

# **Paperitehtaan keskusrasvavoitelujärjestelmien nykytilan kartoitus ja tulevaisuuden kehitysmahdollisuudet**

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

2024

Ilari Niku

## Tiivistelmä

Tekijä(t)	Julkaisun laji	Valmistumisaika
Ilari Niku	Opinnäytetyö, AMK	2024
	Sivumäärä	
	28	
Työn nimi		
<b>Paperitehtaan keskusrasvavoitelujärjestelmien nykytilan kartoitus ja tulevaisuuden kehittymismahdollisuudet</b>		
Tutkinto ja koulutusala		
Insinööri (AMK), konetekniikan koulutus		
Toimeksiantajaorganisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja)		
UPM Communication Papers Kaukaan Paperitehdas		
Tiivistelmä		
<p>Työssä käytiin läpi UPM Kaukaan paperitehtaan keskusrasvavoitelujärjestelmät ja tutkittiin mahdollisuuksia niiden parantamiseen. Työn tavoitteena oli arvioida järjestelmien nykytila sekä esittää kehitys- ja päivitysehdotuksia, jotka tukisivat järjestelmien toimintavarmuutta ja kustannustehokkuutta. Lisäksi pohdittiin järjestelmien integrointia tehtaan automaatiojärjestelmään.</p> <p>Työssä hyödynnettiin tehtaan vanhoja dokumentteja ja suoritettiin järjestelmien fyysisiä tarkastuksia paikan päällä. Menetelminä käytettiin dokumenttianalyysiä sekä laitteiden ja järjestelmien nykytilan arviointia.</p> <p>Keskeisiksi tuloksiksi saatiin mahdolliset parannusehdotukset, jotka sisältävät päivitystarpeita ja kehittymismahdollisuuksia. Päätelmänä todettiin, että ehdotettujen muutosten toteuttaminen voi parantaa järjestelmien toimintavarmuutta, erityisesti kun ne liitetään kokonaisuudessaan tehtaan automaatiojärjestelmään. Tämä integrointi mahdollistaisi paremman hallinnan ja valvonnan, mikä tukisi tuotantovarmuutta entisestään.</p>		
Asiasanat		
keskusvoitelujärjestelmä, keskusrasvavoitelujärjestelmä, rasvat, voitelu, paperiteollisuus		

## Abstract

Author(s)	Type of Publication	Published
Ilari Niku	Thesis, UAS	2024
	Number of Pages	
	28	
Title of Publication		
<b>Survey of the current state and future development opportunities of the centralized grease lubrication systems at the paper mill</b>		
Degree, Field of Study		
Engineer (UAS), Mechanical Engineering		
Organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party)		
UPM Communication Papers Kaukas Paper Mill		
Abstract		
<p>The study reviewed the central grease lubrication systems at the UPM Kaukas paper mill and investigated possibilities for their improvement. The objective of the study was to assess the current status of the systems and to propose improvements and upgrades that would support their reliability and cost-effectiveness. The integration of the systems into the factory automation system was also considered.</p> <p>The work made use of old documents from the factory and physical inspections of the systems were carried out on site. The methods used were document analysis and an assessment of the current state of the equipment and systems.</p> <p>The main results were possible suggestions for improvement, including upgrade needs and development opportunities. It was concluded that the implementation of the proposed changes can improve the reliability of the systems and contribute to the production reliability of the plant.</p>		
Keywords		
central lubrication system, central grease lubrication system, greases, lubrication, paper industry		

## Sisällys

1	Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet.....	1
2	Voitelun perusteet.....	3
2.1	Voitelun toiminta ja tehtävät.....	3
2.2	Öljyt ja rasvat.....	4
2.3	Rasvavoitelu.....	5
3	Keskusrasvavoitelujärjestelmät.....	7
3.1	Keskusrasvavoitelujärjestelmien peruseriaatteen.....	7
3.2	Järjestelmän osat.....	9
3.3	Keskusrasvavoitelujärjestelmien edut ja haasteet.....	12
4	Tehtaan alueet ja keskusrasvavoitelujärjestelmät.....	13
4.1	Yleisesti.....	13
4.2	Alueittain.....	15
5	Keskusrasvavoitelujärjestelmien kehitys.....	19
5.1	Nykytila.....	19
5.2	Kehittäminen.....	20
5.3	Liittäminen automaatiojärjestelmään.....	24
6	Yhteenveto ja pohdinta.....	26
	Lähteet.....	27

Liite 1. Osa Excel-tilukosta, jossa listattuna tehtaan keskusrasvavoitelujärjestelmät.

Liite 2. Kustannusarvio päällystyskoneiden liittämistä automaatiojärjestelmään.

## 1 Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyö toteutetaan UPM Kaukaan paperitehtaalle Lappeenrantaan ja se keskittyy tehtaan keskusrasvavoitelujärjestelmiin. Työn tarkoituksena on käydä läpi olemassa olevat järjestelmät sekä pohtia, kuinka nykyisiä järjestelmiä voidaan tulevaisuudessa parantaa vastamaan parempaa kustannustehokkuutta ja toimintavarmuutta. Tehokas ja toimiva voitelu mahdollistaa tehtaalle hyvän toimintavarmuuden.

Nykyään tehtaalla on monen eri-ikäisiä järjestelmiä, joita on pitkin tehdasta aina hiomopuun kuorimolta valmiin paperin varastoon. Työtä lähdetään suorittamaan selvittämällä tehtaan keskusrasvavoitelujärjestelmien tilat ja sen jälkeen perehtymällä, kuinka kyseistä kohdetta voidaan parantaa. Tällä hetkellä järjestelmien tilat selviävät vuosittaisista huoltoraporteista ja alkuperäiset tilat vanhoista dokumenteista. Huolto raporttien ongelmana on se, että raporteista ei jää oikeastaan mitään hyödyllistä dataa tehtaalle, tietysti rikkoutuneiden annostimien määrät ja niiden vaihto edesauttaa tehtaan toimintaa sekä toimintavarmuuden että estämällä mahdolliset lisäkustannukset, jotka johtuisivat kohteiden rasvatta jäämisestä.

Opinnäytetyön toimeksiantona on luoda suunnitelma, jonka mukaan tulevaisuudessa järjestelmiä kehitettäisiin ja uusittaisiin tarvittaessa. Työssä käydään läpi nykyisten olemassa olevien järjestelmien tila, niiden kunto ja mahdolliset kehitykset sen ollessa laitteen pitämisen ennallaan, uusiminen, järjestelmien yhdistäminen tai liittämien tehtaan automaatiojärjestelmään. Pyritään luomaan käsitys millaiset kustannukset mahdollisista uudistuksista ja päivityksistä syntyisi yksittäisestä automaatiojärjestelmään lisäämisestä. Opinnäytetyön tavoitteena on luoda käsitys, millaiset toimenpiteet tulisi teettää, jotta tehtaan keskusrasvavoitelujärjestelmät saadaan päivitettyä nykypäiväisiin laitteisiin optimoimalla kustannustehokkuus ja laitteista tulevat hyödyt tehtaan laitteisiin.

### Toimeksiantajan esittely

Toimeksi antajana toimii UPM Communication Papers, joka on yksi kuudesta UPM Kymmene Oyj liiketoiminta-alueista. Communication Papers on graafisten paperien valmistaja, jonka tuotteet ovat mainontaan ja julkaisuun tarkoitettuja. Communication Papers työllistää noin 6000 ihmistä kymmenellä tehtaalla; Saksassa, Suomessa, Yhdistyneissä kuningaskunnissa sekä Yhdysvalloissa. (UPM Paper 2024.)

UPM Kaukaan tehdasintegraatti (Kuva 1) Lappeenrannassa työllistää noin 1000 henkilöä sekä lähes 400 alihankkijoiden työntekijää. Tehdasalueella tuotetaan paperin lisäksi sellua, biopolttoaineita, sahatavaraa sekä energiaa. Kaikki integraattiin saapuva puuraaka-aine hyödynnetään eri tuotteiden valmistuksessa täysin, eikä mitään mene hukkaan. (UPM Kaukas 2023.)

Paperitehtaalla työskentelee noin 230 henkilöä. Tehdas on perustettu 1975 ja siellä valmistetaan LWC (light weight coated) eli kertapäälystettyä paperia ja MWC (medium weight coated) eli tuplapäälystettyä paperia maksimi kapasiteetin ollessa 300 000 tonnia vuodessa. Tehtaan paperin käyttökohteita ovat mm. aikakauslehdet, esitteet, kirjat, käyttöoppaat, luettelot ja mainokset. Pohjapaperin valmistus tapahtuu yhdellä paperikoneella. Paperin päälystys tapahtuu kahdella päälystyskoneella, joista toisella voidaan valmistaa LWC ja toisella MWC papereita. Paperien kiillotus tapahtuu neljän superkalanterin voimin. Ennen pakkausta ja varastoon siirtoa paperit leikataan asiakasrulliksi kolmella pituusleikkurilla. (UPM Kaukas Paperi 2024.)

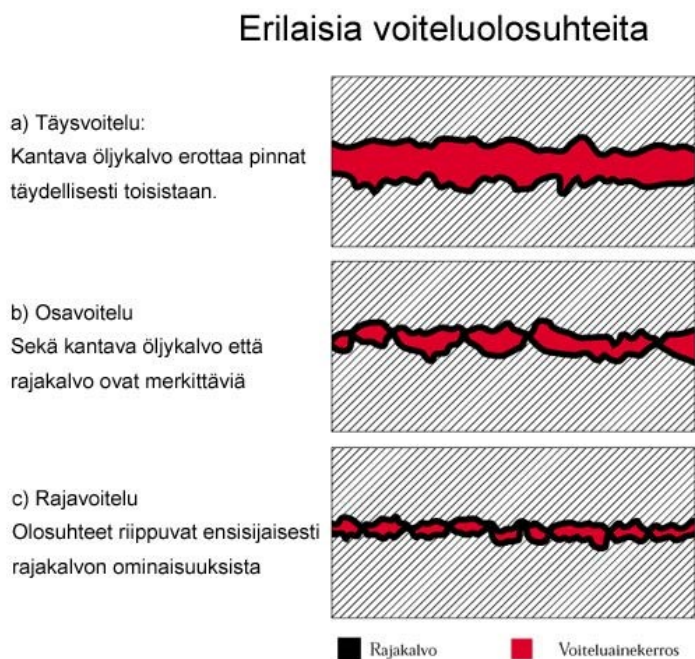


Kuva 1. UPM Kaukaan tehdasintegraatti Lappeenrannassa (UPM 2017)

## 2 Voitelun perusteet

### 2.1 Voitelun toiminta ja tehtävät

Voitelun toteutuessa voitelukalvo estää kahden pinnan välisen metallisen kosketuksen, jolloin hioutuminen ja ennenaikainen väsyminen vältetään. Ohuet matalan leikkauslujuuden omaavat kaasut, nesteet ja kiinteät aineet sijoitettuna pintojen väliin luo voitelukalvon, jolloin syntyy tilanne, jossa pintojen materiaalikerrokset eivät ole kosketuksessa toisiinsa. Pinnat erottaan toisistaan kalvo, jonka paksuus voi vaihdella normaalisti 1–100 µm. Erilaiset voitelumateriaalit toimivat erilaisilla ratkaisuissa riippuen voimista, pyörimisnopeuksista ja jännityksistä, ja niiden tyypeille ei ole rajoituksia mutta on huomattu, että tietyntylaiset öljyistä ja niistä tehdyt yhdistelmät toimivat parhaiten ja kustannustehokkaammin voitelu tarkoituksiin. (Stachowiak & Batchelor 2014, 3–4; Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 18.) Kalvon paksuus vaihtelee voitelutilan mukaan kuvan 2 mukaan.



Kuva 2. Erilaisia voitelutiloja missä voitelukalvo erottaa pinnat toisistaan (Knowpap a)

Voitelukalvo on tehokkain tapa vähentää kitkaa toistensa suhteen liikkuvien pintojen suhteen. Teollisuusvoiteluaineena käytetään yleensä rasvoja ja öljyjä. Kun kitkaa vähennetään pintojen välissä, myös kitkan aiheuttama häviöteho pienenee. Kalvo suojaa korroosiolta ja samalla estää epäpuhtauksien pääsemisen voitelukohteeseen mutta samalla kuljettaa

päässeet epäpuhtaudet pois yhdessä kulumisesta syntyviä hiukkasten kanssa. (Kunnossapito – menestystekijä b.)

## 2.2 Öljyt ja rasvat

Valtaosa voiteluaineista on nestemäisessä muodossa ja ovat yleisesti öljypohjaisia. Voiteluöljyn valmistamiseen käytetään kasvis- ja mineraaliöljyjä sekä synteettisiä perusöljyjä. Mineraaliöljyjen valmistus tapahtuu raakaöljystä tyhjiötislaamalla ja puhdistamalla. Niiden koostumukset vaihtelevat jopa lähdekohtaisesti, joten öljyt tulee tutkia ennen kuin niistä aletaan valmistaa voiteluöljyjä. Voiteluöljynä käytettäessä sopivia raakaöljyjen ominaisuuksia ovat stabiilisuus sekä pieni aromaatti- ja rikkipitoisuus. Mineraaliöljyjen kanssa öljyvetykoostumus vaikuttaa ominaisuuksiin, joita ovat mm. viskositeettilämpötilariippuvuuteen, jähme- ja leimahduspisteeseen ja tiheys. Tärkeimpiä hiilivetyjä ovat parafiiniset, nafteeniset ja aromaattiset. Suurin osa voiteluöljyistä on valmistettu parafiinisista perusöljyistä. (Kunnossapito – menestystekijä. d.; Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 6.)

Jokaisella perusöljyllä on tietynlaiset ominaisuudet, jotka vaikuttavat siihen mitä öljyä käytetään, kun valmistetaan teollisuusvoiteluaineita. Perusöljyn lisäksi voiteluaineisiin lisätään erilaisia lisäaineita saavuttamaan tietyt käyttöominaisuudet. Lisäaineiden lisäyksellä tavoitellaan käyttötarpeiden vaatimia ominaisuuksia. Näistä yleisimpiä ovat viskositeetti, kylmäominaisuudet, hapettumisen esto, hallittu karstanmuodostus ja lisäaineliukoisuus. Monet lisäaineet myös parantavat voiteluaineen elinikää ja ovat vaikutuksiltaan monitoimisia. (Kunnossapito – menestystekijä a; Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 6.)

Voitelurasvoja käytetään lähes yhtä paljon teollisuudessa kuin voiteluöljyjä. Voitelurasvat ovat paksunnettuja öljyjä ja koostuvat perusöljystä ja huonosti liukenevasta hienojakoisesta paksuntimesta. Peruskomponenttien lisäksi voitelurasvat sisältävät lisäaineita, jotka vaikuttavat kestoikään ja suorituskykyyn sekä väriin, jotka kaikki yhdessä muodostavat voitelurasvan ominaisuudet ja koostumuksen. Noin 90 % voitelurasvasta on öljyä, joka luo rasvalleen voiteluominaisuudet. Verrattaessa voitelurasvoja voiteluöljyihin eivät ne tuo etuja tribologisesta näkökulmasta. (Kunnossapito – menestystekijä c; Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 6.) Rasvan perusöljyn viskositeettiluokka määräytyy voitelukohteen vaatimuksen mukaan ja siinä otetaan huomioon myös tarvittavat lisäaineet ja tarvittavat voitelumäärät ja suositeltu voitelutapa. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 13.)

Voitelurasvoissa tunkeumaa käytetään kuvamaan rasvan kovuutta. NGLI-luokka määritellään +25 °C lämpötilassa yleensä kartiotunkeumakoneella, DIN 51804. Tunkeuma muuttuu sekä lämpötilan suhteen että vatkauksen aikana, jonka takia tunkeuma määritellään sekä vatkatusta että vatkaamattomasta rasvasta. NGLI-luokitus ei määrittele voitelurasvan suorituskykyä. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 9.)

### 2.3 Rasvavoitelu

Rasvojen voitelumekanismit ovat huomommin tunnettuja verrattuna öljyihin, osittain rasvan jäykkyyden tuomien virtausteknisten rajoitusten takia. Rasvoja silti käytetään monessa kohteessa sen tarjotessa paremmat voiteluomaisuudet tietyissä asioissa. Rasvoilla on öljyyn verrattuna paremmat tiivistysominaisuudet rakenteensa ansiosta ja siksi rasvoja käytetään usein vesitiivistyksessä laakereissa. Rasvoja ei voi öljyjen tapaan käyttää voitelukohteen lämmön poistoon, joka monesti vaikuttaa siihen mikä voitelu voidaan valita lämmöltään haastavissa kohteissa. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 9.)

Rasvavoitelun hallinnan ja toteutuksen tekee haasteelliseksi se, ettei rakenteensa takia rasva ei virtaa kohteille vapaasti eikä sen sillä oleville kriittisille pinnoille öljyn tavalla. Myös rasvojen käyttöikä on huomattavasti huonompi kuin öljyjen. Rasva on vaihdettava jälkivoitelmalla tai vaihtamalla rasva uuteen. Jälkivoitellessa vanha rasva vaihtuu uudempaan vain osittain eikä varsinaista huuhteluefektiiä tule, jolloin kulumapartikkelit eivät poistu kohteesta. Kulumapartikkelien poiston estyminen altistaa kohteen kumulatiiviselle kulumiselle sekä rasvan hapettumiselle ja lyhyemmällä käyttöiällä. Jälkivoitelu vaatii rasvan puristamisen ja ohjauksen kohteeseen sekä vanhan rasvan esteettömän poistumisen. Jos vanhan rasvan poistuminen estyy, rasva alkaa pakkatumaan ja vatkautumaan, mikä nostaa käyttökohteen lämpötilaa ja käyntivastusta. Rasvan puhtaudesta on huolehdittava, sillä likaantunut rasva menettää voiteluominaisuuksiaan. Rasvan tapauksessa on erittäin tärkeää laatia selkeät voiteluohjeet. Ohjeissa tulee määritellä, kuinka rasvoja käsitellään, milloin niitä vaihdetaan tai lisätään, sekä rasvattavien kohteiden seuranta, esimerkiksi laakerin lämpötilojen ja värinöiden mittaamisen avulla. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 13.)

Rasvanvaihtoa käytetään hitaasti pyörivissä mekaanisissa kytkimissä ja vaihteissa. Se toteutetaan poistamalla kaikki rasva voitelukohteesta, joko avaamalla kohde tai huuhtelemalla kohde rasvalla, jolloin vanhentunut rasvan poistuu kokonaisuudessaan. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 36.) Jälkivoitelu voidaan toteuttaa käsin manuaalisesti tai automatisoida käyttämällä keskusrasvavoitelujärjestelmiä tai laitekohtaisia automaatteja. Käsin voidellessa rasvaamiseen liittyy aina tiettyjä

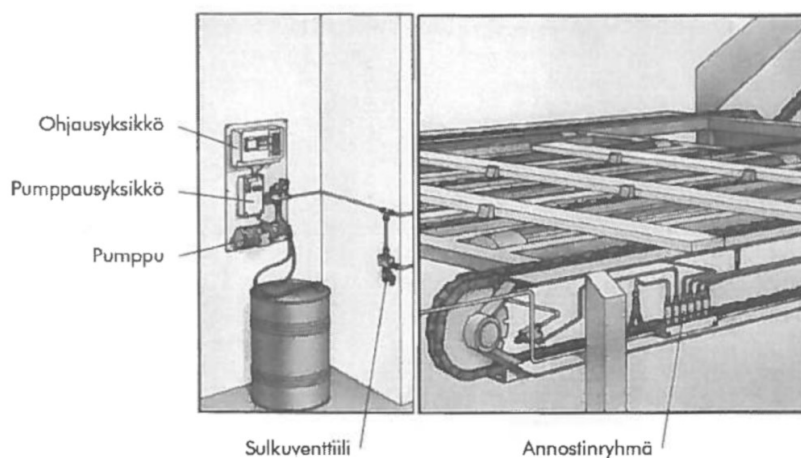
epävarmuuksia. Näistä suurimmat ovat toteutuva rasvausväli ja silloin syötettävä rasvan määrä, jotka molemmat riippuvat siitä, kuinka usein kohde rasvataan ja kuinka paljon rasvaaja syöttää rasvaa kohteeseen. Kun manuaalinen voitelu toteutuu, on se lähes yhtä tehokasta kuin automatisoitu mutta se vaatii henkilöresursseja toteutuakseen ja sen, että kohteita muistetaan ja pystytään rasvamaan niille asetetuilla aikaväleillä, jolloin rasvan vanhentuminen ei kerkeä tapahtumaan. Automaattivoitelu takaa jatkuvan tiheän voiteluvälin ja pienet rasvan annokset, jolloin rasvan vaihtuvuus tapahtuu koko ajan. Nopeasti pyörivien laakerien voiteluun ei se kuitenkaan sovellu. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 20.)

### 3 Keskusrasvavoitelujärjestelmät

#### 3.1 Keskusrasvavoitelujärjestelmien peruseräatteen

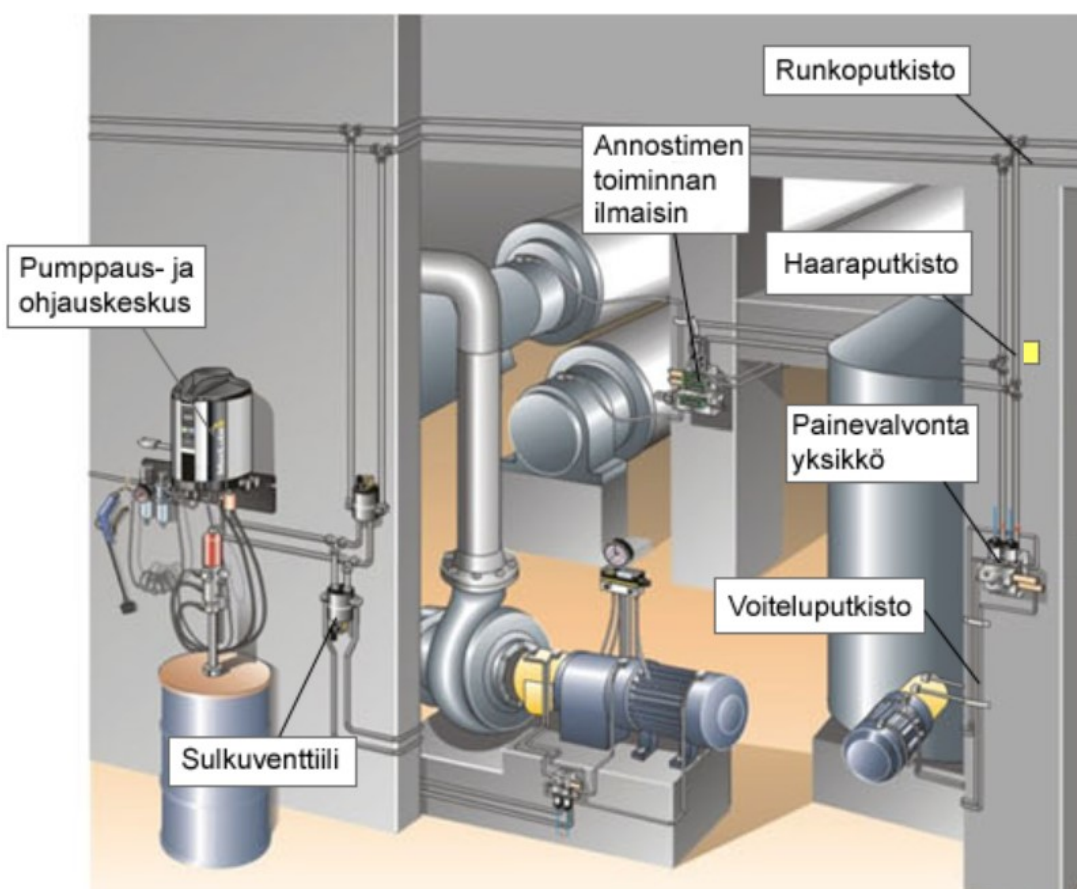
Keskusrasvavoitelujärjestelmän tarkoituksena on parantaa prosessin käytettävyyttä täsmällä voitelua, jolloin vähennetään puutteellisesta voitelusta johtuvia laitevaurioita sekä niistä aiheutuvia tuotantoprosessin katkoja. Järjestelmien käyttäminen pidentää koneiden ja laitteiden käyttöikä, pienentää energiankulutusta sekä vähentää voiteluaineiden käyttöä ja ympäristön kuormitusta. Järjestelmät toimivat laitteiden voitelusta koneiden käytössä myös semmoissa kohteissa, joissa voitelu käynninä aikana voisi olla mahdotonta tai liian vaarallista työturvallisuussyistä. Keskusrasvavoitelujärjestelmät voidaan luokitella eri tyylisiksi sen mukaan, kuinka monta kanavaa järjestelmässä on. Tyypillisesti rasvavoitelussa käytetään yksi-, kaksi- ja monilinjaisia järjestelmiä ja jokainen niistä soveltuu erilaisiin olosuhteisiin ja käyttötarkoituksiin. (Kunnossapito – menestystekijä e; Bruce 2012, 276.)

Yksilinjainen järjestelmä (Kuva 3) soveltuu pieniin ja keskikokoisiin koneisiin, joissa voitelu tapahtuu satunnaisesti. Järjestelmän toiminta perustuu pumppuun, joka pumppaa voiteluainetta yksittäisen linjan kautta yksittäisiin komponentteihin laitteistojen käytön aikana tai sen jälkeen. Pumpun aiheuttama paine saa annostimen vapauttamaan säädetyt määrän rasvaa kohteeseen ja pysähtyessään paineen vapautuessa annostimien varastokammiot täyttyvät uudelleen. Annostimet ovat kiinni pohjalaatoissa. Järjestelmä sopii lyhyisiin etäisyyksiin, kun järjestelmän paineenhallinta ja linjasto eivät ole liian monimutkaisia. Yhden annostimen toiminnan pysäyttäminen estää koko järjestelmän toiminnan. (Bruce 2012, 276; Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 45.)



Kuva 3. Yksilinjainen järjestelmä (Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 45)

Kaksilinjainen järjestelmä (Kuva 4) soveltuu suurin järjestelmiin missä on useita voitelupisteitä ja pitkiä etäisyyksiä kuten tehtaissa. Järjestelmän toiminta perustuu pumppuun, joka syöttää voiteluainetta kahteen päälinjaan vuorotellen nelitieventtiilin vaihtaessa linjaa jokaisen paineistuksen jälkeen. Paineistukset tapahtuvat yleensä tietyn asetetun ajan jälkeen, ja aikaa lasketaan vain silloin, kun kone on käynnissä. Jokaiseen pohjalaattaan tulee erilliset putket päälinjoista, ja annostimet toimivat ainoastaan silloin, kun linjat paineistuvat vuorotellen. Paineistuessaan annostin vapauttaa säädetyn määrän rasvaa ja lataa uuden määrän itseensä. Toisen linjan paineistuessa rasva vapautuu ja täyttää uuden annoksen. Kaksilinjaisen parhaimpia puolia on se, että järjestelmiä voidaan kasvattaa yksinkertaisesti jatkamalla putkia, kunhan pumpun paine riittää siirtämään rasvaa kaikkialla. Järjestelmät voivat olla laajoja useita satoja metrejä pitkiä putkistoja. Järjestelmä on kalliimpi kuin yksilinjainen toisen linjan rakentamisen vuoksi, mutta se on huomattavasti järkevämpi teollisuuskäyttöön. Jokainen annostin toimii itsenäisesti, jolloin rikkiäiset annostimet eivät estä muiden toimintaa, kuten yksilinjaisessa järjestelmässä. Lisäksi linjaston tukokset eivät vaikuta koko järjestelmän toimintaan. (Bruce 2012, 276–277; Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 44.)



Kuva 4. Kaksilinjainen keskusrasvavoitelujärjestelmä (Knowpap b)

Monilinjaset järjestelmät soveltuvat työkoneiseen, hyötyajoneuvoihin ja pieniin koneisiin kun voitelupisteet ovat lähellä toisiaan. Toiminta perustuu pumppuun, joka syöttää voiteluainetta usean ulostulolinjojen kautta suoraan voitelukohteeseen tai annostimeen. Voitelupisteiden enimmäismäärä määräytyy pumpun kapasiteetin mukaan ja sitä rajoittavat linjojen halkaisija, paine ja lämpötila. Linjojen pituudet jäävät monilinjaisessa järjestelmässä useasti alle 40 metriin kokonaispituudeltaan, jolloin linjan vastus ylittää pumpun tuottaman paineen. (Bruce 2012, 277.)

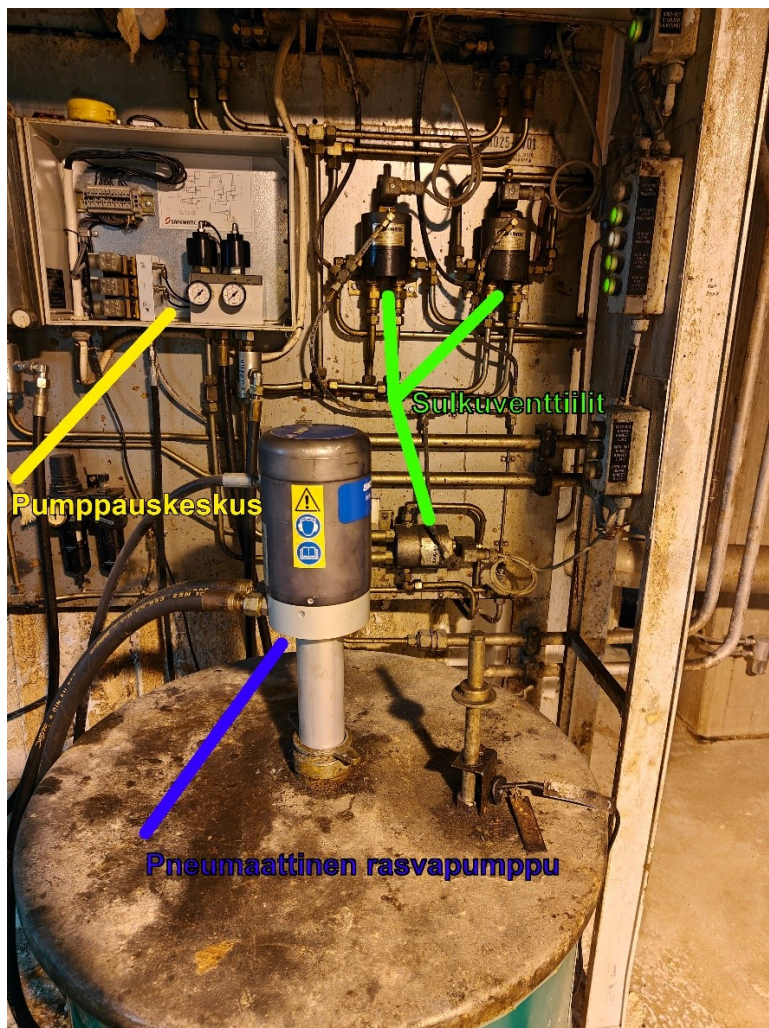
### 3.2 Järjestelmän osat

#### Ohjauskeskus

Järjestelmän toimintaa valvotaan ja ohjataan keskusrasvavoitelujärjestelmän ohjauskeskukselle. Ohjauskeskuksen (Kuva 5) tehtävänä on ohjata järjestelmän käynnistymisväliajan mukaan ja valvoa, että järjestelmän paineistusaika ylity ja tavoiteltu paine saavutetaan mittapisteissä. Nämä mittauspisteet on sijoitettu mittamaan painetta linjan erikohtiin, yleensä mahdollisimman kauas pumpusta. Kuvassa 4 ohjauskeskus ja pumppauskeskus on yhdistetty. Ohjaus- ja pumppauskeskus voivat olla myös erillään, jolloin ohjauskeskuksella voi olla useita pumppauskeskuksia (Kuva 6) mitä ohjauskeskus ohjaa riippuen ohjauskeskuksen ominaisuuksista. (Kunnossapito – menestystekijä e; Bruce 2012, 275.)



Kuva 5. Ohjauskeskus ST-1440 jälkikäsitteilyn alueella



Kuva 6. Pumppauskeskus, pumppu ja sulkuventtiilit hiomossa

## Pumppu

Pumpun tehtävänä on luoda paine ja pumpata voiteluainetta putkistoihin. Pumput voivat olla sähköisiä, hydraulisia tai pneumaattisia, joista pneumaattinen on yleisin teollisuudessa (Kuva 6), kun puhutaan keskusrasvavoitelujärjestelmästä. Pumpun teho ja koko valitaan aina järjestelmän mukaan, jotta paine riittää toimittamaan rasvaa koko järjestelmän alalle. Rasvan pumppu saa tynnyristä, jonka koko vaihtelee järjestelmän mukaan. (Bruce 2012, 275.)

## Putkistot ja letkut

Putkistot (Kuva 4) kuljettavat voiteluaineita pumpulta voitelukohteisiin ja ne koostuvat runko-, haara- ja voiteluputkistoista (Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 43). Putkistojen tulee kestää järjestelmän paine sekä ympäristön ja voiteluaineen kemikaaliset ominaisuudet (Bruce 2012, 276–277).

## Venttiilit

Venttiilit säätelevät järjestelmän voiteluaineen virtausta ja painetta. Kaksilinjaisessa järjestelmässä nelitieventtiili ohjaa voiteluaineen vuorotellen päälinjoihin, jolloin järjestelmän linjat paineistuvat vuoroittain. Sulkuventtiilejä (Kuva 6) käytetään, kun samassa pumppauskeskuksessa on monia kanavia, joiden paineistusajat ovat erilaisia. Paineistuksen eli pumpauksen aikana kanavan sulkuventtiili avautuu ohjauskeskuksen käskyn ohjaamana, kun on rasvauksen aika kyseisellä kanavalla. Paineenvalvontayksikkö valvoo, että tavoitepaine saavutetaan mittapisteessä paineistuksen aikana, jos painetta ei saavuteta siitä seuraa hälytys ohjauskeskukselta. (Bruce 2012, 276–277; Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 44.)

## Pohjalaatat ja annostimet

Pohjalaatat tarjoavat tukevan alustan siihen kiinnitettävälle annostimille muodostamalla annostinryhmän (Kuva 7) ja varmistavat että annostimet saadaan tiukasti kiinni. Annostimien tehtävänä on annostella voiteluainetta säädettyjen arvojen mukaan voitelukohteille. Pohjalaattoja ja annostimia on eri kokoisia sen mukaan, kuinka monta annostinta laattaan kiinnitetään ja annostimia syötettävän rasvamäärän mukaan grammoina. Osassa annostimia on myös toiminnan ilmaisin. (Bruce 2012, 276–277; Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 43.)



Kuva 7. Annostinryhmässä pohjalaatta ja yksi annostin keskipakopumpun rasvaamiseen

### 3.3 Keskusrasvavoitelujärjestelmien edut ja haasteet

Keskusrasvavoitelujärjestelmillä saavutetaan monia etuja verrattuna käsin tehtävään manuaaliseen voiteluun. Kun järjestelmiä käytetään, saavutetaan niillä tasainen voitelu kohteeseen, kun rasvaa syötetään tietynvälin tarkasti annostellen. Tiheät voiteluvälit takaavat, että kriittiset voitelupinnat saavat tuoretta rasvaa sekä samalla rasvan vaihtuvuus kohteessa paranee samalla estäen yli- ja alivoitelutilanteet. Järjestelmiä voidaan soveltaa laajasti ja samantyyppisten voitelukohteiden rasvaus onnistuu, kun rasvakin on sama. Järjestelmien käyttäminen keventää voiteluhenkilöstön työmäärää samalla luoden jatkuvan voitelun kohteeseen. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 20.)

Haasteina ovat mahdolliset tekniset rajoitukset. Keskusrasvavoitelujärjestelmän liian suuri koko voi altistaa sen putkiston tilanteelle, jossa perusöljy irrottautuu paksuntimesta liian kovan putkistopaineen seurauksena. Näissä tapauksissa tulee luoda useampi järjestelmä. Tiettyihin kohteisiin keskusrasvavoitelujärjestelmä ei sovellu, kun joudutaan käyttää liian korkean viskositeetin rasvaa, jonka liikuttaminen ei onnistu putkistoissa. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 20.)

Käsin tehtävään manuaaliseen voiteluun ja keskusrasvavoitelujärjestelmän välillä on merkittäviä eroja tarkkuuden, luottavuuden sekä kustannustehokkuuden ohella. Käsin tehtävässä voitelussa rasvausväli ja -määrä voivat vaihdella inhimillisten virheiden vuoksi, jolloin riski yli- ja alivoitelutilanteille kasvaa. Voiteluhenkilöstön resurssien ja voitelukohteiden suuren määrän vuoksi voi syntyä kompromissitilanteita, joissa kriittiset käyttökohteet eivät saa tarvittavaa rasvamäärää oikeaan aikaan. Kustannuksiltaan voitelujärjestelmä on usein taloudellisempi ratkaisu erityisesti laajoissa järjestelmissä ja kriittisissä voitelukohteissa, joissa voiteluhenkilöstön resurssit ovat rajalliset ja laiterikot voivat vaikuttaa tai jopa keskeyttää tuotannon. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010, 20.)

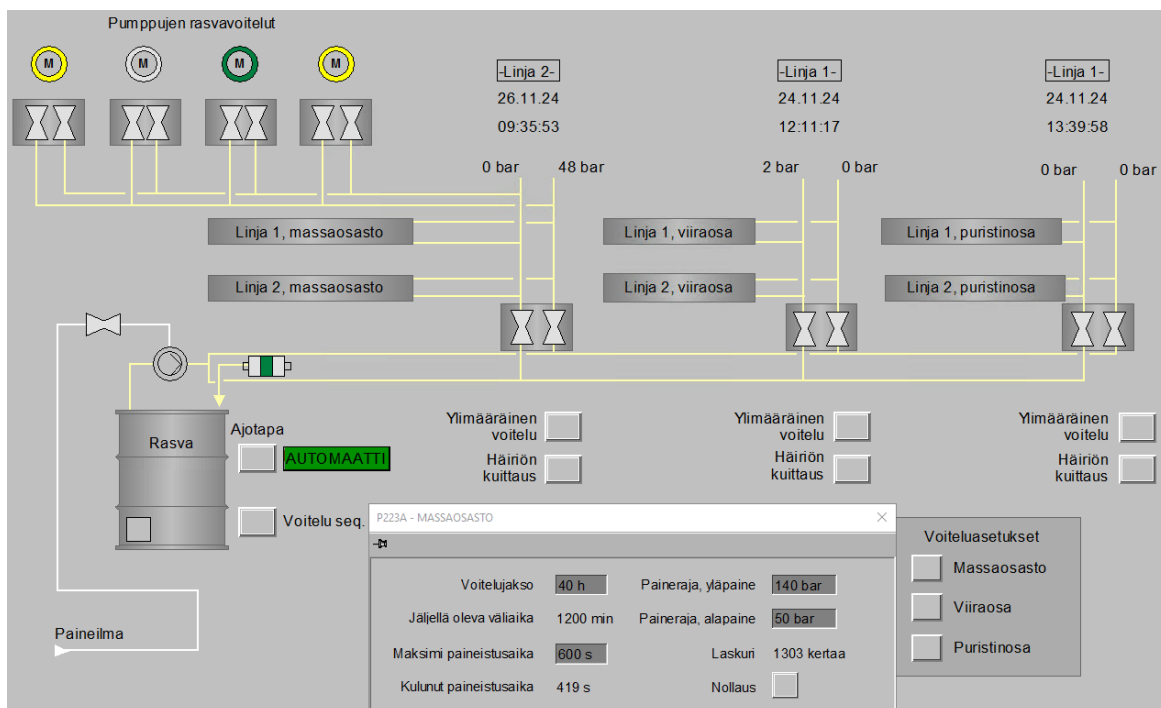
## 4 Tehtaan alueet ja keskusrasvavoitelujärjestelmät

### 4.1 Yleisesti

Paperitehtaalla käytetään useassa kohteessa keskusrasvavoitelua sen tuovan jatkuvan voitelun ja helppokäyttöisyyden takia. Käsin tehtäviä voitelukohteita silti löytyy ympäri tehdasta, joiden liittämistä keskusrasvavoiteluun ei ole koettu tarpeelliseksi esimerkiksi rasvavälin harvuuden takia. Tehtaalla olevat keskusrasvavoitelujärjestelmät ovat joko ohjattavissa automaatiojärjestelmän Honeywell Experion PKS kautta tai ovat itsenäisiä ohjauskeskuksia.

Experionin suurimpia hyötyjä ovat mahdollisuus tallentaa trendejä paineistusajoista, paineistusaineista ja sijoittaa nämä aikajanalla, jolloin voidaan hyvin huomata, jos jokin kanava ei esimerkiksi saavuta painetta ja seurata milloin ongelma on alkanut. Automaatiojärjestelmän liittämisen luovat kustannukset ovat suurimpia syitä siihen, miksi kaikki tehtaan keskusrasvavoitelujärjestelmät eivät ole vielä järjestelmässä. Liittäminen järjestelmään vaatii nykyisen ohjauskeskuksen muutoksen, kaapelointia järjestelmän liittämistä varten ja ohjelmiston konfigurointia. Kaapeloinnin sekä konfiguraation määrään vaikuttaa paljon se, onko keskusrasvavoitelujärjestelmässä monta painelähetintä ja venttiiliä sekä kuinka kaukana ne keskuksista on.

Automaatiojärjestelmään liitetty voitelujärjestelmät antavat paljon hyödyllistä tietoa voitelutilasta. Kuvassa 8 nähdään paperikoneen ohjausyksikön voitelukohteet automaatiojärjestelmässä. Kanavat ovat viiraosa, puristinosa sekä lajittimet ja tärkeät pumpput, jotka on merkitty järjestelmään massaosastoksi. Kuvasta 8 voidaan huomata kanavat ja niiden linjat, sekä niiden viimeisin paineistusaika. Jokaiselle kanavalle voi automaatiojärjestelmän avulla suorittaa kerta luontoisen ylimääräisen voitelun sekä kuitata mahdolliset häiriöt. Kuvan 8 alalaidassa näkyvät myös voiteluasetukset valikko jokaiselle kanavalla. Kuvassa 8 on auki massaosaston asetukset, mistä selviävät monet tärkeät tiedot kuten voitelujakso, väliaika, paineen ylä- ja alapaine sekä asetettu tavoite paineistusaika ja paljonko edellisessä paineistuksessa on aikaa kulunut.

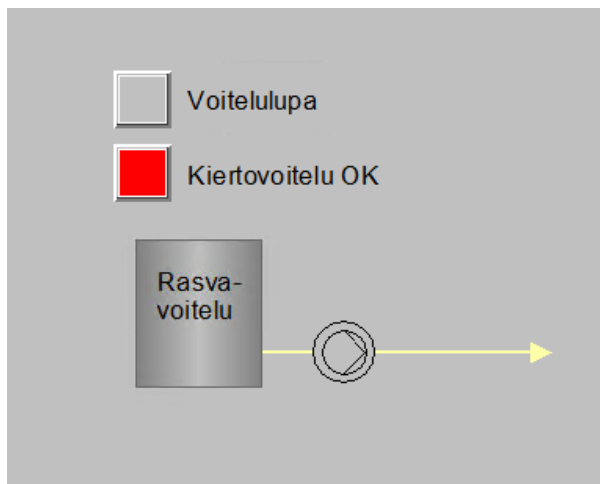


Kuva 8. Paperikoneen voitelunäkymä Experion automaatiojärjestelmässä

Itsenäiset ohjauskeskukset pitävät oman logiikkaansa avulla huolen, että paineistus aika saavutteen oikea-aikaisesti ja että tavoiteltu paineistus paine saavutteen. Laitteet luovat paikallisen hälytyksen viasta, jos kumpaakaan ei saavuteta. Täysin itsenäiset voitelujärjestelmät, jotka eivät ole yhteydessä automaatiojärjestelmään, eivät kuitenkaan välitä hälytyksiä mihinkään, vaan vaativat fyysisen häiriötarkistuksen.

Joistakin järjestelmistä siirtyy automaatiojärjestelmään ainoastaan käynti- ja häiriötiedot. Tällaiset järjestelmät näyttävät hälytyksen ja rasvauksen tilan Experionissa, mutta eivät näytä muita tietoja keskuksesta. Käyntitiedon keskukset saavat suoraan yleensä koneilta signaalin muodossa, jolloin paineistusväli lasketaan vain koneiden käydessä.

Kuvassa 9 nähdään, millainen näkymä on päällystyskoneen 1 voiteluvälilehdellä automaatiojärjestelmässä. Siinä voidaan ainoastaan antaa voitelulupa ja tarkastella voitelun tila. Esimerkiksi punainen väri osoittaa, että voitelu ei ole kunnossa, mikä johtuu tällä kertaa laitteen seisokista. Pelkästään se, että tällaiset tiedot näkyvät automaatiojärjestelmässä, helpottaa voitelujärjestelmien häiriöiden havaitsemista ja varmistaa niiden toiminnan. Häiriötilanteissa laitteet antavat hälytyksen, joka kuitataan laitekohtaisesti.



Kuva 9. Päälystyskone 1:sen voitelunäkymä Experion automaatiojärjestelmässä

Paperitehtaalla on yhteensä kuusitoista ohjausyksikköä, mukaan lukien hiomopuukuorimo. Kaikki ohjausyksiköt ovat Safematicin ja SKF:n valmistamia. Osa on vielä alkuperäisiä Safematicin yksiköitä, ja osa on muunneltu tehtaan omiksi järjestelmiksi. Uudemmat yksiköt ovat SKF:n keskuksia. Safematic on nykyään osa SKF:ää, joka on yksi maailman suurimmista voiteluun ja laakereihin erikoistuneista yrityksistä.

## 4.2 Alueittain

Liitteessä 1 on taulukko, jossa on alueittain kaikki tehtaan keskusrasvavoitelujärjestelmät ja niiden tietoja. Liitteessä 1 on vain osa taulukkoa siinä näkyessä vain hiomopuunkuorimon ja hiomon laitteet. Liitteen 1 tiedot on kerätty vanhoista järjestelmien dokumenteista, huoltoraporteista ja tutkimalla laitteita fyysisesti. Kaikkia tietoja ei kuitenkaan ole löytynyt jokaiseen taulukon kohtaan, joka näkyvät taulukossa viivana. Liitteessä 1 on merkitty ohjaus- ja pumppauskeskukset ja niiden sarjanumerot ja valmistuspäivät. Kyseiset tiedot löytyvät myös pumppuista. Taulukosta käy ilmi myös näkykö ohjausyksiköt automaatiojärjestelmässä ja mitä siellä näkyy. Liitteen 1 ”Kohteet” kohta tarkoittavat rasvauskohteita, joita järjestelmällä on. Ohjausyksikön kanssa samalla rivillä oleva kohdemäärä tarkoittaa kaikkien yksikön kanavien yhteenlaskettua kohdemäärää.

### **Hiomopuukuorimo**

Hiomopuukuorimo on erillään muusta paperitehtaasta sellutehtaan operoidessa sitä, mutta tuotannon työntekijät kuuluvat paperitehtaan työntekijöitä. Kuorimo on alueena oleellisesti erilainen verrattuna paperitehtaaseen. Kuorimolle saapuu kuusipuuta maanteitse, rautateillä tai vedessä, jolloin puut ovat märkiä ja likaisia kuorimoon saapuessa, ja sen ympäristö

on alttiina niiden tuomille liioille. Puut kuoritaan kuorimolla, jolloin paperitehtaalle liikkuvat puut ovat kuorettomia. Kuorimolla on kaksi kuorintarumpua missä itse kuorinta tapahtuu ja sen jälkeen puut kuljetetaan hihnakuljettimilla noin 500 m matkan hiomolle. Kuorimolla on paljon ketjukuljettimia ja laakereita, jotka tarvitsevat voitelua vaativassa ympäristössä. Ympäristössä on likaa, kuorta ja vettä, jotka kuormittavat voideltavia kohteita.

Kuvassa 10 näkyy hiomopuukuorimon kolme keskusrasvavoitelujärjestelmää. Järjestelmät eivät näy paperitehtaan automaatiojärjestelmissä kuten muukaan kuorimo. Jokaisessa ohjausyksikössä on vain yksi kanava. Järjestelmistä voidaan huomata, että kaikki järjestelmät käyttävät samaa Castrollin rasvaa. Castrol 3785/220-1.5 on litiumkompleksirasva, jolla on hyvä lämpötilan ja vedenkestävyys. Kuvan 10 tapaiset tiedot löytyvät liitteestä 1 muiden alueiden tapauksissa eikä niitä alueiden kohdissa mainita.

Alue	Ohjausyksikkö (alueen) (tehtaan)	Kanava	Kohteet	Näkyvyys automaatiojärjestelmässä	Rasva
Hiomopuunkuorimo	Ohjausyksikkö 1 (1)		181	Ei paperitehtaalla	Castrol 3785/220-1.5
		Puun vastaanottopöytä	181		
	Ohjausyksikkö 2 (2)		470	Ei paperitehtaalla	Castrol 3785/220-1.5
		Kuorimo yleisrasva	470		
	Ohjausyksikkö 3 (3)		12	Ei paperitehtaalla	Castrol 3785/220-1.5
		Kuoripuristin laakerivoitelu	12		

Kuva 10. Hiomopuukuorimon keskusrasvavoitelujärjestelmät

## Hiomo

Hiomossa valmistetaan kuusipuusta mekaanista massaa eli hioketta. Puita hiotaan kuudella hiomakoneella mekaanisesti. Hionnan jälkeen hioke lajitellaan, jossa paperimassaan sopivat jakeet otetaan talteen ja osa menevät rejektiin. Rejektin käsittelylinjan kautta siitä tehdään sopivaa käyttöä varten. Hioke valkaistaan kemiallisesti siten, että puun sisältämää ligniiniä ei poisteta, vaan sen tummuneet väriyhmät muutetaan värittömiksi. Tämän takia hiokepohjainen paperi kellastuu ajan myötä ultravioletivalon vaikutuksesta. Ennen varastointia massasta pestään pois valkaisukemikaalit. (Kohonen 2024.)

Hiomon prosessit tekevät ympäristöstä kuuman ja kostean. Massaa voi päästä ympäri aluetta tiivisteiden rikkoutumisen takia. Hiomon toiminta on tehtaan eniten energiaa kuluttava prosessi ja samalla valtavia voimia syntyy hiomakoneissa sekä rejektijauhimissa. (Kohonen 2024.) Hiomossa moni prosessi vaatii vettä, jolloin ympäristö on kuuman kostea paikoittain, joka vaikuttaa siellä sijaitsevien rasvattavien kohteiden vaatimuksiin rasvan laadusta ja sen määrästä.

## Paperikone

Paperikoneella tuotetaan pohjapaperia. Paperikoneen tehtävänä on nimensä mukaisesti tuottaa itse paperimassasta tiettyjen lajien arvojen mukaisesti paperia. Paperikoneen neliöpainon skaala on laaja, koneen nopeudet ovat korkeita, ja valmistettava paperi kuuluu korkeavaaleuksisiin painopaperilajeihin. (Kohonen 2024).

Paperikoneella kovaan ajaminen synnyttää värähtelyjä ja suuri voimia, kun massat pyörivät. Paperikone koostuu viira-, puristin- ja kuivausosasta, joiden kaikkien tarkoituksena on poistaa paperista vettä koko koneen ajan. Viiraosalla luodaan paperin kuitumaton orientaatio ja viiraosalla on korkea kosteus. Puristinosalla on kosteaa ja suuria voimia nipeissä, kun paperista painetaan vettä pois telojen välissä. Kuivatusosalla on kuumaa ja kosteaa kun höyryn avulla paperia kuivataan kuivatussylintereillä. Puristinosan jälkeen kalanteri muokkaa paperin profiiliin ja määrittää sileyden. (Kohonen 2024.) Paperikoneella ympäristö on kostea, joten rasvat toimivat enimmäkseen vesieristyksenä ja öljy hoitaa laakerien voitelun.

## Päällystysalue

Päällystysalueeseen kuuluu kaksi päällystyskonetta sekä pastakeittiö, missä pasta paperin päällystämistä varten valmistetaan erilaisesta kemikaaleista. Päällystyskone 1 on kaksoispäällystyskone ja päällystyskone 2 on kertapäällystyskone, joilla tarkoitetaan sitä, kuinka monta päällystekertaa pohjapaperi saa. Päällystyskone 1:ssä on esipäällystysasema, jossa paperi päällystetään molemmilta puolilta kerran filmipäällystyksenä aplikointiteloilla. Tämän jälkeen paperi päällystetään vielä kertaalleen päällystysasemilla 1 ja 2. (Kohonen 2024.)

Pastakeittiöllä valmistetaan päällystykseen tarvittavat pastat eli päällysteaineet, joilla paperi päällystyskoneella päällystetään. Pastat koostuvat pigmenteistä, side- ja lisäaineista. Pastojen reseptit riippuvat valmistettavasta paperilajista, joiden koostumukseen valintaan vaikuttavat lopputuotteen käyttötarkoitus ja laatuvaatimukset.

Päällystysalueella ympäristö on huomattavasti kuivempi kuin missään aikaisemmassa alueessa. Alueella on paperipölyjen lisäksi pastoista aiheutuvaa pölyä, joka näkyy päällystyskoneiden ja pastakeittiössä lattialla ja pinnoilla valkoisena pölynä. Pöly on kivipölyä pastojen ainesosien takia ja sen hienouden takia se pääsee moneen paikkaan ja rakoon alueella. (Kohonen 2024.)

## Jälkikäsittely

Jälkikäsittelyn alueeseen kuuluu neljä superkalanteria ja kolme pituusleikkuria. Nimensä mukaisesti alueen on tarkoitus jälkikäsitellä sinne saapuvia papereita. Superkalantereilla paperia kiillotetaan haluttuun kiiltävyyteen ja säädetään paperin paksuus ja sileys.

Pituusleikkureilla paperit leikataan oikeaan leveyteen ja pituuteen asiakkaan tilauksien mukaan asiakasrulliksi. (Kohonen 2024.)

Ympäristössä esiintyy kiillotuksessa paperin pinnasta irtoavaa pastapölyä syväpainolajeilla sekä leikkauksesta syntyvää pölyä, jotka molemmat ovat kivipölyä pastojen takia. Kivipöly on vaikea pöly ympäristössä sen kulkeutuessa ilmassa ympäriinsä. (Kohonen 2024.)

### **Pakkaus ja varasto**

Pakkauksessa pituusleikkurilta tulevat asiakasrollat paketoidaan kartonkiin ja siihen lisätään rullantiedot yksityiskohtaisesti missä selville tulee muun muassa tehdas, laji ja kokotiedot sekä tilauksen tiedot. Rullien kuljetukset tapahtuvat rullakuljettimia pitkin pituusleikkureilta pakkaukseen ja pakkauksesta varastoon. Pakkaus on automatisoitu varastoon asti missä trukilla asiakasrollat lastataan odottamaan lähtöä maailmalle. Ympäristön puhtauteen panostetaan pakkauksen ja varaston alueella erityisen paljon ja siitä ollaan tarkempia, jotta siinä, että asiakasrollat pakataan ja lähetetään asiakkaille.

## 5 Keskusrasvavoitelujärjestelmien kehitys

### 5.1 Nykytila

Tehtaan keskusrasvavoitelujärjestelmien nykytila on monimuotoinen. Osa ohjauskeskuksesta on hyvin vanhoja viime vuosituhannelta mutta ovat olleet toimintakuntoisia siitä huolimatta. Nykyään suurimpina ongelmina niiden kanssa on tulevaisuuden varaosien saatavuuden ongelmat. Kaikki ST ohjauskeskukset ovat sarjaa 1100-1440 liitteen 1 mukaan. ST-1100 ja ST-1200 ohjauskeskusten päivittämissä on suositeltu uudempiin toimittajan toimesta.

Järjestelmät, jotka ovat automaatiojärjestelmässä täysin integroituna ovat tehtaan omia järjestelmiä, mitkä on muokattu vanhoista laitteista automaatiojärjestelmän vaatimuksien mukaisesti. Tällöin ohjauskeskus korvattu automaatiojärjestelmän logiikalla ja paikan päällä on vain pumppauskeskus, josta säädellään fyysisesti mitä tapahtuu signaalien avulla. Omien voitelujärjestelmien etuna on laitteiden hallinta automaatiojärjestelmän kautta samalla tallentaen rasvaukseen liittyviä tietoja, mutta huolto tapahtuu yhä toimittajan huoltojen piirissä voitelujärjestelmässä yleisesti, mutta pumppauskeskusten ongelmat voidaan tutkia ja korjata oman henkilöstön voimin.

Tehtaalla käytetään monia eri rasvoja eri kohteissa erilaisten ominaisuuksien takia. Rasvoja on vaihdettu tehtaan elinkaaren aikana, aina sen mukaan mikä on löydetty parhaaksi kohteittain. Rasvojen muuttaminen pitää tehdä harkiten ja tutkimalla olisiko uusi rasva kohteeseen parempi kuin nykyinen mutta sitä ei tässä työssä tutkita. Erilaisten rasvojen käyttäminen erilaisissa kohteissa estää sen, ettei joitakin järjestelmiä ei voi yhdistää toisiinsa niin, että pumppuja voitaisiin vähentää. Voitelujärjestelmien koko myös rajoittaa mahdollisia yhdistämissä sillä pumpun tulee jaksaa pumpata jokaiselle annostimelle niin että niiden toiminta ei esty. Tiettyjen ohjausyksikköjen yhdistäminen voi olla mahdollista niin, että pumput vähenevät kahdesta yhteen, kohteiden sijaittaessa lähemmäs ja niissä ollessa sama rasva.

Tehtaan ohjausyksiköissä on yhteensä 16 kappaletta pumppuja. Vanhemmat pumpput ovat paineistussuhteella 1:50 ja SKF:n uudemmat 1:65. Paineistussuhteella tarkoitetaan ilman ja paineen suhdetta. Pumpuista uusimmat ovat SKF:n ja vanhemmat Alemiten sekä yksi Assalubin. Alemiten ja Assaluben pumppujen hajotessa tulee ne korvata vastaavilla uudemmilla. Rasvapumppujen valmistajia on muitakin kuin SKF kuten STM, Graco ja RAASM. Tehtaalla on käytössä SKF-huoltosopimus, jolloin pumppujen vaihtaminen toisiin merkkeihin, kuten Yhdysvaltalaisiin, Italialaisiin tai Australialaisiin, saattaa nostaa kustannuksia. Toimitusajat, kuljetuskustannukset sekä mahdolliset tullimaksut Euroopan ulkopuolelta

voivat ylittää itse pumpun halvemman hinnan. Huoltosopimuksen etuina on laitteiden samanlaisuus, joka helpoittaa niiden huoltamista.

Ohjauskeskusten ostaminen muualta, kun SKF:ltä on myös pumppujen tapaa ei niin hyödyllinen ratkaisu kustannuksien ja huoltojen takia. Myös SKF:n uusien ohjauskeskusten ostaminen vanhojen tilalle vaatii kustannuslaskentaa, onko taloudellisesti järkevämpää uudistaa ohjauskeskus kokonaan uudella keskuksella vai muuttaa vanha olemassa ohjauskeskuksen toiminnot tehtaan omaan automaatiojärjestelmän logiikaksi. Tällöin vanhaa ohjauskeskusta ei tarvita eikä siihen tarvitse varaosia, vaan ohjauskeskuksen ennen käyttämää pumppauskeskusta hallitaan oman logiikan avulla. Uusimmissa SKF:n valmistamissa ohjauskeskuksissa on ohjauskeskus ja pumppauskeskus on yhdistetty samaan yksikköön. SKF Multilube-järjestelmät voidaan myös yhdistää omaan tehtaan automaatiojärjestelmiin niin kuin yhdessä kohteessa varastolla on tehty. Tällöinkin kustannuslaskenta siitä, että onko kannattavampaa hankkia järjestelmä vai tehdä oma täytyy tutkia. SKF:n järjestelmiä voisi ohjata myös heidän omilla sovelluksillaan, mutta niiden käyttäminen tehtaan automaatiojärjestelmän rinnalla ei olisi järkevää. Mitä enemmän erilaisia sovelluksia on käytössä, sitä enemmän ongelmia saattaa ilmetä.

## 5.2 Kehittäminen

Keskusrasvavoitelujärjestelmien kehittäminen tulevaisuudessa riippuu monesta tekijästä. Näistä suurin on se, että siirretäänkö kaikki tehtaan järjestelmät automaatiojärjestelmään. Automaatiojärjestelmään liittäminen tuo paljon etuja ja monipuolisia tietoja saataville ja tallennettuna järjestelmään. Se, ettei erillistä ohjauskeskusta ole pumppauskeskuksille, vaan se toteutetaan logiikan avulla muualta, on nykyaikaista koska teknisesti se on erittäin helppo toteuttaa. Suurin työ syntyy mahdollisista kaapelitöistä, joita joudutaan suorittamaan keskusrasvavoitelujärjestelmästä lähimmällä automaatiojärjestelmän yhdistämispaikkaan ja vaihtaa mahdolliset liian vanhoja kaapeleita uusiin järjestelmän sisällä. Kaapeloinnin lisäksi konfigurointi työtä tulee mutta sen toteuttamisen osaa oma henkilöstö. Liittämisen jälkeen ohjauskeskusta ei enää tarvita ja komponentteja on vähemmän, kun keskuksien varaosien saatavuus on huonontunut ja huononee tulevaisuudessa. Tällöin ainoastaan pumppujen, venttiilien, putkistojen ja annostimien huolto jää suoritettavaksi ulkopuolisilla ja muut onnistuvat tehtaan sisällä.

Keskusvoitelujärjestelmien yhdistäminen on yksi tapa vähentää ohjaus- ja pumppauskeskuksia sekä pumppuja. Järjestelmien yhdistäminen vaatii sen, että olemassa olevat järjestelmät käyttävät samaa rasvaa ja ovat lähellä toisiaan. Liian kaukana toisistaan olevat ja liian suuret järjestelmät eivät ole mahdollisia pumpun ja putkiston aiheuttamien rajoitusten takia. Tehtaan järjestelmistä päällystyskoneiden järjestelmät näyttävät liitteen 1 mukaan

hyvin samanlaisilta ja mahdollisilta yhdistettäviltä. Molemmissa on sama rasva ja järjestelmät sijaitsevat fyysisesti parin metrin päässä toisistaan.

### **Hiomopuukuorimo**

Ainoastaan hiomopuukuorimon liittäminen automaatiojärjestelmään ei ole ajankohtainen asia paperitehtaalla sellutehtaan operoidessa sitä. Järjestelmiä tutkailemalla liitteen 1 mukaan voidaan huomata kaikkien järjestelmien käyttävän samaa rasvaa. Fyysisesti järjestelmät sijaitsevat eri puolilla kuorimoa, jolloin niiden liittäminen toisiinsa fyysisesti olisi luultavasti turhaa. Ohjauskeskusten vähentäminen voisi silti olla mahdollista, jos sellutehdas halusi liittää järjestelmiä omiin automaatiojärjestelmiin ja säilyttäisi pumppauskeskukset.

### **Hiomo**

Hiomossa kaikki järjestelmät paitsi ohjausyksikkö 2 ovat jo automaatiojärjestelmässä kokonaisuudessaan. Ohjausyksikön 2 tietoina on ainoastaan käyntikerrat ja häiriöt mutta järjestelmän päivittäminen antamaan enemmän tietoja ei ole kriittistä. Kääntölautanen ja hihnakuljetin 2 sijaitsevat kuorimolta tulevalla puunkuljettimien kääntökohdassa ja ne rasvaavat 47 kohdetta. Vaikkakin tulevat kuljettimet ovat tärkeitä tehtaan tuotannon kannalta ei niiden yksittäisten laakerien hajoamiset haittaa tuotantoa. Häiriöilmoitukset itsessään estävät sen, että järjestelmän täydellinen toimimattomuus jää huomaamatta. Muut hiomon voitelujärjestelmät vaikuttavat olevan hyvässä tilassa ollessaan automaatiojärjestelmässä, eikä rasvojen puolesta järjestelmiä voi yhdistää.

### **Paperikone**

Paperikoneella ainut järjestelmä on myös täysin automaatiojärjestelmässä. Alueella ei ole muita järjestelmiä koska kaikkien kohteiden pumppaus tapahtuu jo samasta pumppauskeskusta ja rasva on kaikilla kanavilla sama.

### **Päällystysalue**

Päällystysalueella on kaksi voitelujärjestelmää, joista kumpikaan ei ole automaatiojärjestelmässä muuten, kun näyttämässä häiriöt ja voitelun tilan. Alueen järjestelmät ovat hyvin samanlaiset rakenteeltaan ja ohjaus- ja pumppauskeskukset sijaitsevat toisistaan vain seinän toisella puolella. Järjestelmien yhdistäminen on mahdollista niin että pumppujen määrä vähenisi yhteen ja venttiileillä on mahdollista luoda tilanne, jossa molempien koneiden voitelujärjestelmät seuraavat oman koneensa käyntiaikaa ja paineistavat ne tarpeen mukaan.

### **Jälkikäsitteily**

Jälkikäsitteilyn voitelujärjestelmistä ainoastaan pituusleikkuri 4 on automaatiojärjestelmässä. Järjestelmät ovat nykyään jo lajiteltu pumppauskeskuksiin niin, että samaa rasvaa

käyttävät ovat yhdistetty, eikä järjestelmiä ilman rasvan vaihtamisia ole mahdollista yhdistellä enempää. Ohjausyksiköt mitkä eivät ole jo automaatiojärjestelmässä olisi hyvä kuitenkin tulevaisuudessa päivittää uudempiin niiden ollessa vanhoja, kun komponenttien saatavuus niihin huononee. Tällöin tulee laskea kustannukset siihen, hankitaanko uusi ohjauskeskus vai liitetäänkö ne automaatiojärjestelmään olemassa olevien pumppauskeskusten muutoksien avulla.

Tällä hetkellä alueelta ainoastaan superkalanterit 1 ja 2 ovat automaatiojärjestelmässä ohjauksien kanssa kokonaisuudessaan. Alueen superkalanterit 3 ja 4 toimivat omilla logiikoillaan kuten kaikki pituusleikkurit, mutta tietyt toiminnot ovat liitetty automaatiojärjestelmään kuten reunanauha- ja hylkyrullapulpperit. Tällöin myös voitelujärjestelmät voidaan liittää automaatiojärjestelmään koska hälytykset voidaan laittaa näkymään laitekohtaisesti samalla lailla kuin pulppereiden häiriöt.

### **Pakkaus ja varasto**

Pakkauksen ja varaston alueella ainoastaan kääntöpöytä ja elevaattorin ohjausyksikkö on automaatiojärjestelmässä. Rullanpakkauksen ohjausyksikkö on vaihdettu 10 vuotta sitten, joten sen uudistaminen ei ole ajankohtaista muulta osin kuin siltä lisätäänkö sitä automaatiojärjestelmään. Varaston lajittelukuljettimien ohjausyksikkö on samaa sarjaa päällyskone 1:sen kanssa, joten se uudistaminen on varmasti pian ajankohtaista, kun ohjauskeskuksen osien saatavuus huononee. Tällöin tulee laskea kustannukset siihen, että liitetäänkö olemassa oleva pumppauskeskus automaatiojärjestelmään ja muokataan omaksi keskuksiksi. Järjestelmien yhdistäminen ei ole mahdollista eri sijaintien sekä rasvojen puolesta.

Alueella on myös jälkikäsitteilyn alueen tapaan oman logiikan omaavia laitteita. Näitä ovat rullanpakkaus ja varaston lajittelukuljettimet. Laitteiden lisääminen automaatiojärjestelmään samalla lailla, kun kääntöpöytä ja elevaattorin vaatii kustannuslaskentaa. Rullanpakkauksen Maxilube ohjauskeskuksen liittäminen järjestelmään vaatii selvitystä, kuinka se voidaan toteuttaa. Sen muuttaminen omaksi ei ole mahdollista ilman erillistä pumppauskeskusta koska Maxilubessa se on yhdistetty samaan ohjauskeskuksen kanssa. Multilube järjestelmän liittäminen automaatiojärjestelmään on jo toteutettu kääntöpöytä ja elevaattorin tapauksessa. Järjestelmät eivät kumminkaan samanlaisia, joten Maxiluben kanssa täytyy asiaan perehtyä tarkemmin ja pohtia onko niiden liittäminen kustannustehokasta vai rakennella oma pumppauskeskus, jonka liittää automaatiojärjestelmään.

## Kriittisyysjärjestys laitteiden päivityksissä

Kriittisyysjärjestyksessä otetaan huomioon tehtaan tuotannon kannalta kriittiset keskusrasvavoitelujärjestelmät ja niiden nykytilan vaikutus tulevaisuudessa. Kriittisyyteen vaikuttaa järjestelmien tekninen ikä komponenttien saatavuuden huonontuessa niihin. Järjestelmissä usein ohjauskeskus on vanhenemisen osalta kriittisin komponenttien saatavuuden osalta. Keskusrasvavoitelujärjestelmien vikaantumistilanteissa ei ole yksiselitteistä, että niiden voitelemat laitteet menisivät heti toimintakyvyttömiksi, mutta silti jokainen järjestelmä on kriittinen tehtaan tuotannolle. Samalla kun keskusrasvavoitelujärjestelmiä päivitetään uudempiin, on tärkeää toteuttaa se kustannustehokkaasti, jolloin on tärkeää verratta, onko kannattavampaa ostaa valmis ohjauskeskus vai ohjata niitä oman automaatiojärjestelmän kautta.

Tehtaan keskusrasvavoitelujärjestelmiä tutkailemalla liitteen 1 avulla voidaan huomata, että kriittisyysjärjestyksen mukaan hiomopuukuorimon laitteet ovat vanhimmasta päästä. Alueen järjestelmien toiminnan turvaaminen auttaa siihen, että ketjut ja laakerit saavat rasvaa ja pystyvät mahdollistamaan kuorimon toimivuuden. Alueella olisi syytä tarkistaa ovatko laitteiden tilat hyvät ja ohjauskeskuksien varaosien saatavuuden huonontuessa päivittää keskuskeskukset, joko uusin tai muokata pumppauskeskukset omaan hallintaan kustannuslaskemien avulla.

Hiomon ja paperikoneen alueella keskusrasvavoitelujärjestelmät ovat liitetty jo automaatiojärjestelmään ja niiden tila on tällä hetkellä hyvä. Pakkauksessa laitteet ovat myös uudempia, lukuun ottamatta lajittelukuljettimia, jonka tarkka ikä ei ole tiedossa mutta on samaa mallia kuin päällystyskone 1:sen. Pakkauslaitteen ohjausyksikkö on vuodelta 2014 liitteen 1 mukaan, jolloin sen teknistä käyttöikää on vielä jäljellä.

Päällystyskoneiden voitelujärjestelmien ohjauskeskuksien päivittämistä on suositeltu toimittajan toimesta. Näistä järjestelmistä toinen on vuodelta 1985 ja toinen 2000 liitteen 1 mukaan. Päällysalueella keskusrasvavoitelujärjestelmien toiminta on tärkeää, sillä koneet ovat erilaisia ominaisuuksiltaan. Voitelujärjestelmien olisi hyvä toimia alueella esiintyvän pastapölyn takia eristäen erinäisiä voitelutiloja.

Jälkikäsitellyssä keskusrasvavoitelujärjestelmistä suurin, ohjausyksikkö 2 voitelee 1098 kohdetta superkalanterien ja pituusleikkuri 3:sen laitteissa liitteen 1 mukaan. Ohjausyksikön toiminta on tärkeää, että viisi laitetta saa rasvansa. Pituusleikkurin 1 ja uudelleenrullaimen 1 ohjausyksikkö on hieman uudempi. Pituusleikkurin 4 ohjausyksikkö on uusin ja se on liitetty automaatiojärjestelmään. Alueella tulisi päivittää superkalanterien ja leikkureiden järjestelmät lähitulevaisuudessa. Samalla tulee pohtia, onko kustannustehokkaampaa rakentaa vanhoista pumppauskeskuksista omat automaatiojärjestelmään liittämistä varten.

### 5.3 Liittäminen automaatiojärjestelmään

Keskusrasvavoitelujärjestelmien liittäminen automaatiojärjestelmään tuo kustannuksia vaadittaessa kaapelointia voitelukohteille missä sijaitsee pumppu, sulkuventtiili ja painelähtimet. Voitelujärjestelmien vieminen Experion automaatiojärjestelmään mahdollistaa paineistustietojen ja paineiden tallentamisen talteen samalla mahdollistaen voitelujärjestelmien asetusten säädöt sekä ylimääräisen voitelun tietokoneen kautta. Viimeisestä rasvavoitelun liittämisestä automaatiojärjestelmään on kulunut aikaa ja liittäminen täytyy laskea mahdollisten nykyisillä kustannuksilla. Laskelman toteutti J. Viljakainen, paperitehtaan automaatiopäällikkö. Kustannusarvio on esitetty liitteessä 2 ja sitä on muokattu niin että syntyviä kustannuksia on verrattu toimittajan tarjouksen kokonaissummaan.

Esimerkkinä automaatiojärjestelmään liittämisestä käytetään tehtaan päällystyskoneiden keskusrasvavoitelujärjestelmiä. Olemme saaneen laitetoimittajalta tarjouksen molempien järjestelmien päivityksestä. Uudistuksessa molemmille koneille tulisi sama ohjaus- ja pumppauskeskus, joka ohjaisi kahta kanavaa ja käyttäisi yhtä olemassa olevaa pumppua. Järjestelmien yhdistäminen on mahdollista rasvan puolesta sillä molemmat käyttävät samaa rasvaa. Perusteluna päivitykselle on olemassa olevien laitteiden oleminen elinkaarensa päässä, sillä tulevaisuudessa korjausmahdollisuudet ja varaosien saatavuus ei ole mahdollista toimittajan puolesta.

Liitteen 1 mukaan nykyiset keskusrasvavoitelujärjestelmät ST-1100i ja ST-1200 ovat vuosilta 2000 ja 1985, voitelukohteita on päällystyskone 1:llä 192 ja päällystyskone 2:lla 102. Pumpuista toinen SKF MPD 1/4 on tänä vuonna vaihdettu mutta koneen 2 on vanhempi Alemite 1/4. Voitelujärjestelmät ovat muuten hyvin samanlaisia rakenteeltaan, ainoa ero on tällä hetkellä käytössä olevat paineenmittauslaitteistot. Koneella 1 on painelähtetin, jolla on mahdollista saada tietoja mitatusta paineesta laitteiston päässä ja koneella 2 on ainoastaan painekeytkin, joka saavuttaessaan paineen ainoastaan lähettää signaalin. Painekeytkin on vanhempaa tekniikkaa kuin painelähtetin, josta voidaan huomata koneen 2 olevan vanhempi.

Tarjoukseen sisältyvät uusi pumppauskeskus, johon tulee kaksi kanavaa sulkuventtiileillä erikseen ohjattavaksi molemmille päällystyskoneille. Tarjoukseen sisältyy myös uusi paineilmahuoltolaite ja päällystyskoneelle 2 vaadittavat uudet painelähtetimet. Laitteiston päivitys käyttäisi hyväkseen olemassa olevia putkistoa ja liittimiä sekä MPD 1/4 pumppua. Tilaajan vastuulle jäisi mahdollisten telineiden ja henkilönostimien hoitaminen. Tilaajan tulisi myös tehdä vaadittavat sähkö- ja kaapelointityöt materiaaleineen sekä vanhojen painekeytkimien kaapelien päivittäminen uusiin, jos vanhat eivät sovellu uusien painelähtettimien kanssa. Uusi pumppauskeskus olisi myös mahdollista liittää automaatiojärjestelmään mutta sen

kustannuksista ei ole tietoa. Käytössä voisi olla ainakin erillinen ohjelma mutta se, että kaikki olisi samassa automaatiojärjestelmässä olisi huomattavasti parempi. Paljonko uuden keskuksen lisääminen meidän automaatiojärjestelmäämme ei ole tiedossa.

Nykyisten olemassa olevien ohjauskeskusten korvaaminen ja siirtäminen automaatiojärjestelmällä säilyttäen pumppauskeskukset tuovat myös erinäisiä kustannuksia (Liite 2). Kustannuksista hintavimmat ovat kenttäsuunnittelu, jota pitää suunnitella neljälle paineenmittauspiirille ja runkolinjan ohjaukselle sekä kahdelle pumpun ohjaukselle ja pinnan alarajalle. Seuraavaksi kalleinta on kaapelointi ja ristikytkentä, jota vieminen automaatiojärjestelmään vaatii. Päälystyskone 2 vaatii myös painelähtetimet, jotka kustantavat kolmanneksi eniten. Keskusten muutoksiin liittyvät tarvikkeet maksavat vähiten, kun automaatiojärjestelmän konfigurointi suoritetaan omana työnä, jolloin se ei aiheuta kustannuksia.

Näillä kustannuksilla omaan automaatiojärjestelmään liittämien hyödyntäen vanhoja keskuksia maksaisi noin 52 % enemmän kuin toimittajan tarjous. On tärkeää huomata kuitenkin se, ettei kyse ole absoluuttisesti tarkasteltuna mittavasta hintaerosta, vaan hinnat pysyvät kohtuullisella tasolla suhteessa kokonaisuuteen. Tämä tarkoittaa, että molemmat vaihtoehdot ovat saavutettavissa taloudellisesti ja tällöin voidaan ottaa huomioon eroja tarjouksen ja oman kustannuslaskeman välillä. Hintaerossa pitää ottaa huomioon, että omissa kustannuslaskelmissa on otettu huomioon kaapeloinnit, joita toimittajalla jäisi tilaajan vastuulle, jos ne täytyisi vaihtaa heidän tarjouksen ottamisen jälkeen. Tärkeää on ottaa huomioon myös se, että hintaerolla laitteet saadaan jo suoraan liitettyä automaatiojärjestelmään, jolloin keskusrasvavoitelujärjestelmistä jää enemmän tietoja saataville ja talteen palvelimille.

Tehtaan kannalta liittäminen automaatiojärjestelmään omaksi järjestelmäksi on parempi vaihtoehto, koska kustannukset eivät ole merkittävästi korkeammat, eikä mahdollisia piileviä kuluja ilmene suoraan toimittajan tarjouksessa, mikä voi nostaa tarjouksen absoluuttista hintaa jopa yli omien kustannuksien.

## 6 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää paperitehtaan keskusrasvavoitelujärjestelmien nykytila ja kunto, ja se miten järjestelmiä voidaan tulevaisuudessa kehittää. Kehitystä mietittiin siltä näkökulmalta, että uusitaanko ja pidetäänkö järjestelmiä ennallaan sekä onko niitä mahdollista yhdistellä. Tavoitteena oli myös muodostaa käsitys siitä, kuinka paljon keskusvoitelujärjestelmän liittäminen automaatiojärjestelmään maksaa. Tässä kohdassa pyrittiin selventämään kustannustehokkuuden saavuttamista vertailemalla hyötyjä ja kustannuksia sekä tarjouksen että oman kustannuslaskennan pohjalta.

Keskusrasvavoitelujärjestelmiä tutkittiin olemassa olevien dokumenttien, huolto raporttien sekä fyysisen tarkkailun perusteella. Työssä selvitettiin, kuinka monta järjestelmää tehtaalla on ja millä alueilla ne sijaitsivat. Järjestelmistä selvitettiin niiden ohjaus- ja pumppauskeskukset ja niiden mahdolliset asennusvuodet mutta kaikista järjestelmistä niitä ei selvinnyt. Myös jokaisen järjestelmän kanavat ja voitelukohteet selvitettiin sekä käytössä oleva pumppu ja rasva. Osa järjestelmiä oli viime vuosituhannelta eikä kaikkia alkuperäisiä dokumentteja löytynyt. Periaatteessa sillä ei ollut väliä, sillä järjestelmät ovat muutenkin laajentuneet alkuperäisen asennuksien jälkeen. Huolto raportit olivat parhain keino saada nykyaikaista tietoa järjestelmistä fyysisen tarkkailun lisäksi.

Nykytilaa tutkimalla selvisi, että osa keskusrasvavoitelujärjestelmien ohjauskeskuksista alkavat olemaa elinkaarensa lopussa johtuen niiden osien saatavuuden huonontumisesta. Tämän takia esitettiin mahdollinen kahden järjestelmän yhdistäminen sekä tutkittiin kustannuksia siitä, onko uuden ohjauskeskuksen ostaminen parempi vaihtoehto kuin se, että vanhat olemassa oleva ohjauskeskukset liitettäisiin tehtaan automaatiojärjestelmään muokkamalla ne yhteensopiviksi. Kustannuksia vertailemalla selvisi, että omaan automaatiojärjestelmään liittämien on parempi ratkaisu sen tuoman lisäominaisuuksien takia kuin se, että ostettaisiin erillinen uusi ohjauskeskus, jonka liittäminen automaatiojärjestelmään toisi vielä uuden laitteen lisäksi muita kustannuksia. Toimittajan lisäkustannusten tarkkaa suuruutta ei ollut tiedossa, joten vertailu jäi osittain epätäydelliseksi. Kuitenkin tarjouksen ja oman kustannuslaskelman välinen absoluuttinen ero oli kuitenkin pieni, mikä tuki ehdotusta muokata olemassa olevat järjestelmät osaksi automaatiojärjestelmää lisäominaisuuksien takia. Samalla laitteen liittämien tukee linjan alkupään alueiden linjaa, jossa niiden järjestelmät ovat liitetty kokonaisuudessaan automaatiojärjestelmään.

Tehtaan muiden keskusrasvavoitelujärjestelmien osalta tulisi myös laatia kustannuslaskelmat sen arvioimiseksi, onko järjestelmien liittäminen automaatiojärjestelmään kustannustehokasta. Aikaisempi laskelma tukee liittämistä, ja samalla mahdollistaa tulevaisuuden tilan, jossa kaikki voitelujärjestelmät ovat hallittavissa automaatiojärjestelmän kautta.

## Lähteet

Bruce, R. W. 2012. Handbook of Lubrication and Tribology, Volume II : Theory and Design, Second Edition. Florida, Boca Raton, FL: CRC Press.

Knowpap. a. Laakereiden voitelu. Voitelu. Viitattu 14.10.2024 Saatavissa rajoitetusti [https://www.knowpap.com/extranet/suomi/maintenance/3\\_equipment/5\\_bearings/3\\_maintenance/2\\_lubrication/frame.htm?zoom\\_highlightsub=voitelu](https://www.knowpap.com/extranet/suomi/maintenance/3_equipment/5_bearings/3_maintenance/2_lubrication/frame.htm?zoom_highlightsub=voitelu)

Knowpap. b. Voitelujärjestelmät. Kaksilinjainen rasvavoitelujärjestelmä. Viitattu 20.11.2024. Saatavissa rajoitetusti [https://www.knowpap.com/extranet/suomi/maintenance/2\\_systems/1\\_lubrication/frame.htm](https://www.knowpap.com/extranet/suomi/maintenance/2_systems/1_lubrication/frame.htm)

Kunnossapito – menestystekijä. a. Voiteluaineet. Lisäaineet. Viitattu 22.10.2024 Saatavissa [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka\\_e04\\_voiteluaineet\\_lisaaineet.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_e04_voiteluaineet_lisaaineet.html)

Kunnossapito – menestystekijä. b. Voiteluaineet. Perusteet. Viitattu 16.10.2024 Saatavissa [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka\\_e01\\_voiteluaineet\\_perusteet.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_e01_voiteluaineet_perusteet.html)

Kunnossapito – menestystekijä. c. Voiteluaineet. Voitelurasvat. Viitattu 24.10.2024 Saatavissa [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka\\_e05\\_voiteluaineet\\_voitelurasvat.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_e05_voiteluaineet_voitelurasvat.html)

Kunnossapito – menestystekijä. d. Voiteluaineet. Voiteluöljyt. Viitattu 22.10.2024 Saatavissa [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka\\_e03\\_voiteluaineet\\_voiteluoljyt.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_e03_voiteluaineet_voiteluoljyt.html)

Kunnossapito – menestystekijä. e. Voitelujärjestelmät. Keskusvoitelu. Viitattu 18.11.2024 Saatavissa [https://www.knowpap.com/extranet/suomi/maintenance/2\\_systems/1\\_lubrication/frame.htm](https://www.knowpap.com/extranet/suomi/maintenance/2_systems/1_lubrication/frame.htm)

Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta. 2010. Teollisuuden rasvavoitelu. Helsinki: KP-media.

Kohonen. V. 2024. Käyttöinsinööri. UPM Communication Papers Oy. Lappeenranta.  
Haastattelu 28.11.2024.

Stachowiak, G. W & Batchelor, A W. 2014. Engineering Tribology, Fourth Edition.  
Waltham, MA: Butterworth-Heinemann.

UPM 2017. UPM Kaukas näyttää mallia kiertotaloudessa. Viitattu 9.10.2024. Saatavissa  
<https://www.upm.com/fi/ajankohtaista/artikkelit/2017/05/upm-kaukas-nayttaa-mallia-kiertotaloudessa/>

UPM Kaukas 2023. Kaukaan tehtaat. Viitattu 9.10.2024. Saatavissa  
<https://www.upmpulp.com/fi/upm-kaukas/>

UPM Kaukas Paperi 2024. Paperitehtaan sivu. Viitattu 11.10.2024 Saatavissa rajoitetusti.  
Yhtiön sisäiset tiedostot.

UPM Paper 2024. UPM Communication Papers lukuina. Viitattu 9.10.2024. Saatavissa  
<https://www.upmpaper.com/fi/>



Liite 2. Kustannusarvio päällystyskoneiden liittämistä automaatiojärjestelmään.

Kustannusarvio	Kustannukset verrattuna tarjouksen kokonaishintaan
Nykyisen ohjauskeskuksien muutokseen tarvittavat tarvikkeet	4 %
Kaapelointi automaatiojärjestelmään + ristikytkentä (Arvio n. 48h)	63 %
Kenttäsuunnittelu:	
4 x Paineenmittauspiiri	
4 x Runkolinjan ohjaus	
2 x Pumpun ohjaus	
2 x Pinnan alaraja	
Yhteensä 12 positiota x 8 h =96 h	75 %
2 kpl Paineohjain	10 %
Automaatiojärjestelmän konfigurointi omana työnä	0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>152 %</b>