

Esa Haikola

# Pakinpesulinjan kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja Tuotantotekniikka

Insinöörityö

14.01.2015

Tekijä(t) Otsikko	Esa Haikola Pakinpesulinjan kehittäminen
Sivumäärä Aika	27 sivua + 4 liitettä 14.01.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Koneautomaatio
Ohjaaja(t)	Kunnossapitopäällikkö Ere Toivonen Lehtori Heikki Paavilainen
<p>Insinööriyössä tutkittiin Tikkurila Oyj:n vesipakinpesuprosessin toimintaa ja selvitettiin, onko mahdollista siirtyä käyttämään puhdistusprosessissa puhdasta vettä ongelmalliseksi muodostuneen kiertopesuveden sijaan. Tämä käytännössä tarkoittaa pakin pesuun kulu- van vesimäärän optimoimista mahdollisimman pieneksi.</p> <p>Työ suoritettiin toteuttamalla useita pesukokeita pakinpesulaitteistolla. Kokeiden perusteel- la suunniteltiin ja testattiin muutoksia, joiden avulla puhtaan veden käyttöön siirtyminen olisi mahdollista ja pesuun kuluva vesimäärä saataisiin minimoitua.</p> <p>Lopputuloksena havaittiin että pienillä muutoksilla laitteistoon ja säätöihin voidaan siirtyä käyttämään puhdasta vettä pesussa ja saadaan vesimäärää pienennettyä merkittävästi alkuperäisestä tasosta.</p>	
Avainsanat	pakinpesulinja, pesukone, piensäiliöpesu

Author(s) Title	Esa Haikola Improvement of Container Washing Line
Number of Pages Date	27 pages + 4 appendices 14 January 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Machine Automation
Instructor(s)	Ere Toivonen, BsC, Maintenance Manager, Tikkurila Oyj Heikki Paavilainen, Principal Lecturer
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to improve the container washing line. In this study it was examined if it was possible to start using clean water in the washing process instead of the circulated water supply which had become problematic. Practically this means optimizing the amount of water used in the cleansing of a container.</p> <p>The study was performed by conducting numerous tests with the washing equipment. Based on the conducted tests, changes were planned to the process and machinery which would make it possible to start using clean water and minimize the amount of used water.</p> <p>As a result, it was found out that minor changes to the equipment and to its settings were required to enable the use of clean water and to significantly reduce the amount of water used.</p>	
Keywords	container washing line, washing machine, small container washing

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Pakinpesuprosessi	1
2.1	Novacolor-tehtaan pakkipesula	1
2.2	Laitteisto	3
2.3	Pesukoneen työkierto	7
3	Pesukokeet	8
3.1	Lähtötilanteen kartoitus	9
3.2	Pesutulokseen vaikuttavat tekijät	10
3.3	Pesukokeiden suunnittelu	11
3.4	Pesukokeiden toteutus	14
3.5	Kokeiden tulokset	18
4	Muutokset koneisiin	20
4.1	Mekaaniset muutokset	20
4.2	Muutokset säätöihin ja ohjelmaan	24
4.3	Muutosten vaikutukset	25
5	Kustannusvertailu	26
6	Yhteenveto	27
	Lähteet	28

### Liitteet

Liite 1. Hydraulikaavio

Liite 2. Mittauspöytäkirjat

Liite 3. Pesutanko

Liite 4. PI-kaavio

## Lyhenteet

Lipeä	Natriumhydroksidi (NaOH)
p	Paine
Pakki	Pieneräsekoitukseen tarkoitettu säiliö
PI-kaavio	Putkitus- ja instrumentointikaavio
ppm	Parts per million
Q	Tilavuusvirta

## 1 Johdanto

Tikkurila Oyj valmistaa kauppa- ja rakennusmaaleja sekä kuluttajille että ammattilaisille. Laajaan tuotevalikoimaan kuuluu maaleja, lakkoja ja muita pintakäsittelyaineita niin sisä- kuin ulkotiloihin kaikenlaisille pinnoille. Tikkurila Oyj valmistaa maaleja myös teollisuuden tarpeisiin metalli- ja puuteollisuudelle.

Tämän insinööriyön tavoitteena on kehittää Tikkurila Oyj:n Novacolor-tehtaan piensäiliöpesukoneen toimintaa ja rakennetta siten, että pesussa käytetty vesimäärä saataisiin minimoitua, sekä muuttaa koneen toiminta sellaiseksi, että pesussa voidaan alkaa käyttämään nykyisen likaista pesuvettä kierrättävän kiertovesijärjestelmän sijaan puhdasta vettä.

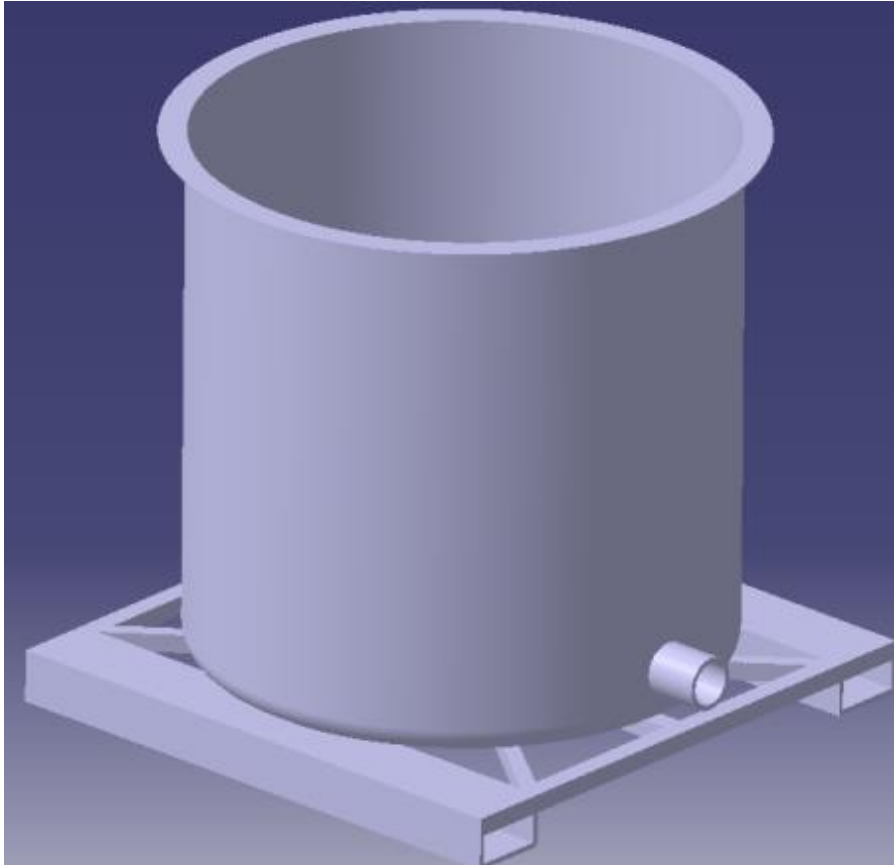
Insinööriyö suoritettiin perehtymällä nykyiseen pesuprosessiin ja edelleen suunnitelmalla ja toteuttamalla tarvittavia muutoksia koneeseen ajamalla lukuisia koeajoja erilaisilla säädöillä. Lopuksi tehtiin arviolaskelmat kustannuksista ja mahdollisista säästöistä.

## 2 Pakinpesuprosessi

### 2.1 Novacolor-tehtaan pakkipesula

Tikkurila Oyj:n maalinvalmistusprosessissa käytetään pienerien sekoitukseen astioina pakkeja. Pakit täytyy puhdistaa maalijätteestä ennen uudelleenkäyttöä, jotta vanha maalijäte ei pilaa uutta tuotetta.

Muodoltaan pakit ovat kuvan 1 mukaisia lieriömäisiä säiliöitä, joissa yläosa on avoin ja pohja lepää metallisen lavan päällä. Pakin alaosassa on palloventtiili, joka avaamalla voidaan säiliö tyhjentää. Pakkien yleisimmät koot ovat 500, 800 ja 1000 l.



**Kuva 1 Pakki**

Pakit pestään Novacolor-tehtaan pakkipesulassa. Pakista riippuen käytettävissä on neljä pesukonetta A, B, C ja D. A- ja B-koneet on tarkoitettu vesiohenteisia tuotteita sisältävien pakkien pesemistä varten, ja C- ja D-koneet liuotinohenteisia varten. Pakki- pesulassa varastoidaan sekä likaisia pesuun tulevia pakkeja että puhtaita uudelleen käyttöön valmiita pakkeja, joita tuotanto tarpeen mukaan hakee käyttöönsä. [1, s. 17–18.]

Työn aikana pakkien pesutarpeen suuruudeksi laskettiin vesipakkien osalta olevan noin 8 kpl päivässä, mikä tarkoittaa yli 2000 pakkia vuodessa. Liuotinohenteista maalia sisältäviä pakkeja tulee pestäväksi enemmän.

## 2.2 Laitteisto

Vesipakkien pesuprosessiin liittyvät seuraavat laitteistot.

### Pesukoneet

- PE-022 eli KONE-A
- PE-021 eli KONE-B

### Säiliöt

- SÄ-959 eli selkeytin
- SÄ-476 eli kiertopesuveden säiliö
- SÄ-475 eli puhdistettavan jäteveden säiliö

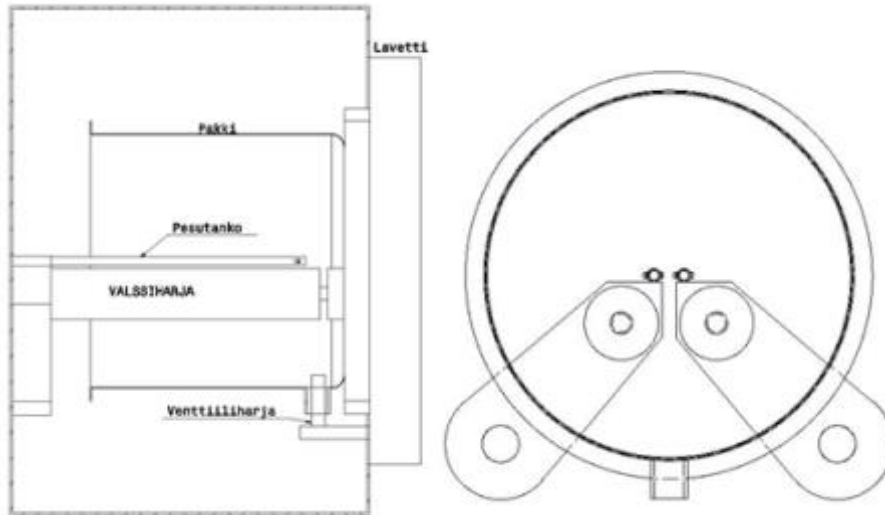
### Hydraulikoneikot

- HK-026 KONE-A:n hydraulikoneikko
- HK-027 KONE-B:n hydraulikoneikko

### Prosessivesi

Koneet A ja B ovat käytännössä identtiset laitteistot, joiden rakennetta esitellään kuvassa 2. Ne koostuvat itse pesukammiosta, jossa sijaitsevat pesuharjat ja pesutangot, joiden kautta johdetaan vesi pestävään pakkiin, sekä lavetista, jolle pakki asetetaan ja joka kuljettaa sen pesutilaan.





**Kuva 2** Pakinpesukone

Pesukammion kahta valssiharjaa pyörittävät hydraulimoottorit. Valssiharjat liikkuvat pakin seinämiin kiinni kuvassa 3 havaittavien paineilmasylinterien työntäminä. Valssiharjojen akselit ovat tuettuina takaosastaan kuulalaakereilla ja etuosasta messinkisillä liukulaakereilla. Akselien päihin on kiinnitetty omat päätyharjat, jotka pesevät pakkien pohjaa. [1, s. 17–18.]



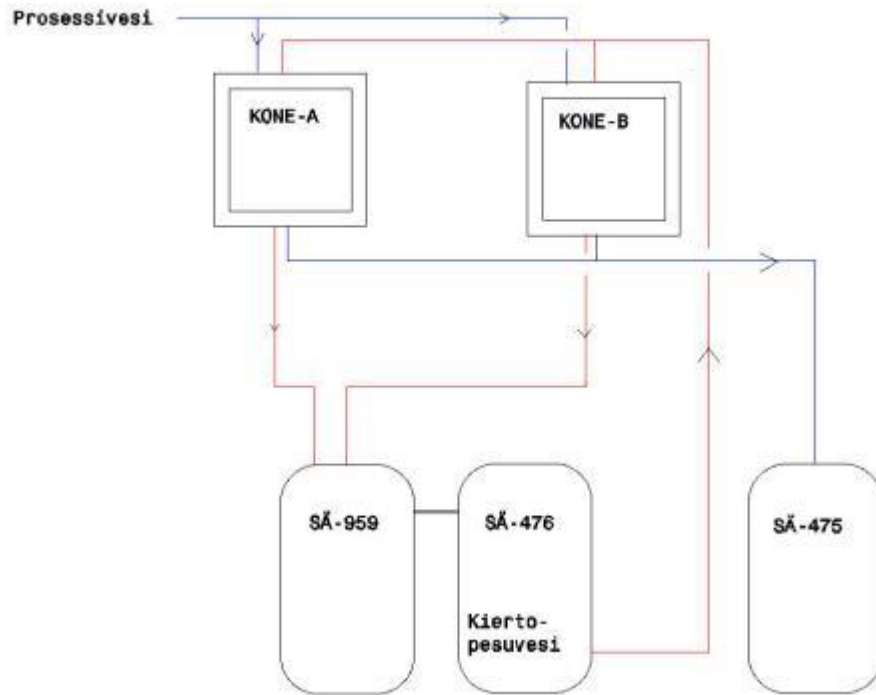
**Kuva 3** Pakinpesukone takaapäin

Harjojen yhteyteen on pesukammiossa kiinnitetty tangot pesu- ja huuhteluveden pakkiin johtamista varten. 1. harjan yhteydessä on pesuveden johtamiseen tarkoitettu tanko ja 2. harjan yhteydessä huuhteluveden tuomiseen käytetty tanko. Tangot ovat putkia, joihin voidaan kiinnittää ¼” ulkokierteellä liitettäviä suuttimia. Suuttimista kuitenkin on luovuttu, koska suutinten tukkeutuminen on liikaista kiertovettä käytettäessä ongelma. Vallitseva käsitys on, että niillä ei ole myöskään pesutuloksen kannalta ratkaisevaa roolia paineen pysyessä kiertopesuvedellä pienenä (4,5 bar) ja harjojen mekaanisen irrotustyön tehdessä suurimman työn pakkien puhdistuksessa. Pesun aikana veden tehtävä on pitää harjat puhtaina kuljettaen maalijätteen pois pakin seinämiltä ja harjoista. [1, s. 17–18.]

Pesukammiossa sijaitsevat lisäksi palloventtiilit, joilla johdetaan vesi joko takaisin sisäiseen kiertoon säiliöön SÄ-959 (selkeytin) tai pois jätevesisäiliöön (SÄ-475). Kammiossa ovat lisäksi venttiilit poistoilmalle, sekä tuloilmalle pakin kuivausta varten. Kammion ulkopuolella sijaitsevat venttiilit kiertopesuvedelle sekä prosessivedelle (huuhtelu). [1, s. 17–18.]

Lavetti jolle pakit asetetaan sisältää lukituksen pakille, jotta tämä ei putoa pesun aikana koneen sisälle, sekä venttiilipesuharjan, jolla pakkien pohjaventtiilit pestään. Lavetin voimanolähteenä toimii hydraulikka aivan kuten valssiharjoillakin. Lavetti nostaa pakin ensiksi 90° kulmaan, minkä jälkeen sylinteri työntää lavetin pakkeineen koneen sisään pesua varten. Lavetti lisäksi pyörittää pakkia koneen sisällä, jolloin harjat saavat pestyä koko pakin. [1, s. 17–18.]

Kuvassa 4 nähdään Novacolor-tehtaan pesulan vesipakinpesuprosessissa käytössä olevat kolme eri säiliötä. SÄ-959 eli selkeytin, SÄ-476 eli kuumen kiertopesuveden säiliö ja SÄ-475 eli sisäiselle puhdistuslaitokselle lähtevän puhdistettavan teollisuusjäteveden säiliö. [1, s. 15–17.]



**Kuva 4 Vesipakinpesuprosessin säiliöt**

Selkeyttimessä kiertopesuvettä selkeytetään uutta käyttöä varten, eli vesi seisoo ja kiintojäte uppoaa pohjalle. Selkeytin on yhdistetty ylivuotoputkella kiertopesuveden säiliöön, josta pesuvesi pumpataan takaisin pesukoneiden käyttöön. Kiertopesuveden säiliöön on kuulunut aikoinaan lämmitysvastus, mutta se on poistettu käytöstä. Puhdistettavan jäteveden säiliön SÄ-475:n kautta kulkee koko NC-tehtaan vesimaalien käsittelyssä syntyvä jäte. Jäte pumpataan säiliöstä edelleen käsiteltäväksi. [1, s. 15–17.]

Molemmilla pesukoneilla on omat hydraulikoneikkonsa, joilla tuotetaan tarvittava paine ja tilavuusvirta koneiden toimilaitteille (liite 1). Koneikkojen pumput ovat vakiopainepumppuja, eli ne pyrkivät pitämään asetetun paineen tilavuusvirran tarpeen muuttuessa muuttamalla pumpun kierrostilavuutta. Käytännössä tämä tapahtuu siten, että pumpun sisällä on levy, jonka kulma määrää pumpun mäntien tekemän liikkeen pituuden, ja näin jokaisella työliikkeellä siirtämän öljyn tilavuuden. [2, s. 65–66.]

Prosessivedellä tarkoitetaan tehtaan sisäistä maalityönteisiin menevän veden erillistä jakeluverkkoa, jossa prosessiin menevä vesi erotetaan hermeettisesti käyttövedestä

(juomavesi) erilliseen säiliöön ja kloorataan varastointikestoa varten 2–3 ppm pitoisuuteen.

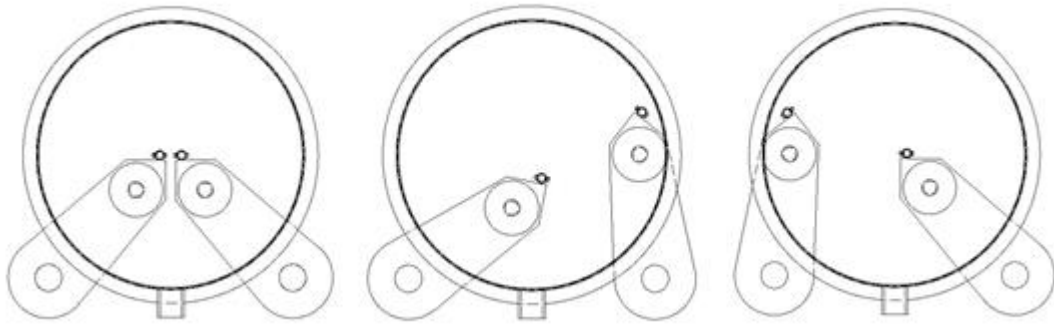
### 2.3 Pesukoneen työkierto

Työkierron alussa pesukammion pohjaventtiili on säiliön SÄ-959 suuntaan. Hydraulilla lukitaan pakki lavettiin ja pesukammion poistoilmaventtiili aukeaa ja imee n. 100 Pa alipaineen. Hydraulisylinteri nostaa lavetin 90° kulmaan ja seuraava sylinteri työntää lavetin pesukammioon. Pakki on nyt kosketuksissa päätyharjoihin, harjat alkuasennossa keskellä. [1, s. 33.]

Kiertopesuveden venttiili aukeaa ja pumppu alkaa pumpata sitä pesutangolle n. 4,5 bar paineella. Valssi- ja venttiilinpesuharjat alkavat pyörimään. Seuraavaksi harja 1 liikkuu kuvissa 5 ja 6 havaittavalla tavalla pakin reunaan aloittaen pakin seinämän pesemisen, ja harja 2 liikkuu edestakaisin pakin reunaan ja keskelle, samalla kuin pakki pyörii lavetilla näin pesten pakin pohjan. Asetetun ajan kuluttua harjat vaihtavat osia eli harja 1 alkaa pesemään pakin pohjaa edestakaisella liikkeellä ja harja 2 siirtyy pesemään pakin seinämää. [1, s. 33.]



Kuva 5 Pakinpesu käynnissä



**Kuva 6 Pakinpesuvaiheet**

Kun pesu on päättynyt, harjat palaavat keskiasentoon ja niiden pyöritys lopetetaan ja pesuveden tulo katkaistaan. Huuhteluveden tulo avataan ja pohjaventtiili aukeaa jätevesisäiliön SÄ-475 suuntaan. Huuhtelun jälkeen huuhteluveden tulo katkaistaan ja aloitetaan pakin kuivaus, jolloin tuloilmaventtiili aukeaa. [1, s. 33.]

Kun pakki on kuiva pyörittää lavetti pakin kotiasemaansa ja vetää sitten pakin ulos koneesta ja laskee takaisin pystyasentoon. Lukitukset irtoavat ja pakki on valmis uudelleenkäyttöä varten. [1, s. 33.]

Pesuaika on pesuohjelmasta riippuen 9 min 45 s tai 11 min 15 s.

### **3 Pesukokeet**

Ongelmaksi pakinpesuprosessissa on ilmennyt kiertovesisäiliö. Säiliöstä SÄ-959 poistettu lämmitysvastus ja lipeän lisäämisen poisto ovat aiheuttaneet sen, että bakteerikannat ovat alkaneet lisääntyä kiertovedessä. Pesun aikana tällä likaisella vedellä peseminen saastuttaa pestävät pakit, ja bakteerijäämistä on haittaa maalinvalmistuksessa tuotteen hygienialle.

On siis ilmennyt tarve tutkia prosessia ja kehittää sitä niin, että ongelmasta päästäisiin eroon. Ratkaisuvaihtoehtoina ongelmaan ovat käytännössä kemikaalin lisääminen kiertovesiprosessiin, jolloin bakteerit saataisiin eliminoitua, tai luopuminen kiertopesuvedesijärjestelmästä ja siirtyminen puhtaan veden käyttöön pesuprosessissa.

Tarvitaan selvitystyötä, onko taloudellisesti kannattavaa tai edes teknisesti mahdollista pestä pakkeja puhtaalla vedellä. Puhtaan veden käyttäminen käytännössä tarkoittaa kaiken pesuveden johtamista suoraan jätteisiin ja näin mahdollisesti kasvaviin jätteenkäsittelykustannuksiin. Tämän vuoksi vesimäärän minimointi muodostuu tärkeäksi.

### 3.1 Lähtötilanteen kartoitus

Työ aloitettiin kartoittamalla pakinpesukone A:n kunto sekä käytetyn pesuveden määrä. Tämä tehtiin A-koneella, koska sen tiedettiin olevan huonommassa kunnossa kuin B-kone ja näin kone A voitaisiin kunnostaa samalla, kun suoritetaan pesukokeita.

Pintapuolisesti tarkastelemalla A-koneen havaittiin olevan muuten kohtalaisessa kunnossa, mutta sen pääty- ja valssiharjat olivat aivan kuivaneen maalin peitossa, mikä viittaa sen vääränlaiseen toimintaan. Koneella ajettiin testiajo, jota tarkkailemalla havaittiin, että sen pesuharjat eivät pyöri ollenkaan, tämä viittasi ongelmaan joko hydraulikassa tai mekaaniseen vikaan itse harjoissa. Irrottamalla hydraulimoottori ja testaamalla sitä ilman vastusta havaittiin, että itse moottorin toiminnassa ei ole ongelmia, joten ongelman täytyi liittyä harjoihin. Harjojen pyörittäminen ei onnistunut käsinkään, ja vika löydettiin pesuharja 1:n kiinnileikkautuneesta liukulaakerista.

Tämän ongelman selvittyä ajettiin uusi testiajo, ja havaittiin että harjojen pyöriminen korjausten jälkeenkään ei ollut täysin ongelmaton. Aina kun molemmat harjat pesivät pakin seinämää samaan aikaan, loppui moottoreista teho ja samoin harjojen pyöriminen.

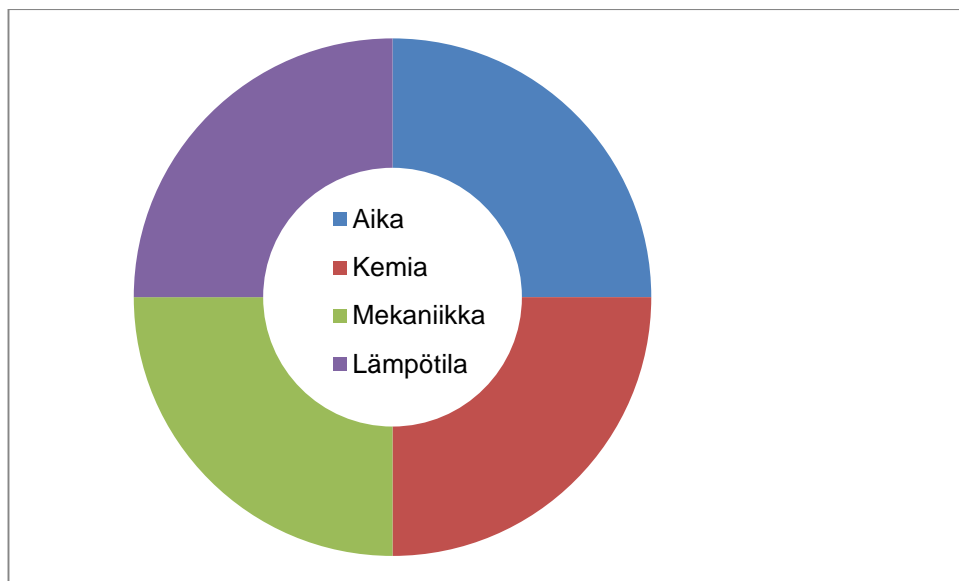
Koska tiedettiin, että kone B toimii paremmin, mitattiin hydrauliiikan paine molempien pesukoneiden koneikoista, ja havaittiin että kone-B:n hydrauliiikan paine oli 180 bar ja kone-A:n 145 bar eli lähes 40 bar pienempi. Painetta yritettiin nostaa suuremmaksi, mutta se ei totellut säätöruuvia, mikä viittasi viialliseen paineensäätimeen, jonka vaihtamisen jälkeen saatiin paine kasvatettua halutun suuruiseksi. Tämän avulla saatiin harjat pyörimään ja voitiin aloittaa pesuveden kulutuksen lähtötilan kartoittamista.

Mittaamalla pesussa kuluvan veden määrää saatiin selville, että kiertopesuveden tilavuusvirta on noin 130 l/min kuristamattomana, ja huuhtelussa käytetyn prosessiveden noin 30 l/min kuristamattomana. Tämä tarkoitti noin 700 l kokonaisvesimäärää pesua

kohden, josta kiertoveden osuus oli noin 600 l ja jätteisiin menevän huuhteluveden noin 90 l.

### 3.2 Pesutulokseen vaikuttavat tekijät

Pesutulokseen vaikuttavat kaikissa puhdistusprosesseissa kuvassa 7 esitetyt tekijät, eli aika, lämpötila, kemikaalit ja mekaniikka. Käytännössä jos jonkin elementin osuus pienenee, täytyy kasvattaa muita elementtejä, jotta pesutulos ei huonone. [3, s. 15];[4].



Kuva 7 Pesutulokseen vaikuttavat tekijät

Mekaanisen pesutuloksen aikaansaavat pakinpesukoneissa valssiharjat, jotka pyörimisliikkeellään irrottavat maalijätettä pakin seinämistä, valssiharjojen päissä olevat päätyharjat, jotka irrottavat liikkuessaan maalijätettä pakin pohjasta, venttiiliharja joka pesee pakin pohjaventtiiliä ja pesutankojen suuttimet, joiden isku kohdistaa irrotusvaikutusta pakin seinämiin.

Suutinten tuottamaa iskuä, eli käytännössä puhdistustehoa eri paineen ja tilavuusvirran arvoilla, mitataan tilavuusvirran ja paineen neliöjuuren suhteella kerrottuna vakiolla [5, s.12].

$$Isku = 0,0526 * Q * \sqrt{p}$$

Jossa Q on tilavuusvirta l/min ja p paine (bar). Iskun määritelmä tarkoittaa käytännössä sitä, että tilavuusvirtaa kasvattamalla saadaan iskun suuruutta kasvatettua enemmän kuin painetta nostamalla.

Pakinpesukoneissa on eri kokeiden muodossa luovuttu kemikaalin (lipeä) käytöstä sekä pesuveden lämmittämisestä, joten pesuajan puitteissa tapahtuvan mekaanisen työn osuus pakkien puhdistuksessa on merkittävä.

### 3.3 Pesukokeiden suunnittelu

Pesukokeiden suunnittelu lähti liikkeelle kartoittamalla pesutulokseen ja koneen toimintaan vaikuttavat tekijät ja muuttujat, joita säätämällä voidaan optimoida koneen toimintaa.

Kokeissa muutettavia suureita:

- pesutankojen määrä
- suutinten lukumäärä ja tyyppi
- hydrauliiikan paine ja tilavuusvirta
- harjapaine
- pesukoneen viritysajat
- prosessiveden paine 4,5 bar
- kiertoveden paine 4,5 bar.

Alkuperäisiä pesutankoja voidaan koneelle asettaa käytännössä maksimissaan 2 kpl järkevästi ja niihin kumpaiseenkin 12 kpl ¼” kierteellä asennettavia suuttimia. Tankojen kulmaa pestävään pakkiin nähden voidaan myös muuttaa niiden kiinnityksestä. Suuttimina pesukokeissa testattiin kolmenlaisia suuttimia:

- MEG-4004 Spraying systems
- HH-8004 Spraying systems
- GG-6.5 Spraying systems.



MEG-4004 ja HH-8004 ovat viuhkasuuttimia, eli niiden iskukuvio on viuhkanmuotoinen. GG-6.5 taas on täyskartiosuutin, jonka suutinkuvio on kartionmuotoinen. Suuttimien läpäisevä vesimäärä ja niiden pesuteho oli tarkkailun kohteena, kuten myös suutinten tukkeutuminen käytön aikana.

Laskennallisesti GG-6.5-suuttimien isku on noin 3 kertaa suurempi kuin MEG-4004:n tai HH-8004:n. Tämä aiheutuu GG-6.5-suuttimien 3 kertaa suuremmasta tilavuusvirrasta, mikä tarkoittaa sitä, että pesun tulisi suoriutua kyseisillä suuttimilla kolmasosassa siitä ajasta, mikä muilla testatuilla suuttimilla pesuun kuluu.

Hydrauliikan paineella voidaan vaikuttaa koneessa harjojen pesutehoon, eli käytännössä vääntöön, joka pesuharjoista saadaan irti. Tilavuusvirralla puolestaan kyetään säättämään harjojen pyörimisnopeutta, joka on itsessään tärkeä tekijä lian irrottamisessa. Tämän säätömahdollisuuden tutkiminen on kuitenkin vaikeaa, sillä tarvittavia laitteistoja tilavuusvirran suuruuden mittaamiseen ei ole Tikkurila Oyj:ssä saatavilla. Harjapaine vaikuttaa puolestaan pneumaattisiin sylintereihin, joilla valssiharjat ajetaan kiinni pakin seinämään, tämän suureen ohjearvoksi on annettu 2,0–2,5 bar.

Pesukoneen viritysajoilla tarkoitetaan pesukoneen ohjelmassa käytettyjä arvoja joiden mukaisesti kone ajoittaa toimintansa. Ajat syötetään ohjelmaan millisekunteinä. Muutettavia aikoja:

- venttiilipesu
- harja 1 pesu
- harja 2 pesu
- alkuvalutus
- selkeytin huuhtelu
- huuhtelu 3B
- välipuhallus
- valutus
- kuivaus.

Venttiilipesu ja harja 1 ja harja 2 pesut vaikuttavat ohjelmassa kiertoveden tuloon, ja eri harjojen pesuaikoihin. Venttiilipesuaika on aika pesun alussa, jolloin pakin pohjaventti-

liä pesemään tarkoitettu harja tekee edestakaista liikettä. Harja 1 ja harja 2 pesuajat määrittelevät sen ajan, kuinka kauan kumpikin harja käyttää pakin seinämän pesuun. Toinen harja pesee pakin seinämää ja toinen puolestaan pesee pakin pohjaa edestakaisella liikkeellä.

Loput muutettavat arvot ovat pakin huuhteluun liittyviä. Alkuvalutus määrittää ajan huuhtelun alusta, jolloin pesuvettä valutetaan pois koneesta selkeyttimeen ennen huuhtelun alkua. Selkeytinhuuhtelun aikana prosessiveden tulo huuhtelutankoon alkaa ja huuhteluvedet johdetaan selkeyttimelle. Huuhtelu 3B:n aikana huuhteluveden tulo jatkuu, mutta vesi johdetaan jätevesisäiliöön SÄ-475. Välipuhallus määrittää sen ajan kuinka pitkään paineilmalla puhalletaan huuhtelutankoa tyhjäksi. Valutusaika määrittää ajan huuhtelun lopussa, jolloin pakkia valutetaan kuivaksi ennen kuivauksen aloittamista. Kuivaukseen käytetty aika määrää tuloilmaventtiilin aukioloajan.

Taulukossa 1 on esitetty koneille asetetut viritysaajat millisekunteina.

**Taulukko 1 Pakinpesukoneen viritysaajat [1, s. 33.]**

<b>Pesun vaihe</b>	<b>Lyhytpesusaika (ms)</b>	<b>Pitkäpesusaika (ms)</b>
Venttiilipesu	20 000	20 000
Harja 1 pesu	120 000	240 000
Harja 2 pesu	90 000	60 000
Alkuvalutus	90 000	90 000
Selkeytin huuhtelu	20 000	20 000
Huuhtelu 3B	100 000	100 000
Välipuhallus	5 000	5 000
Valutus	90 000	90 000
Kuivaus	90 000	90 000

Yhtenä muuttujana pesukokeissa on huomioitava myös pesuun tulevan pakin kunto ja puhtaus. Tämä sen oletuksen vuoksi, että pesukoneella tulee pystyä pesemään sekä apuaineita, kittejä, teollisuusmaaleja että ulko- ja sisämaaleja ja sävytyspasta- ja sisä-

neet pakit, riippumatta siitä ovatko ne ehtineet kuivua vai ovatko edelleen märkiä. Kuvassa 8 on nähtävissä joitakin pesuun menossa olevia pakkeja.



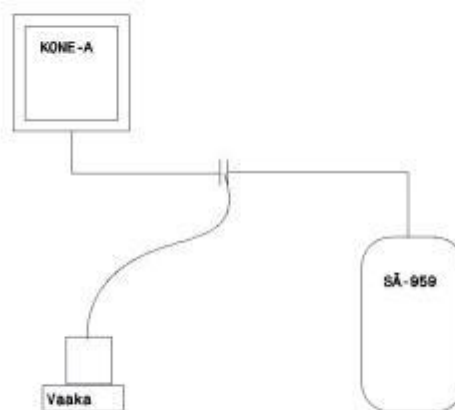
**Kuva 8** Likaisia pakkeja

Pesukokeiden toteutus suunniteltiin tehtävän siten, että edellä esiteltyjä pesuprosessiin vaikuttavia muuttujia muutetaan haluttuun suuntaan, ja pesuun käytetty vesi johdetaan suoraan linjasta säiliöön, josta sen massa punnitaan ja näin todennetaan muutosten vaikutukset. Puhdistustulos tarkistetaan joka koekerran jälkeen, ja pesutuloksesta tehtyjen päätelmien mukaan jatketaan muutosten tekemistä pesukoneeseen.

### 3.4 Pesukokeiden toteutus

Pesukokeilla mitattiin pakin pesemiseen kulunutta vesimäärää ja tutkittiin, miten muutokset koneessa vaikuttavat vesimäärän lisäksi itse pesutulokseen. Vesimääränmittaukset suoritettiin punnitsemalla vesimäärä joka pesukoneen läpi kulki. Pesukokeiden eteneminen kirjattiin liitteessä 2 esitettyjen mittauspöytäkirjojen tuloksiin.

Koejärjestelyinä pesukone A poistettiin normaalista käytöstä ainoastaan koekäyttöön. Kuvan 9 mukaisesti A-koneen selkeyttimelle johtava linja avattiin laipasta ja siitä johdettiin letkulla vesi 1000 l konttiin, josta pumppuvaa'alla suoritettiin pesuveden määrän mittausta. Myöhemmin testeissä otettiin myös käyttöön virtausmittari hankkimalla ja asentamalla vesimittari pakkipesukoneiden tulolinjaan. Kirjaamalla mittarin lukema vuosittain tai kuukausittain ylös, voi käyttökonekunta jatkossa seurata pakkien pesuun kulutettua puhtaan veden kokonaismäärää koneella A.



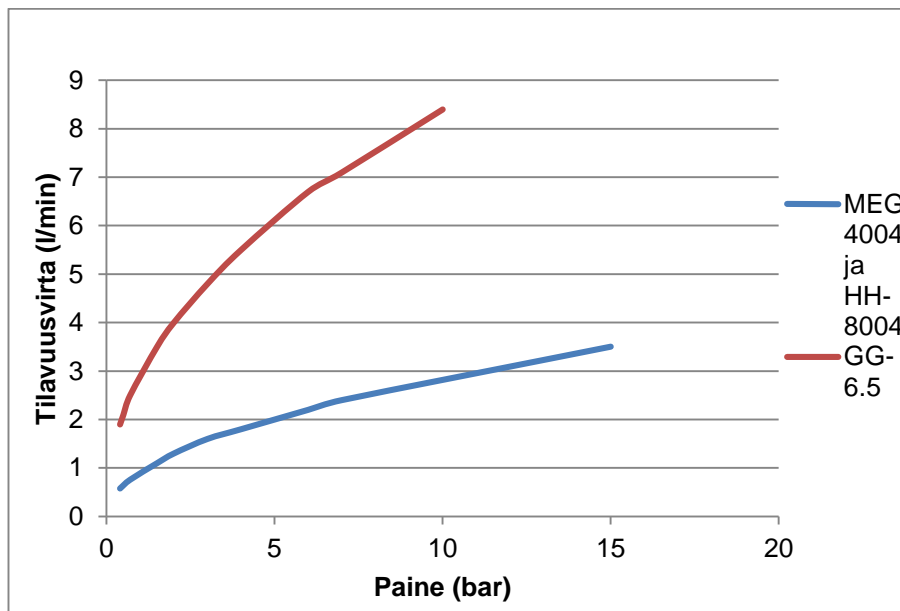
**Kuva 9** Koejärjestelyt

Aluksi pesukokeilla todennettiin pesukoneen toiminta kiertovedellä ja testattiin suutinten toimintaa. Havaittiin että kiertovedessä olevat epäpuhtaudet ovat siinä määrin suuria, että ne vähitellen tukkivat suutinten pienet reiät. Prosessivettä käytettäessä samaa ongelmaa ei ilmennyt. Suutinten käytön havaittiin jo itsessään vähentävän pesuveden tilavuusvirtaa merkittävästi.

Kokeiden aikana alusta asti yhdeksi suurimmista ongelmista muodostui valssiharjojen toiminta. Harjoja pyörittävissä hydraulimoottoreissa ei alkuperäisellä paineen arvolla tahdo riittää vääntö harjoja kääntävien sylinterien puristaessa molempia harjoja seinää vasten. Toinen suuri valssiharjojen toiminnassa esiintynyt ongelma oli harjojen etupään liukulaakerointi, joka liian suurella moottorien kierrosnopeudella petti nopeasti. Harjojen ongelmista päästiin kuitenkin eroon, pudottamalla harjapaineen arvo n.2,0 bar tasolle ja nostamalla hydrauliiikan paine 150 bar tasolle.

Näillä muutoksilla harjojen säätöihin päästiin eroon ongelmista suurimmassa osassa tapauksista. Testien edetessä huomattiin, että myös osa pakeista on hieman soikeanmuotoisia, jolloin pakin pyöriessä ja harjan pestessä seinämää harjaan kohdistuvat voimat muuttuvat. Muuttuva voima aiheuttaa harjojen hyytymistä, kun pakki kaventuu ajoittain.

Suutinten läpäisemää vesimäärää alettiinkin tutkia. Havaittiin että yhden suuttimen läpäisemä tilavuusvirta paineen pysyessä vakiona (4,5 bar) pysyy suuttimilla MEG-4004 ja HH-8004 n. 2 l/min tasolla ja suuttimilla GG-6.5 n. 5 l/min tasolla. Kuvassa 10 on esitetty Spraying systemsin ilmoittamiin lukemiin perustuvat käyrät suutinten läpäisemästä tilavuusvirrasta paineen muuttuessa.



**Kuva 10** Suutinten läpäisemä tilavuusvirta [5]

Suuttimien kanssa vesisuihkun havaittiin irrottavan märkää maalia helposti jo ilman harjojen apua vesisuihkun iskun ollessa huomattavasti terävämpi kuin ilman suuttimia. Kuivaneen maalin irrotus sen sijaan pelkällä vesisuihkulla nykyisellä paineella ei onnistu ilman harjojen tekemää mekaanista työtä. Tilavuusvirta pienenee huomattavasti alkuperäisestä 130 l/min, joten veden suuntaamiseen harjoille kiinnitettiin kokeissa huomiota.

Kokeita jatkettiin kuristamalla veden tuloa, eli käytännössä siis pudottamalla suutinten lukumäärää. Ongelmaksi muodostui suutinten lukumäärää vähentäessä veden ohjaus

tasaisesti harjoille pitämään ne puhtaina varsinkin pakin seinämiä pestessä, jolloin suuttimet olivat hyvin lähellä itse pakin seinämiä ja suihkun peitto jäi huonoksi. Ratkaisuna otettiin molemmat pesutangot käyttöön samanaikaisesti pesussa yhdistämällä ne koneen sisällä putkella. Näin saavutettiin pienellä suutinten lukumäärällä hyvä peitto pakin seinämiin, ja varmistettiin myös molempien päätyharjojen veden saanti ja näin ollen puhtaana pysyminen.

Suuttimissa päädyttiin käyttämään MEG-4004-suuttimia, suurempitehoisten GG-6.5-suutinten sijaan. Tämä pitkälti sen vuoksi, että MEG-4004-suutinten läpäisemä tilavuusvirta on kolmasosa GG-6.5-suuttimien läpäisemästä tilavuusvirrasta, eikä pesutuloksessa kuitenkaan ole havaittavia eroavaisuuksia suutinten välillä.

Molempien pesutankojen käytöllä saavutettiin myös suurempi joustavuus pesuaikojen virittämistä varten, koska veden tulo tasaisesti molemmille harjoille mahdollisti myös harjojen tasaisen kuormituksen likaantumisen suhteen pesun aikana. Vain yhtä tankoa käyttämällä toinen harjoista ei käytännössä voinut pestä pakin likaista seinämää. Tämä johtui siitä, että pesuveden virtaama koneeseen pieneni suuttimia vähentäessä jopa alle 10 l/min tasolle.

Pesuaikoja virittämällä saatiin pesuaikaa, ja näin veden kulutusta pienennettyä. Lisäksi saatiin harjojen tekemän pesutyön määrä tasapuolisemmin jaettua molemmille harjoille. Alun perin harja 1 teki suurimman osan aikaa työtä pakin seinämiä pestessä, kun taas harja 2 pesi pääasiassa pakin pohjaa edestakaisella liikkeellä. Säättämällä pesuaikoja niin, että molemmat harjat pesevät yhtä kauan pakin seinämiä ja pohjaa, saadaan pesuaikaa pienennettyä ja pesutulosta parannettua. Pesuaika pienenee, koska saadaan vähennettyä hukka-aikaa, joka pakin pesussa saman kohdan pesemiseen kuluu. Yksi harja ei myöskään kykene kunnolla pesemään koko pakin seinämää. Tämä johtuu siitä, että rajakytkimet, joilla pakin kulma-asemaa mitataan, ovat melko karkeat eikä niitä voi asettaa niin, että pakki tekisi 360° pyörähdyksen. Tämä aiheuttaa sen, että pieni noin 10–20 cm kaistale pakin seinämää jää harjalta pesemättä.

Pesuveden virtauksen pienentyessä ongelmaksi muodostui maalijätteen poisto pakista pesun aikana. Ongelman muodosti joidenkin maalien hilseily pesun aikana. Syntyvä puru liimautui märkänä pakkiin kiinni eikä veden virtaus riittänyt poistamaan sitä vaan hile oli kuvan 11 mukaisesti havaittavissa pesun jälkeen. Ratkaisuna kokeiltiin paineil-

man johtamista pakin seinämää kohti huuhtelun aikana, jolloin saadaan liikkeelle. Puhalluksen toteuttamisen havaittiin poistavan hyvin maalihilettä pakin seinämistä.



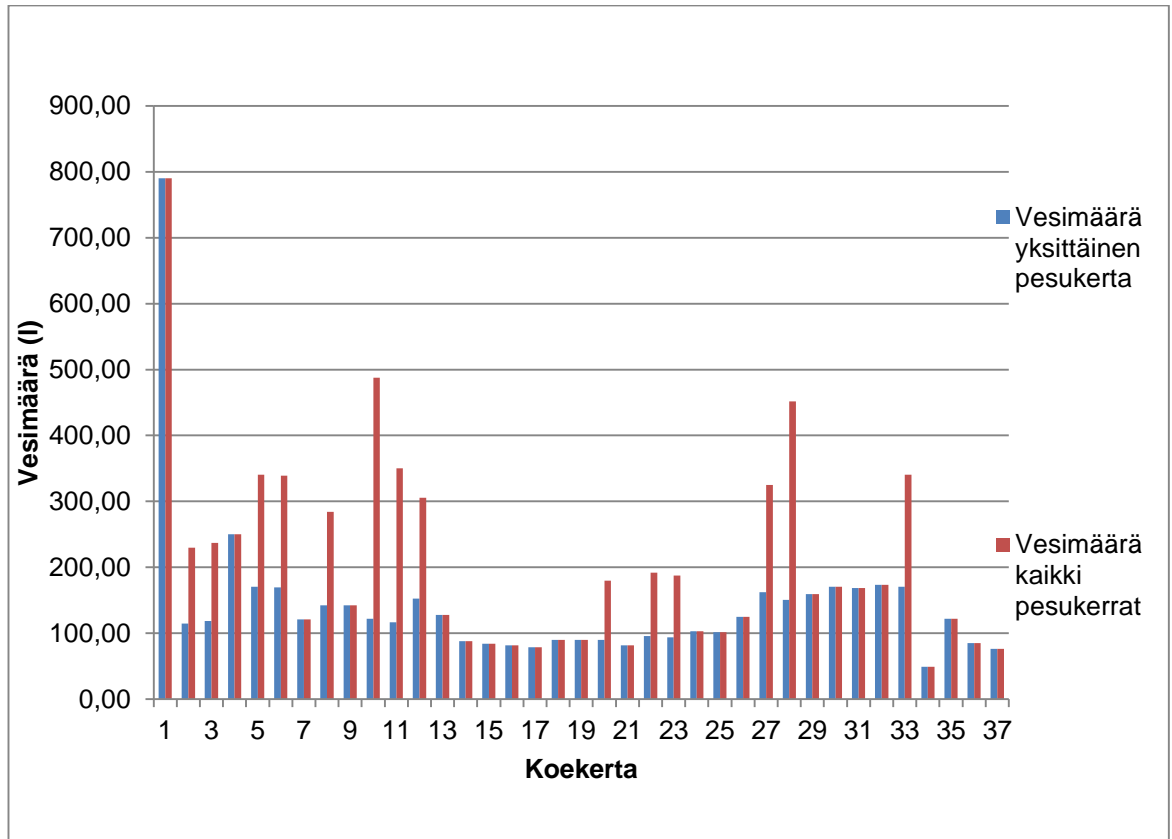
**Kuva 11** Hilettä pakin seinämällä

Pitkään kuivanut ja kovettunut maali aiheuttaa ongelmia koneelle, sillä harjojen teho ei riittä sen irrottamiseen edes täysillä kierroksilla. Kokeissa havaittiin kuitenkin, että sopivilla kemikaaleilla saadaan maalipintaa pehmenettyä sen verran, että harjat saavat pesutyön tehtyä.

### 3.5 Kokeiden tulokset

Kokeissa havaittiin, että on teknisesti täysin mahdollista siirtyä käyttämään prosessivettä pesukoneissa, kiertoveden sijaan. Veden määrä kokeissa pieneni lopulta jopa 80 l/pesukerta tasolle, mutta kaikkiin tapauksiin malli ei sopinut. Tämän vuoksi lopulta päädyttiin suutinasetelmaan jolla vesimäärä pysyy noin 90-100l /pesukerta tasolla.

Kuvassa 12 nähdään, kuinka pesuveden määrää saatiin vähennettyä tasaisesti läpi koko koejakson. Tämä saavutettiin optimoimalla suutinten määrä ja virityssajat. Korkeat piikit kuvassa tarkoittavat sitä, että testattu pakki on ollut niin likainen, että on tarvittu useampi kuin yksi pesukerta sen puhdistamiseen.



Kuva 12 Vesimäärän kehitys kokeiden aikana

Suuttimista havaittiin, että MEG-4004 omaa parhaan iskuvaikutuksen suhteessa kuluttamaansa vesimäärään, ja irrottaa tuoretta maalijätettä pakin seinämiltä ilman harjoja.

Lisäksi havaittiin, että pinttynyttä likaa on hyvin vaikea irrottaa ilman kemikaalien apua. Erityisesti Wurthin maalin- ja tiivisteidenpoistospray pehmentää todella hyvin kovaa maalipintaa, ja auttaa maalin irrottamisessa pakin seinämistä.



Kokeista havaittua:

- Pesuveden määrää voidaan pienentää jopa 80 l/pesukerta tasolle pesutuksen huonontumatta.
- Suuttimista MEG-4004:llä on paras isku.
- Vesimäärän pienentyessä tarvitaan ilmapuhallus poistamaan puru.
- Pesuaikaa pakista riippumatta voidaan pienentää.
- Pinttyneen maalin irrotukseen tarvitaan avuksi kemikaalit (Würth maalin- ja tiivisteidenpoistospray).
- Pesutankojen suutinväli on muutettava kaikille pakeille sopivaksi.
- Prosessiveden tilavuusvirta ja paine riittävät pakinpesuprosessiin.
- Valssiharjojen etupään laakeroinnissa on ongelmia.
- Pakin käännön anturointi on epätarkka.
- Harjapaineen säätö on epätarkka.

Edellä listattujen havaintojen perusteella voitiin alkaa pysyvien muutosten suunnittelu koneisiin.

## **4 Muutokset koneisiin**

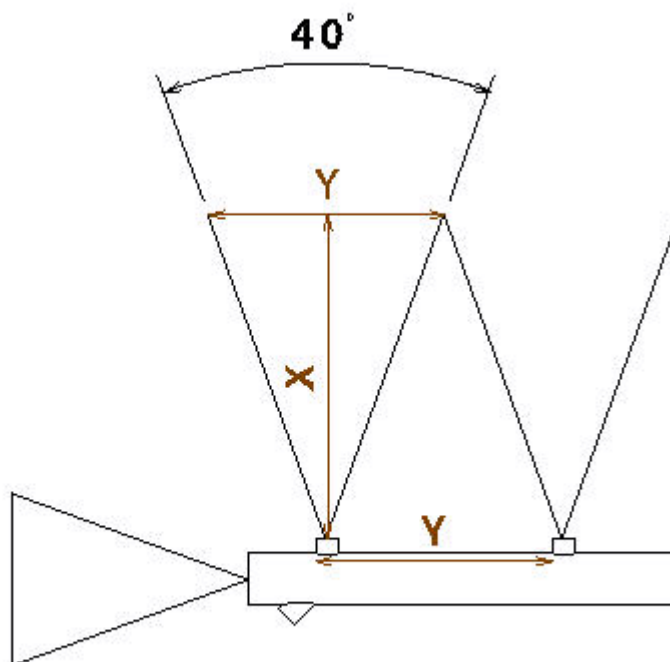
Pesukokeista saatujen tulosten perusteella päädyttiin tulokseen, että jätevesimäärää merkittävästi kasvamatta voidaan siirtyä pesemään pakkeja puhtaalla prosessivedellä, kun koneisiin tehdään tarvittavat muutokset ja säädöt.

### **4.1 Mekaaniset muutokset**

Koska pesukokeissa havaittiin, että molemmat pesutangot on kannattavaa ottaa mukaan pesemään pakkia, pesutangot muutetaan sellaisiksi, että suuttimien peitosta saadaan paras hyöty käyttöön pesun aikana. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että pesutankojen sivusuutinten reikäjako täytyy muuttua sopivanlaiseksi. Reikäjakoon vaikuttaa tankojen sijainti pakkien keskellä pesun aikana, jolloin suutinten peitto pakin sei-

nämiin on kaikkein suurin. Suuttimista MEG-4004-viuhkasuuttimien havaittiin olevan käyttöön sopivimmat niiden terävän iskun ja melko hyvän peiton vuoksi.

Valssiharjan halkaisija on 200 mm ja pesutangot sijaitsevat harjojen koneen keskustan puoleisella reunalla, joten mitoitettiin sivusuuttimien etäisyys niin, että harjojen pestessä pakkien seinämää peittyisi pestävästä alueesta mahdollisimman suuri osa.



Kuva 13 40° viuhkasuuttimen välien mitoitus

Saadaan siis optimaaliseksi suutinväliksi kuvan 13 mukaisia muuttujia käyttäen:

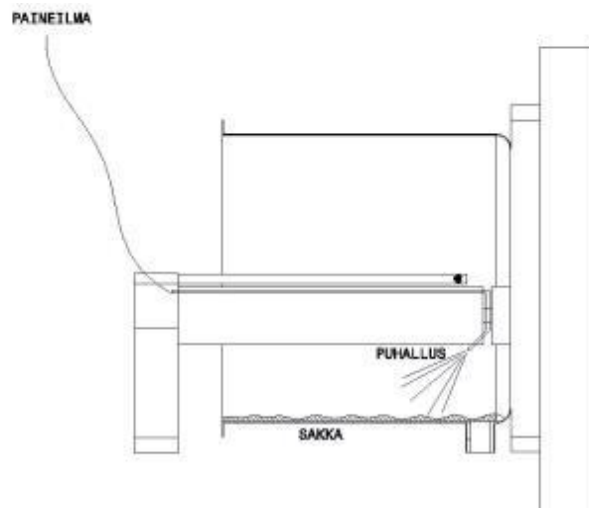
$$\frac{Y}{2} = X * \sin 20 \Leftrightarrow Y = 2 * X * \sin 20 = 2 * 200\text{mm} * \sin 20 = 136\text{mm}$$

Maali voi kertyä pakkien seinämiin korkeallekin, suurimmissa pakeissa usein jopa 750 mm korkeudelle, mutta näin ylös useimmiten vain pieniä määriä, joten suutinväliksi valittiin 150 mm, koska tällöin saadaan 3 suuttimella riittävän suuri peitto noin 600 mm korkeudelle pakkiiin. 150 mm väleillä suutinten väliin jää valssiharjan pestessä seinämää 28 mm kaistale ilman peittoa, mikä ei kuitenkaan tuota ongelmia. Sivusuuttimien

lisäksi on molemmille pesutangoille asetettava pohjaa kohden suutin, pitämään pohjaharjat puhtaina ja irrottamaan maalia.

Mittojen perusteella laadittiin työpiirustus uusista pesutangoista (liite 3). Jotta molemmat pesutangot saadaan käyttöön pesua varten, täytyy niiden vedentulo yhdistää putkella toisiinsa.

Koska vesimäärä pienenee muutoksien myötä, täytyy koneeseen lisätä puhallusputki puhaltamaan maalipurua pakkien seinämästä pois. Tähän puhallukseen ilma voidaan ottaa samasta linjasta, jolla tankojen puhallus tyhjäksi on toteutettu. Puhallusputki tulee suunnata kuvan 14 esittämällä tavalla kohti pakin seinämää pesukoneen pohjassa, jonne sakka kertyy pakin seinämitä.



**Kuva 14 Puhalluksen lisäys**

Tankojen lisäksi muutoksia on tehtävä veden koneelle johtamiseen, ja koneesta poistamiseen. Osa putkistoista ja venttiileistä muuttuu turhaksi, kun kiertovettä ei enää tarvitse johtaa pesukoneelle, eikä myöskään pois siitä.

#### KONE-A poistettavat venttiilit

- V-4803 (Kiertoveden tuloventtiili)
- V-TULO-KONE-A-PV2
- venttiili säiliöön SÄ-959
- venttiili säiliöön SÄ-475

#### KONE-B poistettavat venttiilit

- V-4801 (Kiertoveden tuloventtiili)
- V-TULO-KONE-B -PV2
- venttiili säiliöön SÄ-959
- venttiili säiliöön SÄ-475

Selkeyttimelle (SÄ-959) johtavien venttiilien lisäksi voidaan poistaa jätevesisäiliöön (SÄ-475) johtavat venttiilit, ja korvata ne suoralla putkella säiliöön SÄ-475. Tämä sen vuoksi, että ei ole enää tarvetta jakaa vettä selkeyttimelle ja jätevesiin.

Käytöstä voidaan lisäksi poistaa kokonaan säiliöt SÄ-959 ja SÄ-476, joissa kiertopesuvettä säilytetään. Lisäksi kiertopesuveden pumpput PU-629 ja PU-631 voidaan poistaa. Ei ole kuitenkaan perusteltua purkaa näitä laitteistoja ennen kuin tiloille keksitään muuta käyttöä.

Koneisiin täytyy lisätä venttiilit, joilla ohjataan ilma puhallusputkelle, joka vesimäärän pudotessa on muodostunut pakolliseksi maalipurun poistamista varten.

Koneisiin olisi hyvä myös lisätä virtausmittarit tarkkailemaan veden kulutusta, tämä lisäys on jo toteutettu kone A:n prosessivesilinjaan. Mekaaniset ja putkistomuutokset ovat kokonaisuudessaan esitettyinä uudessa PI-kaaviossa (liite 4).

#### 4.2 Muutokset säätöihin ja ohjelmaan

Ohjelmassa täytyy muuttaa kiertopesuveden tulo prosessiveden tuloksi. Pesukoneen poistoventtiilien avaukset voidaan poistaa, jos muutokset putkistoihin toteutetaan suoralla putkella säiliöön SÄ-475. Kiertovesipumppuja ei myöskään tarvitse enää käynnistää pesun aikana, joten ne voidaan ohjelmasta poistaa.

Ohjelmaan täytyy lisätä puhallusputken ilmaventtiilin avaus huuhtelun ajaksi, jolloin roskat saadaan puhallettua pois pakista.

Viritysaajat muutetaan pesukokeiden havaintojen perusteella taulukon 2 mukaisiksi.

**Taulukko 2 Uudet viritysaajat**

<b>Pesun vaiheet</b>	<b>Uusi aika (ms)</b>
Venttiilipesu	20 000
Harja 1 pesu	120 000
Harja 2 pesu	120 000
Alkuvalutus	0
Selkeytin huuhtelu	0
Huuhtelu 3B	60 000
Välipuhallus	5 000
Valutus	90 000
Kuivaus	90 000

Viritysaikojen muutosten jälkeen, molemmat harjat pesevät pakin seinämiä ja pohjaa kumpikin 120 s ajan. Tämä johtaa siihen, että etenkin pakin pohja puhdistuu paremmin, kun molemmat harjat vuorollaan pyyhkivät sen yli yhtä useasti. Yksittäinen harja ei osunut varmuudella joka kohtaan edes kaksi kertaa pidemmällä ajalla. Lisäksi myös seinämien puhdistustulos paranee.

Huuhteluaikaa voidaan pienentää kokonaisuudessaan 60 s pituiseksi. Tämä aika riittää yhdessä ilmapuhalluksen kanssa poistamaan mahdollisesti pakkiin pesun aikana jäävät roskat. Huuhtelun alussa tehtävä alkuvalutus ja huuhtelu säiliön SÄ-959 suuntaan voidaan poistaa, koska kaikki vesi johdetaan nyt säiliöön SÄ-475 likaisuudesta riippumatta.

Koneissa voidaan pudottaa harjapaine 2 bar suuruiseksi, sekä hydrauliiikan paine 150 bar suuruiseksi.

#### 4.3 Muutosten vaikutukset

Melko pienillä mekaanisilla ja ohjelmallisilla muutoksilla saadaan pienennettyä pakinpesuprosessissa kuluvaa vesimäärää merkittävästi, ja pystytään siirtymään käyttämään puhdasta pesuvettä. Tämä suureksi osaksi sen vuoksi, että koneiden läheisyydessä on valmiiksi infrastruktuuri (putkistot, vesi, paineilma, säiliöt) muutoksia varten.

Muutosten jälkeen pesuvetenä käytetään prosessivettä, likaisen kiertopesuveden sijasta. Kaikki pesukoneen läpi menevä vesimäärä, johdetaan suoraan säiliöön SÄ-475, eli pesuvesi johdetaan jäteveden joukkoon. Koska pesuvesi ei enää ole likaista, ei bakteereista ole enää ongelmaa. Käytetyn prosessiveden pieni klooripitoisuus todennäköisesti pitää haitalliset kasvustot poissa myös pesukoneen sisäpuolisilta pinnoilta.

Veden kokonaiskulutus pienenee 800 l:sta noin 90 l:aan pesukertaa kohden, mutta kaiken veden johtuessa suoraan jätteidenkäsittelyyn itse jäteveden määrä pysyy likimain samana (90 l /pesukerta). Vesimäärä koostuu itse pesusta (4 min 20 s) ja huuhte-  
lusta (1min). Tilavuusvirta pesun aikana on noin 17 l/min.



Kuva 15 Puhdistustulos uusilla säädöillä

Vaikka vesimäärä pienenee radikaalisti alkuperäisestä, ei puhdistustulos huonone kuten kuvasta 15 voidaan todeta, eivätkä koneen käyttö- ja huoltokustannukset kasva. Vesimäärän pienetessä pesukoneelta lähtevän jäteveden kiintoainepitoisuus tulee jonkin verran nousemaan, mikä saattaa vaikuttaa poistoputkiston käyttöikänsä tukkeutumisen muodossa.

## 5 Kustannusvertailu

Jotta voidaan vertailla saavutettujen ratkaisujen toteuttamisen järkevyyttä, tulee niitä verrata muihin mahdollisiin skenaarioihin. Tässä työssä kyseinen vertailu toteutettiin kahden mahdollisen vaihtoehdon välillä. Nämä vaihtoehdot olivat työssä tutkitun vesimäärän pienentäminen ja puhtaan pesuveden käyttöönotto, ja likaisen pesuveden kemikaliointi.

Taulukko 3 Kustannusvertailu [6]

Käyttökulu/a	Nykytilanne	Kemikaliointi	Puhdas pesuvesi
Hyödykkeet vesi, (kemikaalit)	225	230	225
Henkilötyö	320	620	0
Energiat (pumppujen ja selk.sähkö)	454	455	0
Pääomat (Poistot)	0	375	224
Ylläpito, korjaukset pumput ja selkeytin	925	925	0
Selkeytin vuosipesu	2900	2900	0
Piepho lavajäte, Teollisuusviemäri	11,25	11,25	2500
<b>Yhteensä (eur)</b>	<b>4835,25</b>	<b>5516,25</b>	<b>2949</b>

Käyttökustannukset jakautuvat eri skenaarioissa taulukon 3 mukaisesti. Hyödykkeiden hinta pysyy eri vaihtoehdoissa melko samana, kemikaliointissa tehtävä klooraus lisää vain vähän hyödykkeiden vuosikustannuksia. Kemikaliointi aiheuttaa kuitenkin lisätyötä bakteerinäytteiden analysoinnin myötä ja investointeina tarvittavaan annostelulaitteistoon. Jätevedestä aiheutuvat kustannukset eli selkeyttimen pesu ja jätevesi sekä laitteiston ylläpidosta muodostuvat kustannukset pysyvät samoina.

Puhtaan veden käyttöönotosta ei synny uusia kustannuksia, lukuun ottamatta noin 1800 € kertaluontoista erää, joka käytetään muutosten toteuttamiseen. Jaettuna kahdeksalle vuodelle tämä erä jää vuosipoistoksi 224 €/a. Koska pesussa syntyvää jätettä ei enää kierrätetä, vaan pesuvesi johdetaan suoraan jäteveden joukkoon, siirtyvät jäteestä syntyvät kustannukset kokonaisuudessaan selkeyttimeltä jätevesien käsittelyyn

ja edelleen teollisuusviemäriin, minkä kustannukset ovat alhaisemmat kuutiota kohden kuin jävesien lähettäminen käsiteltäväksi suoraan Ekokemille. Huoltokustannukset poistuvat kiertopesuvesijärjestelmän osalta, kuten poistuu myös energiantarve ja näihin laitteistoihin liittyvä työ.

Kustannusvertailuun ei otettu huomioon itse pesukoneisiin liittyviä kustannuksia, sillä perusmekaniikka ja käyttötarve koneissa pysyy samana, ja näin myös koneiden huolto- ja käyttökustannukset.

## **6 Yhteenveto**

Tämän insinööriyön tavoitteena oli kehittää Novacolor-tehtaan pakkipesulan vesipakin pesukoneiden toimintaa siten että pesussa kuluva vesimäärä saadaan minimoitua, ja voidaan siirtyä pesemään pakkeja puhtaalla vedellä.

Työn tavoitteet saavutettiin hyvin. Pesukokeista havaittiin että pakin pesu onnistuu hyvinkin pienellä vesimäärällä, jopa niin pienellä että kokonaisjäteveden määrä ei kasva lainkaan verrattuna nykyjärjestelmään.

Pesukokeiden avulla onnistuttiin lisäksi simuloimaan hyvin tarvittavia muutoksia kokeisiin, ja kokeiden tulosten pohjalta ne suunnittelemaan. Kustannuslaskelman perusteella havaittiin lisäksi puhtaan pesun käyttöön siirtymisen säästävän kokonaiskustannuksia pesuprosessin kehityksessä.

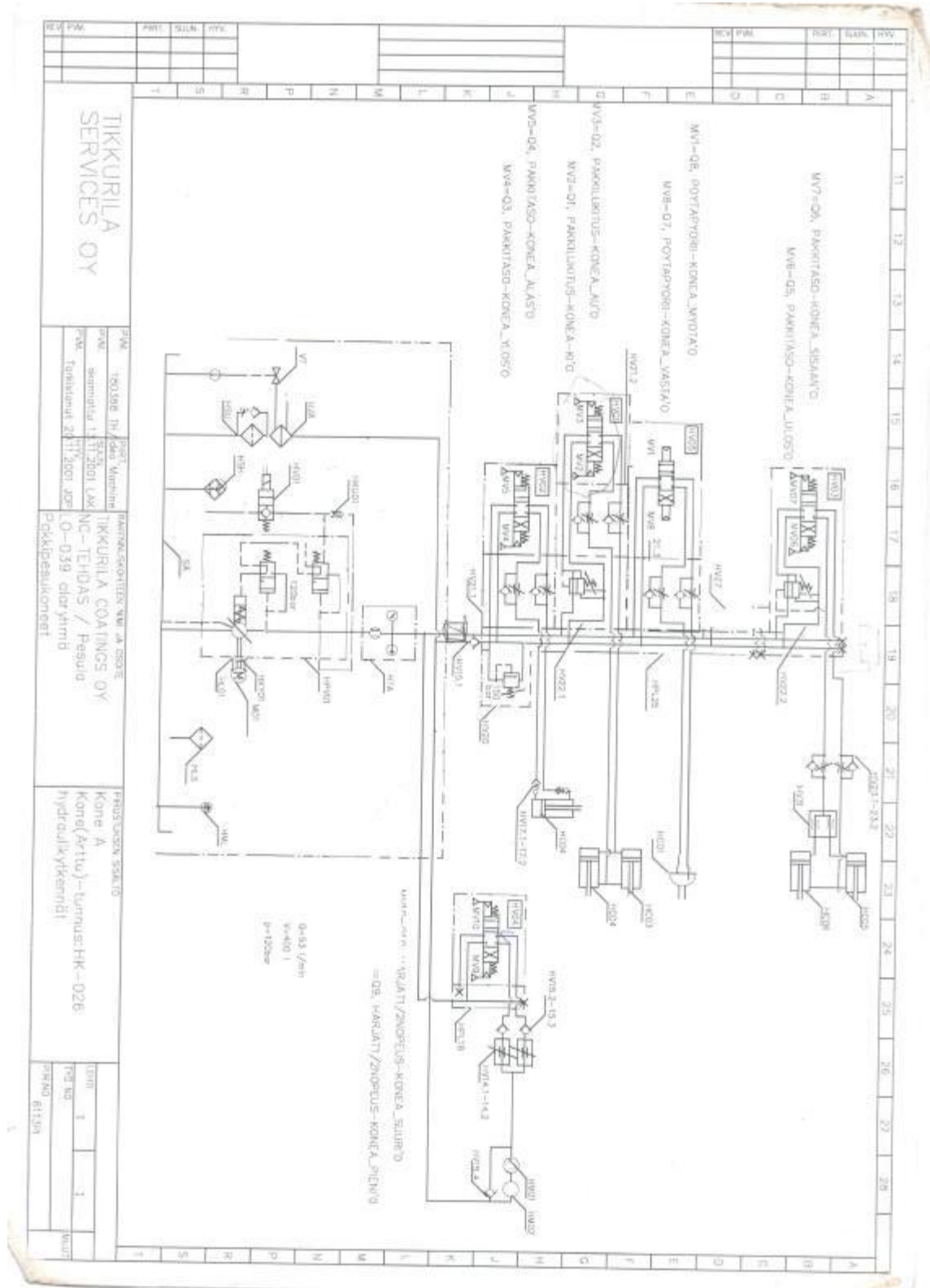
Lisäksi työn aikana saatiin kunnostettua yksi pesukoneista toimintakuntoiseksi, ja kerättiin arvokasta tietoa jäteveden määristä ja pesukoneiden käyttötarpeesta.



## Lähteet

1. Pöyry Jorma. 2011 Tikkurila Coatings Oy NC-tehdas Pesulan prosessin toimintaohje. 19.08.2011.
2. Paavilainen, Heikki. 2009. *Hydrauliikka 1*. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu
3. Weckström, Ossi. 2012. *Ultraäänipesurin kehittäminen ja pesutuloksen parantaminen*. Insinööriyö. Satakunnan Ammattikorkeakoulu, Kone- ja Tuotantotekniikan koulutusohjelma.
4. Hämeen Ammatti-instituutti. 2014. *Puhdistustulokseen vaikuttavat tekijät*. Verkkodokumentti.  
[http://portal.hamk.fi/portal/page/portal/HAMI/Milkworks/Oppimateriaali/kasittely/meijerissa/laitteiden\\_puhdistus/puhdistustulokseen\\_vaikuttavat\\_tekijat](http://portal.hamk.fi/portal/page/portal/HAMI/Milkworks/Oppimateriaali/kasittely/meijerissa/laitteiden_puhdistus/puhdistustulokseen_vaikuttavat_tekijat) Luettu: 20.09.2014.
5. Spraying Systems, *Catalog 70 Metric*. 2014. Verkkodokumentti.  
[http://s7d5.scene7.com/s7ondemand/brochure/flash\\_brochure.jsp?company=Spraying-Systems&sku=3\\_c\\_cat70metric&config=SprayingSystems/SSCo&el=normal](http://s7d5.scene7.com/s7ondemand/brochure/flash_brochure.jsp?company=Spraying-Systems&sku=3_c_cat70metric&config=SprayingSystems/SSCo&el=normal) Luettu: 01.10.2014.
6. Kunnossapitopäällikkö Ere Toivosen haastattelu. Tikkurila Oyj. Vantaa. 3.12.2014

Hydraulikaavio



Mittauspöytäkirjat

pvm	pesukerrat	tanko1	tanko2	Kuvaus Pakista	Kokonais vesimäärä	Aika	Huomioita
2.10	11	P.H	P.H	KITTI	108 kg	218	PELV 520 4000 3000
		4000	4000	KOITTU MÄKI	110 kg		1. KERRAN LÄHTÖ
2.10	11	P.H	P.H	KITTI	110 kg	218	HARJAT HUUR
		4000	4000	MERKO KUIMA	107		UAI E KULJETTA PES
3.10	1	P.H	P.H	MORNI	63 kg		PELV 316 HUUR 30
		4000	4000	MELUR			LIHTA FAHDE SUORIT
5.10	11	4xM	6xM	SUHT TUORA	73 kg	570	PUMPA
		4000	4000	MÄNÖISÄ	91 kg	HUUR 30	JAVUVA
6.10	1	4xM	4xM	MAACIA	91 kg	500	HYUR
		4000	4000	NORON		300	PESUVA
7.10	111	4xM	6xM	KOITU	72 kg	530	PUMPA
		4000	4000	PINTAMAKA	40 kg	300	KANON
				VÄLÄN	132 kg		3. PESU
					81 kg		ELUVA
					79 kg		PINDUN YP LINA
							POD LA KASSI PINDUN X
9.10	11	6xP	6xH	PINTAMAKA	67		IRPOM
		MES	MES	MORNI	58.6		HYUR
		4000	4000		60		PINDUN
7.10	1	6xP	6xH		65		ELUVA
		JET	JET		202		HARJAT HUUR UAI E KULJETTA PES
9.10	1	4xP	6xH		60 kg		TOPI HUURAS ALUN KASSI PESUVA
		NEEJA	FULL				JET HUUR
10.10	1	4xP	3xH		44 kg		PUMPA
		NEEJA	FULL				JET
10.10	1	4xP	3xH		44 kg		HYUR PUMPA HUURAS PINDUN TUORON KASSI ELUVA
		NEEJA	FULL				JET
10.10	1	4xP	3xH		38		TUORON MAACIA ELUVA
		NEEJA	FULL				JET

pvm	pesukerrat	tanko1	tanko2	Kuvaus Pakista	Kokonais vesimäärä	Aika	Huomioita
13.10	# 1	P	H	MARMALIA	46	5:20	puhdistus
		4x	3x	MARCIA	46	5:00	harjasta puhdas
		JET	ROL	TUORETTA			(vesimäärä p. p. me puhdistus)
			JET				RODÄ IRROTA
13.10.11		P	H	ROKMI	46kg	5:20	puhdistus
		4x	3x	VALKOISMA	46	3:00	harjat irrottaa
		VEEJET	FULL	TUORETTA			harjat irrottaa
							HYÖNTYVAIKUTIN
							(CHANG 7.)
13.10.1		P	H	<del>ROKMI</del>	38 kg	5:20	VEEJET
		4x	3x	YÖSI		3:00	harjat irrottaa
		VEEJET	ROLL	PUHDAS			RODÄ
		P	H				GO
13.10.1		4x	3x		60 kg	5:20	
		VEEJET	FULL			3:00	
13.10.11		4x	3x	VALKOISMA	58kg	5:20	2 p. p. tyhjä jäi
		VEEJET	ROLL	MARCIA	46	3:00	harjasta irrottaa
		JET	MARCIA				harjasta irrottaa
							OSUN
14.10.1		5x	3x	VALKOISMA	44kg	5:20	harjasta irrottaa
		VEEJET	ROLL	TUORETTA	76kg	3:00	harjasta irrottaa
		VEEJET					harjasta irrottaa
		MOLETTA					harjasta irrottaa
		TAVUOTTA					harjasta irrottaa
14.10.1		-	5x	TUORETTA	86kg	5:20	harjasta irrottaa
			VEEJET	VAANIMAA		3:00	YÖSI PUHDAS
			P+M	KARX			
14.10.11		-	5x	VALKOISMA	65kg	5:20	puhdas - pöröä
			VEEJET	MARCIA		3:00	
			P+M	TUORETTA			
15.10.1		4x	4x	VALKOISMA	14	3:00	KIERNOVESI, KATKAA
		M66	M66	MARCIA		3:00	180 S
		RODÄ	RODÄ				
15.10.11		"	"	VALKOISMA	102kg	5:20	MAALI
				MARCIA	106	3:00	harjasta irrottaa
				TUORETTA			harjasta irrottaa
		4x	4x				
		M66	ROKMI				
		RODÄ	MV				
		P					



pvm	pesukerrat	tanko1	tanko2	Kuvaus Pakista	Kokonais vesimäärä	Aika	Huomioita
16.6	1	4x MEGA	4x MEGA	VALKOISTA MORAALIA	86kg	5:20	PÖYKÄ
				MALLIA	109	3:00	
16.6	1	5x MEGA	5x MEGA	RUSKEAA TUOLIA	122kg	5:20	PUHDAS
						3:00	REIKÄ
16.6	1	11	11	VALKOISTA	109	5:20	PÖYKÄ
						3:00	REIKÄ
17.6		10x MEGA			108kg	5:20	
		1000g P+			prosessivesi		
17.6		11		HUSTAA MALLIA	111	5:20	PUHDAS
					prosessivesi	3:00	
20.6	1	11		VALKOISTA TUOLIA	prosessivesi	5:20	PINTA
						3:00	REIKÄ
							REIKÄ
							REIKÄ
23.6		5x MEGA		MAALIN POISTO SPRAY	570		PINTA
		MALLIA		MAALIN POISTO SPRAY	131-1000g		REIKÄ
							REIKÄ
26.6	1	5x MEGA		RÖSTÖTTÄ	49kg	5:20	REIKÄ
		1000g		RUSKEAT			REIKÄ
31.6	1	5x MEGA	3x MEGA	KELTUA	78kg	5:20	REIKÄ
		1000g		MAALIA		3:00	REIKÄ
				VALKOISTA			REIKÄ
				REIKÄ			REIKÄ
				TESTATTU MAALIN POISTO SPRAY			REIKÄ
				MAALIN POISTO SPRAY			REIKÄ
				MAALIN POISTO SPRAY			REIKÄ
6.11	1	4x MEGA	4x MEGA	REIKÄ	67kg	4:20	PUHDAS
		1000g				0:30	REIKÄ
7.11	1	4x MEGA	4x MEGA	VALKOISTA	66kg	4:20	PUHDAS
		1000g				6:00	REIKÄ

Pesutanko

