materiaalihiyötysuhteen parantamiseksi. PK5:n konelinjan hylkyprosentti oli noussut vuosien 2008–2012 aikana 9,31:sta 10,85:een. Opinnäytetyön tavoitteeksi asetettiin hylyn määrän vähentäminen yhdellä prosentilla.

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin kartoittamalla PK5:n hylyn koostumus tehdasjärjestelmistä vuosilta 2008–2012. Saaduista tiedoista valittiin suurimmat hylyn aiheuttajat, joihin voisi vaikuttaa ilman suuria investointeja. Opinnäytetyön suorittamiseen käytettiin opinnäytetyön tekijän omaa sekä muilta työntekijöiltä saatua ammattiosaamista.

PK5:n materiaalihiyötysuhteen parantamiseksi tutkittiin neljää eri kohdetta. Opinnäytetyön kokeellisessa osassa tutkittiin pohjahylyn vähentämistä superkalanterilla, häiriötilanteista tavoitelaatuun pääsyn nopeuttamista liimapuristimella, vaihtojen optimoimista rullaimella ja pallopesujen ennakoinnista lajinvaihtoihin.

Tutkimustulosten perusteella työtapojen ja toiminnan muutoksilla hylyn määrää oli mahdollista vähentää 1,47 prosenttia vuodessa. Pohjahylyn osalta saavutettavien säästöjen määrä voidaan laskea etukäteen. Muiden muutosten osalta tarkat laskelmat saavutettavista säästöistä voidaan tehdä vasta jälkikäteen.

Avainsanat Tehokkuus, hylky, paperitehdas

Sivut 51 s. + liitteet 11 s.

VALKEAKOSKI

Degree Programme in Industrial Management

Author

Matti Niemi

Year 2013

Subject of Bachelor's thesis

Improving material efficiency of paper machine

ABSTRACT

This bachelor's thesis was commissioned for the Paper Machine 5 at UPM Kymmene Oyj Tervasaari mill. The purpose of the thesis was to determine methods for improving the material efficiency of PM5. The broke percentage of PM5 had increased during the years 2008–2012 from 9.31 to 10.85. The aim of this thesis was to decrease the amount of broke by one percent.

The project was started by examining the reasons for broke with PM5 from the past five years, 2008–2012. The necessary background information was found in production management systems. The gathered information was used to select the major broke reasons, which could be impacted without large investments. The study was carried out with the help of the professional knowledge and experience of the author and other workers at UPM.

Four different targets were examined to improve the material efficiency of PM5. These were studied more closely in the experimental part of this thesis project and they included: reducing the bottom broke with the supercalander, shortening the time spent on getting back to order quality from disruptions, optimizing shifts at the wheeler and predicting ball wash to grade changes.

Based on the results of this study, though changes in the working methods and operations the amount of broke can be decreased by 1.47 percent per year. Savings as to the bottom broke can be also calculated in advance. Accurate calculations can be done afterwards as to other targets for saving.

Keywords Efficiency, broke, paper mill

Pages 51 p. + appendices 11 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	YRITYSESITTELY	1
3	PAPERINVALMISTUSPROSESSI	3
3.1	Massankäsittely	3
3.1.1	Raaka-aineet	4
3.1.2	Jauhatus	4
3.1.3	Hylkyjärjestelmä.....	5
3.1.4	Sekoitus ja annostelu	6
3.1.5	Kiertovesijärjestelmät.....	6
3.1.6	Lyhyt kierto	6
3.2	Paperikone	7
3.2.1	Rainanmuodostusosa	7
3.2.2	Puristinosa	10
3.2.3	Kuivausosa	11
3.2.4	Pintaliimaus	12
3.2.5	Jälkikostutuslaitteisto	14
3.2.6	Rullain	15
3.3	Kalanterointi.....	16
3.4	Pituusleikkuri	18
3.5	Uudelleenrullaus.....	18
3.6	Pakkaus.....	18
4	TARRANTAUSTAPAPERI	19
5	LAATU.....	20
5.1	Laatukustannukset.....	20
5.2	Laadunvalvonta paperikoneella.....	21
5.2.1	Online-mittaukset	21
5.2.2	Offline-mittaukset.....	21
5.2.3	Vianilmaisu ja vikadiagnoosi	22
5.3	Laatutietojen hallinta paperitehtaassa	23
5.4	Valmistuslinjan hyötysuhteet	24
6	HYLKY	25
6.1	Pohjahylky.....	25
6.2	Lajinvaihtohylky	25
6.3	Trimmihylky.....	25
6.4	Konehylky	26
7	MATERIAALIHYÖTYSUHTEEN PARANTAMINEN	26
7.1	Hylky PK5	26
7.2	Pohjahyllyn vähentäminen superkalanterilla.....	28
7.2.1	Mittausmenetelmät superkalanterin koeajoissa.....	30
7.2.2	Superkalanterin pohjat.....	31

7.2.3	Superkalanterin vaihdonaikaisen nopeuden muutos	31
7.2.4	Superkalanterin hidastus ja kiihdytys	31
7.2.5	Superkalanterin muutosten yhteisvaikutus	32
7.3	Tavoitelaatuun pääsyn nopeuttaminen häiriötilanteista paperikoneella.....	37
7.3.1	Palkin avaus.....	39
7.3.2	Höyryventtiilien vaikutus konesäiliöiden pintaan	40
7.3.3	Liiman laimeneminen konekierrossa höyryventtiili kiinni.....	41
7.4	Rullaimen vaihdot	42
7.5	Pallopesujen ennakointi lajinvaihtoihin	47
8	TULOKSET	47
8.1	Pohjahylyn vähentäminen superkalanterilla.....	47
8.2	Tavoitelaatuun pääsyn nopeuttaminen häiriötilanteista paperikoneella.....	48
8.3	Rullaimen vaihdot	48
8.4	Pallopesujen ennakointi lajinvaihtoihin	49
8.5	Materiaalihyötysuhteen paraneminen	49
9	TALOUDELLINEN MERKITYS	49
10	POHDINTA.....	50
	LÄHTEET	51

Liite 1	PK5 hylky 2008–2012
Liite 2	PK5 konelinjan hylky 2008–2012
Liite 3	PK5 GMES rullahylky ja tampusien hylkysyyt 2012
Liite 4	Superkalanterin koeajojen muistiot
Liite 5	Liimojen päälle ottamisen vaatineet katkot 2012

1 JOHDANTO

Tuotantolinjan hyötysuhteella on olennainen vaikutus sekä valmistustalouteen että tuotteen laatuun. Materiaalihyötysuhde lasketaan paperihylyn määrästä. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on löytää keinoja UPM Kymmene Oyj:n Tervasaaren PK5:n materiaalihyötysuhteen parantamiseksi. PK5:n konelinjan hylkyprosentti on noussut vuosien 2008–2012 aikana 9,31:sta 10,85:een. Työn tavoitteena on hylkymäärän vähentäminen yhdellä prosentilla.

Paperikoneen tehdasjärjestelmään tallennetaan hylätyn paperin määrä ja hylkäyksen syy. Viiden viimeisen vuoden hylkymääriä ja -syytä tarkastelemalla on tarkoitus löytää sellaisia kohteita, jotka aiheuttavat toistuvasti suuria määriä hylkyä. Näistä valitaan sellaiset kohteet, joihin voidaan vaikuttaa ilman suuria investointeja.

Tässä opinnäytetyössä materiaalihyötysuhdetta pyritään parantamaan superkalanterin pohjahylyn määrää pienentämällä, rullaimen vaihtojen optimimisella, liimapuristimen häiriötilanteista tavoiteltaan nopeutamisella ja pallopesujen ennakkoinnilla lajinvaihtoihin.

Tämän opinnäytetyön tekijä työskentelee PK5:llä varamiehenä. Opinnäytetyön tekijän toimenkuvaan kuuluvat liimapuristimen, rullaimen ja superkalanterin käyttö. Työn teoriaosuudessa käsitellään yleisesti paperinvalmistusprosessi, tarrantaustapaperin tärkeimmät ominaisuudet, laatukäsite ja sen mittaaminen sekä hylky. Työn suorittamisen kannalta oleelliset paperikoneen osat ovat liimapuristin, rullain ja superkalanteri.

2 YRITYSESITTELY

Opinnäytetyön toimeksiantaja, UPM-Kymmene Oyj on uuden metsäteollisuuden edelläkävijä, joka yhdistää bio- ja metsäteollisuuden ja rakentaa uutta, kestäväää ja innovaatiovetoista tulevaisuutta. UPM:n tuotteet perustuvat uusiutuviin raaka-aineisiin, jotka ovat kierrätettäviä. Yhtiön liiketoiminta jakaantuu kolmeen ryhmään: energia ja sellu, paperi sekä tekniset materiaalit. UPM:n palveluksessa on noin 22 000 henkilöä. Yhtiöllä on toimintaa 67 maassa ja tuotantolaitoksia 17 maassa. UPM konsernin liikevaihto oli vuonna 2012 yli 10 miljardia euroa.

UPM-Kymmene Oyj:n Tervasaaren paperitehdas sijaitsee Valkeakoskella. Tervasaassa on valmistettu paperia jo vuodesta 1872. Tervasaari on maailman suurin tarrantaustapaperin tuottaja, työllistäen yhteensä noin 350 henkilöä. Tervasaassa valmistetaan tarrantaustapaperia kahdella paperikoneella, joiden tuotantokapasiteetti on yhteensä 285 000 t/v.

Paperikone 5 on rakennettu alun perin vuonna 1938, jonka jälkeen sitä on modernisoitu vuosina 1957, 1983, 1987, 1993, 1994 ja 2001. Paperikoneen leveys on 4,3 m, nopeus 600–800 m/min ja valmistettavan paperin neliöpaino 50–90 g/m². Konelinjaan kuuluu superkalanteri, pituusleikkuri, uudelleenrullauskone ja pakkaus.

Paperikone 8 on rakennettu vuonna 1996, ja sitä on modernisoitu vuosina 2006 ja 2012. Se on maailman suurin ja nopein tarrantaustapaperia valmistava paperikone. Paperikoneen leveys on 6,4 m, nopeus 1500 m/min ja neliöpaino 45–120 g/m². Konelinjaan kuuluu 2 superkalanteria, pituusleikkuri, uudelleenrullauskone ja pakkaus.

Tervasaaren alueella toimii myös ulkopuolisia yrityksiä. Suurin näistä on BillerudKorsnäs Finland Oy, joka omistaa nykyään UPM:n entisen paperikone 7:n. Kuvassa 1 on Tervasaaren tehdasalue. (Esittelymateriaali 2013.)



Kuva 1. Tervasaaren alue. (Esittelymateriaali 2013.)

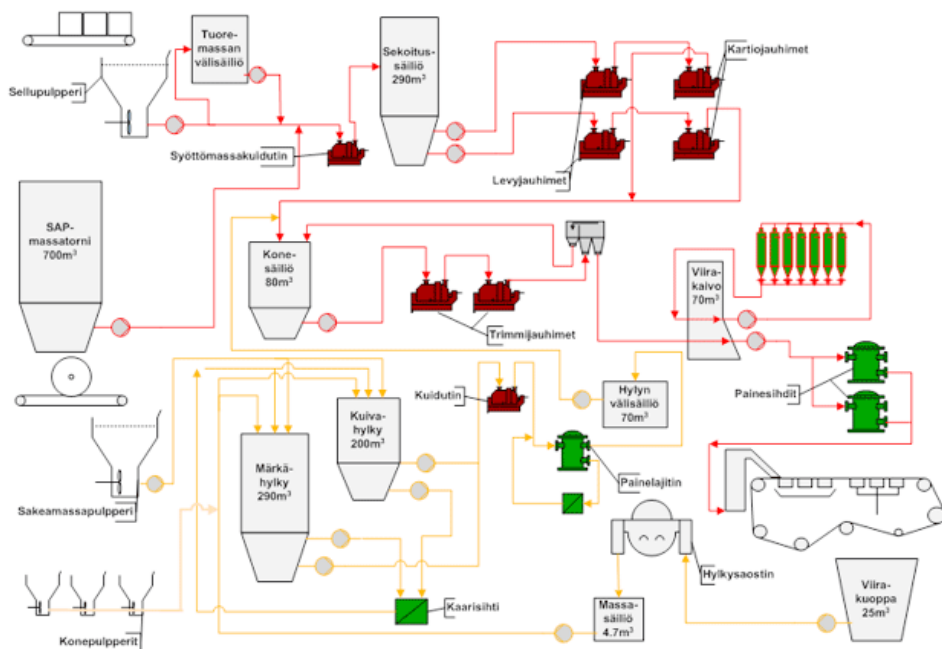
3 PAPERINVALMISTUSPROSESSI

3.1 Massankäsittely

Massankäsittely on prosessinosa, joka sijoittuu massatehtaan ja paperitehtaan väliin. Siihen kuuluvat laajasti ottaen tuore- ja hylkymassojen sekä lisä- ja apuaineiden varastointi, lietto tai laimennus, muokkaus ja annostelu (kuva 2). Myös kiertovesijärjestelmät lasketaan osaksi massankäsittelyä, sillä kaikki aineet on laimennettava viimeistään paperikonetta varten. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 112; KnowPap 2012.)

Massankäsittely voidaan jakaa eri osaprosesseihin seuraavasti:

- kemiallisen massan (sellun) hajotus ja jauhatus
- mekaanisen massan (hiokkeen tai hierteen) hajotus ja jauhatus
- keräyspaperin hajotus, puhdistus ja jauhatus
- hylkymassan käsittely
- lisä- ja apuaineiden käsittely
- massojen sekä lisä- ja apuaineiden annostelu
- lyhyt kierto, joka yleensä katsotaan jo paperikoneprosesseihin kuuluvaksi. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 112.)



Kuva 2. Massankäsittely. (KnowBase5 2005.)

3.1.1 Raaka-aineet

Raaka-ainekoostumus vaihtelee paperinvalmistuksessa valmistettavan paperilajin mukaan. Jokainen paperilaji vaatii oman kuitukoostumuksen, täyteaineen, liimauksen ja lisäaineet. Massa koostuu yleensä useasta eri raaka-aineesta, joilla kullakin on oma tehtävänsä haluttujen ominaisuuksien saamiseksi. Usein massalta vaaditaan samanaikaisesti keskenään ristiriitaisia ominaisuuksia, jolloin raaka-aineiden valinnassa joudutaan turvautumaan kullekin lajille sopiviin kompromissiratkaisuihin. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 14–15.)

Raaka-aineista tärkeimpiä ovat kuidut, jotka yleensä ovat puukuituja. Niiden ominaisuudet eri massatyypeissä vaihtelevat paljon. Muita raaka-aineita ovat täyteaineet, liima-aineet, kemialliset lisäaineet ja erilaiset päällysteaineet. Raaka-aineiden ja lisäaineiden osuudet sekä niiden käsittely valitaan ajettavan paperilajin vaatimusten mukaan mahdollisimman edullisesti. (KnowPap 2012.)

Integroimattomalla tehtaalla sellu toimitetaan sellupaaleina, jotka hajotetaan pulpperissa. Pulpperoinnin jälkeen sellu kuidutetaan kuiduttimessa ja lopuksi jauhetaan jauhimissa. Integroidulla tehtaalla sellu pumpataan putkimassana sellutehtaalta paperitehtaalle. Integroidulla tehtaalla paperitehtaan massankäsittelyssä ei tarvita sellupaalien käsittely- ja pulpperointijärjestelmää, vaan putkimassa jauhetaan paperilajin mukaisesti. (KnowBase5 2005.)

PK 5:lla tarrantaustapaperin valmistuksessa käytetään valkaistua sulfaattisellua. Massan raaka-aineita ovat mänty- ja koivusulfaattisellu, jotka toimitetaan tehtaalle paaleina. Paalit hajotetaan pulpperiasemalla jatkuvatoimisessa pulpperissa. (KnowBase5 2005.)

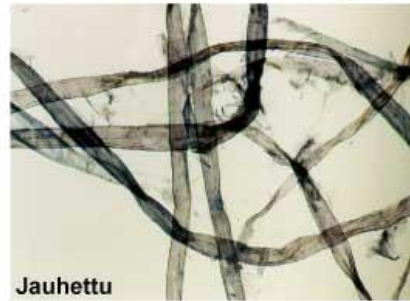
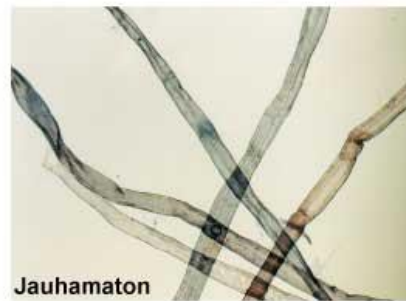
3.1.2 Jauhatus

Mekaanisesti ja kemiallisesti puusta irrotettujen kuitujen sidostenmuodostamiskyky on huono, koska ne ovat jäykkiä ja sileäpintaisia. Jauhituksen tarkoitus on muokata kuidut joustaviksi, parantaa sitoutumiskykyä ja tarpeen mukaan myös kontrolloida kuitujen pituutta pohjanmuodostuksen vaatimusten mukaan. (KnowBase5 2005; KnowPap 2012.)

Jauhukseen käytetään yleensä joko kartiojauhimia tai levyjauhimia. On normaalia, että paperitehtaissa jauhatuslinjat koostuvat jauhinten kombinaatioista. (KnowBase5 2005.)

Jauhatus on tärkeimpiä paperinvalmistuksen osaprosesseja, jossa voidaan vaikuttaa kuitujen ominaisuuksiin ja siten myös lähes kaikkiin valmiin paperin ominaisuuksiin (kuva 3). Jauhatuksella vaikutetaan tuoteominaisuuksiin hyvin monipuolisesti ja myös kuitukohtaisesti. Yleisesti voidaan todeta, että jauhatuksen edistyessä paperin taitto-, puhkaisu-, veto- ja palstaumislujuus sekä tiheys kasvavat. Vastaavasti pienenevät mm. imukyky, opasiteetti, mittapysyvyys ja kokoonpuristuvuus. Repäisy-lujuus yleensä kasvaa jauhatuksen alkuvaiheessa, mutta jauhatuksen edistyessä se kääntyy laskuun. Oleellinen merkitys ominaisuuksien kehittymiseen on jauhatustavalla. Rajusti (katkovasti) jauhettaessa ominaisuudet kehittyvät eri tavalla kuin hellävaraisesti (fibrilloivasti) jauhettaessa. Jauhatuksen määrä ja jauhatustapa pitää sovittaa kuitukoostumuksen, tehdaskohtaisten olosuhteiden ja lopputuotteen mukaan. (KnowPap 2012.)

Jauhatuksen vaikutukset - valkaistu mäntysellu



	Jauhamaton	Jauhettu 200 kWh/t
• Freeness, ml	735	455
• Kuidun pituus, mm	2.34	2.19
• Vetoindeksi, Nm/g	28.4	73.8
• Repäisyindeksi, mNm ² /g	20.5	16.0
• Ilmanläpäisevyys, Bendtsen ml	1350	1040
• Bulkki, cm ³ /g	1.79	1.52

Kuva 3. Jauhatuksen vaikutukset. (KnowPap 2012.)

3.1.3 Hylkyjärjestelmä

Hylkyjärjestelmän päätehtävä on paperikoneelta ja jälkikäsitteystä tulevan hylkypaperin hajotus ja sen kierrätys takaisin prosessiin. Hylkyjärjestelmän muita tehtäviä ovat tehtaan materiaalitalouden parantaminen ja katko-tilanteissa puskurina toimiminen. (KnowPap 2012.)

Hylkyjärjestelmän tulee palauttaa koneella ja jälkikäsittelyssä syntyvä hylky mahdollisimman nopeasti takaisin systeemiin. Hylkypaperi hajotetaan pumpattavaan muotoon konepulppereissa, joissa sakeus on 4,0–5,5 prosenttia. Pulpperissa hajotettu hylkymassa lajitellaan varastoinnin jälkeen ennen palauttamista prosessiin, sillä se saattaa sisältää hajoamattomia paperinpalasia ja epäpuhtauksia. Osa paperikoneen hylystä palautuu hylkyjärjestelmään matalassa sakeudessa. Tästä johtuen hylkyjärjestelmässä on hyllyn saostus, jottei tarvittava varastokapasiteetti kasva turhan suureksi ja massa voidaan palauttaa sekoitussäiliöön halutussa sakeudessa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 116–117; KnowPap 2012.)

3.1.4 Sekoitus ja annostelu

Massankäsittelyssä prosessiin tuodaan erilaisia massakomponentteja (selu, mekaaninen massa, hylky ja uusiomassa) ja lisäaineita (mm. liimat, täyteaineet ja värit), jotka pitää annostella lopputuotteen edellyttämällä tavalla oikeassa koostumuksessa, sakeudessa ja suhteessa sekoitussäiliöön. (KnowPap 2012.)

3.1.5 Kiertovesijärjestelmät

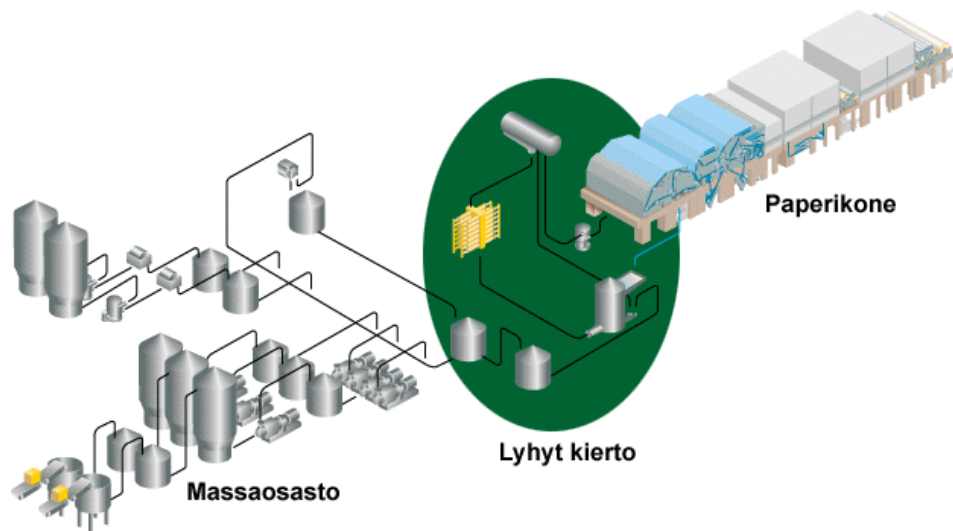
Kiertovesijärjestelmän tehtävä on paperitehtaan prosessin materiaalitalouden parantaminen ja ympäristökuormituksen pienentäminen. Viiraosalta poistuvasta vedestä se osa, jota ei käytetä perälaatikkomassan laimentamiseen, johdetaan lähempänä prosessin alkupäätä oleviin prosessin vaiheisiin. (KnowBase5 2005; KnowPap 2012.)

3.1.6 Lyhyt kierto

Paperikoneen lyhyellä kierrolla tarkoitetaan sitä prosessin osaa, jossa viiran läpäissyt, kuituja ja muita hienojakoisia raaka-aineita sisältävä vesi johdetaan viirakaivoon ja sieltä edelleen konesäiliöstä tulevan sakean massan laimentamiseen. Sakea massa, jonka sakeus on noin 3 prosenttia, laimennetaan perälaatikkosakeuteen, jonka sakeus on valmistettavasta paperilajista riippuen 0,2–1,2 prosenttia. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 125.)

Lyhyen kierron tehtävät ovat konemassan laimentaminen perälaatikkosakeuteen, epäpuhtauksien ja ilman poistaminen, täyteaineiden ja kuitujen talouden parantaminen, rainan hiukkaskokojakauman optimointi, paine- ja sakeusvaihteluiden minimointi ja kemikaalien, väriaineiden ja täyteaineiden ja annostelu ja sekoitus (KnowPap 2012.)

Lyhyeen kiertoon kuuluvat konesäiliö, neliömassapumppu tai -venttiili, viirakaivo, sekoituspumppu, pyörrepuhdistimet, ilmanpoistoprosessi, perälaatikon syöttöpumppu, sihtijärjestelmä ja perälaatikko. Lyhyt kierto sijaitsee kuvan 4 mukaisesti paperikoneen ja massaosaston välissä. (KnowPap 2012.)



Kuva 4. Lyhyen kierron sijainti. (KnowPap 2012.)

3.2 Paperikone

Paperin valmistusprosessissa sekoitetaan sopivasti valitut ja käsitellyt raaka-ainekomponentit vesipitoiseksi massaseokseksi, levitetään seos tasaiseksi massarainaksi sekä lujitetaan rainaa poistamalla siitä vettä suotautamalla. Tämän jälkeen puristetaan ja haihdutetaan rainaa voimakkaasti, jolloin lopun veden poistuessa rainasta saadaan kuivaa tuotetta. Paperin valmistus on jatkuva prosessi, jonka lopputuote on valmis jälkikäsittelyprosesseja varten. (KnowPap 2012.)

3.2.1 Rainanmuodostusosa

Paperikoneen rainanmuodostusosaan kuuluvat perälaatikon syöttöputkisto, perälaatikko ja viiraosa. Perälaatikko ja sen syöttöputkisto sijaitsevat lyhyen kierron ja viiraosan välissä. Oikeaan sakeuteen laimennettu paperimassa toimitetaan lyhyen kierron lähestymisputkistolla paperikoneen perälaatikkoon. Massa ohjataan perälaatikkoon massan etenemissuunnassa kapenevan jakotukin avulla. Perälaatikon tehtävä on putkessa virtaavan massan levitys hallitusti viiran levyiseksi suihkuksi. (Hägglblom-Ahnger & Komulainen 2003, 131; KnowPap 2012.)

Perälaatikon ja sen syöttöputkiston tehtäviä ovat syöttövirtauksen painevaihtelujen ja mahdollisten poikkisuuntaisten virtaushäiriöiden tasaus, sopivan turbulenssin tuottaminen sulpun kuituflokkien hajottamiseksi ja koko koneen leveydeltä olevan tasaisen suihkun tuottaminen viiraosalle, jolla on haluttu sakeus, nopeus ja suunta (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 131.)

Perälaatikot jaetaan toimintaperiaatteensa mukaan reikäperälaatikoihin ja hydrauliperälaatikoihin. Reikäperälaatikoissa turbulenssi synnytetään pyörivillä teloilla melko yksinkertaista tekniikkaa käyttäen. Tärkeimpänä sovellutusalueena reikäperälaatikolla on tänä päivänä erittäin hitaat erikoispaperikoneet, joissa perälaatikon huulivirtaamat jäävät normaalirakenteisten turbulenssigeneraattoreiden toiminta-alueen ulkopuolelle. (KnowPap 2012.)

Hydrauliperälaatikossa turbulenssi ja häiriötön huulisuihku saadaan aikaiseksi tarkkuusvalmistetulla turbulenssigeneraattorilla. Kaikkien nykyi-
kaisten painopaperikoneiden perälaatikot ovat hydraulisia. Myös kartonki-
koneissa hydrauliperälaatikko on syrjäyttämässä kokonaan reikätelaperä-
laatikon. (KnowPap 2012.)

Paperikoneen viira on päistään liitetty tiheä verkkokangas, joka on valmis-
tettu ohuesta metalli- tai muovilangasta. Viiran päällä paperi huopautuu
samalla kun suurin osa kuitulietteessä olevasta vedestä poistuu kankaan
läpi. (Parpala 1976, 101.)

Viiraosan tehtäviä ovat veden poistaminen perälaatikon suihkuttamasta
sulpusta suotauttamalla se viirakudoksen läpi, riittävät suuruisten hydro-
dynaamisten voimien aiheuttaminen flokkien hajottamiseksi ja uusien
flokkin syntymisen estämiseksi, vedenpoiston ja hydrodynaamisten voi-
mien hallitseminen siten, että kuitu- ja täyteaineretentio ovat tasaiset ja ha-
lutun suuruiset ja rainan saattaminen riittävän korkeaan kuiva-
ainepitoisuuteen, jotta rainan siirto viiralta puristimelle on helppoa ja pu-
ristinosalla saavutetaan hyvä ajettavuus. (Hägglom-Ahnger & Komulai-
nen 2003, 131.)

Vanhin viiraosatyyppe on tasoviira, joka on edelleen laajassa käytössä. Ta-
soviiraosalla viira on pingotettu kahden suuren telan, imutelan ja rintate-
lan, välille ja sen alapuolella on erilaisia vedenpoistoelimiä. Tasoviiralla
vedenpoisto tapahtuu vain rainan alapuolelta, joten syntyvästä rainasta
muodostuu epäsymmetristä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003,
137; KnowPap 2012.)

Hybridiformeri on tasoviiran ja kaksoisviirarainaimen yhdistelmä. Alkuvedenpoisto hoidetaan perinteisellä tasoviiralla (kuva 5). Yläviira on asennettu alaviiran päälle kohtaan, jossa rainan kuiva-ainepitoisuus on noin 2 prosenttia. Rainasta poistetaan vettä ylä- ja alapinnan läpi suhteessa noin 70/30 prosenttia perälaatikon virtaamasta. Hybridiformerilla tehty paperi on symmetrisempää, täyte- ja hienoaines jakaumaltaan tasaisempaa sekä hieman tiiviimpää kuin tasoviiranosalla valmistettu paperi. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 139; KnowPap 2012.)

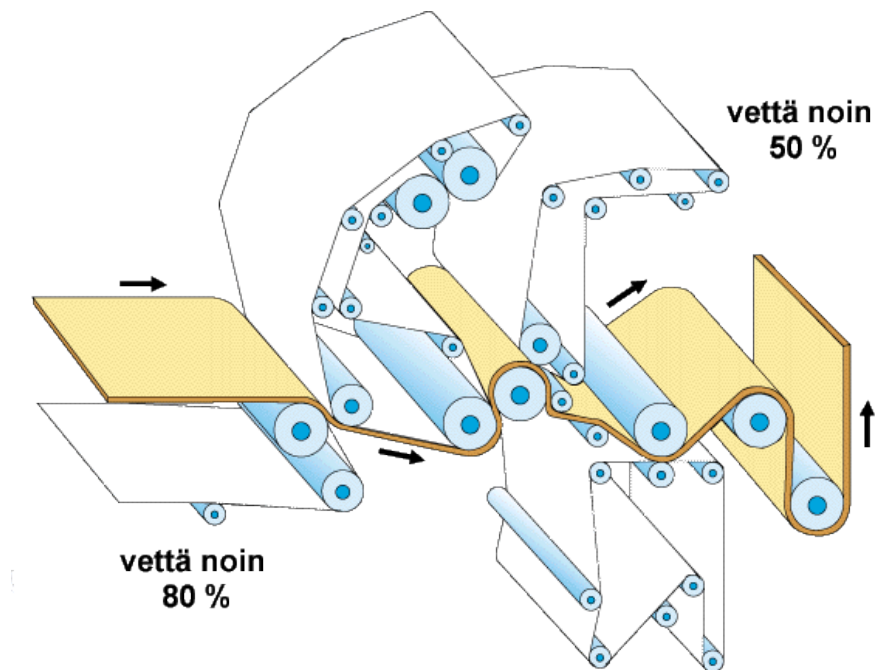
Lopputuotteen monet merkittävät rakenneominaisuudet määräytyvät rainanmuodostusosalla, kuten formaatio, orientaatio ja neliömassavaihtelut, joihin voidaan vaikuttaa myöhemmissä prosessivaiheissa vain marginaalisesti. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 131.)



Kuva 5. PK5 perälaatikko ja viiraosa. (KnowBase5 2005.)

3.2.2 Puristinosa

Puristinosa tarkoitus on vähentää rainan vesipitoisuutta ennen sen johtamista kuivatusosalle (kuva 6). Puristinosa vaikuttaa myös lopputuotteen ominaisuuksiin. Märkäpuristuksen seurauksena kuidut asettuvat lähemmäksi toisiaan, jolloin sidosten syntymisen edellytykset paranevat. (Ryti 1994, 58.)



Kuva 6. Rainan kuiva-ainepitoisuus ennen märkäpuristusta ja sen jälkeen. (KnowPap 2012.)

Koska paperikoneen kuivatusosan energiankulutus pienenee ja ajettavuus paranee, kun puristinosa jälkeinen rainan kuiva-ainepitoisuus kasvaa, on tärkeää, että puristinosa on suunniteltu riittävän tehokkaaksi. Puristinosa tehtävänä vedenpoiston lisäksi on myös rainan tiivistäminen ja lujittaminen riittävään märkälujuuden saavuttamiseksi. Rainan märkälujuuden on oltava riittävän suuri, jotta sen voi siirtää katkeamatta puristinosalta kuivatusosalle. Märkäpuristus vaikuttaa merkittävästi myös moniin valmiin paperin ominaisuuksiin, kuten lujuuteen, sileyteen ja rakenteen symmetriaan. (Arjas 1983. 624.)

Märkäpuristus tapahtuu puristihuovan ja sileän telan välissä, kahden puristihuovan väissä tai huovan ja siirtohihnan välissä. Puristettaessa rainan tilavuus pienenee ja vedelle ei jää enää tilaa vaan se poistuu huopaan. Puristaminen on alkuun varovaista, jotta viiralla muodostettu raina ei rikkoudu. Vaiheittainen puristus toteutetaan käyttäen useita telojen muodostamia nippejä. Kun rata etenee puristusnippien läpi, voidaan nippivoimia vähitellen kasvattaa. (KnowPap 2012.)

Paperirainan tiivistämisen ja tehokkaan vedenpoiston lisäksi puristinosalta vaaditaan hyvää ajettavuutta, käytön taloudellisuutta ja hyvää paperin laatua sekä loppukäyttöä että paperin valmistuksen myöhempiä vaiheita ajatellen. Hyvä ajettavuus tarkoittaa paperikoneen ajamista halutulla nopeudella vähin katkoin. Taloudellisuutta parantavat pieni tehonkulutus, pitkä huopien vaihtoväli ja helppo huollettavuus. (KnowPap 2012.)

3.2.3 Kuivausosa

Kuivatusosan tehtävänä on veden poistaminen paperista haihduttamalla. On tärkeää, että haihdutus tapahtuu tehokkaasti, tasaisesti ja paperin laatua huonontamatta. Kuivatusosalla paperia voidaan paperilajista riippuen myös päällystää ja pintaliimata erillisillä päällystys- ja pintaliimauslaitteilla. (KnowBase5 2005; KnowPap 2012.)

Paperin kuivaukseen käytetään yleisesti kolmea eri menetelmää, jotka ovat kontakti- eli sylinterikuivaus, puhalluskuivaus ja säteilykuivaus. Näitä menetelmiä yhdistää se, että rataa tuodaan ulkoa energiaa, joka haihduttaa veden pois radasta ja haihtunut vesi vietään ilman avulla pois radan läheisyydestä. Nämä kuivatusmenetelmät eroavat toisistaan periaatteessa energiantuontitavoissa, jonka takia laiteratkaisuista tulee hyvinkin erilaisia. (KnowPap 2012.)

Yleisimmin veden haihduttaminen paperista tapahtuu ns. monisylinterikuivatuksella. Kuivatusosalla rainassa oleva kosteus poistetaan höyryllä lämmitettyjen sylinterien avulla. Rainan ja kuivatussylinterin kosketuksen aikana rainan lämpötila nousee ja vettä haihtuu kuivatuskudokseen ja sen läpi. Puristinosalta kuivatusosalle tulevan rainan lujuus on alhainen. Tästä syystä rainaa tuetaan ensimmäisten kuivatussylinterien alueella samalla kuivatusviiralla ala- ja yläsylintereillä, yksiviiraviennillä. Myöhemmissä ryhmissä käytetään nopeudesta riippuen joko edellä mainittua yksiviiravientiä tai kaksiviiravientiä, jossa alasyylintereillä on omat kuivatusviiransa ja yläsylintereillä omansa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 163; KnowPap 2012.)

Ensimmäisiä kuivaussylinteriä ajetaan alhaisella höyrynpaineella, jotta kostea raina ei palaisi kiinni sylintereihin. Myöhemmin kuivatusosalla sylinterien höyrynpaine on korkeampi. Höyrynpaineita kuivatusosalla säätelee tietokone mittaamalla rainan kosteutta kuivatuksen jälkeen. Tietokoneelle on asetettu rainan kosteuden ohjearvo, jonka se pyrkii pitämään höyrynpainetta säätämällä. Kosteuden ohjearvo riippuu siitä mitä rainalle kuivatuksen jälkeen tehdään, päällystetäänkö se vai leikataanko heti pituusleikkurilla. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 163.)

3.2.4 Pintaliimaus

Pintaliimauksessa tavoitteena on parantaa paperin lujuusominaisuuksia, kuten sisäistä lujuutta tai pintalujuutta. Pintaliimauksella saavutetaan lisäksi parempi jäykkyys ja alhaisempi huokoisuus. Pintaliimaus lisää kuitujen välisiä sidoksia vesiliukoisilla polymeereillä, kuten tärkkelyksellä, polyviiniialkoholilla (PVA) tai erilaisilla selluloosajohdannaisilla (CMC). (KnowPap 2012; Metso SymSizer koulutus 2013.)

Pintaliimaus suoritetaan joko filmiliimapuristimella tai lammikkoliimapuristimella. Paperinvalmistuksessa käytetään tyypillisesti filmiliimapuristinta, kun taas lammikkoliimapuristin on käytössä lähinnä kartongin valmistuksessa. Liimapuristin on sijoitettu niin kauas kuivatusosalle, että paperi on riittävän kuivaa kestääkseen liimauksen. PK5:llä on käytössä kuvan 7 mukainen filmiliimapuristin. (KnowPap 2012.)

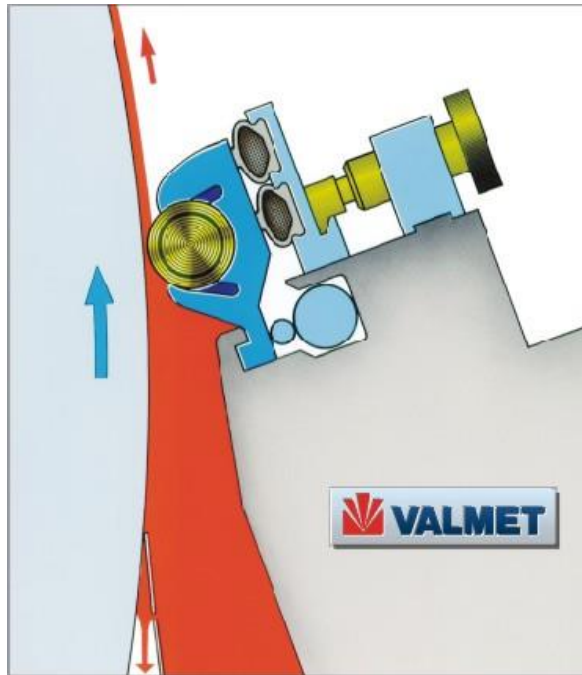


Kuva 7. PK5 liimapuristin. (KnowBase5 2005.)

Filmiliimapuristimen edut pintaliimauksessa ja päällystyksessä ovat seuraavat:

- erinomainen ajettavuus ja koneen tuotantotehokkuus
- on-machine-prosessi
- hyvä päällysteen peittävyys jo alhaisilla päällystemäärillä
- laaja skaala erilaisia prosesseja pintaliimauksesta päällystykseen korkeilla pastan kuiva-ainepitoisuuksilla
- laaja nopeusalue (50–3 000 m/min)
- nykypäivän tekniikkaa. (Metso SymSizer koulutus 2013)

PK5:n filmiliimapuristin koostuu kahdesta telasta ja kahdesta liiman aplikointipalkista. Liimafilmi muodostetaan telalle terän ja urasauvan tai siileän sauvan avulla. Aplikointipää levittää telan pinnalle ylimäärin pintaliima josta pyörivä sauva kaavaa suurimman osan pois jättäen telan pintaan vain halutun suuruisen ohuen filmin (kuva 8). On tärkeätä, että telan pinnalle muodostettava liimafilmi on tasainen, ilmaton ja juovaton, jotta päällystämättömiä kohtia ei pääse muodostumaan. Liimafilmi siirretään paperiin telojen välisessä nipissä, jonka viivakuorma on luokkaa 20–40 kN/m. (KnowBase5 2005; KnowPap 2012; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, 182.)



Kuva 8. Filminmuodostus aplikointitelan pinnalle sauvalla (KnowBase5 2005.)

PK5:llä paperin molemmat puolet liimataan. Molemmille puolille on omat konekiertonsa, joista liima syötetään liimapuristimelle. Konekierto muodostuu konesäiliöstä, pumpusta, venttiileistä ja sihdeistä. Konekierto on jaettu erikseen yläkiertoon ja alakiertoon. Alakierto kierrättää liimaa sihtien läpi, kun yläkierto ei ole päällä, esimerkiksi katkotilanteissa. Ennen liimapuristinta ovat hienojakoiset sihdit, joilla poistetaan pintaliiman epäpuhtaudet. Yläkierto ajaa liiman sihtien läpi liimapuristimelle, josta osa palaa kotti-sihtien kautta takaisin konesäiliöön. Paluukierrossa olevilla kotti-sihdeillä kerätään mm. katkojen yhteydessä liimakiertoihin mahdollisesti joutuva paperi tai kuivunut liima. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, 69.)

Liima tulee konesäiliöön pitkässä kierrossa olevasta varastosäiliöstä. Konesäiliöön tuleva liima laimennetaan haluttuun kuiva-ainepitoisuuteen lämpimällä laimennusvedellä. Konesäiliössä oleva liima lämmitetään tavoitelämpötilaan, joka on 55–60°C. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, 182.)

Paperiin menevää liimamäärää säädetään liiman kuiva-ainepitoisuudella, liimapuristimen sauvapaineella ja sauvan uraprofiililla. Pintaliimauksen tärkein hallintasuure on liiman kuiva-ainepitoisuus, jota useita eri lajeja ajavalla paperikoneella säädetään yleensä konekierrossa lisälaimennuksen avulla. Sauvapaineella vaikutetaan sauvan ja telan välisen nipin paineeseen liimapuristimella. Tällä pystytään vaikuttamaan telalle menevän liimafilmin määrään. Myös sauvan uraprofiili vaikuttaa liimamäärään. Leveämmät ja syvemmät urat antavat suuremman liimamäärän. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, 182; KnowPap 2012.)

Paperiin tuodaan pintaliimauksen yhteydessä vettä, joka on kuivattava pois. Kuivaus voidaan suorittaa kontaktikuivauksena, mutta myös kontaktittomia menetelmiä käytetään. Kontaktittomalla kuivauksella ehkäistään märän paperin aiheuttamat sylinterien ja kuivatusviirojen likaantumisongelmat. Kosketuksettomia kuivausmenetelmiä ovat infrapuna- ja leiju-kuivaus. PK5:llä paperi kuivataan liimapuristimen jälkeen kääntöleijukuivaimella ja kuivaussylintereillä. Kääntöleijukuivaimella rataa puhalletaan molemmin puolin maksimissaan 370°C ilmaa. Samalla radan kulkusuuntaa muutetaan kontaktittomasti. (KnowPap 2012.)

3.2.5 Jälkikostutuslaitteisto

V.I.B.-jälkikostutuslaitteiston tarkoitus on kosteuttaa raina halutulle kosteustasolle ennen kalanterointia (kuva 9). Kostutusvesi tulee hienona sumuna paperin molemmille puolille. Laitteistolla nostetaan radan kosteustaso 5–6 prosentista aina 15 prosenttiin saakka. Laitteistolla säädetään myös kosteusprofiilia. Laitteisto sijaitsee ennen rullainta. (KnowBase5 2005; Parpala 1976, 187.)



Kuva 9. PK5 jälkikostutus laitteisto. (KnowBase5 2005.)

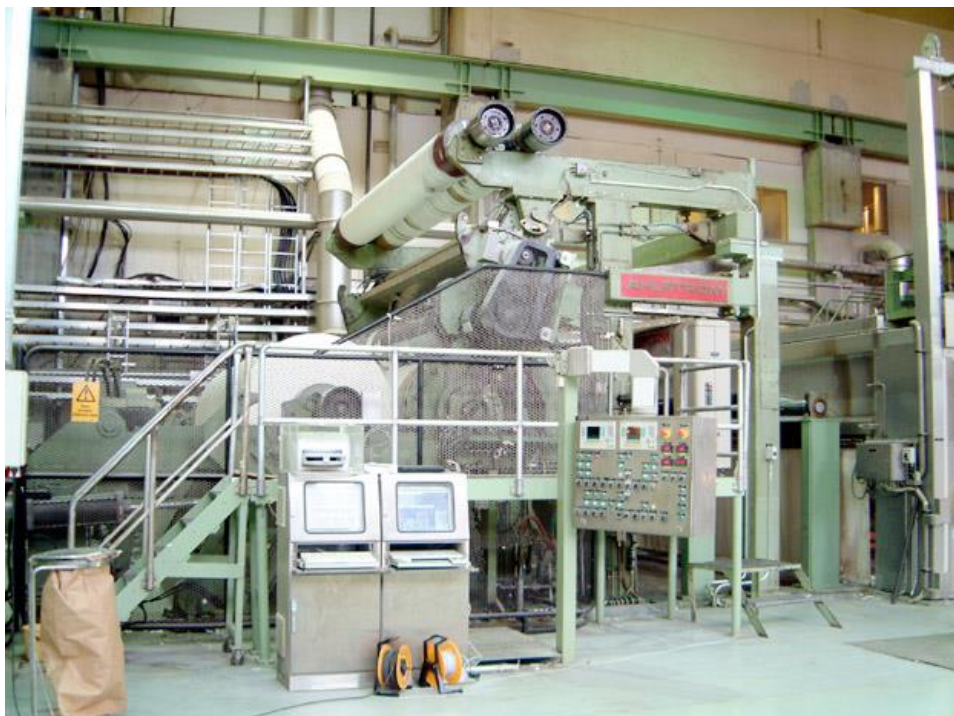
3.2.6 Rullain

Rullaimen tehtävä on muuntaa tasomaiseksi valmistettu paperi helpommin käsiteltävään muotoon. Rullaimella paperikoneen jatkuva prosessi katkeaa ensimmäistä kertaa ja siirrytään jaksoittain tapahtuvaan toimintaan. Tämä jaksottaisuus pyritään tekemään mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella, jotta jo tehty työ ei menisi hukkaan. (KnowBase5 2005.)

Paperi normaalisti varastoidaan ja kuljetetaan rullina. Rullaimella valmistuu suuria rullia, joita kutsutaan konerulliksi. Paperi rullataan tampuurite-lan ympärille konerullaksi, joka siirretään jatkokäsittelyä varten superka-lanterille ja pituusleikkurille. (Airola ym. 2010, 176.)

Vanhin nykyisin käytössä olevista rullaintyypeistä on pope-rullain. Sen toiminta perustuu rullaussylinteriin ja sitä vasten painettavaan konerullaan. Muodostuva konerulla pyörii rullaussylinterin ja paperin välisen kitkan avulla. Rakenteeltaan pope-rullain on yksinkertainen ja varmatoiminen. Se soveltuu paperikoneelle, jolla tehdään suhteellisen pieniä konerullia ja jonka paperi ei ole herkkä viivakuormalle. (KnowPap 2012.)

PK5:llä on käytössä toisen sukupolven rullain, joka on kehittyneempi ver-sio pope-rullaimesta (kuva 10). Se perustuu kolmannen säätösuureen eli keskiömomentin mukaan ottamiseen rullaustapahtumaan. Keskiömomen-tin ansiosta paperikoneella voidaan ajaa suurempia konerullia, joiden ra-kenne on huomattavasti parempi kuin perinteisellä pope-rullaimella. (KnowPap 2012.)

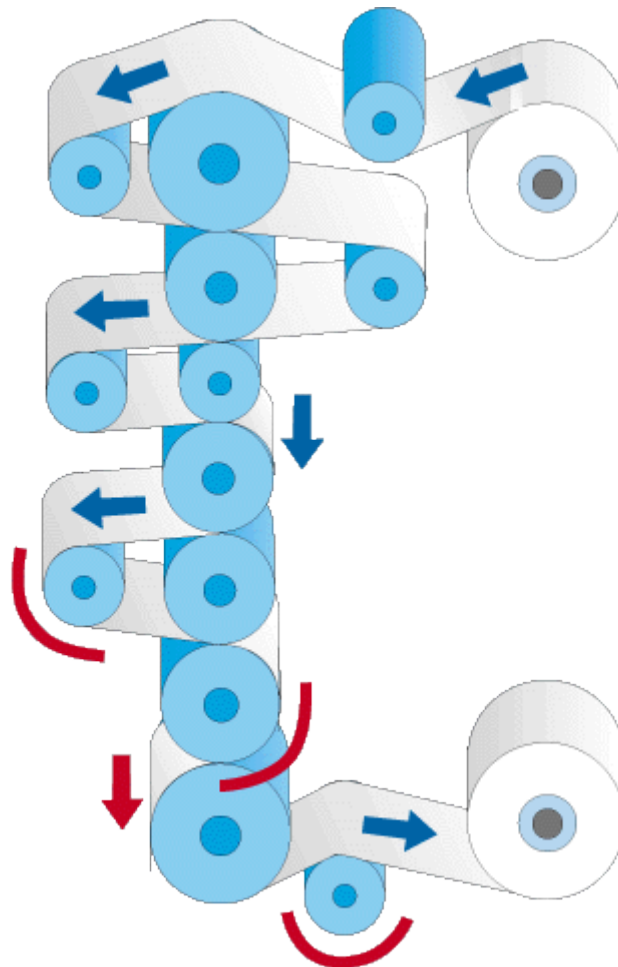


Kuva 10. PK5 rullain. (KnowBase5 2005.)

Konerullan vaihto suoritetaan pussivaihtona ilmapuhalluksen avulla. Se tapahtuu niin, että uusi tampuuritela tuodaan nippikontaktiin rullaussylinterin kanssa ja valmistuva konerulla vedetään irti nippikontaktista. Valmistuva konerulla alkaa hidastua vedon puutteen seurauksena ja raina muodostaa pussin löystyessään. Pussilla olevaan paperia puhalletaan ilman avulla. Lopulta pussi kaatuu rullaussylinterin ja tampuuritelan muodostamaan nippiin, jolloin rata katkeaa ja alkaa rullautua tampuuritelan ympärille. (KnowPap 2012.)

3.3 Kalanterointi

Kalanteroinnissa paperia puristetaan kahden tai useamman telan välissä (kuva 11). Puristuksen seurauksena paperi muuttaa muotoaan sekä tason että paksuussuunnassa varsinkin puristuspaineen, mutta myös kitka- ja leikkausvoimien vuoksi. Paperin plastisoituminen lämpöä tai kosteutta lisäämällä edistää muodonmuutosta. Paperi voidaan kalanteroida paperikoneella on-machine kalanterilla tai jälkikäsittelyssä off-machine kalanterilla. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 204; KnowPap 2012.)



Kuva 11. Superkalanteroinnin periaate. (KnowPap 2012.)

Kalanteroinnin tarkoituksia ovat paperin pintaominaisuuksien (siley, kiilto) parantaminen, jotta sen painatus- tai muut jalostusominaisuudet paransivat, paperin paksuuden säätäminen, jotta saataisiin tiheydeltään haluttua paperia ja paperin paksuusprofiilin tasaaminen, jotta saataisiin pituusleikkurilla tasaisia rullia. (KnowPap 2012.)

Kalanteroitumisemekanismit voidaan jakaa rainan ja partikkeilien puristumiseen paksuussuunnassa, materiaalin siirtymiseen paperin pinnan kuoppiin ja huokosiin, levymäisten ja pitkulaisten partikkelien asettumiseen rainan pinnan suuntaiseksi ja telojen pintakuvion jäljentymiseen paperin pintaan eli kopioitumiseen. (Häggbloom-Ahnger & Komulainen 2003, 205.)

Superkalanteroinniksi kutsutaan erillisenä työvaiheena tapahtuvaa kalanteroitua. Superkalanteri muodostuu telapakasta, jossa on useampia kovan ja pehmeän telan muodostamia nippejä. (KnowPap 2012.)

Superkalanteroinnin viimeisin kehitysskaskel päänviennin alueella on saumaus. Saumauksessa uusi konerulla liimataan loppuun ajatun konerullan häntään kaksipuolisen teipin avulla. (KnowPap 2012.)

Saumaus koostuu useammasta vaiheesta. Alkuun uusi konerulla tuodaan aukirullauspukille hyvissä ajoin ennen edellisen konerullan loppua. Konerullaan laitetaan 2–3 riviä kaksipuolista teippiä saumausta varten. Häntä liimataan perhosteipeillä, jotka pitävät hännän paikallaan konerullan pyöriessä. Konerullan päätyyn asetetaan heijastin, jonka avulla superkalanteri tunnistaa saumauksen kohdan. Superkalanterin nopeus lasketaan vaihdon ajaksi 25–75 m/min. Loppuun ajettu konerulla nostetaan koukkujen avulla ylös. Uusi konerulla työnnetään saattovarsilla aukirullausasemaan, lukitaan ja sen käyttö menee kiinni. Konerulla kiihdyttää vaihtonopeuteen, tunnistaa saumauksen kohdan heijastimesta ja painaa radat yhteen saumaustelan avulla. Ratojen yhdistymisen jälkeen rata katkaistaan katkaisuterällä. (Kumpulainen, haastattelu 26.10.2013.)

Kiinnirullauksessa vaihtosekvenssi tapahtuu samaan aikaan kuin aukirullauksessa. Kiinnirullauksessa valmis konerulla siirretään valmistumisasemaan, ja kiinnirullausasemaan lasketaan tyhjä tampusurirauta rautahissillä. Tampuriraudan lukittuu kiinnirullausasemaan, ja sitä vetävä käyttö menee kiinni. Kun sauma saapuu kiinnirullaukseen, rata katkaistaan katkaisuterän avulla ja puhalletaan ilmalla uudelle tampusuriraudalle. Tämän jälkeen superkalanteri kiihdyttää ajonopeuteen ja vaihto on ohitse. (Kumpulainen, haastattelu 26.10.2013.)

3.4 Pituusleikkuri

Paperikoneen ja superkalanterin jälkeen paperiraina on rullattuna konerullaksi tampuspuritelan ympärille. Konerullassa paperi on koko koneen levyisenä ja siinä voi olla pituutta jopa yli 90 kilometriä. Pituusleikkurilla konerulla leikataan asiakkaalle sopivan levyisiksi ja pituisiksi osarainoiksi ja rullataan hylsyjen ympärille ennen tehtaalta lähettämistä. Pituusleikkurilla rainan heikkolaatuiset reunat leikataan pois, ja ohjataan reunanauhasuuttimia pitkin pulperiin. (KnowPap 2012.)

Pituusleikkurin päätehtäviksi lasketaan pituusleikkaus ja rullan muodosutus. Muita tehtäviä ovat paperin reunaosan poistaminen ja rainan ajettavuuden testaaminen. (KnowBase5 2005.)

Rullauksen tavoitteet ovat seuraavat:

- tuotteen alkuperäiset ominaisuudet säilyvät
- tuote ei muutu tai vahingoitu rullauksessa, säilytyksen aikana tai purettaessa rullalta
- rullan on oltava vaikeuksitta purettavissa. (KnowBase5 2005.)

3.5 Uudelleenrullaus

Uudelleenrullainkoneen tarkoitus on pituusleikkurilla valmistuneiden viallisten rullien uudelleenrullaus erilaisten rullausvirheiden tai rullien tarkkailun takia. Uudelleenrullainkonetta käytetään myös kapeiden rullien valmistukseen, sillä pituusleikkurilla on vaikea tehdä rinnakkain useita kapeita rullia. (KnowBase5 2005.)

3.6 Pakkaus

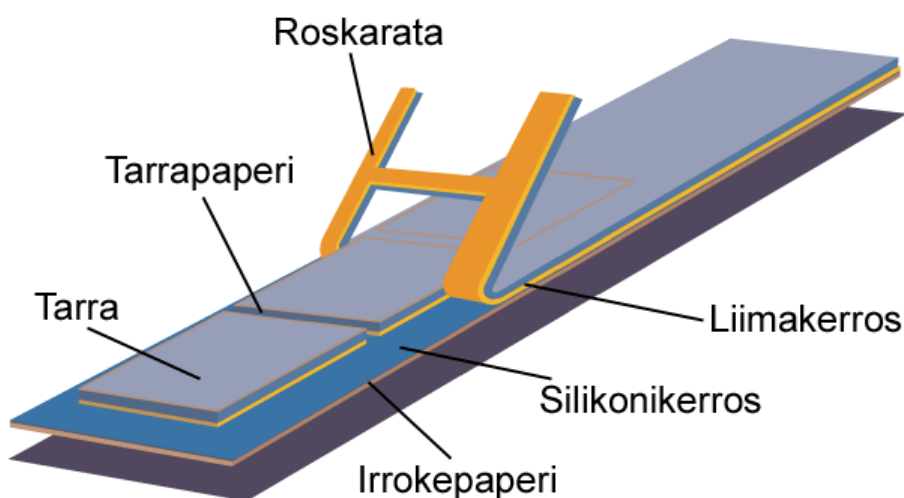
Rullan pakkauksen tavoite on estää kaikki ne ulkoiset rasitukset, jotka aiheuttavat rullan jatkojalostuksessa häiriöitä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 242.)

Rullat pakataan tavallisesti pakkauskoneella. Pakkausprosessi voi vaihdella tehtailla paljon. Pakkausprosessi jaetaan yleensä eri osiin tai asemiin, joilla kaikilla on oma tehtävänsä. Pakkausprosessi jaetaan rullan tunnistukseen, indeksointiin, kääreen syöttöön ja viikkaukseen, pätylappujen asettamiseen ja etiketointiin. (Parpala 1976, 223; KnowPap 2012.)

4 TARRANTAUSTAPAPERI

Tarrantaustapaperi eli irrokepaperi on tyypillisesti kemiallisesta massasta valmistettua paperia, jonka toinen puoli on pintaliimattu ja voimakkaasti superkalanteroitu. Sitä käytetään pääasiassa tarralaminaatin taustapaperina (kuva 12). Se päällystetään jatkojalostuksessa ohuella silikonikerroksella, jonka pinnalle tulevat liima ja tarraksi painettava ja stanssattava tarrapaperi. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 69.)

Tarralaminaatin rakenne



Kuva 12. Tarralaminaatin rakenne. (KnowPap 2012.)

Tarrantaustapaperin tehtävänä on suojata tarrapaperin liimapintaa ja sen pitää irrota helposti tarrapaperista. Vaatimuksina ovat tiivis ja sileä pinta, jotta silikonista saadaan levitettyä tasaisesti oikea määrä. Tärkeitä ominaisuuksia ovat myös hyvä mittapysyvyys ja riittävä lujuus, jotta paperi kestää kostutusten ja kuivatusten vaikutukset. (KnowPap 2012.)

Yksi tarrantaustapaperin tärkeimmistä ominaisuuksista on sen pinnan sileys tarran puolella. Jos pinta on liian karhea, silikonilla ei kykene täysin peittämään paperin pintaa, joka johtaa heikentyneisiin irrotusominaisuuksiin. Toinen tärkeä ominaisuus on tarrantaustapaperin huokoisuus, jonka on oltava mahdollisimman pieni, jotta silikonilla ei tunkeutuisi paperin sisäosiin. Jos paperin pinnassa on suuria huokoisia, pääsee laminaatin liima-aine kosketuksiin kuitujen kanssa heikentäen irrotusominaisuuksia. Mitä pienemmät pintahuokokset ovat, sitä pienemmällä silikonimäärällä saadaan tasainen silikonifilmi. Silikonin käyttö pyritään minimoimaan, sillä se on kallis aine. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 69.)

5 LAATU

Laadulla tarkoitetaan tuotteen tai palvelun kykyä täyttää asiakkaan tarpeet ja odotukset. Tuotteen laatu määräytyy asiakkaan lähtökohtien ja käyttötarpeen mukaan. Laadulle voidaan määritellä selkeät kriteerit ja raja-arvot. Määrittelyn avulla tuotteet voidaan erotella hyväksytyksi ja hylätyksi. Laadun määrittelyä tarvitaan laadunvalvonnassa, valmistusprosessien ohjauksessa ja laadun kehittämisen apuvälineenä. (Haverila ym. 2009, 372.)

Laadulla tarkoitetaan sitä, ettei virheitä tehdä. Virheettömyyttä tärkeämpää on kokonaislaadun kannalta oikeiden asioiden tekeminen. Yrityksen näkökulmasta tuote voi olla täydellinen, mutta asiakkaalle se voi olla ylilaatua, josta hän ei ole valmis maksamaan. Laatu joka ylittää asiakkaan odotukset ei ole ylilaatua, jos laatu on se tekijä, jolla yritys saavuttaa kilpailuedun. (Lecklin 2006, 18–19.)

5.1 Laatukustannukset

Laatukustannuksilla tarkoitetaan kustannuksia, jotka syntyvät kun yritys varmistaa että tuotteiden laatu vastaa asiakkaiden vaatimuksia (taulukko 1). Laatukustannukset voidaan jakaa kahteen päätyyppiin, jotka ovat laatua edistävät kustannukset ja huonosta laadusta johtuvat kustannukset. Laatua edistäviin kustannuksiin kuuluvat laadun kehittämiseen tehdyt investoinnit. Huonosta laadusta aiheutuvat kustannukset aiheutuvat siitä, että tehdään virheitä ja vääriä asioita. (Lecklin 2006, 155.)

Taulukko 1. Laatukustannukset (KnowPap 2012)

Laatukustannukset			
Huonon laadun kustannukset		Ehkäisevät kustannukset	
Sisäiset	Ulkoiset	Ehkäisevät toimenpiteet	Laadun tarkkailu
<ul style="list-style-type: none">• Hylkäykset• Korjaukset• Ylimääräiset tarkistukset• Lajittelu• Vika-analyysit• Liika tuotanto• Arvon alennus	<ul style="list-style-type: none">• Reklamaatiot• Asiakkaan menetys• Maine• Takuut	<ul style="list-style-type: none">• Laatujärjestelmän kehittäminen• Tuotannon laitteiden laadun arviointi• Laatukustannus-arviointijärjestelmät• Laadun hallinta• Laatukoulutus• Alihankkijoiden ja raaka-aineentoimitajien arviointi	<ul style="list-style-type: none">• Laadun arviointi• Raaka-aineiden laadun arviointi• Prosesseissa tapahtuva laadun arviointi• Valmiin tuotteen laadunarviointi

Laatukustannusten jaetaan Haverilan ym. mukaan seuraavasti:

- Ennaltaehkäisevän laadunvarmistuksen kustannukset. Laatukoulutus ja virheettömyyden varmistavien menetelmien kehittäminen
- Tarkastuksien ja laadunvalvonnan aiheuttamat kustannukset
- Sisäiset laatukustannukset. Virheiden aiheuttamat korjaus- ja hylkäyskustannukset
- Ulkoiset laatukustannukset. Asiakkaalla ilmenneiden virheiden aiheuttamat korjauskustannukset ja hyvitykset.

Laatuvirheiden löytämishetki vaikuttaa merkittävästi niiden aiheuttamiin kustannuksiin. Mitä myöhemmin laatuvirhe huomataan, sitä kalliimmaksi se tulee. Pahimmassa tapauksessa se havaitaan vasta asiakkaalla, jolloin kustannukset ovat suurimmillaan ja voidaan ehkä menettää koko asiakas. (KnowPap 2012.)

5.2 Laadunvalvonta paperikoneella

Nykyään paperikoneilla on tiukat laatuvaatimukset, korkeat hyötysuhteet, suuret nopeudet ja tehokas tuotanto. Tästä syystä laadunvalvonta on suuressa osassa paperinvalmistuksessa. Laatua valvotaan online-mittauksilla sekä laboratoriomittausten ja -analyysien avulla. (KnowPap 2012.)

5.2.1 Online-mittaukset

Paperikoneen online-mittaukset suoritetaan mittaraamin avulla. Mittaraami on tarkka ja luotettava paperin laatua mittaava laitteisto, jota käytetään valmistusprosessissa jatkuvaan säätöön ja tuotannon seurantaan. Jokaisella paperikoneella on ennen rullainta ainakin yksi mittaraami. Mittaraamilla ja lopulta laboratoriossa todetaan, millaista paperia tulee. Mittaraameja voi olla useampiakin, ja niiden määrä riippuu tarvittavasta mittaus- ja säätötarpeesta. (Mäkelä 2003, 11–16; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, 246.)

Mittaraami koostuu mittaraamin kehyksestä ja paperiradan poikki edestakaisin kulkevasta mittakelkasta, jossa mitta-anturit ovat. Antureiden mitaamat mittaustulokset esitetään laskennallisina poikittais- ja pitkittäisprofiileina. Edestakaisen liikkeen takia mittakelkka pystyy mittaamaan vain hyvin pienen osan valmistettavaa paperia. (Mäkelä 2003, 17; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, 246–247.)

5.2.2 Offline-mittaukset

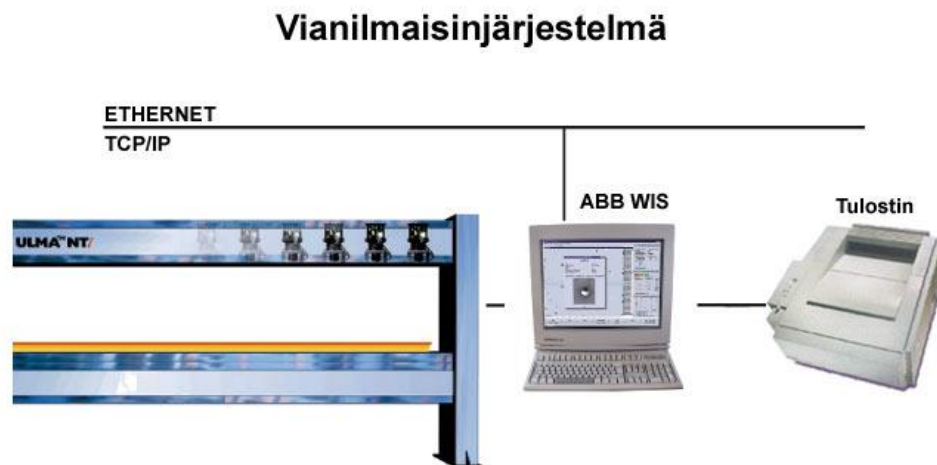
Ennen online-mittausten olemassaoloa paperin laatua voitiin mitata vain tuotetusta paperista laboratorioanalyysien avulla. Laboratorioanalyysit ovat edelleen tärkeitä tuotannon laadun tarkkailussa ja tuotekehityksessä. Tulokset analyyseistä saadaan muutaman tunnin kuluttua näytteenotosta. (Mäkelä 2003, 44)

5.2.3 Vianilmaisuus ja vikadiagnoosi

Paperissa tulee aina olemaan vikoja, jotka useimmiten heikentävät paperin soveltuvuutta sen loppukäyttöön. Näitä vikoja ovat reiät, tummat ja vaaleat täplät, päällysteviat, rynkyt, viirut ja reunarisat. Vikojen löytämiseen käytetään vianilmausjärjestelmiä, jotka ovat kiinteä osa laadunvalvontaa paperitehtaissa (kuva 13). Vianilmaisimella etsitään paperissa olevia vikoja valon avulla. Viat heijastavat tai läpäiset valoa eri tavalla kuin virheetön kohta. Vianilmaisin luokittelee löytyneet viat omiin ryhmiinsä. (KnowPap 2012.)

Vianilmaisinjärjestelmään kuuluvat osat ovat kamerapalkki, valopalkki, tiedonkäsittely-yksikkö, käyttöliittymä sekä mahdolliset oheislaitteet. Valopalkilla paperiin muodostetaan koko radan levyinen voimakas ja tasainen valo. Kamerapalkki sisältää useita kameroita, joilla mitataan paperiradasta tulevaa valomäärää. Käyttöliittymä on standardi PC, jonka ohjelmisto kokoo eri kameroilta tulevan tiedon esitettäväksi paperinvalmistajille. Näytettäviä tietoja ovat mm. vikakartta, trendit, profiilit, toistuvat viat sekä formaatio. Reaaliaikaisen informaation lisäksi käyttöliittymästä saadaan tarvittaessa konerullakohtaiset vikainformaatiot. Järjestelmään kuuluu normaalisti myös oheislaitteita, joita ovat esimerkiksi äänitorvi, takometri, hälytysvalotaulu ja värimerkkain. (KnowPap 2012.)

Vianilmaisinjärjestelmän ansiosta haitalliset viat voidaan poistaa tai paikata ennen prosessin seuraavaa vaihetta. Viat paikannetaan vianilmaisinjärjestelmän muodostaman vikakartan avulla. Vikakartta sisältää tiedon konerullassa olevista vioista sekä niiden sijainneista. (KnowPap 2012.)



Kuva 13. Vianilmaisinjärjestelmä ABB (KnowPap 2012.)

5.3 Laatutietojen hallinta paperitehtaassa

Laatutietojen kerääminen prosessista on jatkuvaa, ja niiden avulla pyritään välttämään laatuvirheitä sekä keskittämään kehitystyötä erityisesti toistuviin ja kustannusvaikutuksiltaan merkittävimpiin laatuvirheisiin. Laatutietojen käsittely on hankalampaa useita eri laatuja tuottavilla konelinoilla, sillä eri paperilaadut ovat eri tavalla herkkiä eri laatuviolioille. (KnowPap 2012.)

Laatujärjestelmän tärkeimmät perustiedot ovat mittaukset ja lajikohtaisten mittausten laatuarvot. Paperitehtaan tietojärjestelmissä voi olla tuhansia mittauksia, joten mittausten määrittelyn ja ylläpidon on oltava joustavaa ja selkeää (kuva 14). (KnowPap 2012.)



Kuva 14. Laatutiedon hallinta (Knowpap 14.0, 2012.)

Knowpapin mukaan laatutietojen hallinta paperitehtaassa koostuu seuraavista osista:

- perustietojen ylläpito: lajien laatutiedot sekä mittausten tavoite-, hälytys- ja hylkäysrajat
- prosessiliitännät: laatutietojen skannaus automaatiojärjestelmästä (skannausprofiilit, säätöarvot, kulutusarvot, summaprofiilit jne.)
- laboratorio: laboratoriotyön suunnittelu ja mittausten kirjaus.
- prosessin seuranta ja analysointi: esim. saman lajin eri ajokertojen vertailu toisiinsa
- asiakaspalvelu: laatutietojen yhdistely tuotantotietoihin ja tuotannon jäljitettävyys
- laatudokumentointi: asiakkaat vaativat yhä useammin laatutietoja jokaisesta toimituserästä
- prosessin laadunhallinta: tuotannon laadun varmistaminen ja integrointi tuotantoon siten, että jokainen tuotettu rulla täyttää asiakkaan asettamat laatuvaatimukset. (KnowPap 2012.)

5.4 Valmistuslinjan hyötysuhteet

Tuotantolinjan hyötysuhteella on olennainen vaikutus sekä valmistustalouteen että tuotteen laatuun. Kokonaishyötysuhde määräytyy pääosin aikahäviöstä ja paperihylystä. Aikahäviöitä voidaan mitata suoraan sinä aikana, kun paperikone ei tuota paperia. Aikahylystä lasketaan aikahyötysuhde. Paperihylky on usein merkitsevämpi häviö, ja siitä voidaan laskea materiaalihyötysuhde. Aika- ja materiaalihyötysuhteen tulo on kokonaishyötysuhde. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 262–263.)

Materiaalihyötysuhde täytyy useimmissa tapauksissa laskea pinta-alana, jotta siitä saataisiin todellinen käsitys. Painona laskettaessa ongelmaksi muodostuvat neliömassa lisääntyminen päällystyksessä tai väheneminen superkalanteroinnissa voimakkaan kuivumisen seurauksena. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 263.)

Aikahyötysuhteen mittaaminen on selkeämpää. Seisokki on silloin, kun konesäiliön pumppu ei käy. Katkoaikaa tai siihen verrattavaa on silloin, kun konesäiliön pumppu käy, mutta rata ei ole vielä rullaimella. Tuotantoajaksi lasketaan se, kun rata on rullaimella. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 263.)

Hylyn mittaaminen on vaikeampaa. Periaatteessa pinta-ala saadaan automaattisten pituus- ja leveysmittausten erotuksina, mutta käytännössä se ei ole ongelmatonta. Lopullisen nettotuotannon ja hylkyrullien punnitus on tarkkaa, sillä niistä saadaan tarkka hylkyrullaprosentti. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 263.)

6 HYLKY

Hyllyllä tarkoitetaan paperia, joka on hylätty missä tahansa paperinvalmistuksen tai jälkikäsittelyn vaiheessa paperitehtaalla. Hylky on jatkojalostukseen kelpaamatonta paperia, joka palautetaan pulperoinnin jälkeen prosessiin. (KnowPap 2012.)

Hylkyä aiheuttavia ja resursseja kuluttavia toimintoja, jotka eivät tuota lisäarvoa, ovat muun muassa ylituotanto, odottaminen, tarpeeton kuljetaminen, ylivalmistaminen, ylivarasto, tarpeeton liikkuminen ja vialliset osat (Laamanen 2001, 162.).

Hylkyä muodostuu paperikoneella muun muassa seuraavissa kohteissa:

- viiraosalla reunanauhahylkynä
- koko koneen leveydeltä ratakatkoissa
- superkalanterin ja pituusleikkurin reunanauhojen leikkauksessa
- konerullien pinta- ja pohjahylkynä
- hylättävistä rullista leikkurilla ja uudelleenrullauskoneella. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, 117; KnowPap 2012.)

6.1 Pohjahylky

Paperikone 5:llä pohjahylkyksi lasketaan konerulliin ajettava ylimääräinen paperi, joka kuluu jälkikäsittelyssä konerullan jatkokäsittelyyn. Lisäksi pohjahylkyä syntyy, jos konerullaan ajetaan liikaa paperia, joka ei mene asiakkaalle asti. Pohjahyllyn tarkoitus on varmistaa, että asiakas saa oikean määrän oikean laatuista paperia.

6.2 Lajinvaihtohylky

Lajinvaihdolla tarkoitetaan paperikoneella ajettavan paperilaadun vaihtamista toiseksi paperilaaduksi. Lajinvaihdossa muutetaan samanaikaisesti sekä prosessisuureita että laatusuureita, kuten pintaliima, neliömassa ja kosteus uuden lajin tavoitearvoja vastaaviksi. Lajinvaihdon aikana paperirata on koko ajan päällä. Lajinvaihdon aikana tuotettu paperi on hylkyä. (Niittymaa 2006.)

6.3 Trimmihylky

Trimmihyllyllä tarkoitetaan sitä osaa paperikoneen rataleveydestä, jota ei leikata asiakkaalle rulliksi. Suurimmaksi osaksi trimmihylky muodostuu reunanauhoista. Joissain tapauksissa pituusleikkurin muuton leveys on niin kapea, että siitä joudutaan ajamaan hylkyä erikseen rullalle. Trimmihyllyn määrää määrätty jo tuotannonsuunnittelussa.

6.4 Konehylky

Konehylkyllä tarkoitetaan paperikoneelta tulevista vioista aiheutunutta hylkyä. PK5:n prosessi- ja paperitekniset viat ovat konehylkyä. Viat pyritään poistamaan uudelleenrullauskoneella. Jos vikoja on kuitenkin liikaa ja niitä ei voida poistaa, aiheutuu niistä hylkyä. Kuvassa 15 näkyy erilaisia paperiradan virheitä.



Kuva 15. Erilaisia paperin virheitä (KnowPap 2012.)

7 MATERIAALIHYÖTYSUHTEN PARANTAMINEN

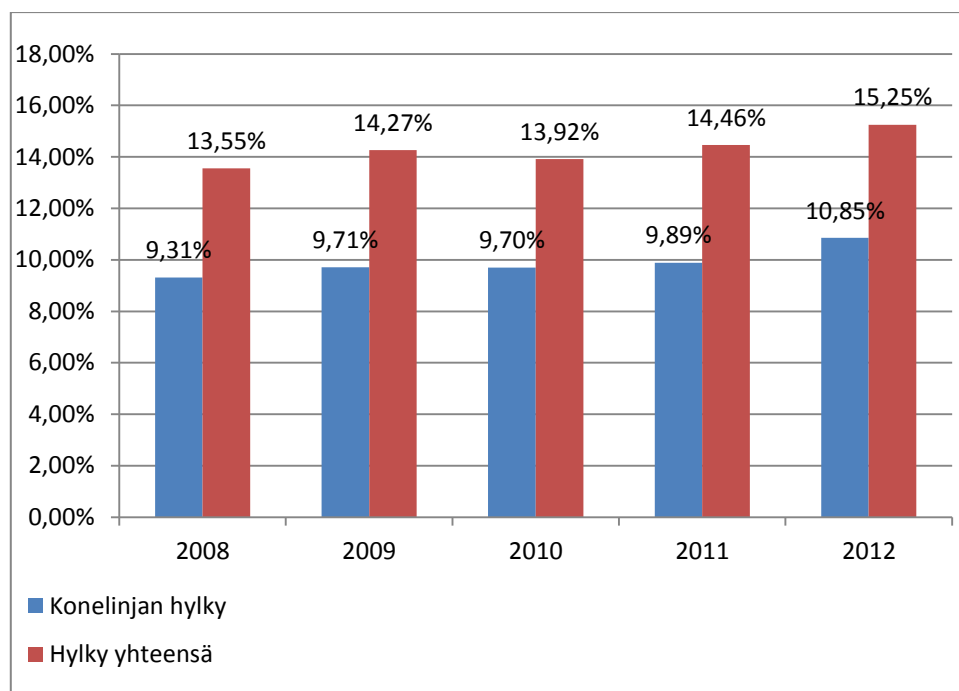
Työn suoritus aloitettiin selvittämällä tehdasjärjestelmistä hyllyn määrä ja koostumus vuosilta 2008–2012. Tämän perusteella tehtiin selvitys siitä, missä hylkyä eniten syntyy ja mihin näistä voidaan vaikuttaa. Lisäksi suoritettiin vertailu Tervasaaren paperikone 8:aan.

7.1 Hylky PK5

Materiaalihyötysuhde lasketaan normaalisti pinta-alan mukaan. Tässä työssä laskelmat on tehty painon mukaan. Syynä on tehdasjärjestelmän vaihtuminen vuonna 2011 ja tulosten helpompi vertailu painon mukaan.

Historiatietoja etsittiin tehdasjärjestelmistä. Tervasaassa oli aikaisemmin käytössä MISTER-tehdasjärjestelmä. Syyskuussa 2011 Tervasaari siirtyi käyttämään GMES-tehdasjärjestelmää. Tietojen merkintä ja seuranta ovat erilaiset näissä järjestelmissä. Opinnäytetyön liitteissä 1–3 on nähtävillä tarkemmat tiedot PK5:n hyllystä.

Trimmihylkyä ei tutkittu syvemmin tässä työssä, sillä siihen ei voida paperikoneella tehtävillä toimenpiteillä vaikuttaa. Konelinjan hylky sisältää kaiken hyllyn trimmihylkyä lukuun ottamatta. Konelinjan hylky on ollut melko tasainen vuotta 2012 lukuun ottamatta (kuvio 1).



Kuvio 1. Hylky 2008–2012

Paperikoneen hylkyyn kuuluvat lajinvaihtohylky, pohjahylky ja prosessiteknisistä ja paperin teknisistä vioista aiheutunut hylky. Tehdasjärjestelmän vaihtuminen hankaloittaa hylkyhistorian tutkimista. Tehdasjärjestelmissä on erilainen merkkaustapa ja eri hylkäyssyyt. Tilastojen perusteella vuonna 2012 lajinvaihtohyllyn määrä on huomattavasti suurempi aiempiin vuosiin verrattuna (taulukko 2). Lajinvaihtohyllyn suurempi määrä vuonna 2012 aiheutuu lisääntyneistä värillisten papereiden ajoista.

Taulukko 2. Paperikoneen hyllyn osuus bruttotuotannosta 2008–2012

	Lajinvaihtohylky	Pohjahylky	Prosessitekniset ja paperin tekniset viat
2008	1,10 % 813 t	2,63 % 1 944 t	5,6 % 4 119 t
2009	1,33 % 844 t	2,73 % 1 737 t	5,6 % 3 590 t
2010	1,25 % 949 t	2,72 % 2 062 t	5,7 % 4 307 t
2011	1,58 % 969 t	2,77 % 1 699 t	5,5 % 3 401 t
2012	2,20 % 1 783 t	2,64 % 2 139 t	6 % 4 881 t

Vuonna 2012 rullahylystä 1 223 tonnia on lajinvaihtohylkyä (liite 3). Tämän aiheuttaa uuden tehdasjärjestelmän erilainen hyllyn merkintätapa silloin, kun paperikoneen kuivaa hylkyä ajetaan pituusleikkurilla. Aikaisemmassa tehdasjärjestelmässä konerullat hylättiin ja poistettiin järjestelmästä ennen pituusleikkurilla ajamista. Uudessa tehdasjärjestelmässä hylkyrulliin laitetaan päätylaput hyllynseurantaa varten. Hylkäyssyy merkittään pituusleikkurilla, jossa ei ole aina tarkkaa tietoa mitä ajettava hylky on. Hylkäyksen syyksi tulee lajinvaihtohylky, vaikka se todellisuudessa olisi katko- tai starttihylkyä.

Tehdasjärjestelmien erilainen hyllyn merkintätapa vaikeuttaa eri vuosien vertailua. GMES-tehdasjärjestelmästä puuttuu esimerkiksi katkohylky hylkäyssyy kokonaan, joka oli MISTER-tehdasjärjestelmässä usein käytetty syy.

Materiaalihiötysuhteen parantamiseksi tutkittiin

- pohjahyllyn vähentämistä superkalanterilla
- tavoitelaatuun pääsyn nopeuttamista häiriötilanteista paperikoneella
- pallopesujen ennakkointia lajinvaihtoihin
- rullaimen vaihtoja.

PK5:n vertaamisessa PK8:n voidaan todeta seuraavat asiat. PK8:lla on erilaiset laitteet ja niiden seurauksena erilaiset toimintatavat. Hylkysyiden merkintätapa on erilainen näiden kahden koneen välillä. PK8:lla merkitään hylkäyksen syyksi se, mikä paperissa on vikana. PK5:llä osassa hylkäyksistä on merkitty syyksi se, mikä hyllyn on aiheuttanut. Esimerkiksi PK8:lla ei ole käytetty ollenkaan laitevika hylkäyssyytä, kun taas PK5:llä se aiheutti 12 prosenttia konelinjan hylystä vuonna 2011.

Pohjahyllyn ja lajinvaihtohyllyn osalta koneet ovat vertailukelpoisia. PK8:lla pohjahylky muodosti noin 48 prosenttia paperikoneella tulevasta hylystä vuosina 2008–2011, kun PK5:llä vastaava luku oli noin 32 prosenttia. Tästä voidaan päätellä, että PK5:llä muiden hylkyjen osuus on huomattavasti suurempi. Suurin eroavaisuus oli prosessiteknisissä vioissa. Prosessiteknisten hylkyjen suurin aiheuttaja on häiriötilanteista takaisin tuotantoon pääseminen.

7.2 Pohjahyllyn vähentäminen superkalanterilla

PK5:llä on ohjeena, että jokaiseen rullaimelta valmistuneeseen priima konerullaan ajetaan 1 200 metriä ylimääräistä paperia. Tämä paperimäärä kuuluu jatkokäsittelyn vaatimiin vaihtoihin, sekä sen varmistamiseen, ettei seuraavaan jatkokäsittelyn vaiheeseen tai asiakkaalle päädy huonolaatuista paperia. Tätä hylkyyn menevää paperia kutsutaan pohjahylkyksi. Tarkoituksena oli selvittää, voitaisiinko tätä määrää saada pienemmäksi superkalanterin ajoparametreja muuttamalla.

Ylimääräisestä paperimäärästä pieni osa kuluu rullaimella. Rullaimen vaihto tehdään ilmapuhalluksen avulla, josta aiheutuu löysää paperia konerulla ympärille. Tämä pitää lusata pois ennen jatkokäsittelyyn lähettämistä.

Superkalanterilla tilaukseen kelpaamatonta paperia tulee hidastuksessa, kiihdytyksessä ja automaattisen vaihtosekvenssin aikana. Lisäksi superkalanterilla jätetään automaattisen vaihdon yhteydessä jäävään pohjaan 180 metriä paperia. Tämä paperimäärä on varattu siihen, että paperi ei lopu kesken ennen konerullan vaihtumista. Lisäksi pohjalle jätetyllä paperilla varmistetaan paperin riittäminen, jos jokin automaattisen vaihtosekvenssin vaiheista ei mene kerralla oikein.

Tarkoitus oli selvittää, voidaanko superkalanterin vaihtosekvenssi ajaa hitaammalla nopeudella kuin aikaisemmin. Jos vaihtosekvenssin kokonaisaika ei pitene hitaammalla vaihtonopeudella ja katkoriski ei kasva, niin nopeutta pudottamalla vaihdon aikana kuluva paperimäärä saadaan pienemmäksi. Hitaamman vaihdonaikaisen pyörimisnopeuden seurauksena superkalanterin pohja voidaan jättää pienemmäksi.

Pituusleikkurilla jätetään 250 metriä pohjaa. Pituusleikkurin konerullan pohjalla oleva paperi on superkalanterin vaihdon jälkeistä paperia, jonka aikana superkalanteri kiihdyttää. Superkalanteri kiihdyttää täyteen nopeuteen keskimäärin 250 metrin aikana. Leikkurin pohjan kokoa ei muuteta, jotta laatu olisi tasaista koko konerullan ajan.

Vuonna 2012 paperikoneelta valmistui 5281 konerullaa, jotka menivät superkalanterille jatkokäsittelyyn. Jos paperin määrään tarvetta jatkokäsittelyssä saataisiin vähennettyä esimerkiksi 100 metriä konerullaa kohden, säästäisi se vuodessa noin 528 100 metriä paperia.

Superkalanterin koeajot tapahtuivat 13 eri päivänä (liite 4). Superkalanterin vaihdoista otettiin näytteitä joka päivä 8 tunnin ajalta. Saatujen tulosten määrä riippui sekä ajettavasta laadusta että superkalanterin ajotilanteesta. Konerullien läpäisy aika superkalanterilla vaihtelee normaalisti tunnista hieman vajaa kahteen tuntiin. Näytteitä siis kertyi päivästä riippuen eri määrä.

7.2.1 Mittausmenetelmät superkalanterin koeajoissa

Superkalanterin koeajoissa käytettiin seuraavia mittausmenetelmiä:

- Superkalanterin pohjien pituuden mittausmenetelmänä oli ensimmäisinä päivinä pyörimisnopeutta mittaava takometri sekä sekuntikello. Pohja asetettiin purkautumaan vakionopeutta ja mitattiin purkamiseen kulunut aika. Tästä saatiin laskettua purkamisen aikana kuluneet metrit melko tarkasti
- Superkalanterin pohjien pituutta mitattiin 30.8.2013 alkaen takometrillä, jolla pystyy mittaamaan matkaa.
- Superkalanterin pohjien säde mitattiin työntömitalla
- Superkalanterilta valmistuneiden konerullien halkaisija ja pituus saatiin GMES-tehdasjärjestelmästä
- Superkalanterin todellista hidastusnopeutta tarkasteltiin trendiohjelmasta
- Pituusleikkurin pohjien säde ja pituus saatiin pituusleikkurin ajonäytöltä.

Vaihtosekvenssiin kuuluva metrimäärä mitattiin superkalanterin näytteidenoton yhteydessä lusattavasta paperista. Kun superkalanteri aloittaa hidastuksen, se muuttaa reunaleikkureiden asentoa leveämmälle. Superkalanterilla valmistuvassa konerullassa on hylkyä tähän levennykseen asti. Konerullan pinnasta lusataan näytteidenotossa hylky pois. Vaihtoon kuluneet metrit voidaan laskea lusatuista kerroksista. Kerroksen pituus lasetaan konerulla halkaisijasta (kaava 1).

$$p = \pi d \quad (1)$$

p = piiri (m)

d = konerulla halkaisija (m)

Lusattujen kerrosten määrästä ja konerullan halkaisijasta voidaan laskea vaihdossa kuluneet metrit (kaava 2).

$$m = pk \quad (2)$$

m = lusattavan paperi määrä (m)

p = piiri (m)

k = lusattujen kerrosten lukumäärä (kpl)

Laskuissa ei ole otettu huomioon konerullan halkaisijan pienenemistä lusuksen seurauksena, sillä vaikutus lopputulokseen jäisi pieneksi. Suurempi vaikutus on työntekijällä, joka lusaa tarvittavan määrän superkalanterin näytteidenotossa. Lusattujen kerrosten määrä on riippuvainen työntekijästä, ja tästä aiheutuu muutaman kerroksen heittoja laskuihin. Näytteitä on otettu eri lajeilla useita, ja niistä saadut tulokset on laskettu keskiarvoina.

7.2.2 Superkalanterin pohjat

Ensimmäisenä koeajopäivänä 25.8.2013 superkalanterin ajoasetuksiin ei muutettu. Tarkoituksena oli mitata, kuinka suuria pohjia superkalanteri todellisuudessa jättää.

Jätettävän pohjan asetuksena on ajettavasta lajista riippumatta aina 180 metriä. Ensimmäisen päivän mittauksen perusteella voitiin todeta, että pohjien todellinen pituus oli noin 400 metriä.

7.2.3 Superkalanterin vaihdonaikaisen nopeuden muutos

Koeajopäivinä 26.–27.8.2013 tarkoitus oli testata, kuinka paljon superkalanterin vaihdonaikaisen pyörimisnopeuden muutos vaikuttaa automaattisen vaihtosekvenssin aikana syntyvään hyllyn määrään. Superkalanteri suorittaa automaattisen vaihtosekvenssin aikana tapahtuvat liikkeet aina samalla tavalla. Vaihdon aikaista pyörimisnopeutta pienentämällä olisi siis mahdollista vähentää hylkyyn menevän paperin määrää. Lisäksi pienempi pyörimisnopeus mahdollistaa pienemmän pohjan jättämisen superkalanterille, sillä epäonnistuneiden liikkeiden uudelleenyrityksissä kuluvat metrit ovat suoraan sidottuja pyörimisnopeuteen.

Superkalanterin automaattisen vaihtosekvenssin vaatima hylky muodostuu superkalanterin hidastuksen aikana kuluvasta paperista sekä superkalanterin vaihtosekvenssin liikkeiden aikana kuluvasta paperista.

Superkalanterin vaihtosekvenssi alkaa silloin, kun superkalanteri alkaa hidastaa automaattiseen vaihtoon. Hidastuksen aikana kuluneet metrit ovat hylkyä. Superkalanterin vakioasetus hidastukselle maksimi vauhdista vaihtonopeuteen on 90 sekuntia.

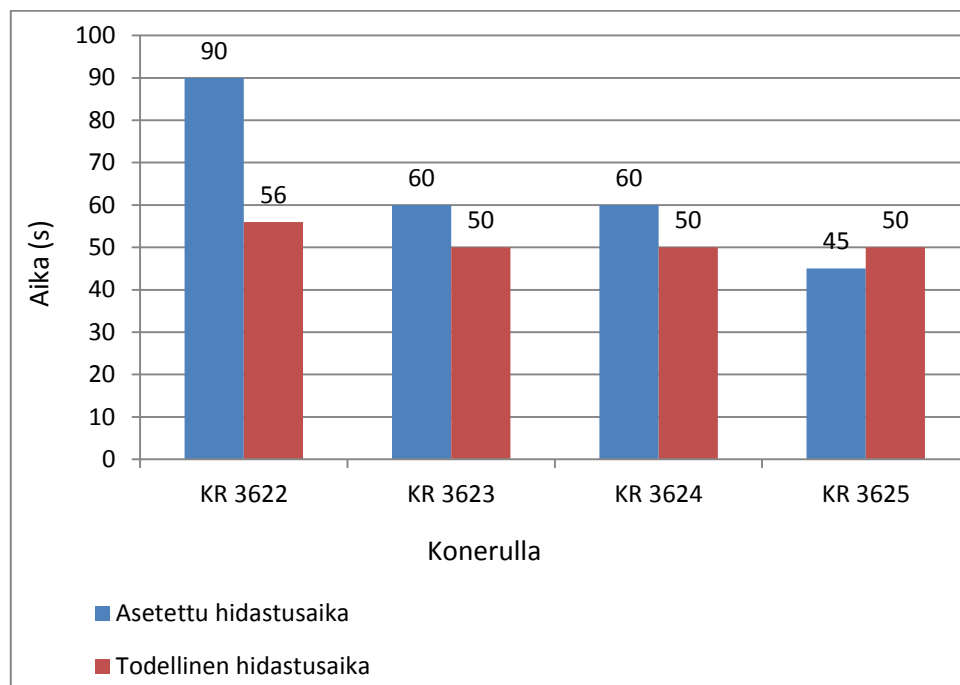
Superkalanterin pyörimisnopeus vaihtosekvenssin aikana on 60 m/min. Superkalanterilla kuluu noin 5 minuuttia siihen, että se saa automaattisen vaihdon suoritettua. Paperia tänä aikana kuluu siis noin 300 metriä.

Vaihtonopeuden muutoksella oli selvä vaikutus vaihtosekvenssin aikana syntyvään hylkyyn. Lisäksi superkalanteri jätti pienempiä pohjia hitaamman vaihtonopeuden ansiosta.

7.2.4 Superkalanterin hidastus ja kiihdytys

Koeajopäivän 28.8.2013 tarkoitus oli hidastukseen ja kiihdytykseen asetetun ajan muuttaminen. Vakioasetus kiihdytykselle ja hidastukselle on 90 sekuntia. Uudeksi asetukseksi kiihdytykselle ja hidastukselle asetettiin kahteen vaihtoon 60 sekuntia ja yhteen vaihtoon 45 sekuntia. Vaihtosekvenssin aikainen hylky väheni hieman pienemmällä asetusajalla. Trendiohjelmasta todellista hidastusaikaa tarkastellessa voidaan todeta, että asetus aika poikkesi todellisesta ajasta huomattavasti. Kun asetus aika oli 90 sekuntia, hidastukseen kului todellisuudessa 56 sekuntia. Kun asetus aika asetettiin pienemmäksi, niin todellinen hidastusaika oli noin 50 sekuntia

(Kuvio 2). Tämä johtuu siitä, että superkalanterille asetettu hidastusaika on hidastus maksimi nopeudesta nolnaan. Superkalanterin maksiminopeus on 900 m/min, joten superkalanterin nopeuden ollessa 600 m/min, alkaa superkalanteri hidastaa minuuttia ennen vaihtoa. Asetusjana laskeminen 45 sekuntiin ei tuonut muutosta hidastukseen kuluvaan aikaan 60 sekunnin hidastukseen verrattuna (kuvio 2).



Kuvio 2. Superkalanterin hidastuksiin kuluneet ajat

Superkalanterin ajonopeus ennen vaihtosekvenssin alkua vaikuttaa vaihdossa tulevaan hylkymäärään. Paksuilla papereilla ajonopeus on paljon pienempi kuin ohuilla papereilla. Superkalanterin suuri ajonopeus ennen vaihtoa voi jopa jättää pituusleikkurin viimeisen muuton vajaaksi.

7.2.5 Superkalanterin muutosten yhteisvaikutus

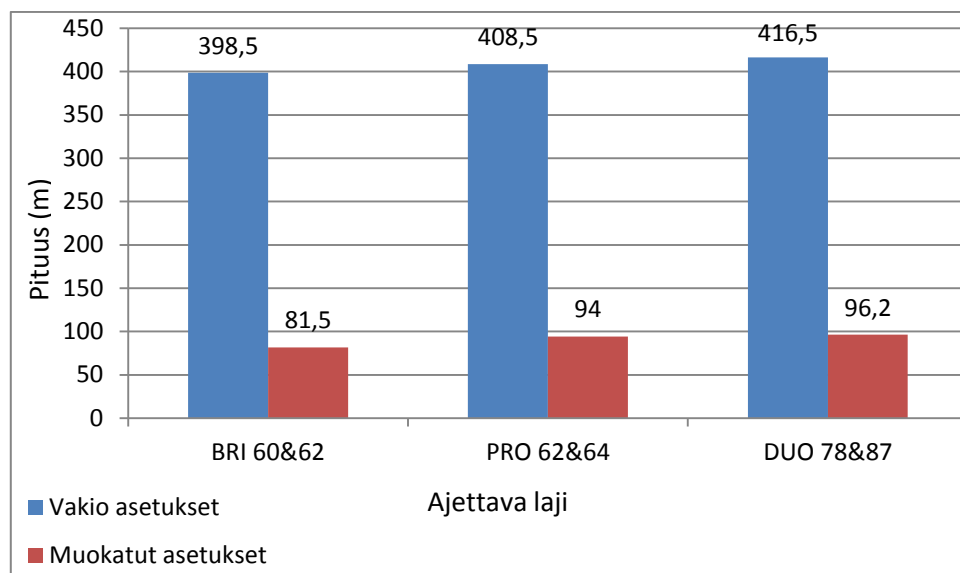
Koeajopäivien 30.8.–2.9.2013 aikana muutettiin hidastus- ja kiihdytysnopeuden, superkalanterin pohjan metrien ja vaihdonaikaisen pyörimisnopeuden asetusta. Näiden päivien pohjalta laadittiin asetukset lopuille koeajopäiville.

Koeajopäivien 9.–17.9.2013 aikana superkalanterilla käytettiin aiempien päivien perusteella tehtyjä asetuksia (taulukko 3).

Taulukko 3. Superkalanterin uudet ajoparametrit

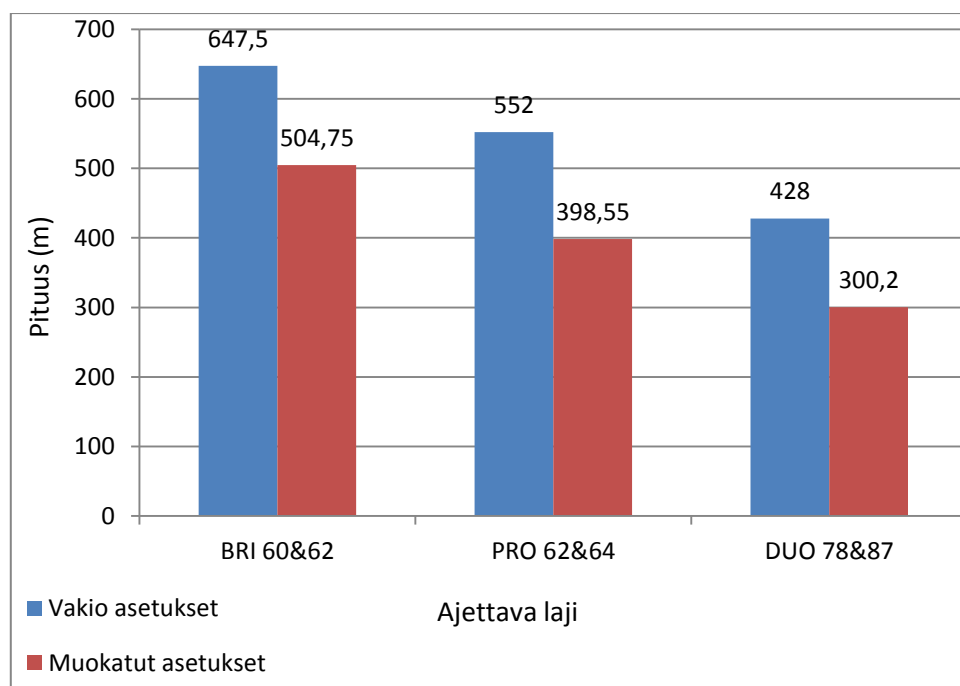
Vaihdonaikainen pyörimisnopeus	30 m/min
Hidastukseen käytettävän ajan asetus	30 s
Superkalanterin pohjan pituuden asetus	30 m

Kaikkien muutosten yhteisvaikutuksena superkalanterilta jäävien pohjien koko putosi keskimäärin 77 prosenttia vakioasetuksiin verrattuna. Muutos oli samanlainen kaikilla paperilajeilla. Superkalanterin pohjan koko pieneni näillä muutoksilla keskimäärin 300 metriä jokaisella konerullalla (Kuvio 3).



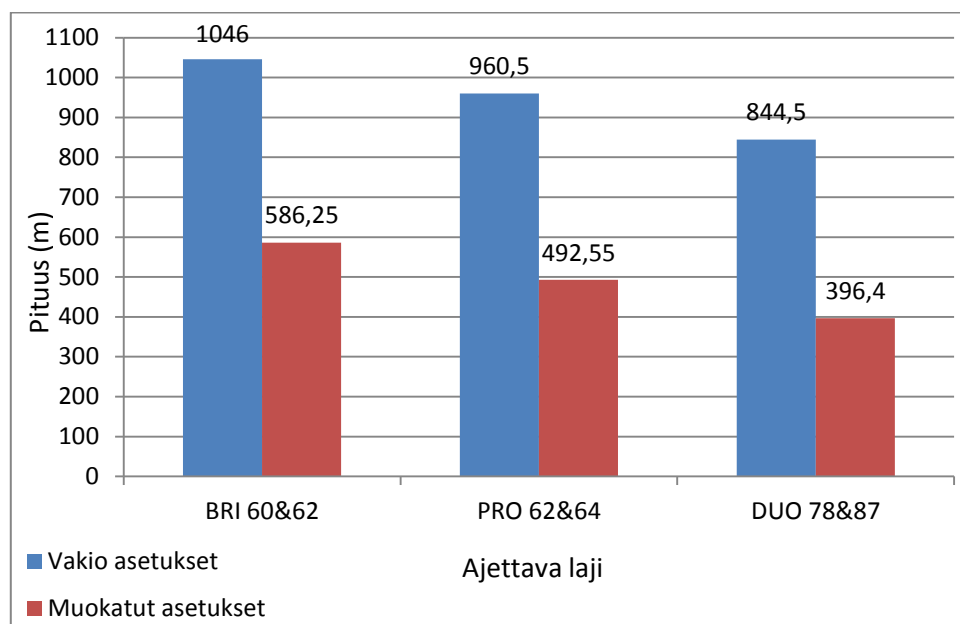
Kuvio 3. Pohjien pituuksien muutos

Superkalanterin hidastuksen asetusajan ja vaihdonaikaisen pyörimisnopeuden seurauksena vaihtosekvenssin aikana kuluvat metrit putosivat keskimäärin 140 metriä (Kuvio 4).



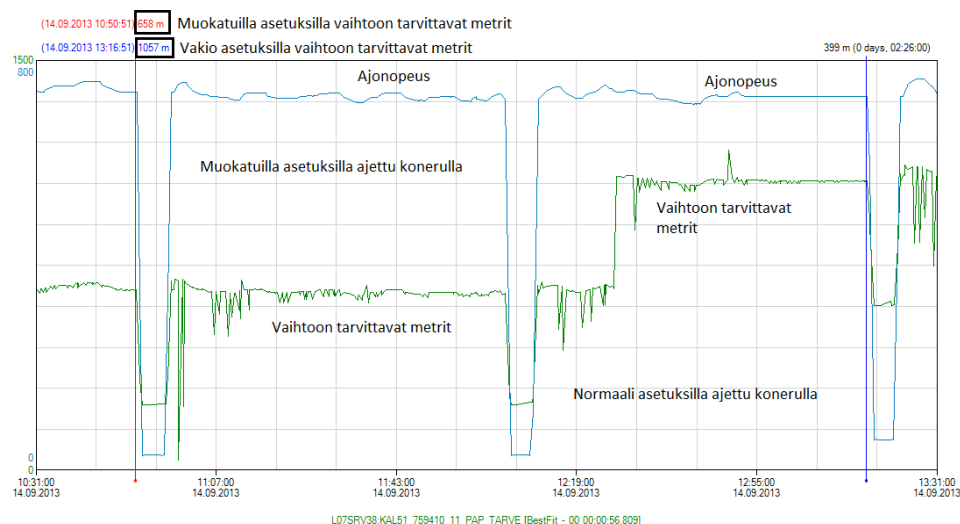
Kuvio 4. Superkalanterin vaihdossa kuluneet metrit

Tehtyjen muutosten yhteisvaikutus on noin 450 metriä konerullaa kohden (kuvio 5).

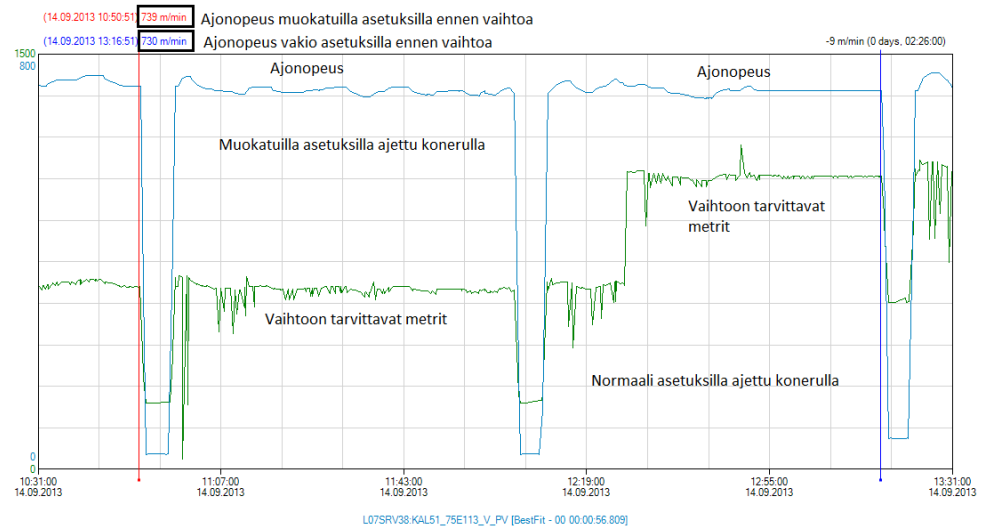


Kuvio 5. Superkalanterin vaihdossa kuluneet metrit

Trendi-ohjelma näyttää superkalanterin vaihtoon tarvitsemat metrit. Tarkasteluun otettiin 2 vaihtoa, joissa oli melkein sama ajonopeus ennen vaihtoa. Toinen vaihto oli vakioasetuksilla, ja toinen oli muokatuilla asetuksilla. Muokatuilla asetuksilla superkalanteri tarvitsi oman laskurinsa mukaan noin 400 metriä vähemmän vaihtosekvenssin suorittamiseen (kuvat 17 ja 18).

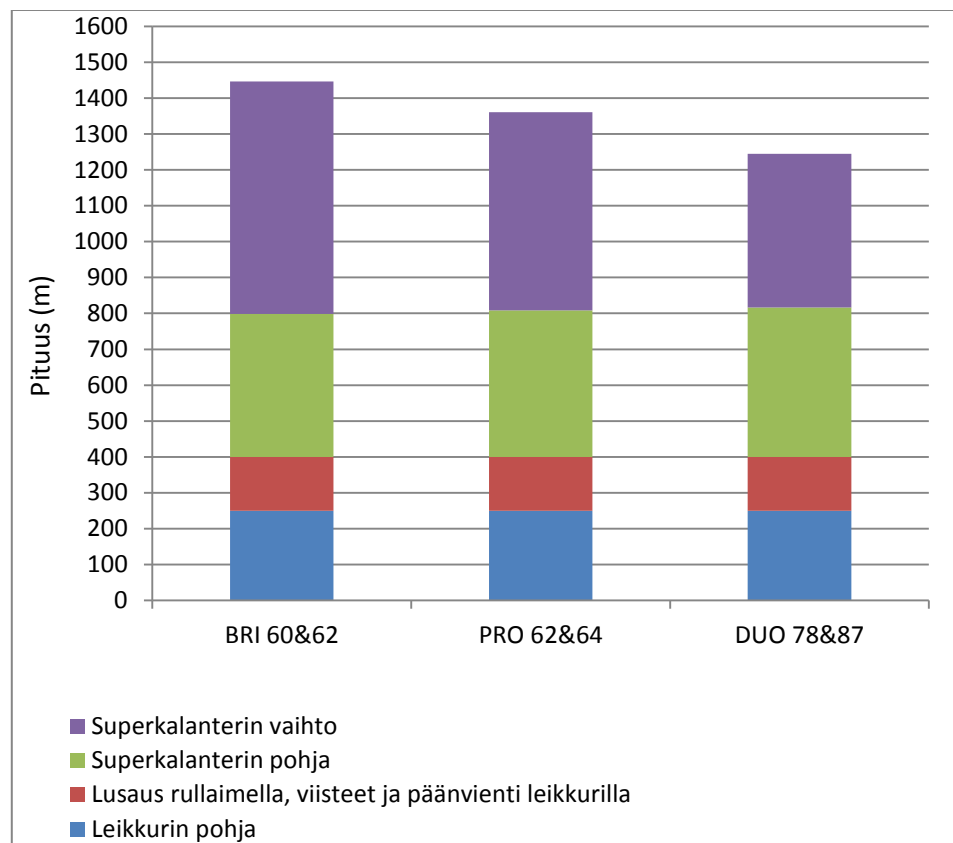


Kuva 16. Superkalanterin vaihtoon vaaditut metrit eri asetuksilla



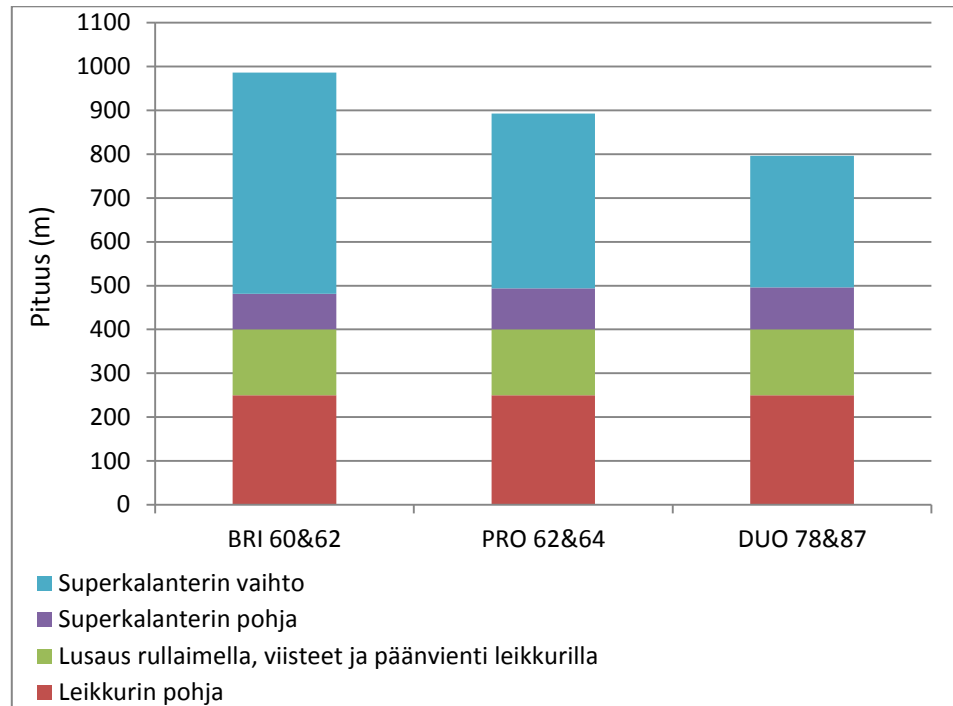
Kuva 17. Superkalanterin ajonopeus ennen vaihtoa eri asetuksilla

Nykyisillä superkalanterin asetuksilla pohjahyllyn tarve on lajista riippuen 1 245–1 446 metriä. Pohjahylky muodostuu jälkikäsittelyn eri vaiheista kuvion 6 mukaan.



Kuvio 6. Pohjahyllyn tarve vakioasetuksilla

Muokatuilla superkalanterin asetuksilla pohjahylyn tarve on lajista riippuen 796–986 metriä. Pohjahylky muodostuu jälkikäsitteilyn eri vaiheista kuvion 7 mukaan.



Kuvio 7. Pohjahylyn tarve muokatuilla asetuksilla

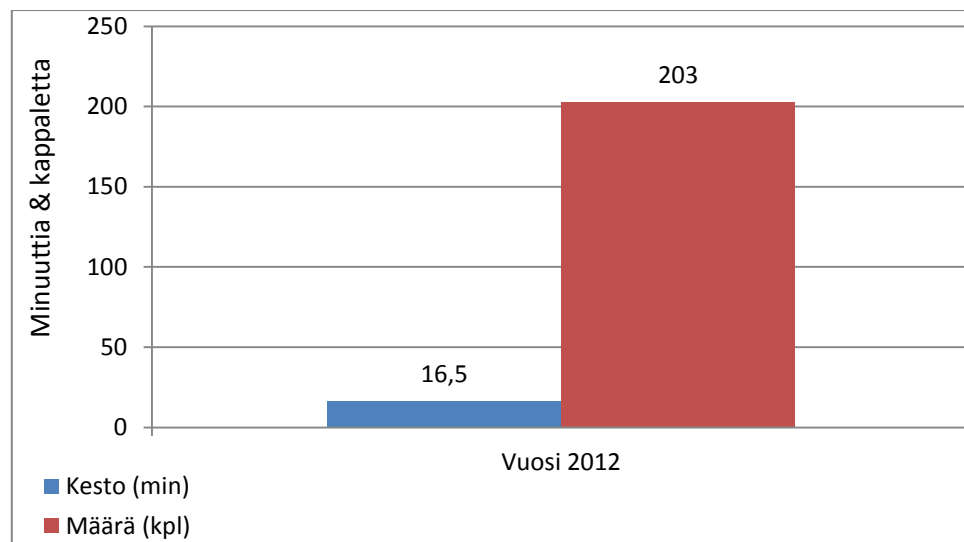
Voidaan myös todeta, että ajettava laji vaikuttaa superkalanterin vaihdossa kuluviin metreihin. Huomioimalla tämä rullaimen vaihtopituudessa saataisiin hieman lisää säästöjä. Paksuilla papereilla superkalanterin ajonopeus on huomattavasti pienempi, joten hidastuksen aikana kuluu vähemmän metrejä.

Superkalanterin koeajojen aikana oli yksi katko, joka ei todennäköisesti liittynyt tehtyihin muutoksiin. Ongelmana hitailla pyörimisnopeuksilla tehdyissä vaihdoissa oli superkalanterilla tehty karvi, joka jäi miltei jokaisessa vaihdossa väärälle konerullalle. Suurilla konerullilla konerullan pohjalle jäänyt karvi lisää riskiä konerullan kaatamiseen. Tämä saatiin korjattua muuttamalla superkalanterin ajoparametreihin superkalanterin auki- ja kiinnirullauksen välinen matka pidemmäksi. Muokatuilla asetuksilla vaihtosekvenssin kokonaisaika nousee 40–50 sekuntia konerullaa kohden.

7.3 Tavoitelaatuun pääsyn nopeuttaminen häiriötilanteista paperikoneella

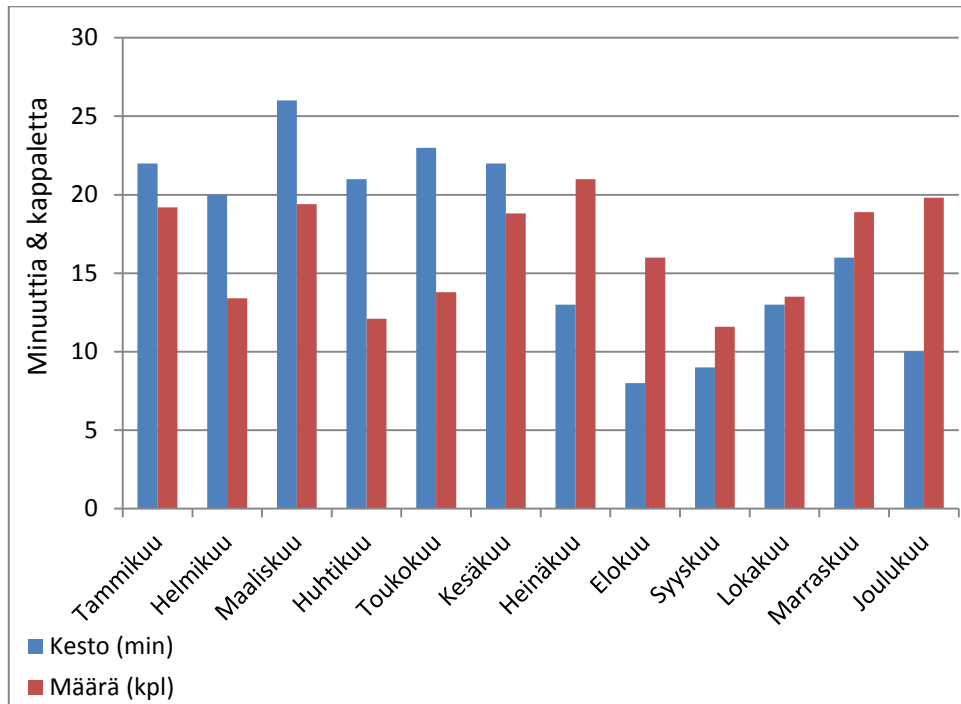
Historiatiedoista voidaan todeta, että prosessihylky on suurin osa PK5:n hylkymäärästä. Tässä opinnäytetyön osiossa haettiin keinoja, joilla saataisiin prosessitekni- sen hyllyn määrää vähennettyä. Prosessihylkyjä yhdistää usein päänvienti, jonka aikana hylkyä syntyy.

Trendi-ohjelmasta etsittiin kaikki vuoden 2012 päänviennit, joissa pinta- liimat otettiin päälle. Kaikki päänviennit eivät tallentuneet trendi- tietokantaan, ja ne jouduttiin hakemaan tehdasjärjestelmästä erikseen. Tehdasjärjestelmästä haettuihin päänvienteihin ei saatu mitattua aikaa, jo- ka kului liimojen päälle ottamisesta siihen, että paperi vaihdettiin tavoite- laatuun rullaimella. Vuonna 2012 oli 203 häiriötilannetta, joissa jouduttiin ottamaan liimat päälle paperiin (liite 5). Liimojen päälle otosta vaihtoon kulunut aika oli keskimäärin 16,5 minuuttia, kun mukaan ei laskettu start- teja seisokeista (kuvio 8).



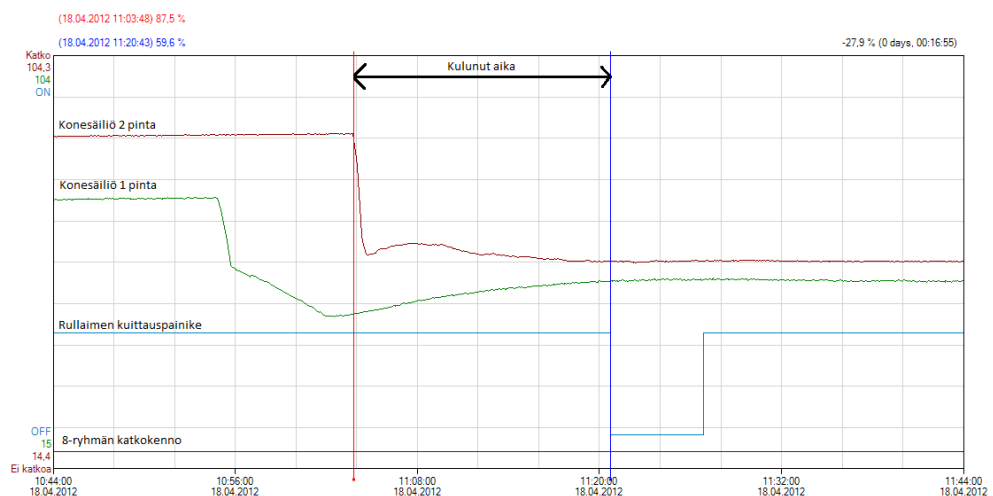
Kuvio 8. Vuosi 2012 liimojen päälleoton vaatineiden katkojen määrä ja pituus

Liimojen päälle ottamisen vaatineet päänviennit kerättiin yhteen ja niistä laadittiin kuukausittaiset keskiarvot, joihin ei huomioitu startteja seisokeista (kuvio 9).



Kuvio 9. Vuonna 2012 liimojen päälleoton vaatineiden katkojen määrä ja aika kuukausittain

Trendi-tietokannasta etsittiin päänvientejä 8-kuivausryhmän katkotiedon perusteella. Päänvienneissä mitattiin se aika, mikä kului liimojen päälle ottamisesta siihen, että konerulla vaihdettiin rullaimella. Liimojen päälle ottamisen näkee trendi-ohjelmassa siitä, kun konesäiliöiden pinnankorkeus putoaa jyrkästi alas lyhyessä ajassa. Rullaimella vaihto kuitataan vaihdon kuittauspainikkeella. Vertaamalla näitä aikoja voitiin laskea päänviennissä liimamäärän varmistamiseen kulunut aika (Kuva 18).



Kuva 18. Ajan mittaaminen trendi-ohjelmasta

Tavoitelaatuun pääsemisessä häiriötilanteista olisi parantamisen varaa. Ongelmana on ollut liimojen laimeneminen häiriötilanteiden aikana, kun liimaa ei kulu paperiin. Koeajojen avulla selvitettiin miten liimat käyttäytyvät eri tilanteissa. Tavoitteena oli saada perusteet sille, että paperin voisi laittaa heti tilaukseen, kun on saatu hyvä filmi liimapuristimelle.

Paperiin menevää liimamäärää seurataan kahdella tavalla. Ensimmäinen on pinnanmittaukseen, paperikoneen nopeuteen sekä asetettuun liiman kuiva-ainepitoisuuteen sidottu laskennallinen päällystemäärä paperikoneen DNA-järjestelmässä. Mittaustavan ongelma on se, että konesäiliön pinnankorkeus heittää liimojen päälle oton yhteydessä, ja on luotettava vasta pinnan tasaannuttua

Toinen tapa on online-mittaus kahdella mittapalkilla. Mittaustavan ongelma on se, että mitattu päällystemäärä heittelee ja alkaa näyttää todellista arvoa vasta usean mittauksen jälkeen.

Koeajojen tarkoitus oli selvittää, kuinka paljon liimat laimenevat eri tilanteissa. Sama toimintatapa on jo käytössä palkin avaamisen suhteen. Kun liimapuristimen palkki avataan puhdistamista varten, ei kiinni laittamisen jälkeen odoteta erikseen arvoja, vaan paperi on laadussa heti, kun telalle muodostuu hyvä filmi ja yläkierron virtaukset ovat kunnossa. Jos liimat eivät laimene konekierrossa häiriötilanteissa, voidaan paperi laittaa tavoitelaatuun samalla periaatteella.

7.3.1 Palkin avaus

Ensimmäinen koeajo suoritettiin normaalin tuotannon aikana. Yläpalkki sotkeentuu ajojakson aikana, ja sitä puhdistetaan tarpeen mukaan konerullan vaihdon yhteydessä. Puhdistusta varten palkki on avattava.

5.8.2013 yläpalkin puhdistamisen yhteydessä mitattiin konesäiliössä olevan liiman kuiva-ainepitoisuus ennen palkin avaamista ja palkin avaamisen jälkeen. Tarkoituksena oli selvittää telan kostutussuihkujen vaikutus kuiva-ainepitoisuuteen. Näytteiden mittaukset suoritettiin Tervasaaren paperilaboratoriossa.

Ensimmäinen mittaus tehtiin minuutti ennen palkin avaamista, jolloin liiman kuiva-ainepitoisuus oli 24 prosenttia. Toinen mittaus tehtiin minuutti sen jälkeen, kun telalle oli muodostunut hyvä filmi, jolloin liiman kuiva-ainepitoisuus oli 24,5 prosenttia. Liima sakenee liimoja päälle otettaessa noin 0,5 prosenttia.

Kuiva-ainepitoisuuden nouseminen johtuu siitä, että konesäiliön laimennusventtiili reagoi hitaasti muutoksiin. Kun liima siirtyy yläkiertoon, putoaa konesäiliön pinta nopeasti. Säiliöön tulevan liiman venttiili aukeaa heti täysin auki, mutta liimaa laimentava laimennusvesiventtiili ei ole yhtä nopea reagoimaan muutoksiin.

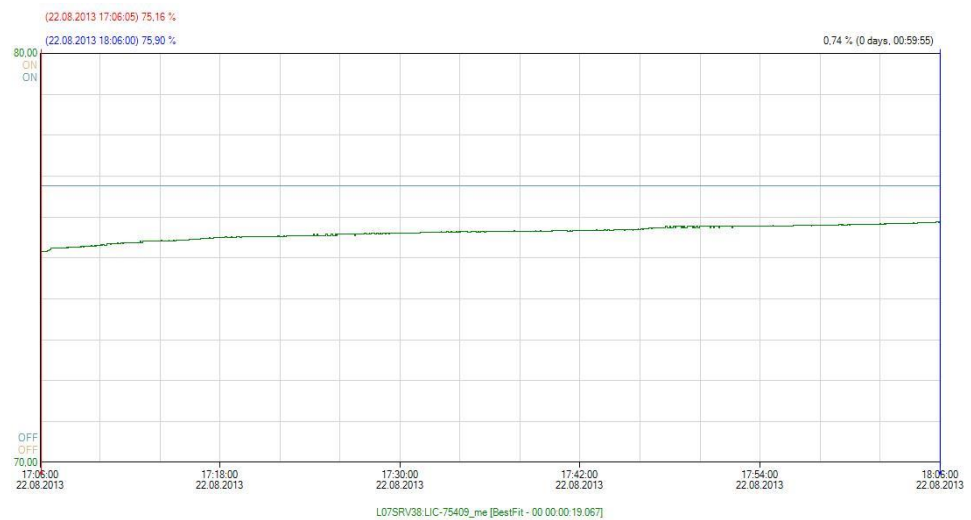
Alapuolelle ei vastaavaa koeajoa tehty. Alapuolen laitteisto ja liimojen päälle ottaminen on vastaava kuin yläpuolella. Voidaan siis olettaa, että suuria poikkeavuuksia niiden välillä ei ole.

7.3.2 Höyryventtiilien vaikutus konesäiliöiden pintaan

Koeajon tarkoitus oli mitata, kuinka paljon höyryistä tuleva lauhde laimensi konesäiliössä olevaa liimaa.

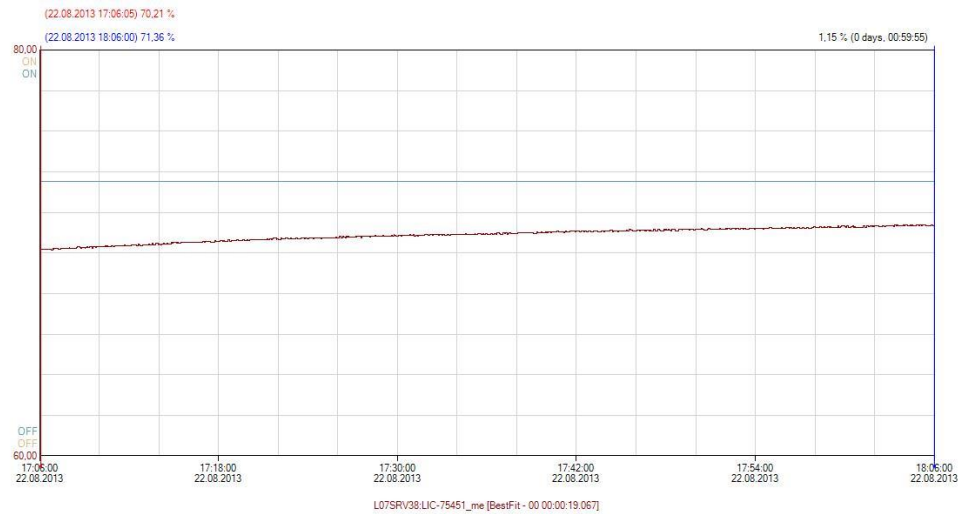
Koeajo suoritettiin 22.8.2013 seisokin aikana, jolloin konesäiliöissä oli vettä. Koeajoa varten konekierron kaikki venttiilit suljettiin ja pumpput pysäytettiin. Ainoa auki oleva venttiili konesäiliöihin oli höyryventtiili. Koeajossa mitattiin konesäiliöiden pinnanmuutosta tunnin aikana. Tuloksia seurattiin trendi-ohjelmasta.

Alapuolen konesäiliön pinta nousi koeajossa 0,74 prosenttia, joka on 8,14 litraa vettä tunnissa (kuva 19). Tämä vastaa 700 litran liimamäärällä konesäiliössä 0,1 prosentin kuiva-ainepitoisuuden laskua tunnissa.



Kuva 19. Alakierron konesäiliön pinnanmuutos höyryventtiili auki

Yläpuolen konesäiliön pinta nousi koeajossa 1,15 prosenttia, joka on 12,65 litraa vettä tunnissa (kuva 20). Tämä vastaa ja 700 litran liimamäärällä konesäiliössä 0,4 prosentin kuiva-ainepitoisuuden laskua tunnissa.



Kuva 20. Yläkierron konesäiliön pinnanmuutos höyryventtiili auki

Molemmat konekierrot siis laimenevat höyryventtiilien ollessa auki. Tämä muodostuu ongelmaksi häiriötilanteissa, joiden kesto on useita tunteja. Näitä ovat esimerkiksi käyntiinlähtö seisokista tai useamman tunnin päänvienti.

7.3.3 Liiman laimenneminen konekierrossa höyryventtiili kiinni

Koeajon tarkoitus oli tutkia, laimenevatko liimat konesäiliöissä kun höyryventtiili on kiinni. Koeajo suoritettiin 15.9.2013 häiriötilanteen aikana, jossa paperikoneella jouduttiin lopettamaan paperin valmistus tilanpuutteen takia superkalanterin ongelmien seurauksena.

Konesäiliöiden osalta tilanne vastasi siis samaa, kuin normaalissa katkossa tai käyntiinlähdessä olisi. Ainoana poikkeuksena oli se, että höyryventtiili oli laitettu manuaalisesti kiinni.

Koeajon oli tarkoitus kestää 3 tuntia. Yläkierron osalta tämä onnistui. Alakierron osalta koeajo onnistui vain 2 tunnin ja 20 minuutin osalta. Ongelmaksi alakierrossa muodostui konesäiliöön tulevan liiman virtausta mittaava virtausmittari. Virtausmittari näytti konesäiliöön virtausta, vaikka itse venttiili oli kiinni. Tämä aiheutti sen, että konesäiliön laimennusvesiventtiili alkoi ajaa laimennusvettä säiliöön. Laimennusvesiventtiili ajoi vettä konesäiliöön 0,3 l/s, joka vastasi 11,2 prosentin pinnannousua konesäiliöön tunnissa. Trendejä tarkastelemalla voitiin todeta, että laimennusvesiventtiili oli toiminut jo pidemmän aikaa virheellisesti. Myös yläpuolen laimennusvesiventtiili aukesi häiriötilanteissa, mutta paljon hitaammin. Venttiilien toiminnasta tehtiin vikailmoitus, ja ne ovat nyt kunnossa.

Konesäiliöissä olevista liimoista otettiin kuiva-ainepitoisuus näytteet koeajon alussa sekä lopussa. Näytteiden mittaukset suoritettiin Tervasaaren paperilaboratoriossa.

Alapuolen kuiva-ainepitoisuus oli koeajon alussa 9,5 prosenttia ja lopussa 8,9 prosenttia. Liiman kuiva-ainepitoisuus laski siis 0,6 prosenttia 2 tunnin ja 20 minuutin aikana. Liiman kuiva-ainepitoisuus siis laskee 0,26 prosenttia tunnissa.

Yläpuolen kuiva-ainepitoisuus oli koeajon alussa 22,6 prosenttia ja lopussa 22,2 prosenttia. Liiman kuiva-ainepitoisuus laski siis 0,4 prosenttia 3 tunnin aikana. Liiman kuiva-ainepitoisuus siis laskee 0,13 prosenttia tunnissa.

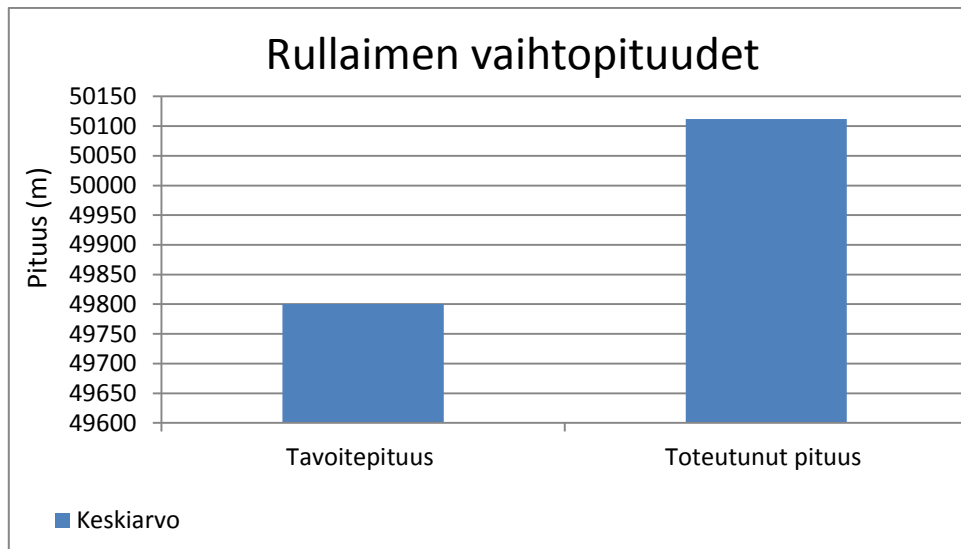
Koeajon perusteella voidaan todeta, että molemmat konekierrot laimenevat liimojen ollessa alakierrolla. Tämä muodostuu ongelmaksi pitkissä häiriötilanteissa, joiden kesto on useita tunteja.

7.4 Rullaimen vaihdot

Superkalanterin koeajoja tehtäessä huomio kiinnittyi rullaimelta valmistuneiden konerullien pituuksiin. Ongelmia rullaimen osalta oli useampia.

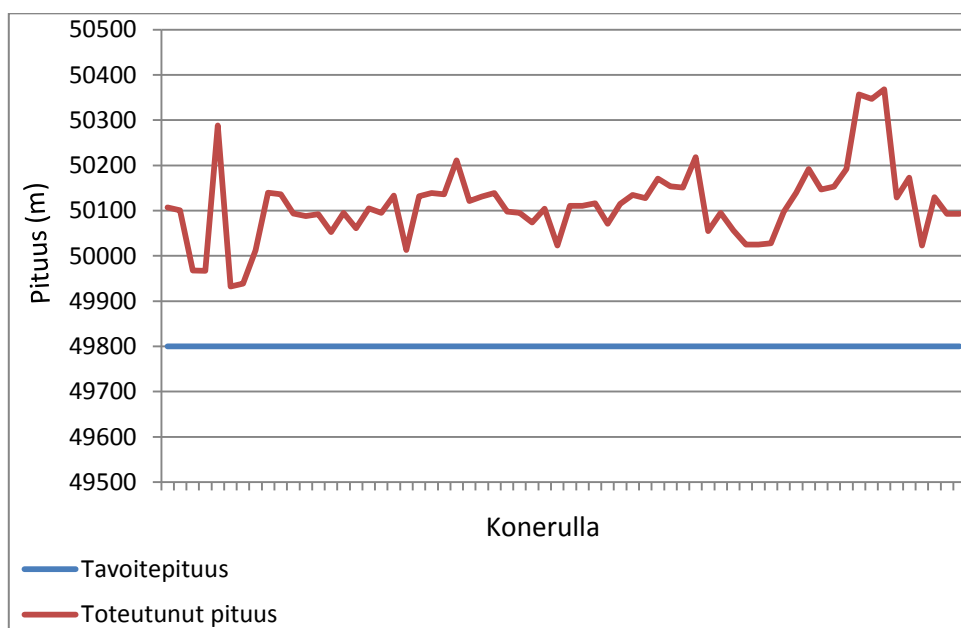
Rullaimella kuitataan vaihto tapahtuneeksi erillisestä kuittausnapista, joka lähettää metrit GMES:iin, Ongelmana on se, että rullain nollaa metrit Siemensin ajonäytöltä, kun tyhjä rauta laskeutuu väliasemaan. Monessa vuorossa vaihdot suoritetaan niin, että konerullaan halutut metrit tulevat täyteen tämän nollauksen yhteydessä. Todellisuudessa rullain jatkaa paperin rullaamista valmistuvalle konerullalle metrien nollauksen jälkeen. Ylimääräisen nollauksen seurauksena konerullien todellinen pituus kasvaa tavoitepituutta suuremmaksi.

PK5:llä ajettiin 28.8.–1.9.2013 samaa ajoa, jonka tavoitepituus oli 49 800 metriä. Ajojaksosta kerättiin tehdasjärjestelmästä rullaimelta valmistuneiden konerullien pituudet, ja niistä karsittiin häiriöistä aiheutuneet poikkeavat pituudet. Normaaleja vaihtoja tälle ajojaksolle tuli 64 kappaletta, ja niissä konerullien keskipituus oli noin 50 100 metriä (Kuvio 10).



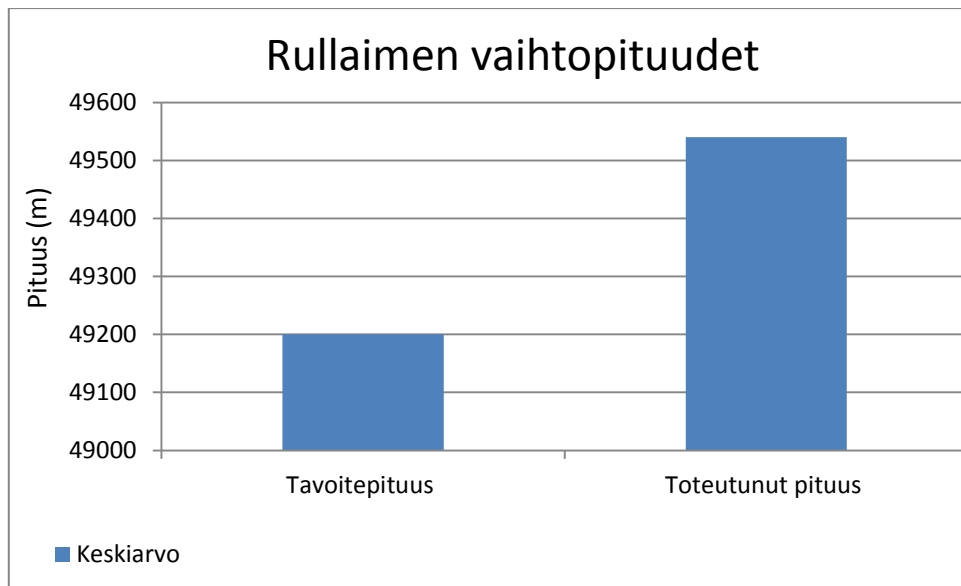
Kuvio 10. Konerullien keskipituus rullaimelta 28.8.–1.9.2013

Konerullat ovat keskimäärin 300 metriä pidempiä kuin tavoitteena olisi. Tämä 300 metriä kuitenkin vaaditaan siihen, että pituusleikkurilla viimeinen muutto ei jäisi vajaaksi. Todellinen tarve ylimääräisille metreille 1 200 metrin sijaan on noin 1 450 metriä. Konerullat eivät ole tasaisesti 300 metriä liian pitkiä, vaan niiden pituus vaihtelee. Tarkastelun kohteena olleen ajojakson aikana konerullien pituudet vaihtelivat välillä 49 932–50 368 metriä (kuvio 11).



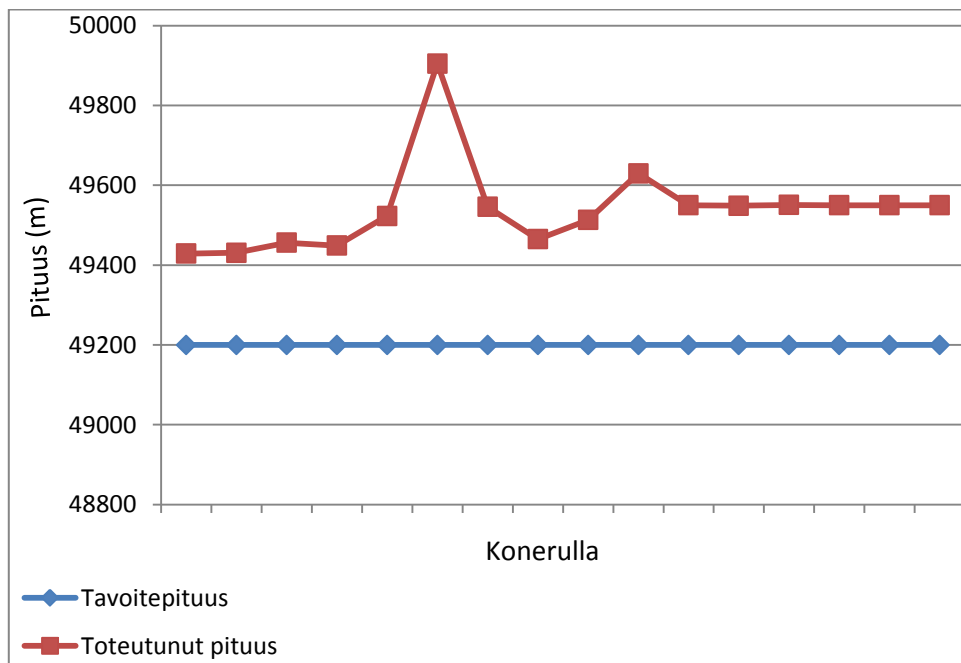
Kuvio 11. Rullaimen pituuksien toteuma 64 konerullan osalta

PK5:llä ajettiin 6.–7.10.2013 samaa ajoa, jonka tavoitepituus oli 49 200 metriä. Ajojaksosta kerättiin tehdasjärjestelmästä rullaimelta valmistuneiden konerullien pituudet. Vaihtoja tälle ajokaksolle tuli 16 kappaletta, ja niissä konerullien keskipituus oli noin 49 540 metriä (Kuvio 12).



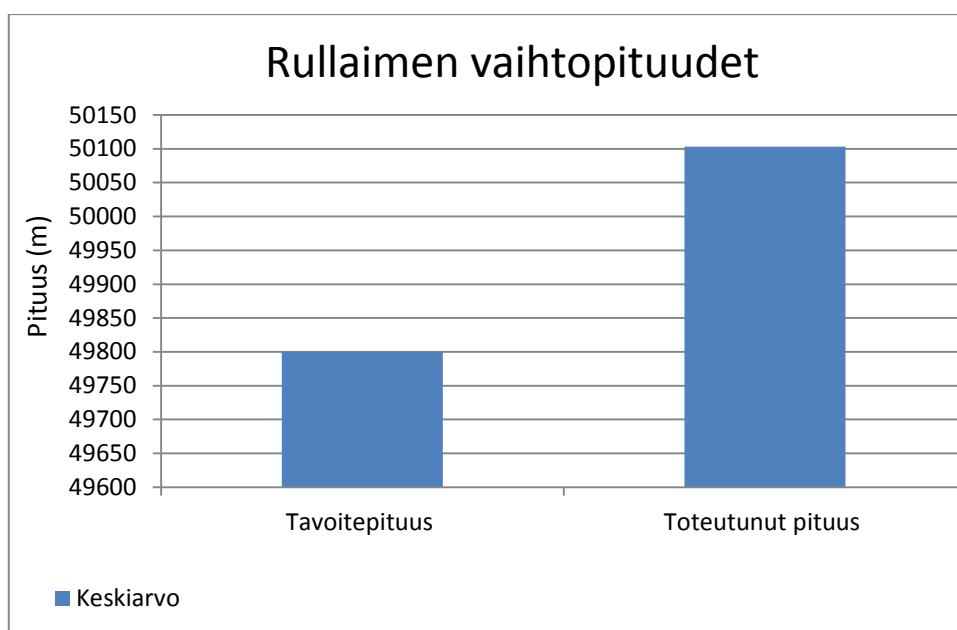
Kuvio 12. Konerullien keskipituus rullaimella 6.–7.10.2013

Konerullat ovat 6.–7.10.2013 keskimäärin 340 metriä pidempiä kuin tavoitteena olisi (kuvio 13).



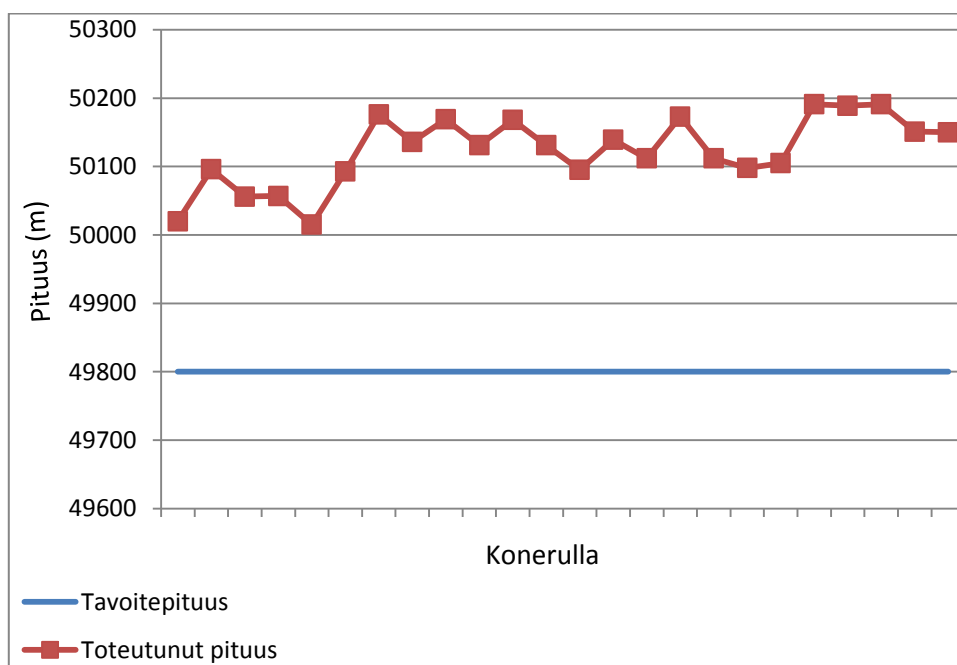
Kuvio 13. Rullaimen pituuksien toteuma 16 konerullan osalta

PK5:llä ajettiin 7.–11.10.2013 samaa ajoa, jonka tavoitepituus oli 49 800 metriä. Ajojaksosta kerättiin tehdasjärjestelmästä rullaimelta valmistuneiden konerullien pituudet. Vaihtoja tälle ajokaudelle tuli 53 kappaletta, ja niissä konerullien keskipituus oli noin 50 103 metriä (Kuvio 14).

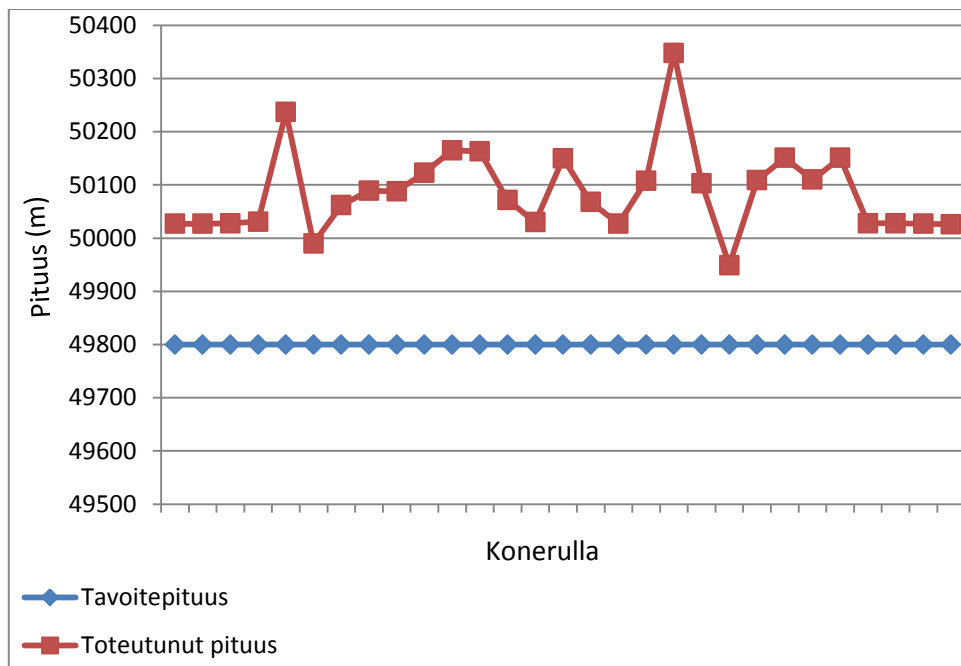


Kuvio 14. Rullaimen pituuksien toteuma 16 konerullan osalta

Konerullat ovat 7.–11.10.2013 keskimäärin 303 metriä pidempiä kuin tavoitteena olisi (kuviot 15 ja 16).

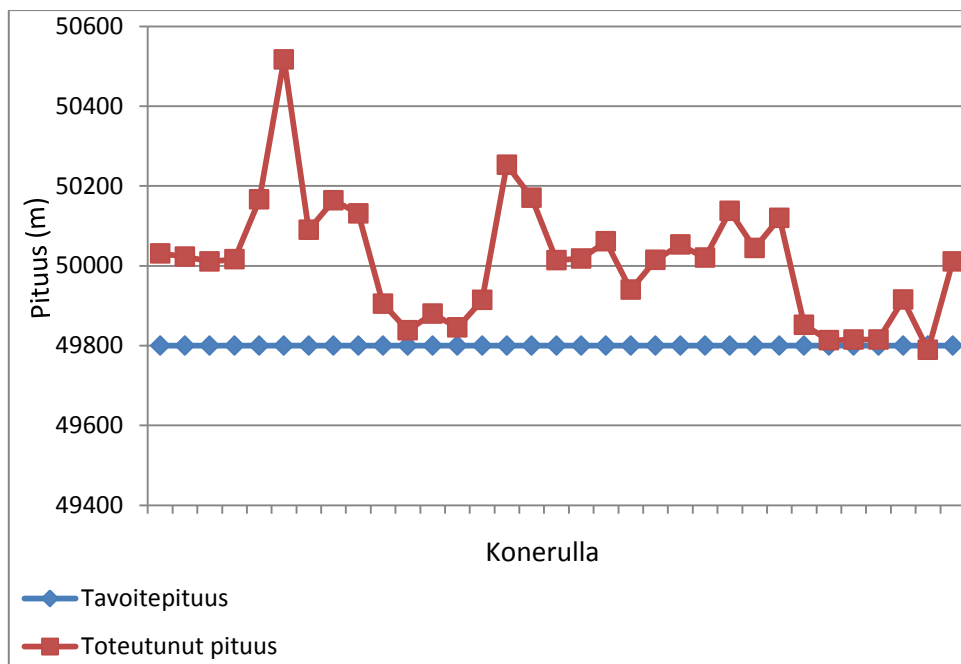


Kuvio 15. Rullaimen pituuksien toteuma 7.–8.10.2013



Kuvio 16. Rullaimen pituuksien toteuma 9.–11.10.2013

PK5:llä ajettiin 31.10.–1.11.2013 samaa ajoa, jonka tavoitepituus oli 49 800 metriä. Ajojaksosta kerättiin tehdasjärjestelmästä rullaimelta valmistuneiden konerullien pituudet. Vaihtoja tälle ajokaksolle tuli 33 kappaletta, ja niissä konerullien keskipituus oli noin 50 011 metriä (Kuvio 17).



Kuvio 17. Rullaimen pituuksien toteuma 31.10.–1.11.2013

Rullaimen ylimääräinen nollaus aiheuttaa sen, että konerullien pituuksissa on satojen metrien hajontaa. Kuvioista voi havaita, että eri vuoroilla on erilaisia vaihtotapoja. Osassa saman vuoron aikana vaihdetuista konerullista pituus heittää vain muutamia metrejä.

Koeajojen aikana huomattiin, että osa pituusleikkurin viimeisistä muutoista jäi vajaaksi liian pienien metrien seurauksena. Kuvion 17 konerullista 11 kappaletta oli hieman yli 49 800 metriä. Pituusleikkurin viimeiset muu-
tot jäivät näistä konerullista vajaaksi pahimmillaan yli 200 metriä.

Rullaimen toimintaa voidaan parantaa poistamalla ylimääräinen metrien nollaus vaihtosekvenssistä, ja tekemällä vaihtoihin yhtenäiset ohjeet. Näillä toimenpiteillä säästettäisiin vuositasolla huomattava määrä paperia, parannettaisiin asiakastytyväisyyttä ja helpotettaisiin työntekoa pohjien ollessa tasaisemman pituisia.

7.5 Pallopesujen ennakointi lajinvaihtoihin

Liimapuristimen konesäiliöihin tulee liima pitkistä kierrosta. Pitkiä kiertoja on kaksi, joista yleensä tulee eri konesäiliöihin liimaa. Osassa lajinvaihtoista on tarve vaihtaa liimat pitkään kiertoon, sillä uudet liimat ovat eri varastosäiliöissä. Tämä aiheuttaa sen, että pitkänkierron putkiin on suoritettava pallopesut ennen uuden liiman ottamista. Pesun voi aloittaa ennen varsinaisen lajinvaihdon alkua.

Lisäämällä konesäiliöihin mittaus, joka laskee konesäiliön liiman riittävyyttä, voitaisiin pallopesujen teko aloittaa jo aikaisemmin. Lisäksi nostamalla konesäiliön pinta ennen lajinvaihtoa mahdollisimman korkealle, saataisiin liimojen vaihtoa aikaistettua entisestään.

8 TULOKSET

Tulokset laskettiin käyttämällä vertailukohtana vuoden 2012 tuloksia. Saatavat säästöt laskettiin 10 t/h tuotannolla ja 600 m/min nopeudella. Pohjahylyn osalta säästöt pystytään laskemaan tarkasti etukäteen. Muiden muutosten osalta saadut säästöt näkyvät vasta ajan kanssa.

8.1 Pohjahylyn vähentäminen superkalanterilla

Superkalanterin ajoparametreja muuttamalla säästetään 400 metriä konerullaa kohden. Vuonna 2012 ajettiin 5281 konerullaa superkalanterin läpi. Säästöä syntyisi taulukon 4 mukaisesti.

Taulukko 4. Superkalanterin ajoparametreilla saavutettavat säästöt

Metreinä	2 112 400 m
Tonneina (keskituotanto 10 t/d)	586,7 t
Ajallisesti (keskinopeus 600 m/min)	58 h 40 min
Pohjahylkyä vähemmän (kuin 2012)	27,43 %

Paksuilla lajeilla rullaimella voisi ajaa 100 metriä vähemmän paperia jatkokäsittelyä varten, jolloin pohjahylyn määrä laskisi hieman lisää.

8.2 Tavoitelaatuun pääsyn nopeuttaminen häiriötilanteista paperikoneella

Vuonna 2012 liimojen päälle otosta vaihtoon kulunut aika oli keskimäärin 16,5 minuuttia. Koeajojen perusteella liimat eivät laimene alle 6 tunnin häiriötilanteissa paljoa. Kun liimapuristimen palkkia puhdistetaan, laite-taan paperi heti tavoitelaatuun kun telalla on hyvä filmi. Häiriötilanteista paperin voisi jatkossa vaihtaa tavoitelaatuun liimojen puolesta sen jälkeen, kun teloille tulee hyvä filmi. Tällä tavoin liimojen päälle otosta vaihtoon kulunutta aikaa voitaisiin lyhentää huomattavasti. Vuonna 2012 lyhin aika liimojen päälle otosta vaihtoon oli 4 minuuttia. Jos kaikissa katkoissa päästäisiin tähän aikaan, syntyisi säästöä taulukon 5 mukaan.

Taulukko 5. Liimapuristimella saatavat säästöt

Ajallisesti	42 h
Tonneina (keskituotanto 10 t/d)	420 t

Laskuissa ei ole otettu huomioon startteja seisokeista eikä sitä, että kon-esäiliöitä on jouduttu vajauttamaan liiman laimenemisen takia. Liimojen laimenemattomuus konesäiliöissä nopeuttaa startteja seisokeista ja vähen-tää tarvetta konesäiliöiden vajauttamiselle. Ne mukaan laskettuna säästön määrä kasvaisi useita tunteja. Laskettu säästö on melko karkea arvio, ja todellinen säästö selviää vasta ajan myötä.

8.3 Rullaimen vaihdot

Rullaimella konerullien pituus heittelee pahimmillaan useita satoja metre-jä. Eri vuoroilla on erilaisia vaihtotapoja, joka näkyy konerullien pituuk-sissa. Lisäksi vaihtosekvenssin ylimääräinen nollaus vaikeuttaa oikeiden pituuksien toteutumista. Poistamalla vaihtosekvenssistä ylimääräinen nol-laus ja tekemällä yhtenäiset ohjeet rullaimen vaihtoon, voitaisiin säästää pitkällä aikavälillä paljon paperia. Varovaisesti arvioiden voisi laskea, että säästöä voisi kertyä tällä tavoin 100 metriä konerullaa kohden (taulukko 6).

Taulukko 6. Rullaimen vaihdoilla saavutettavat säästöt

Metreinä	528 100 m
Tonneina (keskituotanto 10 t/d)	146,7 t
Ajallisesti (keskinopeus 600 m/min)	14 h 42 min

Todellinen säästö selviää vasta ajan kuluessa. Säästön lisäksi asiakastyy-tyväisyys paranee, kun pituusleikkurin viimeiset muutot eivät jää niin usein vajaiksi.

8.4 Pallopesujen ennakointi lajinvaihtoihin

Konesäiliön tilavuus on 1 100 litraa. Nostamalla pinnakorkeus ennen lajinvaihtoa 80 prosenttiin, olisi konesäiliössä liimaa 880 litraa. Jos alarajaksi laskettaisiin 30 prosenttia, niin lajinvaihdon ennakointia varten liimaa jäisi konesäiliöön 550 litraa. Liiman virtaus säiliöön on normaalisti alle 0,3 l/s. Pallopesut voidaan siis aloittaa 30 minuuttia ennen lajinvaihdon alkamista. Tällä tavoin lajinvaihdon pituutta saataisiin lyhennettyä.

Kyseinen menetelmä on jo toimintatapana joissain määrin, joten sille on vaikea laskea tarkkaa arvoa materiaalihyötysuhteen paranemisen kannalta. Laskurin avulla lajinvaihtoja saataisiin kuitenkin tehostettua entisestään, joten aikaa säästyisi useita tunteja vuodessa (taulukko 7).

Taulukko 7. Pallopesujen ennakkoinnilla saavutettavat säästöt

Ajallisesti	4 h
Tonneina (keskituotanto 10 t/d)	40 t

8.5 Materiaalihyötysuhteen paraneminen

Opinnäytetyön tavoite oli saada hyllyn määrää vähennettyä prosentilla. Jos kaikki edellä mainitut toimenpiteet toteutettaisiin ja ne onnistuisivat odotusten mukaan, hylkyprosentti vähenisi taulukon 8 mukaisesti.

Taulukko 8. Materiaalihyötysuhteen paraneminen

	Hylkyprosentin muutos	Säästetyt tonnit
Pohjahylky	0,72 %	586,7 t
Tavoitelaatuun pääsy	0,52 %	420 t
Rullaimen vaihdot	0,18 %	146,7 t
Lajinvaihdot	0,05 %	40 t
Yhteensä	1,47 %	1 193,4 t

Pohjahyllyn vähenemiselle voidaan laskea melko tarkka arvo jo etukäteen. Muiden muutosten osalta tarkat laskelmat saavutettavista säästöistä voidaan tehdä vasta jälkikäteen.

9 TALOUDELLINEN MERKITYS

Tämä luku on luottamuksellinen.

10 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli paperikoneen materiaalihyötysuhteen parantaminen. Paperikoneella syntyy hylkyä useissa eri paikoissa. Työn laajuuden vuoksi tutkittavien kohteiden määrää jouduttiin rajaamaan. Hylky palautetaan takaisin prosessiin, joka tietää poikkeuksetta lisää työtä. Hylyn määrän väheneminen parantaa valmistustaloutta ja helpottaa työn tekoa.

Opinnäytetyö on ollut haastava, ja on vaatinut täyden huomion alusta alkaen. Opinnäytetyö on rakentunut hiljalleen omaan muotoonsa, ja siihen on lisätty lähes päivittäin lisää materiaalia. Opinnäytetyön suorittamiseen on voinut käyttää kirjoittajan omaa ammattiosaamista. Muilta PK5:llä työskenteleviltä, varsinkin omalta vuorolta saatu apu on ollut korvaamatonta. Opinnäytetyön vaikuttaisi toteutuvan, vaikka varmuus tähän saadaan vasta ajan kanssa. Toimintatapoja pitää hieman muuttaa, että muutokset saadaan toimimaan. Osa kohteista vaatii myös lisätutkimuksia ennen niiden ottamista käyttöön.

Superkalanterilla vaihtosekvenssin asetukset ovat virheelliset, ja tästä syystä pohja jää liian suureksi. Rullaimella on ollut rynkkyä konerullien pohjalla, joka olisi hyvä saada pois ennen muutosten käyttöönottoa. Kun nämä asiat ovat kunnossa, en näe estettä muutosten ottamisessa käyttöön. Lisäksi superkalanterin päänvientien jälkeen leikkurilla kannattaisi jättää suurempi pohja. Käsipäänviennin jälkeen leikkurin 250 metrin pohja ei välttämättä ole riittävä. Konerullakorttiin olisi hyvä saada merkintä päänviennistä, jonka seurauksena leikkurilla jätettäisiin esimerkiksi 400 metriä pohjaa.

Rullaimen muutosten osalta vaihtosekvenssi vaatii lisätutkimuksia. Ylimääräinen nollauksen poistaminen ja yhtenäinen vaihtotapa vähentävät hylkyä ja helpottavat työntekoa. Tarkemman vaihtopituuden myötä myös leikkurilta tulevat pohjat ovat tasaisemman mittaisia. Lisäksi rullaimelle olisi hyvä saada äänimerkki minuutti ennen vaihtoa. Nykyisellä toimintamallilla työn määrä on kaikissa vakansseissa lisääntynyt, ja vaihdon tarkka hetki saattaa mennä ohitse. Rullaimelta kuuluvan merkkiäänäen tulisi olla niin voimakas, että se kuuluisi koneen valvomoon.

Liimapuristimella pitäisi käydä vuorokohtaisesti läpi, millä perusteilla paperi voitaisiin jatkossa vaihtaa tavoitelaatuun. Tutkimusten perusteella liimojen laimeneminen konesäiliöissä on estettävissä. Konesäiliöiden lämmitys pitäisi saada kuntoon, ja höyryventtiilit toimimaan niin kuin ne on tarkoitettu. Kun nämä asiat ovat kunnossa, pitäisi päänvienneistä tulevan hylkymäärän pudota.

Pallopesujen ennakkointia varten tarvitaan laskuri sekä toimintaohje. Vaikka toimintamalli onkin jo käytössä, voidaan laskurin avulla pallopesujen tekoa aikaistaa.

LÄHTEET

- Airola, N., Happonen, E., Jorkama, M., Kojo, T., Komulainen, P., Luomi, S., Malinen, U., Paanasalo, J., Rautakorpi, T., Turunen, I. & Veräjänkorva, J. 2010. Päivittänyt Enwald, P., Happonen, E., Hyötynen, S., Jorkama, M., Kojo, T., Paanasalo, J., Paukkunen, P., Pelkonen, J. & Åkerlund, K. Reeling and winding. Teoksessa Rautiainen, P. Papermaking Part 3, Finishing. Helsinki. Paper Engineers' Association/Paperi ja Puu Oy. 173–284.
- Arjas, A. 1983. Suomen Paperi-insinööriyhdistyksen oppi- ja käsikirja, Paperin valmistus 3, osa 1. Turku. Oy Turun Sanomat/Serioffset.
- Esittelymateriaali. 2013. UPM-Kymmene Oyj Tervasaari. Viitattu 30.7.2013. www.upm.com
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. Tampere. Infacts Oy.
- Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2003. Paperin ja kartongin valmistus. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy.
- KnowBase5. 2005. Sisäinen koulutusmateriaali. UPM-Kymmene Oyj Tervasaari. Viitattu 30.10.2013. www.upm.com.
- KnowPap. 2012. AEL paperitekniikan ja automaation oppimisympäristö. Versio 14.0. Viitattu 30.10.2013. www.knowpap.com.
- Kumpulainen, J. Superkalanterin ajomies. Haastattelu 26.10.2013. UPM-Kymmene Oyj.
- Laamanen, K. 2001. Johda liiketoimintaa prosessien verkkona: Ideasta käytäntöön. Keuruu. Otavan kirjapaino.
- Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. Hämeenlinna. Karisto Oy.
- Metso SymSizer koulutus. 2013. UPM-Kymmene Oyj Tervasaari PK5 ja PK8.
- Mäkelä, M. 2003. Paperin laatusuureiden mittaus ja säätö. Suomen Automaatioseura ry. Helsinki. Copyset Oy. Suomen Automaatioseura ry.
- Niittymaa, J. 2006. Paperikoneen lajinvaihdon säätötapojen vertailu, Diplomityö. Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto.
- Parpala, K. 1976. Paperin valmistus. Kolmas, uusittu painos. Porvoo. WSOY.
- Ryti, N. 1994. Paperitekniikan perusteet. Espoo. TKK Offset.

PK5 HYLKY 2008–2012

	PK5 Hylkyjakauma tonneina						
	2008	2009	2010	2011/Mister	2011/gmes	2011 yht.	2012
Syyttömät hylkyt	3,9	91,8	35,8	16,1	0	16,1	0
KA51 yhteensä	374,9	408,9	503,7	245,4		245,4	0
PK5 yhteensä	6325,4	5443,6	6461,2	4103,7	743,7	4847,4	5498,1
PL5	56,8	86,6	155,2	137,7	596	733,7	3021,8
URK	73,9	62,9	85,1	29,5		29,5	
Varasto	41,2	78	77,8	35,1	161	196,1	283,4
Konelinjan hylky yhteensä	6876,1	6171,8	7318,8	4567,5	1500,7	6068,2	8803,3
Konelinjan hylky%	9,31 %	9,70 %	9,65 %	9,04 %		9,88 %	10,85 %
Trimmi hylky	3132	2904	3204	2397	412,1	2809,1	3575,2
Hylky yhteensä	10008,1	9075,8	10522,8	6964,5	1912,8	8877,3	12378,5
Trimmi mukana hylky%	13,55 %	14,27 %	13,87 %	13,79 %	17,58 %	14,46 %	15,25 %
Bruttotuotanto	73852	63619	75850	50509	10879,3	61388,3	81159,3
	Konelinjan hyllyn muodostuminen prosentteina						
	2008	2009	2010	2011/Mister	2011/gmes	2011 yht.	2012
Syyttömät hylkyt	0,06 %	1,49 %	0,49 %	0,35 %	0,00 %	0,27 %	0,00 %
KA51 yhteensä	5,45 %	6,63 %	6,88 %	5,37 %	0,00 %	4,04 %	0,00 %
PK5 yhteensä	91,99 %	88,20 %	88,28 %	89,85 %	49,56 %	79,88 %	62,45 %
PL5	0,83 %	1,40 %	2,12 %	3,01 %	39,71 %	12,09 %	34,33 %
URK	1,07 %	1,02 %	1,16 %	0,65 %	0,00 %	0,49 %	0,00 %
Varasto	0,60 %	1,26 %	1,06 %	0,77 %	10,73 %	3,23 %	3,22 %

PK5 KONELINJAN HYLKY 2008–2012

PK5 PAPERIKONEEN HYLKYJAKAUMA								b							
	2008	2009	2010	2011/M	2011/G	2011 yht.	2012		2008	2009	2010	2011/M	2011/G	2011 yht.	2012
Lajinvaihto	812,9	844,4	948,5	728,7	239,91	968,61	1783,07		12,85 %	15,51 %	14,68 %	17,76 %	17,91 %	17,79 %	20,93 %
									1,10 %	1,33 %	1,25 %	1,44 %	2,21 %	1,58 %	2,20 %
Muu hylky	1944,2	1737	2062,6	1425,5	273,07	1698,57	2138,85		30,74 %	31,91 %	31,92 %	34,74 %	20,38 %	31,20 %	25,10 %
Koeajo	56,2	7,9	5,4	0					0,89 %	0,15 %	0,08 %	0,00 %			
Pohjat	1885,7	1729,1	2057,2	1425,5	273,07	1698,57	2138,85		29,81 %	31,76 %	31,84 %	34,74 %	20,38 %	31,20 %	25,10 %
Koe/näyterulla	2,4	0	0	0					0,04 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %			
									2,63 %	2,73 %	2,72 %	2,82 %	2,51 %	2,77 %	2,64 %
Tekniset viat yhteensä	3568,3	2862,2	3450,1	1949,5	826,74	2776,24	4597,9875		56,41 %	52,58 %	53,40 %	47,51 %	61,71 %	51,00 %	53,97 %
									4,83 %	4,50 %	4,55 %	3,86 %	7,60 %	4,52 %	5,67 %
Paperin tekniset viat	932,7	601	971,6	424,9	230,74	655,64	1576,2		14,75 %	11,04 %	15,04 %	10,35 %	17,22 %	12,04 %	18,50 %
Reikä	168,5	112,3	40,3	4,4					2,66 %	2,06 %	0,62 %	0,11 %			
Kuivaa	110,7	37,3	134,6	61,3					1,75 %	0,69 %	2,08 %	1,49 %			
Likaläikät	210,6	149,5	166,4	111,2					3,33 %	2,75 %	2,58 %	2,71 %			
Rynkky	36,7	68,1	19,3	0					0,58 %	1,25 %	0,30 %	0,00 %			
Märkää	28,9	27,6	0,9	67,9					0,46 %	0,51 %	0,01 %	1,65 %			
Huonot arvot	257,5	158,7	206,4	84,6					4,07 %	2,92 %	3,19 %	2,06 %			
Telanmerkkauksjälki	17	0	0	0					0,27 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %			
Tumma/vaalea täplä	34,4	2,4	31,7	21					0,54 %	0,04 %	0,49 %	0,51 %			
Profiilivika	68,3	41,5	385,9	68,7					1,08 %	0,76 %	5,97 %	1,67 %			
Kalanterahaava	0	2,3	0	0					0,00 %	0,04 %	0,00 %	0,00 %			
Väriheitto	0	1,4	-13,9	5,8					0,00 %	0,03 %	-0,22 %	0,14 %			
Prosessitekniset viat	2635,6	2261,2	2478,5	1524,6	596	2120,6	3021,8		41,67 %	41,54 %	38,36 %	37,15 %	44,49 %	38,96 %	35,47 %
Vana	2,3	0	1,4	0					0,04 %	0,00 %	0,02 %	0,00 %			
Katkohyily	932,2	621,8	912,8	419,7					14,74 %	11,42 %	14,13 %	10,23 %			
Laitevika	137,2	434,8	340,9	493,6					2,17 %	7,99 %	5,28 %	12,03 %			
Lopetyshylky	21	27,7	0	63,7					0,33 %	0,51 %	0,00 %	1,55 %			
Kaatanut konerulla	15,9	0	0	0					0,25 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %			
Käyntiinlähtö seisokista	529,6	619	939,4	431,7					8,37 %	11,37 %	14,54 %	10,52 %			
Pituus väärä	13,3	0	2,7	0					0,21 %	0,00 %	0,04 %	0,00 %			
Rynkky	8,8	0	4,8	0					0,14 %	0,00 %	0,07 %	0,00 %			
Likaläikät	861,8	209,5	71,4	26,9					13,62 %	3,85 %	1,11 %	0,66 %			
Varaston siivous	81,6	94,6	36,9	29					1,29 %	1,74 %	0,57 %	0,71 %			
Huonot pinta-arvot	24,7	195,3	13,8	2,9					0,39 %	3,59 %	0,21 %	0,07 %			
Huokoisuus ei rajoissa	0	10	12,2	4,8					0,00 %	0,18 %	0,19 %	0,12 %			
Lajinvaihto	7,1	11,1	36,6	5,3			1240		0,11 %	0,20 %	0,57 %	0,13 %			
Kylkiluu	0	1	0	0					0,00 %	0,02 %	0,00 %	0,00 %			
Neliöpainoheitto	0	10,9	3,8	16,9					0,00 %	0,20 %	0,06 %	0,41 %			
Huono massaliimaus	0	25,6	0	2,4					0,00 %	0,47 %	0,00 %	0,06 %			
Väriheitto	0	0	16,4	0					0,00 %	0,00 %	0,25 %	0,00 %			
Pölyäminen	0	0	10,6	0					0,00 %	0,00 %	0,16 %	0,00 %			
Reikä	0	0	49,7	11,6					0,00 %	0,00 %	0,77 %	0,28 %			
Virheellinen paksuus	0	0	12,4	0					0,00 %	0,00 %	0,19 %	0,00 %			
Profiilivika	0	0	0	9					0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,22 %			
YHTEENSÄ	6325,4	5443,6	6461,2	4103,7	1339,7	5443,4	8519,9								
Bruttotuotanto	73852	63619	75850	50509	10879,3	61388,3	81159,3								

PK5 GMES RULLAHYLKY JA TAMPUURIEN HYLKYSYYT 2012

PK 5 rullahylky 2012		PK5 tampusuurien hylkysyyt 2012	
WG1060 Lajinvaihto, neliöpaino-/kosteushäiriö	1222,3	Ajettavuusongelma	246,25
WG1002 Kosteus	220,4	Pohjahylky	198,13
WG1089 Väärä pituus	152,9	Kosteus	194,71
WG1034 Rynkky	138,1	Starttihylky	180,93
WG1032 Reikä	118,6	Nopea laatu vaihtelu, konesuunta	116,02
WG1033 Reunavika	89,1	Neliöpaino	106,46
WG1028 Ei pulpperoitavissa	82,7	Reunavika	91,1
WG1065 Huono liitos	74,1	Liimausongelma	60,83
WG1061 Lajinvaihto, paksuushäiriö	72,7	Rata halki	50,98
WG1122 Muu syy	69	Väärä pituus	43,51
WG1027 Profiilivika	56,1	Lika	38,13
WG1095 Kosteusvaurio	55,2	Profiilivika	36,22
WG1041 Rata halki	51,4	Patapää	33,16
WG1096 Huono leikkaus	49,3	Päällystevika	30,72
WG1011 Sävy	45,6	Reikä	21,32
WG1038 Panta	43,8	Öljy/rasva	20,69
WG1083 Pohjahylky	42,4	Prosessin tyhjennys hylky	18,07
WG1025 Nopea laatu vaihtelu, konesuunta	42,3	Pehmeä pää	17,99
WG1076 Liimausongelma	39,9	Väärä laji	14,41
WG1029 Lika	32,8	Ei pulpperoitavissa	12,47
WG1012 Kiilto	30,7	Panta	6,9
WG1098 Huono pohja	30	Kerrokset liimautuneet	6,38
WG1039 Aaltoilu	27	Pohjapaperihylky	6,28
WG1082 Pohjapaperihylky	26,7	Priima	4,95
WG1001 Neliöpaino	26,4	Sävy	4,54
WG1099 Patapää	25,3	Nutikka	3,6
WG1085 Päällystetty hylky (kalanteroitu)	24,3	Repäisylujuus	3,17
WG1052 Päällystevika	22,1	Rynkky	2,98
WG1056 Öljy/rasva	22,1	Huono pohja	2,82
WG1093 Rataheitto	21,3	Päällystetty hylky (kalanteroitu)	1,06

SUPERKALANTERIN KOEAJO 25.8.2013

	POHJIEN MITTAUS			
	KR 3576/ 64 BRI	KR 3577 / 64 BRI	KR 3578 / 64 BRI	KR 3579/ 62 PRO
Kalanterin pohjan halkaisija	17.2 mm	18.6mm	17.5mm	18.3mm
Kalanterin pohjan pituus	Epätarkka 372m	Melko tarkka 424.8m	393m	421m
Leikkurin pohjan halkaisija	Epätarkka mittausta, n 12mm	28 epätarkka		
Leikkurin pohjan pituus	Melko tarkka 357m	958m	278m	Vuoro loppui
		Huom Kytkin tokalla yrityksellä kiinni		

Pohjien pituudet mitattu niin, että pohja laitettu pyörimään vakionopeudella(mittaus takometrillä), ja mitattu pyörimiseen kulunut aika.

Konerullien tarkkaa pituutta ei saatavilla, koska konerullan pituus ei siirry gmess. Ulmasta saatava pituus ei ole sama kuin mikä gmessiin t

	kalanteri	Kalanteri	Kalanteri	Kalanteri
	158m/min, 2min 40s, kiih	36m/min, 11min 48s	10m/min x 39min 18s	34m/min, 12min 24s
	160s x 2.64m/s = 422 - 50 =	708s x 0.6m/s = 424,8		
	Leikkuri	Leikkuri	Leikkuri	Vuoro loppui
	36m/min, 9min 55s	35.5m/min, 26min 59s	15m/min 18min 31s	
	595s x 0.6m/s = 357m			

SUPERKALANTERIN KOEAJO 26.8.2013

VAIHTONPEUDEN MUUTOS			
	KR 3591/PRO 64	KR 3592/PRO 64	
Vaihtonopeus	60m/min	30m/min	
Lusatut kerrokset kalanterin näytteidenotossa	95 kpl	69 kpl	
KR Halkaisija kalanterin jälkeen	1821mm	1826mm	
Konerullan metrit kal. Jälkeen	48908m	49167m	
Vaihdossa kuluneet metrit	543m	396m	
Kalanterin pohjan halkasija		9mm	
Kalanterin pohjan pituus		229m	
Huom.	kr kytkin tokalla kiinni	Karvi uudelle raudalle	
	Testattu vain 2 tapilla, sillä kalanterilla aloitettiin höyryvuodon paikkaus.		
Pohjien pituudet mitattu niin, että pohja laitettu pyörimään vakionopeudella(takometrillä), ja mitattu pyörimiseen kulunut aika.			

SUPERKALANTERIN KOEAJO 27.8.2013

VAIHTONOEPUUDEN MUUTOS					
	KR 3606/PRO 64	KR 3607/PRO 64	KR 3608/PRO 64	KR 3609/PRO 64	KR 3610/PRO 64
Vaihtonopeus	60m/min	30m/min	40m/min	40m/min	40m/min
Lusatut kerrokset kalanterin näytteidenotossa	91 kpl	70 kpl	73 kpl	73 kpl	81 kpl
KR Halkaisija kalanterin jälkeen	1940 mm	1941 mm	1939 mm	1939 mm	1939 mm
Konerullan metrit kal. jälkeen	55733m	55817m	55676m	55673m	55721m
Vaihdossa kuluneet metrit	554m	426m	444m	444m	493m
Kalanterin pohjan halkaisija	Edellinen vuoro purki	11.7mm	13mm	12.2mm	Ei mitattu
Kalanterin pohjan pituus	Edellinen vuoro purki	272m	319m	290m	Ei mitattu
Huom.	Vuoronvaihto, ei pohjaa	Karvi uudelle raudalle	Karvi ok	Karvi uudelle raudalle	Karvi uudelle raudalle
					Popelta liian iso tappi
					Pohjaa yli 2km, ei mitattu
Pohjien pituudet mitattu takometrillä, joka laskee kuluneen matkan.					

SUPERKALANTERIN KOEAJO 28.8.2013

KIIHDYTYS JA HIDASTUS		28.8.2013 superkalanterin kiihdytys- ja hidastusnopeuden vaikutus kalanterin vaihdossa kuluvaan metrimäärään				
	KR 3622/PRO 64	KR 3623/PRO 64	KR 3624/PRO 64	KR 3625/PRO 64		
Todellinen hidastusaika	56s	50s	50s	50s		
Hidastukseen/kiihdytykseen as 90s		60s	60s	45s		
Konerullan halkaisija	2075mm	2075mm	2074mm	2073mm		
Konerullan pituus	64753m	64776m	64704m	64640m		
Näytteidenotossa lusatut kierr 78kpl		71kpl	74kpl	75kpl		
Vaihdossa kuluneet metrit	508m	462m	482m	488m		
Kalanterin pohjan metrit	412m	412m	450m (Epätarkka)	418m		
Kalanterin pohjan halkaisija (ep 17.4mm)		17.4mm	18.7mm	18mm		
Huom.			Mittari lipes			
			pohjan mittauksessa			

SUPERKALANTERIN KOEAJO 30.8.2013

VAIHTONOEPUUDEN MUUTOS			Pohjien pituudet mitattu takometrillä, joka laskee kuluneen matkan.			
	KR 3666/PRO 64	KR 3667/PRO 64	KR 3668/PRO 64	KR 3650/PRO 64	KR 3669/PRO 64	KR 3670/PRO 64
Popen KR pituus	50116m	50111m	50111m	50097m	50023m	50104m
KR Halkaisija	1830mm	1834mm	1834mm	1834mm	1832mm	1835mm
KR Pituuus	49429m	49657m	49653m	49661m	49556m	49698m
Kal. pohjan halkaisija	18mm	11mm	9mm	7mm	7mm	7mm
Kal. Pohjan metrit	414m	260m	224m	176m	177m	166m
Leik. Pohjan halkaisija	9mm	22mm	18.6mm	19mm	17mm	Vuoro loppui
Kierrokset näytteidenotossa	101kpl	85kpl	86kpl	85kpl	90kpl	90kpl
Paperia kalanterin vaihdossa	580m	489m	495m	489m	517m	519m
Vaihtonopeus	60m/min	30m/min	30m/min	30m/min	30m/min	30m/min
Kiihdytys/hidastus asetus	90s	90s	90s	90s	90s	90s
Asetettu pohja kalanterille	180m	180m	150m	120m	120m	120m
Huom!		Karvi väärälle raudalle	Karvi väärälle raudalle	Karvi väärälle raudalle	Karvi väärälle raudalle	Karvi väärälle raudalle
		Leikkurin metrit vii-				AR kytkin tokalla kiinni
		meiseen muuttoon 200m				
		vajaat, joten isompi				
		pohja				

SUPERKALANTERIN KOEAJO 31.8.2013

VAIHDOSSA KULUNEET METRIT / POHJEN OPTIMOINTI / KIIHDYTYKSEN JA HIDASTUSNOPEUDEN MUUTTAMINEN						
HUOM!!! Leikkurin pohjan koko ja metrit otettu suoraan pituusleikkurin näytöltä						
	KR 3679/PRO 64	KR 3684/PRO 64	KR 3683/PRO 64	KR 3685/PRO 64	KR 3686/PRO 64	KR 3687/PRO 64
Popen KR pituus	50136m	50095m	50133m	50105m	50061m	50095m
KR Halkaisija	1832mm	1832mm	1833mm	1833mm	1833mm	1832mm
KR Pituus	49518m	49544m	49593m	49624m	49589m	49539m
Kal. pohjan halkaisija	14mm	13mm	11.5mm	11.4mm	12.2mm	12mm
Kal. Pohjan metrit	337m	300m	269m	267m	284m	276m
Leik. Pohjan halkaisija	13mm	14mm	16mm	15mm	15mm	Vuoro loppui
Leik. Metrit	440m	450m	519m	512m	490m	Vuoro loppui
Kierrokset näytteidenotossa	100kpl	98kpl	99kpl	95kpl	91kpl	91kpl
Paperia kalanterin vaihdossa	575m	563m	569m	547m	524m	523m
Vaihtonopeus	60m/min	60m/min	60m/min	60m/min	60m/min	60m/min
Kiihdytys/hidastus asetus	90s	90s	90s	60s	60s	60s
Asetettu pohja kalanterille	120m	90m	60m	60m	60m	60m
Huom!						Vuoro loppui

SUPERKALANTERIN KOEAJO 1.9.2013

VAIHDOSSA KULUNEET METRIT / POHJEN OPTIMOINTI / KIIHDYTYKSEN JA HIDASTUSNOPEUDEN MUUTTAMINEN JA VAIHTONPEUDEN MUUTOS						
HUOM!!! Leikkurin pohjan koko ja metrit otettu suoraan pituusleikkurin näytöltä						
	KR 3700/PRO 64	KR 3701/PRO 64	KR 3702/PRO 64	KR 3703/PRO 64	KR 3704/PRO 64	KR 3705/PRO 64
Popen KR pituus	50288m	49967m	49968m	50101m	50107m	50055m
KR Halkaisija	1834mm	1828mm	1835mm	1835mm	1834mm	1834mm
KR Pituus	49645m	49316m	49703m	49693m	49680m	49662m
Kal. pohjan halkaisija	EI MITATTU	17mm	7.5mm	7mm	6mm	6mm
Kal. Pohjan metrit	EI MITATTU	401m	190m	185m	150m	155m
Leik. Pohjan halkaisija	16mm	8mm	16.6mm HUOM!	22mm	22mm	22mm
Leik. Metrit	519m	251m	EI MITATTU	744m	759m	742m
Kierrokset näytteidenotossa	99kpl	98kpl	73kpl	71kpl	72kpl	68kpl
Paperia kalanterin vaihdossa	570m	562m	420m	409m	414m	391m
Vaihtonopeus	60m/min	60m/min	30m/min	30m/min	30m/min	30m/min
Kiihdytys/hidastus asetus	90s	90s	60s	60s	60s	60s
Asetettu pohja kalanterille	180m	180m	120m	100m	100m	100m
Huom!	Vuoron vaihto ,edellinen	Leikkurin vika muutto 27m	Karvi vääriälle tapille	Karvi vääriälle tapille	Karvi vääriälle tapille	Karvi vääriälle tapille
	vuoro purki kal. Pohjan	vajaa, popella liian vähän	Leikkuri unohti katsoa			
	KR metrejä ajettu popella	metrejä	metrit. Leikkurin pohja			
	liikaa		mitattu tönäriillä.			
			HUOM! Ilman koeajo para-			
			metrejä vika muutto olisi			
			ollut vajaa			

SUPERKALANTERIN KOEAJO 2.9.2013

VAIHDOS KULUNEET METRIT / POHJEN OPTIMOINTI / KIIHDYTYS- JA HIDASTUSNOPEUDEN MUUTTAMINEN JA VAIHTONPEUDEN MUUTOS				
	KR 3712/PRO 64	KR 3718/PRO 64		
Popen KR pituus	50101m	37695m		
KR Halkaisija	1824mm	1612mm		
KR Pituus	49073m	37360m		
Kal. pohjan halkaisija	4mm	4mm		
Kal. Pohjan metrit	92m	84m		
Leik. Pohjan halkaisija	EI MITATTU	EI MITATTU		
Leik. Metrit	EI MITATTU	EI MITATTU		
Kierrokset näytteidenotossa	72kpl	71kpl		
Paperia kalanterin vaihdossa	412m	359m	Seuraava vaihto	
Vaihtonopeus	30m/min	30m/min	60m/min	
Kiihdytys/hidastus asetus	30s	30s	90s	
Asetettu pohja kalanterille	30m	30m	180m	
Todellinen hidastusaika	54s	54s	60s	
Huom!	Kalanterilla päänvienti käsin konerullalle.	Kalanterilla katko vaihtosekvenssin yhteydessä.		
	Tästä syystä leikkurin metrejä ei mitattu.	Karvi oli tullut jo kiinnirullaukseen, joten vaihdossa kuluneet metrit		
	Karvi väärrälle tapille	melko tarkat.		
		Karvi väärrälle tapille		

SUPERKALANTERIN KOEAJO 9.9.2013

VAIHDOS KULUNEET METRIT / POHJEN OPTIMOINTI / KIIHDYTYS- JA HIDASTUSNOPEUDEN MUUTTAMINEN JA VAIHTONPEUDEN MUUTOS				
HUOM!! Leikkurin pohjan koko ja metrit otettu suoraan pituusleikkurin näytöltä				
	KR 3828 / TOP DUO 87	KR 3829 / TOP DUO 87	KR 3830 / TOP DUO 87	
Popen KR pituus	37609m	37381m	37360m	
KR Halkaisija	1849mm	1868mm	1863mm	
KR Pituus	36428m	37241m	37061m	
Kal. pohjan halkaisija	26mm	6mm	7mm	
Kal. Pohjan metrit	431m	90m	109m	
Leik. Pohjan halkaisija	22mm	10mm	33mm	
Leik. Metrit	539m	250m	825m	
Kierrokset näytteidenotossa	75kpl	49kpl	50kpl	
Paperia kalanterin vaihdossa	435m	287m	292m	
Vaihtonopeus	60m/min	30m/min	30m/min	
Kiihdytys/hidastus asetus	90s	60s	60s	
Asetettu pohja kalanterille	180m	30m	30m	
Huom!	Käsiäänvienti tampuurin Karvi			
	pohjalle	Leikkurilla katko, 1400m		
		hylkyyn, joten vika muutto		
		vajaa		

SUPERKALANTERIN KOEAJO 10.9.2013

VAIHDOSSA KULUNEET METRIT / POHJEN OPTIMOINTI / KIIHDYTYS- JA HIDASTUSNOPEUDEN MUUTTAMINEN JA VAIHTONOPEUDEN MUUTOS					
HUOM!! Leikkurin pohjan koko ja metrit otettu suoraan pituusleikkurin näytöltä					
	KR 3843 / TOP DUO 78	KR 3848 / TOP DUO 78	KR 3849 / TOP DUO 78	KR 3850 / TOP DUO 78	
Popen KR pituus	13420m	38357m	46396m	46401m	
KR Halkaisija	1082mm	1792mm	1954mm	1954mm	
KR Pituus	11695m	38196m	46084m	46085m	
Kal. pohjan halkaisija	22mm	5mm	5mm	6mm	
Kal. Pohjan metrit	402m	86m	99m	97m	
Leik. Pohjan halkaisija	AJETAAN MYÖHEMMIN	28mm	12mm	VUORO LOPPUI	
Leik. Metrit	AJETAAN MYÖHEMMIN	793m	314m	VUORO LOPPUI	
Kierrokset näytteidenotossa	124kpl	56kpl	50kpl	49kpl	
Paperia kalanterin vaihdossa	421m	315m	307m	300m	
Vaihtonopeus	60m/min	30m/min	30m/min	30m/min	
Kiihdytys/hidastus asetus	90s	60s	60s	60s	
Asetettu pohja kalanterille	180m	30m	30m	30m	
Huom!	Päänvienti kal pohjalle	Karvi väärälle tapille	Karvi väärälle tapille	Karvi väärälle tapille	
	Kr kytkin tokalla kii		Leikkurilla 2kpl katkoja		
			kiihdytyksessä. Ilman		
			keajoja vika muutto olisi		
			vajaa		

SUPERKALANTERIN KOEAJO 14.9.2013

VAIHDOSSA KULUNEET METRIT / POHJEN OPTIMOINTI / KIIHDYTYS- JA HIDASTUSNOPEUDEN MUUTTAMINEN JA VAIHTONOPEUDEN MUUTOS					
HUOM!! Leikkurin pohjan koko ja metrit otettu suoraan pituusleikkurin näytöltä			HUOM! Kalanterilla suuri ajonopeus, n.750m/min		
	KR 3865 / BRI 60	KR 3866 / BRI 60	KR 3867 / BRI 60	KR 3868 / BRI 60	KR 3869 / BRI 60
Popen KR pituus	50294m	50209m	50512m	50355m	50145m
KR Halkaisija	1767mm	1787mm	1795mm	1797mm	1792mm
KR Pituus	48379m	49590m	50073m	50189m	49882m
Kal. pohjan halkaisija	17mm	15mm	4mm	3mm	3mm
Kal. Pohjan metrit	412m	385m	89m	76m	68m
Leik. Pohjan halkaisija	7mm	9mm	23mm	32mm	21mm
Leik. Metrit	228m	322m	818m	1152m	748m
Kierrokset näytteidenotossa	115kpl	117kpl	93kpl	94kpl	90kpl
Paperia kalanterin vaihdossa	638m	657m	524m	530m	506m
Vaihtonopeus	60m/min	60m/min	30m/min	30m/min	30m/min
Kiihdytys/hidastus asetus	90s	90s	60s	60s	60s
Asetettu pohja kalanterille	180m	180m	30m	30m	30m
Huom!	Päänvientitappi.		Karvi väärälle tapille	Karvi väärälle tapille	Karvi väärälle tapille
	Lusattu vaihtokatkon takia.			Kr kytkin tokalla kiinni	Kr kytkin tokalla kiinni
	Leikkurilla vika muutto 80m				
	vajaa				

SUPERKALANTERIN KOEAJO 16.9.2013

VAIHDOS KULUNEET METRIT / POHJEN OPTIMOINTI / KIIHDYTYS- JA HIDASTUSNOPEUDEN MUUTTAMINEN JA VAIHTONPEUDEN MUUTOS					
HUOM!! Leikkurin pohjan koko ja metrit otettu suoraan pituusleikkurin näytöltä					
	KR 3898/PRO 64	KR 3899/PRO 64	KR 3900/PRO 64	KR 3882/BRI 62	KR 3900/PRO 64
Popen KR pituus	50239m	50013m	49900m	45699m	50017m
KR Halkaisija	1833mm	1837mm	1836mm	1741mm	1836mm
KR Pituus	49582m	49843m	49788m	45275m	49790m
Kal. pohjan halkaisija	19mm	4mm	4mm	4mm	5mm
Kal. Pohjan metrit	430m	78m	76m	93m	117m
Leik. Pohjan halkaisija	13mm	21mm	22mm	25mm	22mm
Leik. Metrit	428m	718m	768m	874m	750m
Kierrokset näytteidenotossa	95kpl	71kpl	68kpl	84kpl	68kpl
Paperia kalanterin vaihdossa	547m	410m	392m	459m	392m
Vaihtonopeus	60m/min	30m/min	30m/min	30m/min	30m/min
Kiihdytys/hidastus asetus	90s	60s	60s	60s	60s
Asetettu pohja kalanterille	180m	30m	30m	30m	30m
Huom!		Karvi väärälle konerullalle	Karvi väärälle konerullalle	HUOM BRI 62!!!	Kr kytin kolmannella kii
				Karvi väärälle konerullalle	Karvi ok

SUPERKALANTERIN KOEAJO 17.9.2013

VAIHDOS KULUNEET METRIT / POHJEN OPTIMOINTI / KIIHDYTYS- JA HIDASTUSNOPEUDEN MUUTTAMINEN JA VAIHTONPEUDEN MUUTOS					
HUOM!! Leikkurin pohjan koko ja metrit otettu suoraan pituusleikkurin näytöltä					
	KR 3915/PRO 64	KR 3916/PRO 64	KR 3917/PRO 64	KR 3918/PRO 64	
Popen KR pituus	50026m	50029m	50029m	49990m	
KR Halkaisija	1836mm	1836mm	1835mm	1835mm	
KR Pituus	49787m	49774m	49708m	49734m	
Kal. pohjan halkaisija	5mm	4mm	4mm	5mm	
Kal. Pohjan metrit	106m	92m	83m	106m	
Leik. Pohjan halkaisija	22mm	EI MITATTU	22mm	EI MITATTU	
Leik. Metrit	754m	EI MITATTU	764m	EI MITATTU	
Kierrokset näytteidenotossa	68kpl	66kpl	69kpl	67kpl	
Paperia kalanterin vaihdossa	392m	380m	398m	386m	
Vaihtonopeus	30m/min	30m/min	30m/min	30m/min	
Kiihdytys/hidastus asetus	60s	60s	60s	60s	
Asetettu pohja kalanterille	30m	30m	30m	30m	
Huom!	Karvi väärälle konerullalle	Karvi väärälle konerullalle	Karvi väärälle konerullalle	Karvi väärälle konerullalle	

LIIMOJEN PÄÄLLE OTTAMISEN VAATINEET KATKOT 2012

Tammikuu	Aika(min)	Helmikuu	Aika(min)	Maaliskuu	Aika(min)	Huhtikuu	Aika(min)	Toukokuu	Aika(min)	Kesäkuu	Aika(min)
02.01.2012		02.02.2012	10	01.03.2012		04.04.2012	7	02.05.2012	10	01.06.2012	17
08.01.2012	10	03.02.2012	40	02.03.2012	60	05.04.2012	6	03.05.2012	13	03.06.2012	16
09.01.2012	14	07.02.2012	17	03.03.2012	11	05.04.2012	9	03.05.2012	10	03.06.2012	20
09.01.2012	11	09.02.2012	11	03.03.2012	16	06.04.2012	11	03.05.2012	9	04.06.2012	10
12.01.2012	14	09.02.2012	11	08.03.2012	22	07.04.2012	9	03.05.2012	9	04.06.2012	8
14.01.2012	19	10.02.2012	20	10.03.2012	16	07.04.2012	9	04.05.2012	8	04.06.2012	10
14.01.2012	32	11.02.2012	11	11.03.2012	41	07.04.2012	15	04.05.2012	8	04.06.2012	12
14.01.2012	40	12.02.2012	13	13.03.2012	21	08.04.2012	9	07.05.2012	17	04.06.2012	38
14.01.2012	16	13.02.2012	14	13.03.2012		10.04.2012	31	08.05.2012	15	04.06.2012	26
15.01.2012	45	17.02.2012	10	14.03.2012	14	10.04.2012	18	09.05.2012	7	04.06.2012	9
15.01.2012	15	18.02.2012		16.03.2012	26	11.04.2012	6	11.05.2012	26	05.06.2012	6
18.01.2012	43	21.02.2012		21.03.2012	14	13.04.2012	31	11.05.2012	23	05.06.2012	15
18.01.2012	19	21.02.2012		22.03.2012		13.02.2012		15.05.2012	18	05.06.2012	33
23.01.2012	17	23.02.2012		22.03.2012		17.04.2012	6	19.05.2012	15	06.06.2012	28
24.01.2012	25	26.02.2012		24.03.2012		18.04.2012	17	19.05.2012	9	07.06.2012	34
27.01.2012	16	27.02.2012		24.03.2012		19.04.2012		20.05.2012	22	08.06.2012	29
27.01.2012	58	27.02.2012		24.03.2012		21.04.2012	10	21.05.2012	22	14.06.2012	6
31.01.2012	25	27.02.2012		25.03.2012		21.04.2012	10	21.05.2012	12	15.06.2012	24
31.01.2012	10	27.02.2012		26.03.2012		28.04.2012	18	24.05.2012	16	20.06.2012	27
31.01.2012	12	29.02.2012		27.03.2012		29.04.2012	16	24.05.2012		22.06.2012	45
31.01.2012	12			27.03.2012		30.04.2012	16	24.05.2012		24.06.2012	17
31.01.2012	12			28.03.2012				25.05.2012	28	29.06.2012	25
				28.03.2012				30.05.2012			
				29.03.2012							
				29.03.2012							
				29.03.2012							
22kpl	465	20kpl	157	26kpl	241	21kpl	254	23kpl	297	22kpl	455
Keskiarvo	22,14		15,70		24,10		13,37		14,85		20,68
18.1 startti seisokista		3.2 startti seisokista		2.3 startti seisokista		28.4.2012 liimat		24.5.2012 av katko		7.6 startti seisakista	
27.1 startti rautapulasta		17.02 startti sesokista		15.3 startti seisokista		laihoja, todellinen		10.5 startti seisokista		22.6 startti seisakista	
				29.3 startti seisokista		aika pidempi		21.5 startti seisokista			
						13.4 startti seisokista					
						28.4 startti seisokista					

LIIMOJEN PÄÄLLE OTTAMISEN VAATINEET KATKOT 2012

Heinäkuu	Aika(min)	Elokuu	Aika(min)	Syyskuu	Aika(min)	Lokakuu	Aika(min)	Marraskuu	Aika(min)	Joulukuu	Aika(min)
01.07.2012	45	03.08.2012	18	02.09.2012	5	03.10.2012	12	02.11.2012	25	02.12.2012	15
02.07.2012	11	03.08.2012	12	06.09.2012	20	03.10.2012	14	07.11.2012	25	07.12.2012	67
05.07.2012	21	08.08.2012	59	14.09.2012	54	06.10.2012	12	09.11.2012	58	10.12.2012	11
10.07.2012	18	08.08.2012	12	23.09.2012	12	09.10.2012		10.11.2012	14	10.12.2012	4
11.07.2012		13.08.2012		23.09.2012	14	14.10.2012	16	14.11.2012	8	10.12.2012	25
17.07.2012		16.08.2012		24.09.2012	12	14.10.2012	14	19.11.2012	44	12.12.2012	7
17.07.2012		20.08.2012	22	25.09.2012	11	18.10.2012	22	20.11.2012	18	13.12.2012	6
19.07.2012		23.08.2012	61	28.09.2012	30	18.10.2012	11	23.11.2012	32	13.12.2012	7
22.07.2012				30.09.2012	7	23.10.2012	13	24.11.2012	8	15.12.2012	66
26.07.2012	7					25.10.2012		24.11.2012	26	20.12.2012	36
27.07.2012	18					25.10.2012		24.11.2012	38		
28.07.2012	27					25.10.2012		25.11.2012	5		
30.07.2012						30.10.2012	16	25.11.2012	5		
								29.11.2012	78		
								30.11.2012	11		
								30.11.2012	6		
13kpl	147	8kpl	184	9kpl	165	13kpl	130	16kpl	401	10kpl	244
Keskiarvo	21,00		30,67		18,33		14,44		25,06		24,40
30.7.2012 VIB ongelmia		8.8 startti seisokista		2.9 palkki avattu ja suljettu monta kertaa		18.10 startti seisokista		9.11 startti seisokista		15.12 startti liipepesuista	
78min hylkyä								29.11 startti seisokista			
5.7 startti seisokista				43min periaatteessa				20.11 oikeesti 20min			
19.7 startti seisokista		23.8 startti seisokista		14.9 startti seisokista				enemmän, mutta johtui ylikaadosta, joten ei lasketa.			
				28.9 startti seisokista							