

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Kone- ja tuotesuunnittelu

Henrikki Helander

## **Puunkäsittelyn voitelutoiminnan kehittäminen**

Opinnäytetyö 2017

## Tiivistelmä

Henrikki Helander

Opinnäytetyön nimi, 42 sivua, 4 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Kone- ja tuotesuunnittelu

Opinnäytetyö 2017

Ohjaajat: lehtori Heikki Liljenbäck, Saimaan ammattikorkeakoulu; kehityspäällikkö Tero Junkkari UPM-Kymmene Oyj, kunnossapidon kehitysinsinööri Tuomo Kotineva, UPM-Kymmene Oyj, kunnossapitoinsinööri Henri Isbom, UPM-Kymmene Oyj

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli UPM-Kymmene Oyj, ja työ toteutettiin Kaukaan sellutehtaalla Lappeenrannassa. Työn tarkoituksena oli voitelutoimintojen kehittäminen puunkäsittelyn alueelle. Aluksi tehtävänä oli kartoittaa nykyinen voitelutilanne ja luoda tämän pohjalta uusi voitelusuunnitelma.

Työ aloitettiin sopivan kokoisen alueen rajaamisella. Nykyinen voitelutilanne kartoitettiin kiertämällä tuotantolaitoksessa, haastattelemalla alueella työskenteleviä laitosmiehiä ja kunnossapitomestaria sekä keräämällä tietoja SAP-järjestelmästä. Nykytilanteen kartoituksen jälkeen laskettiin laitteilla sopivat voiteluainemäärät ja suunniteltiin toimivat voitelureitit yhdessä alueen voitelijan kanssa. SAP-järjestelmään luotiin määräaikaistyöt voiteluainereiteistä ja työt aktivoituvat suunnitellun voiteluvälin mukaisesti.

Valmiista voitelusuunnitelmasta löytyy tiedot puunkäsittelyn laitteiden voiteluainelaadusta, -määristä, voitelijan kierroksien pituuksista ja voideltavista kohteista. Voitelusuunnitelma helpottaa alueen kunnossapitomestarin työskentelyä ja työnsuunnittelua.

Asiasanat: puunkäsittely, kunnossapito, voitelu, sellutehdas

## **Abstract**

Henrikki Helander

Development of lubrication in wood handling, 42 Pages, 4 Appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Mechanical Engineering and Production Technology

Maintenance and Production Technology

Bachelor's Thesis 2017

Instructors: Lecturer Heikki Liljenbäck, Saimaa University of Applied Sciences, Maintenance Manager Tero Junkkari, UPM-Kymmene Ltd, Development Engineer Tuomo Kotineva, UPM-Kymmene Ltd, Maintenance Engineer Henri Isbom, UPM-Kymmene Ltd

The thesis was commissioned by UPM-Kymmene Corporation. The work was done at the Kaukas pulp mill in Lappeenranta, Finland. The purpose of the work was to develop lubricating functions in the wood handling area. The first task was to map out the current situation of lubrication and then create a new lubrication plan.

The project was started by cropping the suitable area in the factory. The current lubrication condition were surveyed by walking inside the factory, interviewing maintenance workers and maintenance supervisor and collecting the data from the SAP system. New lubricant quantities were calculated after the survey. Lubrication routes were planned with co-operation of the areas maintenance worker. The new lubrication plan was placed to SAP- software.

The final lubricating plan consists information of all lubricants, lubricant volumes, lengths of lubricating cycles and all lubricated machines. The new lubrication plan helps greatly the work of the maintenance.

Keywords: Wood handling, maintenance, lubrication, pulp mill

## Sisällys

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Johdanto .....                                   | 6  |
| 2     | UPM-Kymmene Oyj .....                            | 6  |
| 2.1   | Kaukas .....                                     | 7  |
| 2.2   | Puunkäsittely .....                              | 8  |
| 3     | Kunnossapito .....                               | 9  |
| 3.1   | Kunnossapitolajit .....                          | 10 |
| 3.2   | Voitelun merkitys kunnossapidossa .....          | 12 |
| 4     | Voitelun perusteet .....                         | 13 |
| 5     | Voiteluaineet .....                              | 15 |
| 5.1   | Voiteluöljyt .....                               | 15 |
| 5.1.1 | Mineraaliöljyt .....                             | 17 |
| 5.1.2 | Synteettiset öljyt .....                         | 17 |
| 5.1.3 | Voiteluöljyn valinta puunkäsittelyssä .....      | 18 |
| 5.2   | Voitelurasvat .....                              | 20 |
| 5.2.1 | Perusöljyt .....                                 | 20 |
| 5.2.2 | Saentimet .....                                  | 21 |
| 5.2.3 | Voitelurasvan valinta puunkäsittelyssä .....     | 23 |
| 5.3   | Lisäaineet .....                                 | 23 |
| 5.4   | Voiteluaineen puhtaus .....                      | 24 |
| 5.5   | Voiteluaineen valinta .....                      | 27 |
| 5.6   | Jälkivoitelumäärän selvittäminen .....           | 28 |
| 6     | Voitelulaitteet ja -järjestelmät .....           | 30 |
| 6.1   | Käsivoitelulaitteet .....                        | 30 |
| 6.2   | Keskusvoitelujärjestelmät .....                  | 31 |
| 6.2.1 | Kaksilinjainen voitelujärjestelmä .....          | 34 |
| 6.2.2 | Yksilinjainen voitelujärjestelmä .....           | 35 |
| 6.3   | Keskusvoitelujärjestelmät puunkäsittelyssä ..... | 36 |
| 7     | Voitelutoiminnan kehittäminen .....              | 37 |
| 7.1   | Alkutilanne .....                                | 38 |
| 7.2   | Tiedon kerääminen .....                          | 39 |
| 7.3   | Voitelutöiden päivittäminen järjestelmään .....  | 39 |
| 7.4   | Lopputilanne .....                               | 40 |
| 7.5   | Kehitysehdotukset .....                          | 41 |
| 8     | Pohdinta .....                                   | 41 |
|       | Lähteet .....                                    | 45 |

## Liitteet

- Liite 1. Esimerkki käsivoitelukohteiden Excel-taulukosta
- Liite 2. Esimerkki vaihteistotietojen Excel-taulukosta
- Liite 3. Vaihteistoöljyjen kustannusvertailu
- Liite 4. Ennakkohuoltosuunnitelma

## Käsitteet

|                 |   |
|-----------------|---|
| SAP             | UPM-Kymmene Oyj käyttämä toiminnanohjausjärjestelmä.                          |
| Seulomo         | Prosessin osa, jossa vääränkokoiset hakkeet poistetaan hakevirrasta.          |
| Sellupuukuorimo | Prosessin osa, jossa puu kuoritaan ja haketaan.                               |
| Hakekasat       | Ulkona sijaitsevat kasat, joihin hake varastoidaan.                           |
| Hakku           | Laite, johon kuoritut puut syötetään ja jonka pyörivät terät hakettavat puun. |
| Huohotin        | Vaihdelaatikkoon kiinnitettävä osa, joka estää ylipaineen muodostumista.      |

# 1 Johdanto

Opinnäytetyössä kehitetään Kaukaan sellutehtaan puunkäsittelyn voitelutoimintaa. Opinnäytetyö on erittäin tarpeellinen, sillä voiteluainemääristä tai -reiteistä ei ole olemassa muuta kuin kokemuspohjaista ja muistinvaraista tietoa. Voitelijan jäädessä kesälomalle lomittajan on erittäin vaikea tietää voitelukohteita ja voiteluainemääriä. Työn tavoitteena on kartoittaa voitelun nykytilanne ja luoda uusi voitelusuunnitelma. Voitelusuunnitelman pohjalta laaditaan määräaikaistyöt SAP-järjestelmään, josta voitelija tai lomittaja näkee helposti voideltavan kohteen, voiteluainemäärän ja laadun.

Työhön sisältyvät voitelukohteet rajattiin alatehtaalla sijaitsevien sellupuukuorion, hakekasojen ja seulomon alueelle. Alueella on noin 900 keskusvoitelukohtetta ja noin 300 käsivoitelukohtetta.

Nykytilannetta kartoitettiin kiertämällä tuotantolaitoksessa koneiden äärellä, haastattelemalla laitospöytämiehiä ja alueen kunnossapitomestaria sekä etsimällä tietoa SAP-järjestelmästä. Voiteluainemäärien selvittämiseen käytetään eri valmistajien ja kunnossapitoyhdistyksen laskentakaavoja.

Työn teoriaosuudessa kerrotaan yleistä tietoa yrityksestä, kunnossapidosta, voitelusta, voiteluaineista ja voiteluun käytettävistä laitteista. Työn soveltavassa osassa käsitellään työn etenemistä käytännössä eli kerrotaan, kuinka lähtötiedot saatiin, miten niitä hyödynnettiin, millä tavalla voiteluainemäärät laskettiin ja voiteluainereitit luotiin.

## 2 UPM-Kymmene Oyj

UPM-Kymmene Oyj on maailman johtavia bio- ja metsäteollisuuden yrityksiä. Sillä on tuotantoa 13 maassa ja sen palveluksessa työskentelee 19 600 henkilöä. Vuonna 2016 UPM:n liikevaihto oli 9,8 miljardia euroa. (1.)

Yhtiö koostuu kuudesta liiketoiminta-alueesta, jotka ovat seuraavat:

- UPM Biorefining (sellu-, saha- ja biopolttoaineliiketoiminnat)
- UPM Energy (energiantuotanto)

- UPM Raflatac (tarralaminaatit)
- UPM Speciality Papers (hienopaperit ja joustopakkaukset)
- UPM Paper ENA (sanomalehti- ja aikakauslehtipaperit)
- UPM Plywood (vanerin ja viilun tuotanto) (1).

## 2.1 Kaukas

Lankarullia valmistanut Kaukas-yhtiö perustettiin Mäntsälässä, josta se siirtyi vuonna 1892 Lappeenrantaan. Selluloosan keittäminen Kaukaalla alkoi vuonna 1897, jolloin sulfiittiselluloosatehdas perustettiin. Nykypäivänä Kaukaan tehdasalueella valmistetaan sellua, energiaa, biopolttoaineita, aikakauslehtipaperia ja sahatavaraa. Integraatti koostuu useasta eri yksiköstä, ja siihen kuuluu sellutehdas, paperitehdas, saha, biovoimalaitos, biojalostamo, tutkimuskeskus ja biologinen jäteveden puhdistamo. Koko integraatissa työskentelee noin 1000 henkilöä, joista sellutehtaalla 260. Kaukaan tehdasalueen ilmakuva ja puunkäsittelyn sijainti on esitetty kuvassa 1. (2.)

Sellutehtaalla valmistetaan havu- ja koivusellua, ja tuotantokapasiteetti on 740 000 tonnia vuodessa. Tehdasintegraatti käyttää puuta rekkakuormiksi muutettuna 270 kuormaa päivässä. Puolet puusta toimitetaan autolla ja puolet junalla, aluksilla tai uittamalla. (2.)



- |                          |                     |                 |
|--------------------------|---------------------|-----------------|
| 1. Biologinen puhdistamo | 4. Biojalostamo     | 7. Saha         |
| 2. Mutteri-konttori      | 5. Kaukaan Voima Oy | 8. Paperitehdas |
| 3. Tutkimuskeskus (NERC) | 6. Sellutehdas      | 9. Pääportti    |

Kuva 1. Kaukaan tehdasalue (2.) (muokattu)

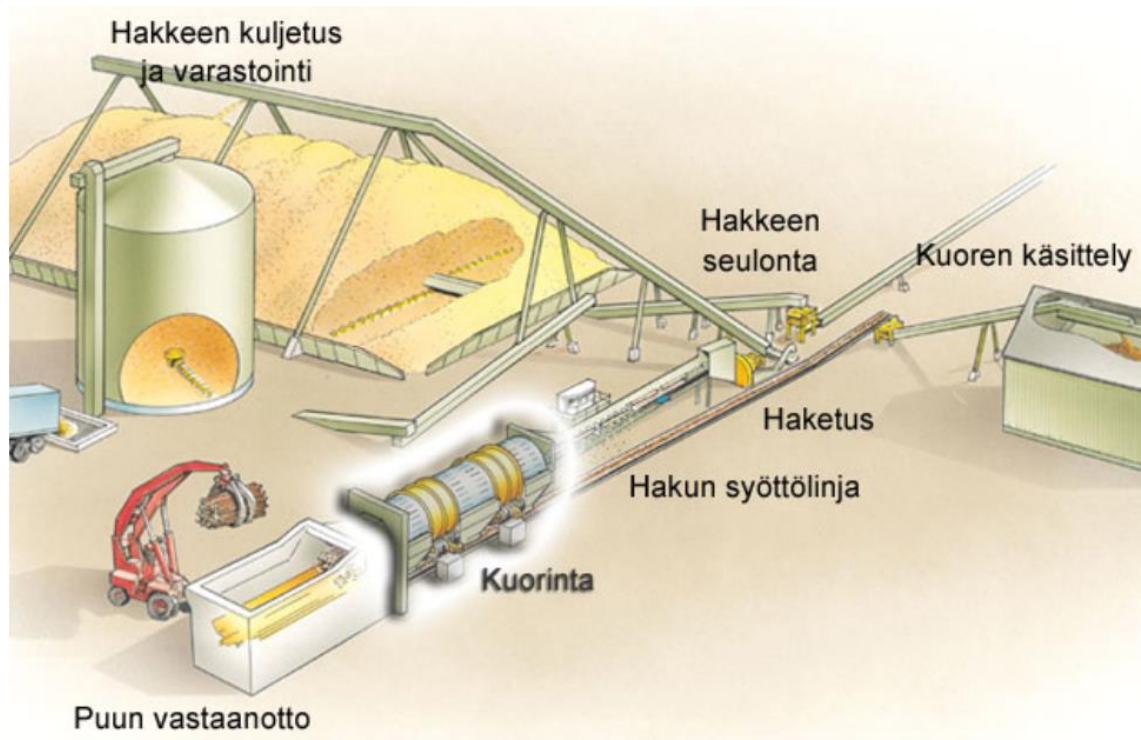
## 2.2 Puunkäsittely

Puunkäsittelyn tarkoituksena on tuottaa tehtaalle tuoduista puista sopivan kokoista haketta sellukeittämölle. Puunkäsittely on ensimmäinen sellun valmistuksen prosessi, joten se vaikuttaa kaikkiin sen jälkeisiin prosesseihin merkittävästi. Tämän vuoksi puuaineksen tasainen ja korkea laatu on erittäin tärkeää koko sellutehtaan toiminnan kannalta. (3.)

Kun puuta tuodaan tehtaalle, se joko varastoidaan tai käytetään heti. Puun liian pitkä varastoiminen heikentää hakkeen laatua, joten puu kannattaa käyttää mahdollisimman tuoreena. Puunkäsittelyn ensimmäisessä vaiheessa puut syötetään sulakuljettimeen, joka puhdistaa puun hiekasta ja talviaikaan sulattaa kuorikerroksen jäätä. Sulattamisen jälkeen puut ajautuvat kuorimarumpuun, jossa puut hankautuvat toisiaan vasten ja kuori irtoaa. Kuori aiheuttaa ongelmia sellunkeitossa, joten puun täydellinen kuoriutuminen on erityisen tärkeää. Kuorimarummun jälkeen kuoritut puut jatkavat matkaansa syöttökuljetinta pitkin hakkuun. Hakussa puusta on tavoitteena tuottaa hyvälaatuista ja homogeenista haketta. Haketuksen jälkeen hakkeet ajetaan hakekasaan, josta ne puretaan ruuvipurkaimilla hihnakuljettimelle. Hihnakuljetin kuljettaa hakkeet seulomoon. Seulomossa hakkeesta poistetaan jatkoprosessia haittaavat jakeet. Liian isot jakeet voidaan palauttaa pienentämisen jälkeen hakevirtaan. Pienimmät jakeet eli purujae poistetaan yleensä jatkoprosessista ja ohjataan joko kuoren kanssa poltettavaksi tai omaan keittoprosessiin. Hakkeen seulonnassa ei kuitenkaan voida tehdä huonosta hakkeesta hyvää. Seulonnan jälkeen hake säilötään keittämön katolla oleviin hakesiiloihin, josta se tyhjennetään keittimiin. Yleiskuva puunkäsittelyn prosessista on esitetty kuvassa 2. Kaukaan puunkäsittelyn prosessi eroa kuvan prosessista siten, että täällä hake seulotaan vasta hakekasojen jälkeen. (3)

Puunkäsittelyssä on noin 900 keskusvoitelupiirissä olevaa rasvauskohdetta ja 300 käsivoitelukohdetta. Näistä suuri osa on erilaisia hakkeen kuljettamiseen tarkoitettuja laitteita, esimerkiksi hihna-, ja ketjukuljettimia sekä ruuvipurkaimia. (3.)





Kuva 2. Puunkäsittelyn prosessi (3.)

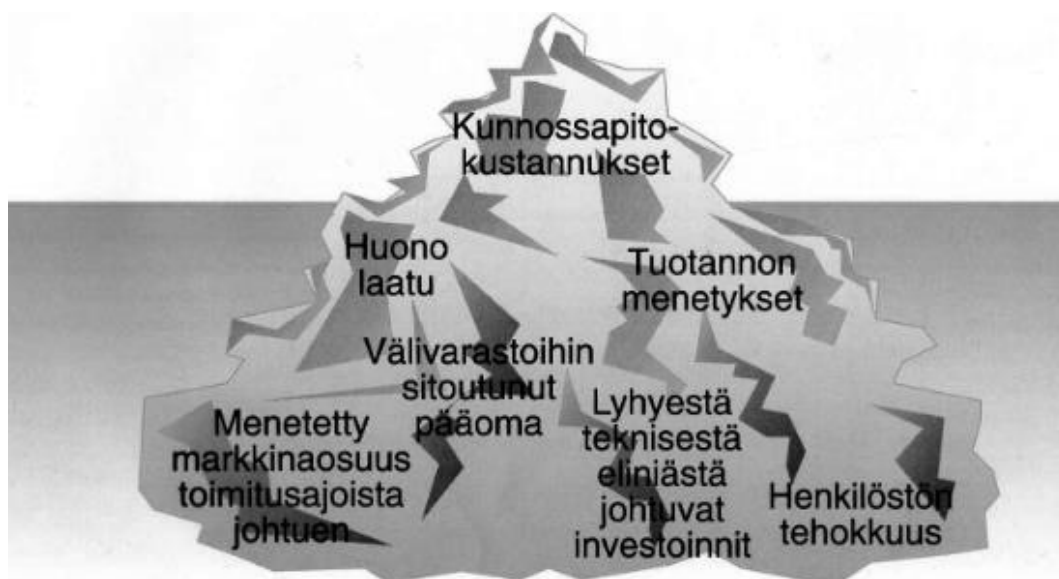
### 3 Kunnossapito

Kunnossapito on kaikkien rikkoutuvien koneiden tai laitteiden pitämistä toimintakuntoisena. Kaikki korjaaminen on kunnossapitoa, mutta kaikki kunnossapito ei ole pelkästään korjaamista. Kunnossapitoon sisältyvät käytännössä kaikki kohteen toimintakuntoa ylläpitävä toiminta ja suunnitelmat, esimerkiksi huolto-suunnitelmat, ennakkohuollot, kunnonvalvonta ja kunnossapitokustannuslaskelmat.

PSK Standardisointiyhdistys Ry määrittelee kunnossapidon seuraavasti: *Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.* (4.)

Nykyaikaisessa tuotantolaitoksessa prosessin jatkuva toiminta ja käyttövarmuus on tullut entistä tärkeämmäksi. Samaan aikaan kunnossapidon kustannuksia on täytynyt saada pienemmäksi. Tämän vuoksi oikein suunniteltu ja toteutettu kunnossapito on entistä tärkeämpää. Kunnossapidosta säästämisen vaikutukset

eivät näy välittömästi, vaan voi mennä kuukausia tai vuosia ennen kuin normaalia tiheämpää vikaantumista alkaa ilmetä. Kun laitteiston yleinen kuntotaso on päässyt näin huonoon kuntoon niin kunnossapitokustannukset alkavat nopeasti kasvaa. Pitkällä aikavälillä tarkasteltuna kustannustehokkain kunnossapitoratkaisu on ehkäisevää kunnossapitoa. Tulee edullisemmaksi pitää laitteet hyväkuntoisina oikeanlaisilla huoltosuunnitelmilla kuin säästää ennakkohuolloista, joka aiheuttaa vähitellen laitteen toimintakunnon romahtamisen. Kuva 3 antaa hyvän käsityksen kunnossapidon kustannuksista, ja siitä mihin kaikkeen ne vaikuttavat. (5)

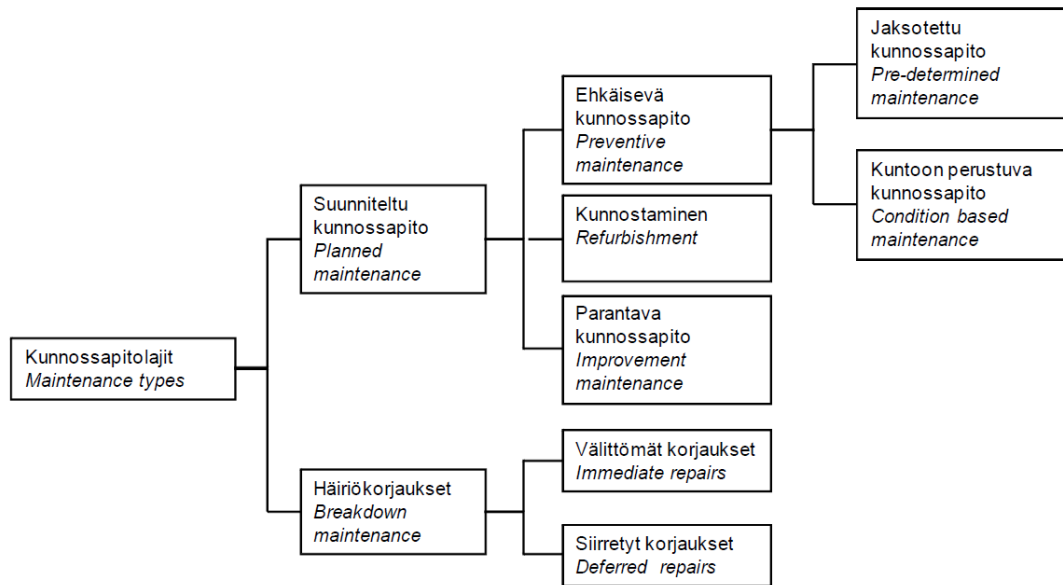


Kuva 3. Kunnossapidon kustannukset (5.)

### 3.1 Kunnossapitolajit

Kunnossapito jaetaan usein karkeasti ennakoivaan ja korjaavaan kunnossapitoon. Korjaava kunnossapito tarkoittaa yksinkertaisuudessaan sitä, että laite huolletaan vasta sen jälkeen, kun vaurio on ehtinyt jo syntyä. Ennakoiva kunnossapito tarkoittaa sitä, että laitteen toimintakuntoa parannetaan tai ylläpidetään ennen kuin laite on menettänyt toimintakykynsä osittain tai kokonaan.

Kuvassa 4 on esitettyinä kunnossapitolajit karkeasti lajiteltuna (6.)



Kuva 4. Kunnossapitolajit (6.)

Korjaavassa kunnossapidossa vaurioituminen tulee yllätyksenä ja aiheuttaa yleensä suunnittelemattoman seisokin, jolloin prosessi joudutaan keskeyttämään. Keskeytyksestä aiheutuneet kustannukset tuotannonmenetyksestä ovat usein moninkertaisesti suuremmat kuin laitteen korjauskustannukset. (5.)

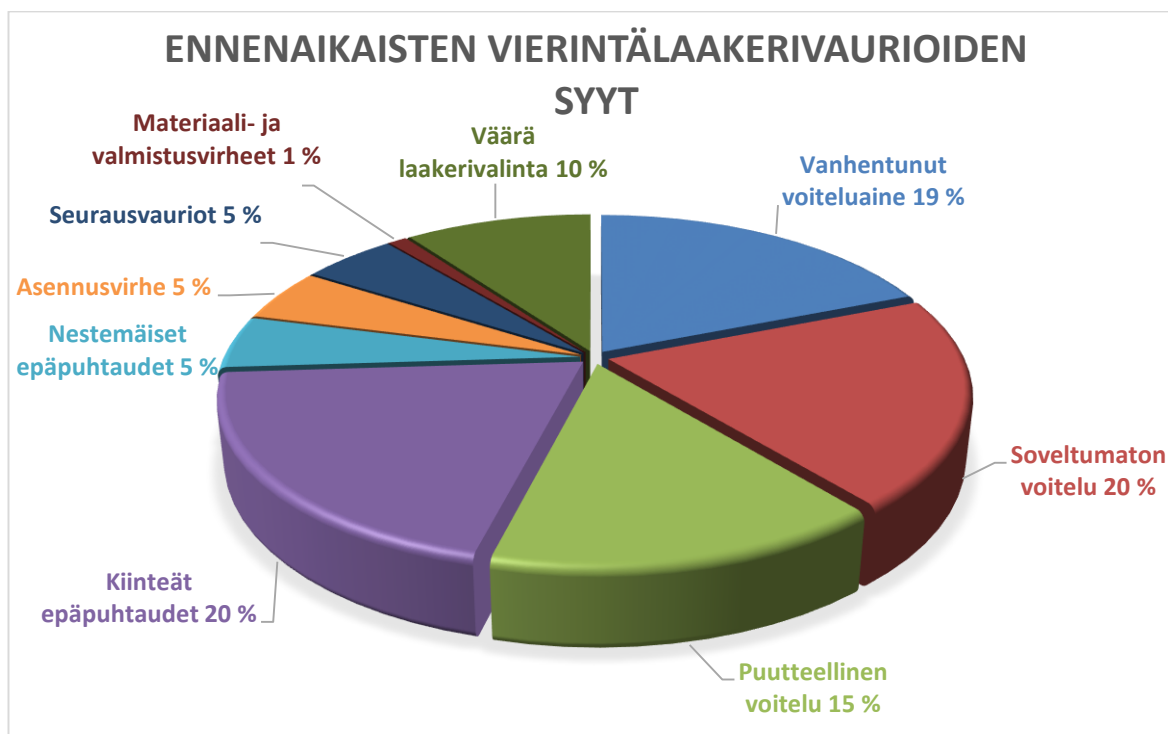
Ennakoivan kunnossapidon tarkoitus on estää suunnittelemattomat seisokit ja prosessin katkeaminen. Ennakoiva kunnossapito kattaa ehkäisevän kunnossapidon, eli säännöllisen huoltotoiminnan, sekä mittaavan kunnossapidon. Säännöllinen huoltotoiminta tarkoittaa huoltosuunnitelman mukaisia ennakkohuoltoja laitteille, jolloin niiden toimintakunto säilyy vaaditulla tasolla. Mittaavaan kunnossapitoon kuuluvat yleiset tarkastuskierrokset ja kunnonvalvontamittaukset. Kunnonvalvonta tarkoittaa koneen kunnon määrittämistä sen käynnin aikana. Se perustuu muutosten seuraamiseen mittaussuureissa. Esimerkiksi lämpötilan kasvu tai värinän lisääntyminen laitteessa kertoo koneen kunnon tilasta. Saatu tieto analysoidaan ja sitä verrataan laitteen aikaisempaan mittaustietoon. Tämän perusteella luodaan arvio vaurion vakavuudesta ja voidaan ennustaa jäljellä olevaa käyttöikä. (5.)

### 3.2 Voitelun merkitys kunnossapidossa

Voitelutoiminta voidaan luokitella ehkäisevään kunnossapitoon ja vielä tarkemmin jaksotettuun kunnossapitoon kuuluvaksi. Laitteiden voitelu tapahtuu ennalta laaditun voiteluhuoltosuunnitelman mukaisesti. Laitteen voitelua tarvitsevia osia käydään voitelemassa säännöllisin väliajoin, vaikkei vikaantumista olisi havaittavissa. (7.)

Oikein suunniteltu voitelu on tehokas tapa säästää kunnossapitokustannuksia ja lisätä laitteen käyttövarmuutta ja elinikää. Puutteellinen tai vääränlainen voitelu johtaa nopeasti laitteen ennenaikaiseen kulumiseen ja rikkoutumiseen. Voiteluainekustannukset ovat minimaaliset verrattuna laitteen hankinta- tai huoltokustannuksiin, ja niiden vaikutus on todella merkittävä laitteen eliniälle. (7.)

Tutkimusten mukaan ennenaikaisten vierintälaakerivaurioiden syistä jopa 54 prosenttia liittyy suoraan voiteluun ja 25 prosenttia epäsuorasti epäpuhtauksien kautta (taulukko 1). Ongelmallisia ovat erityisesti manuaaliseen voiteluun kuuluvat laitteet. (7.)



Taulukko 1. Vierintälaakerivaurioiden syyt (7.)

## 4 Voitelun perusteet

Eri nopeudella liikkuvat pinnat aiheuttavat keskenään kitkaa ja kulumista. Tämän vuoksi ne erotetaan voiteluainekalvolla. Voiteluainekalvon paksuuteen, pintojen väliseen kitkaan ja kulumiseen vaikuttaa merkittävästi se, millaista voiteluainetta käytetään. Voitelun tärkeimpiä tehtäviä on erottaa pinnat toisistaan, pienentää kitkaa, vähentää kulutusta, jäähdyttää ja estää epäpuhtauksien pääsy sekä kuljettaa epäpuhtaudet kulumishiukkasten kanssa pois voideltavasta kohteesta. (8.)

Voitelu vaikuttaa ratkaisevasti koneen käyttöikään ja luotettavuuteen. Tämän vuoksi on ensiarvoisen tärkeää panostaa laadukkaaseen voiteluun ja voiteluaineisiin teollisuudessa. Väärillä voiteluaineilla ja -määrillä saadaan aikaan odottamattomia laiterikkoja ja kalliita laakerivaurioita. Ammattitaitoisella ja hyvin toutetulla voitelulla pystytään säästämään merkittäviä summia.

### Voitelumekanismit

Toistensa suhteen liikkuvien pintojen kitkaa ja kulumista vähennetään tyypillisesti voitelun avulla aina kun se on mahdollista. Voitelu voidaan jakaa käyttö- ja suunnitteluarvojen perusteella rajavoiteluun, sekavoiteluun ja puhtaaseen nestevoiteluun. (8.)

Rajavoitelutilanteessa pinnankarheushuiput ovat korkeampia kuin voiteluainekalvon paksuus, joten ne ovat kosketuksessa keskenään. Voitelu perustuu keskeisesti pintakalvojen tarttuvuuteen ja stabiilisuuteen. Voiteluaineen muodostaa pintoja suojaava ja liukastava kalvo, kun EP-lisäaineet alkavat reagoimaan. Kitkakerroin voi kohota kuivakitka-arvojen tasolle, jos pintakalvo pettää (kuva 5). (9.)

Sekavoitelutilanne on raja- ja nestevoitelun välimuoto. Siinä osan kuormasta kantaa voiteluainekalvo ja lopun kantavat pinnankarheushuiput. Tässä tilanteessa kitkakerroin voi vaihdella suuresti vähäisenkin lämpötilanmuutoksen johdosta. Voiteluainekalvon ohentuessa pinnankarheushuippujen kantama osa kasvaa, jolloin kitkakerroin kasvaa suuresti. (9.)

Puhtaassa nestevoitelussa pintojen välillä on voitelukalvo, joka erottaa ne täysin. Nestevoitelussa kitka on vähäinen ja kulumista esiintyy hyvin vähän. Nestevoitelu voidaan jakaa hydrodynaamiseen, elastohydrodynaamiseen ja hydrostaattiseen voiteluun. (9.)

Hydrodynaamisessa voitelussa pinnat on täysin erotettu voitelukalvolla. Kun pinnat pyörivät eri nopeudella ja kiilamainen pinta saa aikaan suppenevan öljykalvon, niin siihen muodostuu ylipaine. Ylipaine kantaa laakeriin kohdistuvan kuormituksen. Voiteluaineen viskositeettiin vaikuttaa vain sen lämpötila. Paine on voiteluainekalvossa alhainen, joten pinnat voidaan olettaa jäykiksi ja voiteluaineen viskositeetti riippumattomaksi paineesta. (9.)

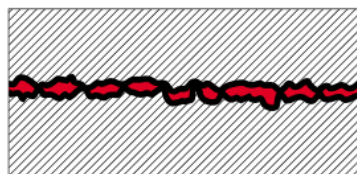
Elastohydrodynaamista voitelua tapahtuu, kun suuret kuormitukset välittyvät pienen kosketuspinta-alan kautta, esimerkiksi hammaspyörissä ja vierintälaakereissa. Korkeat kosketuspaineet saavat aikaan merkittäviä elastisia muodonmuutoksia ja voiteluaineen viskositeetin nousua paineen vaikutuksesta. Voiteluainekalvo säilyy kimmoisten muodonmuutosten johdosta ehjänä, koska kosketettava pinta-ala suurenee ja voiteluaine ei ehdi puristua ulos kosketuskohdasta. (9.)

Hydrostaattisessa voitelussa öljynpaine tehdään pumpaamalla voiteluaine liukupintojen välissä olevaan voiteluainetaskuun. Öljynpaine mahdollistaa pintojen erottamisen toisistaan, vaikka suhteellista liikettä pintojen välillä ei tapahtuisikaan. (9.)

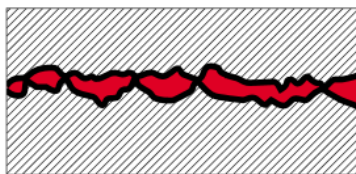
#### 1: Erilaisia voiteluolosuhteita



a) Täysvoitelu  
Kantava öljykalvo erottaa pinnat täydellisesti toisistaan.



c) Rajavoitelu  
Olosuhteet riippuvat ensisijaisesti rajakalvon ominaisuuksista



b) Osavoitelu  
Sekä kantavaöljykalvo että rajakalvo ovat merkittäviä

■ Rajakalvo      ■ Voiteluainekerros

Kuva 5. Voitelumekanismit. (9.)

## 5 Voiteluaineet

Voiteluaineen ominaisuuksien on tärkeää tyydyttää voitelukohteen vaatimat ominaisuudet. Koska voitelukohteiden olosuhteet vaihtelevat paljon, myös voiteluaineiden ominaisuuksien pitää vaihdella. Tämän vuoksi voiteluaineita on olemassa paljon erilaisia. Voiteluaineiden ominaisuudet varmistetaan analyyseillä ja testeillä valmistusvaiheessa ja käytön aikana seuraamalla. (10.)

Ominaisuuksien avulla varmistetaan, että voiteluaineelle asetettavat tavoitteet saavutetaan käyttökohteessa. Öljykalvonpaksuuden tulee olla riittävän korkea pintojen välillä. Lämpötilaominaisuudet, kuten haihtuvuus, leimahduspiste ja jäähmettymispiste, määrittävät sopivan lämpötila-alueen. Ilman ja veden sekoitumisominaisuudet, kuten vaahtoaminen ja ilman erottuminen, määrittävät missä vaiheessa voiteluainekalvo pettää. (10.)

Tärkein yksittäinen ominaisuus voiteluaineilla on viskositeetti. Viskositeetti määrittää voiteluainekalvon paksuuden ja siten kalvon toimivuuden. Yleisesti korkea viskositeetti tarkoittaa paksumpaa voiteluainekalvoa ja matala viskositeetti ohutta kalvoa. Jos voiteluainekalvo on liian ohut, niin voideltavat pinnat osuvat toisiinsa ja kitka kasvaa merkittävästi. Jos taas voiteluainekalvo on liian paksu, niin kuluu enemmän energiaa. Viskositeetin muutokseen vaikuttavat paine, lämpötila ja leikkaantumisnopeus. Kaikkiin näihin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa valmistusvaiheessa, ja sopiva voiteluaine löytyy jokaiseen kohteeseen. Normaalisti mahdollisimman ohut voiteluainekalvo, joka pitää pinnat erillään, on suositeltava. (10.)

### 5.1 Voiteluöljyt

Voiteluaineista suurin osa on nestemäisiä ja useimmiten öljypohjaisia. Perusöljyinä käytetään mineraali- ja kasviöljyjä sekä synteettisiä öljyjä. Jokaisella perusöljyllä, valmistustavalla ja lisäaineella on etunsa ja ongelmansa. (8.)

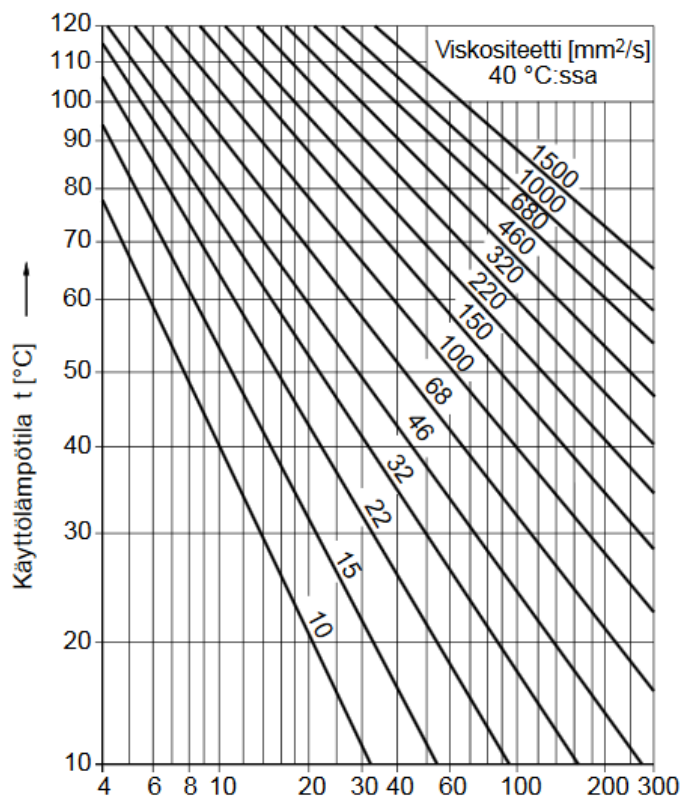
Viskositeetti on merkittävä tekijä voiteluöljyä valittaessa. Viskositeetti ilmaisee öljyn kykyä vastustaa virtausta. Pienemmän viskositeettiluokan öljy on juoksevampaa kuin suuren viskositeettiluokan öljy. Viskositeetti vaihtuu lämpötilan vaihtuessa, ja lämmitessä öljystä tulee juoksevampaa (taulukko 3).

Voiteluöljyjen viskositeettiluokitus ISO 3448:n mukaan on esitetty taulukossa 2.

(8)

| ISO VG luokka | Viskositeetin keskiarvo $\frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$ 40 °C |
|---------------|--|
| ISO VG 2      | 2,2  |
| ISO VG 3      | 3,2  |
| ISO VG 5      | 4,6  |
| ISO VG 7      | 6,8  |
| ISO VG 10     | 10,0   |
| ISO VG 15     | 15,0   |
| ISO VG 22     | 22,0   |
| ISO VG 32     | 32,0   |
| ISO VG 46     | 46,0   |
| ISO VG 68     | 68,0   |
| ISO VG 100    | 100,0  |
| ISO VG 150    | 150,0  |
| ISO VG 220    | 220,0  |
| ISO VG 320    | 320,0  |
| ISO VG 460    | 460,0  |
| ISO VG 680    | 680,0  |
| ISO VG 1000   | 1000,0   |
| ISO VG 1500   | 1500,0   |

Taulukko 2. Teollisuusöljyjen viskositeettiluokitus (ISO 3448)



Taulukko 3. Mineraaliöljyn viskositeetti-lämpötilakäyrästä (8.)



### **5.1.1 Mineraaliöljyt**

Mineraaliöljyt valmistetaan raakaöljystä tislaamalla tai puhdistamalla. Raakaöljyjen koostumukset voivat vaihdella jopa lähdekohtaisesti. Eri raaka-aineella ja jalostusmenetelmillä on omat hyvät ja huonot puolensa. Haluttuja ominaisuuksia raakaöljyille ovat pieni aromaatti- ja rikkipitoisuus sekä kemiallinen kestävyys hapettumista vastaan. (8.)

Raakaöljyn hiilivetytyypit vaikuttavat lopputuotteen erilaisiin ominaisuuksiin, kuten viskositeetti-indeksiin, tiheyteen sekä leimahdus- ja jähmepisteeseen. Tärkeimmät ja yleisimmät hiilivetytyypit ovat parafeeniset, nafteeniset ja aromaattiset hiilivedyt. (8.)

### **5.1.2 Synteettiset öljyt**

Synteettiset öljyt valmistetaan orgaanisista lähtöaineista kemiallisella synteesillä. Lähtöaineen alkuperänä voi olla raakaöljy, kaasu, hiili tai kasvisöljy. Synteesin avulla pystytään valmistamaan voiteluaineiden perusöljyt ja lisäaineet. Tyypillisimpiä synteettisiä perusöljyjä ovat synteettiset hiilivedyt, esterit ja polyglykolit. Synteettisten öljyjen ominaisuuksia on koottu taulukkoon 4. (11.)

Synteettiset perusöljyt soveltuvat hyvän viskositeetti-indeksinsä johdosta kylmiin ja kuumiin olosuhteisiin mineraaliöljyjä paremmin. Niiden voitelevuus on merkittävästi mineraalipohjaisia öljyjä parempi, ja ne säilyttävät voiteluominaisuutensa hyvinä pidempään. Hinnaltaan synteettiset voiteluöljyt ovat huomattavasti mineraaliöljyjä kalliimpia. (8.)

|                      | Viskositeetti-lämpötila-käyttäytyminen | Kulumissuoja | Kitkakäyttäytyminen | Vaikutus maaleihin | Vaikutus tiivistemateriaaleihin | Sekoitettavuus mine-raaliöljyyn | Kylmäkäyttäytyminen | Hapettumiskestävyys korkeissa lämpötiloissa | Syttyvyys | Suhteellinen hinta |
|----------------------|--|--------------|---------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|---|-----------|--------------------|
| Mineraaliöljy        | 0                                      | 0            | +                   | +++                | +++                             |                                 | 0                   | 0   | -         | 1                  |
| VHVI                 | ++                                     | ++           | ++                  | +++                | +++                             | +++                             | +                   | ++  | -         | 4                  |
| Polyalfaolefiinit    | ++                                     | 0            | +                   | +++                | ++                              | +++                             | ++                  | ++  | -         | 5                  |
| Alkyylibentseenit    | 0                                      | 0            | +                   | +++                | +++                             | +++                             | +                   | 0   | -         | 4                  |
| Diesterit            | ++                                     | 0            | +                   | -                  | 0                               | +                               | +                   | +   | 0         | 5                  |
| Polyoliesterit       | ++                                     | 0            | ++                  | -                  | 0                               | 0                               | ++                  | +++   | 0         | 5                  |
| Polyglykolit         | ++                                     | +++          | +++                 | +                  | +                               | -                               | +                   | +++   | 0         | 6                  |
| Fosforihap-poesterit | -                                      | ++           | ++                  | -                  | 0                               | -                               | 0                   | +   | ++        | 6                  |
| Silikoniöljyt        | +++                                    | -            | -                   | ++                 | +++                             | -                               | +                   | +   | +         | 40                 |

+++ erinomainen    ++ erittäin hyvä    + hyvä    0 välttävä    - huono

Taulukko 4. Synteettisten öljyjen vertailu (8.)

### 5.1.3 Voiteluöljyn valinta puunkäsittelyssä

Voiteluaineen valintaan vaikuttavat kuormitusolosuhteet. Voiteluaineen on oltava riittävän paksua hitaimman hammasrattaan voiteluun ja riittävän notkeaa nopeimmin pyöriin laakereihin. Yleissääntönä on, että mitä korkeampi rasitus ja suuremmat voimat vaihdelaatikossa vaikuttavat, sitä paksumpaa öljyä käytetään. Vaihdelaatikon sääolosuhteiden vuoksi viskositeetin pitää säilyä optimaalisena lämpötilan vaihdeltaessa. Näiden lisäksi voiteluaineelta vaaditaan myös paineenkesto-, korroosionkesto- ja vaahdonesto-ominaisuuksia. (8.)

Puunkäsittelyssä käytetään vaihteistojen voiteluöljyinä sekä synteettisiä että mineraalipohjaisia öljyjä. Tyypillisesti ulkona olevissa vaihdelaatikoissa käytetään synteettisiä öljyjä ja sisätiloissa olevissa mineraaliöljyjä. Poikkeuksia kuitenkin on ja voiteluaineen valinta tulee aina tehdä tapauskohtaisesti. (12.)

Hyvänä esimerkkitapauksena voidaan käyttää havupuolen puruseulan vaihdelaatikoiden voiteluaineen valintaa. Vaihdelaatikot sijaitsevat tasalämpöisessä sisätilassa, ja aiemmin niissä käytettiin mineraaliöljyä. Vaihdelaatikoissa havaittiin kuitenkin luotettavuusongelmia, ja ne hajosivat huomattavasti ennen oletettua käyttöikää. Pelkästään vuoden 2013 aikana vaihdelaatikoita jouduttiin vaihtamaan viisi kertaa. Öljyalaatu päätettiin vaihtaa synteettiseen öljyyn, minkä jälkeen luotettavuusongelmat hävisivät ja vaihdelaatikoiden käyttöikä moninkertaistui. Synteettisen öljyn vaihtamisen jälkeen vaihdelaatikoita on jouduttu vaihtamaan keskimäärin kaksi kappaletta vuodessa (kuva 6). Puruseulan vaihdelaatikoiden öljytilavuus on vain 0,8 litraa, minkä takia öljyalaadulla ja öljyn kunnolla on erittäin suuri vaikutus kestoikään. (12.)

| Nimike   | Nimikkeen lyhyt selitys |              |            |         | Tmp     | Name 1 |      |        |    |
|----------|-------------------------|--------------|------------|---------|---------|--------|------|--------|----|
| Var.     | TLj                     | Nimiketos.   | Kirjauspvm | Määrä   | RMY:inä | PMY    | RMY  | Määrä  | St |
| 18515675 |                         | LIERIÖVAIHDE | KUMER      | RF-3080 | 1-45785 | 11,20  | KAU1 | Kaukas | Pu |
| EWM      | 261                     | 7905928723   | 09.01.2017 |         | 1-      | KPL    | KPL  | 1-     |    |
| EWM      | 101                     | 7905928722   | 09.01.2017 |         | 1       | KPL    | KPL  | 1      |    |
| EWM      | 261                     | 7905659320   | 22.08.2016 |         | 1-      | KPL    | KPL  | 1-     |    |
| EWM      | 101                     | 7905659319   | 22.08.2016 |         | 1       | KPL    | KPL  | 1      |    |
| EWM      | 261                     | 7905579093   | 11.07.2016 |         | 1-      | KPL    | KPL  | 1-     |    |
| EWM      | 101                     | 7905579092   | 11.07.2016 |         | 1       | KPL    | KPL  | 1      |    |
| MRO      | 261                     | 7905170346   | 24.03.2016 |         | 1-      | KPL    | KPL  | 1-     |    |
| MRO      | 261                     | 7904935899   | 24.11.2015 |         | 1-      | KPL    | KPL  | 1-     |    |
| MRO      | 261                     | 7904304116   | 16.01.2015 |         | 1-      | KPL    | KPL  | 1-     |    |
| MRO      | 261                     | 7903495044   | 09.01.2014 |         | 1-      | KPL    | KPL  | 1-     |    |
| MRO      | 261                     | 7903434332   | 05.12.2013 |         | 1-      | KPL    | KPL  | 1-     |    |
| MRO      | 261                     | 7903376668   | 08.11.2013 |         | 1-      | KPL    | KPL  | 1-     |    |
| MRO      | 261                     | 7903079902   | 20.06.2013 |         | 1-      | KPL    | KPL  | 1-     |    |
| MRO      | 261                     | 7902938175   | 19.04.2013 |         | 1-      | KPL    | KPL  | 1-     |    |
| MRO      | 261                     | 7902804851   | 13.02.2013 |         | 1-      | KPL    | KPL  | 1-     |    |

Kuva 6. Puruseulan vaihdelaatikoiden varastosaldo (UPM SAP)

Toinen esimerkkitapaus käsittelee sellupuukuorimon kuorimarummun vaihteita. Vaihteissa käytetään mineraaliöljyä, ja sellukuorimolla niiden on havaittu toimivan erittäin hyvin. Vaihdelaatikot sijaitsevat tasalämpöisessä sisätilassa, ja vaihteen öljytilavuus on 55 litraa. Samoilla öljyillä voidaan päästä jopa kolmen vuoden ajoikaan. Öljyn kunto tarkastetaan silmämääräisesti vuoden välein. (12.)

Sellupuukuorimon kuorilinjan laitteiden vaihteistoissa käytetään mineraaliöljyä. Niiden öljynvaihtoväli on 1,5 vuotta. Liitteessä 3 on laskettu kustannusvertailu suhteellisilla hinta-arvoilla kuorilinjan vaihteille. Siitä käy ilmi, että vaihteissa tulisi edullisemmaksi käyttää synteettisiä öljyjä, jos niiden öljynvaihtoväli olisi 3 vuotta tai enemmän. (12.)

Etenkin pienen öljymäärän vaihteistoissa on kustannustehokkaampaa käyttää synteettisiä öljyjä, koska vaihtotyön hinta on suhteellisesti paljon kalliimpi verrattuna öljyn hintaan. Isoissa vaihdelaatikoissa, kuten kuoripuristimien 600 litran vaihdelaatikoissa, on edullisempaa käyttää mineraaliöljyjä. Vaihtotyön hinta on suhteellisesti paljon halvempi verrattuna öljyn hintaan.

Öljyjen lisäksi myös huohottimella on erittäin tärkeä tehtävä vaihteiston toiminnan kannalta. Puunkäsittelyssä on kuluneiden vuosien aikana hajonnut muutamia vaihdelaatikoita huohottimista johtuvien vikojen vuoksi. Alkuperäinen huohotin on liian pieni, ja se tukkeutuu puunkäsittelyalueen haastavissa olosuhteissa. Tukkeutuminen aiheuttaa vaihteen sisällä ilmanpaineen nousun lämpötilan noustessa. Ilmanpaine kääntää tai pullauttaa tiivisteiden pois paikaltaan. Öljyt pääsevät vuotamaan pois vaihdelaatikosta ja lopulta laakerit hajoavat riittämättömän voiteluainekalvon takia. Vaihtelevissa olosuhteissa (12.)

## **5.2 Voitelurasvat**

Voitelurasvat koostuvat perusöljystä, saentimesta ja lisäaineista. Perusöljy muodostaa suurimman osan rasvan koostumuksesta, noin 80 – 95 %. Sillä on tärkein merkitys rasvan voiteluominaisuuksiin. Perusöljynä voidaan käyttää mineraali- ja synteettisiä öljyjä. Perusöljy ja saennin määrittävät voitelurasvan viskosimetriset- ja pumpattavuusominaisuudet. (10.)

### **5.2.1 Perusöljyt**

Perusöljy muodostaa suurimman osan voiteluainerasvan koostumuksesta, tyypillisesti noin 90 %. Sillä on merkittävä vaikutus rasvan voiteluominaisuuksiin. Rasvavoitelukohteen perusöljyn viskositeetin ja öljytyypin on oltava samanlaiset kuin vastaavantyyppisen öljyvoitelukohteen voiteluöljyllä. Rasvan jäykkyyteen vaikuttaa vielä lisäksi saentimen tyyppi ja määrä, jotka valitaan voitelukohteen perusolosuhteiden mukaan. (8.)

Voitelurasvoja on synteettis- ja mineraaliöljypohjaisia. Teollisuudessa suurin osa käytettävistä rasvoista on mineraaliöljypohjaisia. Synteettisiä rasvoja käytetään erityisesti kuumen- tai kylmänkestoa vaativissa kohteissa. (8.)

Yhdysvaltalainen National Lubricating Grease Institute (NLGI) loi konsistenssi-luokkajärjestelmän, jota nykyisin käytetään maailmanlaajuisesti. NLGI-luokka kuvaa rasvojen kiinteyttä. NLGI-luokka määritetään rasvalle normin mukaisen koekartion painumisena standardisoiduissa olosuhteissa rasvaan. Rasvojen NLGI-luokat ovat esiteltyinä taulukossa 5. (8.)

| <b>NLGI-luokka: DIN 51818</b> | <b>Tunkeuma DIN 51804/1; 1/10 mm</b> | <b>Olomuoto</b>  |
|-------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| 000                           | 445–475                              | nestemäinen      |
| 00                            | 400–430                              | juokseva         |
| 0                             | 355–385                              | todella pehmeä   |
| 1                             | 310–340                              | pehmeä           |
| 2                             | 265–295                              | ”normaali” rasva |
| 3                             | 220–250                              | kiinteä          |
| 4                             | 175–205                              | todella kiinteä  |
| 5                             | 130–160                              | kova             |
| 6                             | 85–115                               | todella kova     |

Taulukko 5. Rasvojen NLGI-luokitus (7.)

### 5.2.2 Saentimet

Saentimet ovat voiteluainerasvan toinen osa perusöljyn lisäksi. Voitelurasva saatetaan saentimen avulla kiinteään tai puolijuoksevaan muotoon. Saentimina käytetään metallisaippuoita, metallikompleksisaippuoita, orgaanisia ei-saippuayhdisteitä tai epäorgaanisia yhdisteitä. (7.)

Litiumrasvat ovat yleisimpiä nykyisin käytettäviä voitelurasvoja. Niillä on paljon hyviä ominaisuuksia: erinomainen leikkautumisenkestävyys, hyvä lämpötilankestävyys, tiivistysominaisuudet, vedensieto- ja korroosionestokyky. Niillä on myös laaja käyttölämpötila-alue, ja niiden ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa laajasti lisäaineistuksilla. (7.)

Kalsiumrasvojen vahvuuksia ovat hyvät ominaisuudet veden vaikutusta vastaan. Ne eivät helposti emulgoitu veden kanssa, minkä takia ne eivät peseydy voitelukohteesta pois. Kalsiumrasvojen toinen vahvuus on kohtuullisen hyvä kylmänsietokyky. (7.)

Kompleksisaentimiin perustuvilla rasvoilla on erittäin hyvät korkean lämpötilan-kesto-ominaisuudet. Niitä käytetään yleisimmin vaativissa ja korkealämpöisissä voitelukohteissa. Käytetyimmät saentimet ovat litium-, kalsium-, tai alumiini-komplekseja. Näillä rasvoilla päästään jopa 170 °C:n lämpötiloihin. (7.)

Orgaaniset saentimet ovat usein polyureakuituja tai polytetrafluorietyleenä (PTFE). Tällaisilla saentimilla toteutetuilla rasvoilla on erittäin hyvät veden- ja lämmönkesto-ominaisuudet, minkä vuoksi niiden käyttöikä on pitkä. Tällaiset rasvat ovat hyvin tyypillisiä kertavoideltujen laakereiden voiteluaineena, jolloin rasvaa ei lisätä tai vaihdeta laakerin elinaikana. Pumpattavuusominaisuudet ovat huonot, että ne eivät sovellu hyvin keskusvoitelujärjestelmiin. Myös korkea hinta rajoittaa näiden rasvojen käyttöä (7.)

Epäorgaanisista saentimista bentoniittisaveen perustuvien rasvojen vahvuuksina on laaja käyttölämpötila-alue. Toinen epäorgaaninen erikoisrasva on silikoni-rasva, jonka saentimena käytetään silikageeliä ja perusöljyjä silikoniöljyä. (7.)

Voitelurasvojen keskinäinen sekoitettavuus saentimen perusteella esiteltynä taulukossa 6.

|                      | Litium | Litium-kompleksi | Kalsium | Kalsium-kompleksi | Bentoniitti/Microgel | Natrium |
|----------------------|--------|------------------|---------|-------------------|----------------------|---------|
| Litium               | Sopii  | Sopii            | Sopii   | Ei                | Ei                   | Ei      |
| Litiumkompleksi      | Sopii  | Sopii            | Sopii   | Sopii             | Ei                   | Ei      |
| Kalsium              | Sopii  | Sopii            | Sopii   | Ei                | Sopii                | Ei      |
| Kalsium-kompleksi    | Ei     | Sopii            | Ei      | Sopii             | Ei                   | Ei      |
| Bentoniitti/Microgel | Ei     | Ei               | Sopii   | Ei                | Sopii                | Ei      |
| Natrium              | Ei     | Ei               | Ei      | Ei                | Ei                   | Sopii   |

Taulukko 6. Voitelurasvojen sekoitettavuus saentimen mukaan (8.)

### 5.2.3 Voitelurasvan valinta puunkäsittelyssä

Puunkäsittelyssä esiintyy paljon pölyisiä ja kosteita ympäristöolosuhteita. Suurin osa koneista on raskaasti kuormitettuja, joten rasvalta vaaditaan hyviä paineenkesto-ominaisuuksia. Rasvan tulee kestää myös hyvin lämpötilanvaihteluita, koska osa laitteista sijaitsee ulkona. Puunkäsittelyssä käytetään tällä hetkellä Tribol 3785/220-1.5 voiteluainetta, joka sopii alueen olosuhteisiin hyvin. Tribol 3785 on litiumkompleksi saentimeen perustuva rasva, minkä vuoksi se toimii laajalla lämpötila-alueella. Siihen on lisätty paineenkestolisäaineita, joten se kestää erittäin raskaasti kuormitettuja olosuhteita. (15)

Sähkömoottoreissa käytetään Mobil UNIREX N2 rasvaa, koska se soveltuu paremmin nopeasti pyöriville laitteille ja käyttökohteisiin, joissa rasvaa lisätään vain harvoin. Se on perusöljyn viskositeetiltään juoksevampaa, ja sillä on erinomainen vastuskyky mekaanista vatkautumista vastaan.

Muita käytettäviä rasvoja ovat esimerkiksi veden alla sijaitsevan koururuuvi-pumpun alapään laakeroinnin voitelussa käytettävä Molub-Alloy Biotop. Biotopin perusöljynä toimii synteettinen esteri ja saentimena kalsium, joiden ansiosta sillä on erittäin hyvät vedenkesto-ominaisuudet.

### 5.3 Lisäaineet

Perusöljy muodostaa voitelukalvon, jonka ansiosta voitelukohteen kitka ja kuluminen pienenee merkittävästi. Silti perusöljyn ominaisuudet eivät itsessään riitä kattamaan kaikkia vaatimuksia, mitä asetamme voiteluaineelle. Sen vuoksi niihin lisätään lisäaineita. Ne muuttavat perusöljyn käyttäytymistä antaen voiteluaineelle lopulliset ominaisuutensa. Tyypillisimmin lisäaineilla halutaan parantaa viskositeetti-indeksiä ja jähmettymispistettä, kulumisominaisuuksia paineen alla sekä parantaa voiteluaineen käyttöikä. (10.)

Viskositeetti-indeksin parantajilla halutaan pienentää öljyn viskositeetin riippuvuutta lämpötilasta. Tämä on tärkeää etenkin kohteissa, joissa on suuria lämpötilavaihteluita. (16.)

Hapettumisenestoaineet hidastavat orgaanisen aineen hapettumista. Hapettumisen hidastaminen lisää voiteluaineen kestoikää etenkin korkeissa lämpötiloissa. (16.)

Extreme pressure eli paineenkestolisäaineet luovat suojaavan kalvon metallipintojen välille. Liian suuret EP-lisäainepitoisuudet lisäävät kuitenkin korroosiota ja kulumista. Tämän takia öljyvalmistuksessa joudutaan tekemään kompromisseja lisäaineiden määrien suhteen. EP-lisäaineita käytetään tyypillisimmin hitaasti pyörivissä ja raskaasti kuormitetuissa vaihteissa. Kaukaan tehtailla suurimmasa osassa öljyistä löytyy EP-lisäaineita. (10.)

Korroosionestolisäaineet suojaavat pintoja ilman ja kosteuden vaikutuksilta. Sillä voidaan hillitä EP-lisäaineiden aggressiivisuutta korkeissa lämpötiloissa. (16.)

Voitelukykyä parantavat lisäaineet pienentävät kitkaa varsinkin silloin kuin liukunopeus on pieni. Tämä tapahtuu yleensä sekavoitelualueella eli käytännössä käynnistys- ja pysäytysvaiheessa. (16.)

Demulgaattorit parantavat veden erottumista ja emulgaattorit taas parantavat öljyn sekoittumista veteen esimerkiksi veteen sekoittuvissa työstönesteissä. (13.)

Vaahdonestolisäaineet kiihdyttävät vaahdon häviämistä öljyn joukosta. Vaahto vaikuttaa öljyn voiteluominaisuuksiin erittäin negatiivisesti sisältämänsä ilman vuoksi. (16.)

#### **5.4 Voiteluaineen puhtaus**

Voitelukalvo on tyypillisesti vain 0,3 – 2 µm paksu. Sen vuoksi pienetkin epäpuhtaudet saattavat vaikuttaa ratkaisevasti voitelutilanteeseen rikkomalla öljykalvon. Tämä alentaa kohteen elinikää ja käyttövarmuutta. (8)

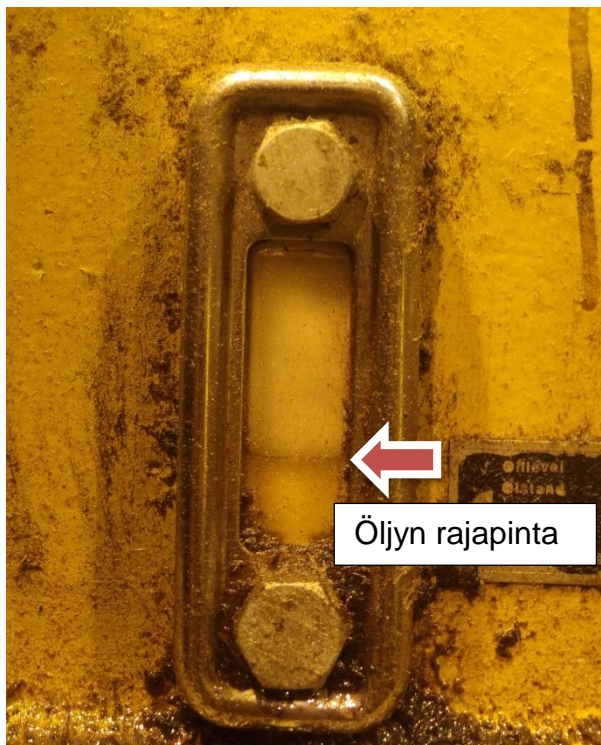
Voiteluaineiden kanssa työskenneltäessä on erittäin tärkeää huolehtia yleisestä siisteydestä ja järjestyksestä. Riittävän puhtaustason ylläpidolla varmistetaan, ettei voiteluaineiden joukkoon pääse epäpuhtauksia ympäristöstä. Voiteluainetaraston tulee olla järjestelmällinen ja siisti. Erilaisten voiteluaineiden tulee olla selkeästi merkittyinä ja öljytynnyrit oikein säilöttyinä. Jokaisen ihmisen, joka



astuu sisään öljyvarastoon, tulisi helposti nähdä mitä voiteluainetta on missäkin tynnyrissä, ja mikä astia on tarkoitettu millekin voiteluaineelle. (8)

Voiteluaineessa voi olla sisäisiä tai ulkopuolelta tulleita epäpuhtauksia. Sisäiset epäpuhtaudet ovat yleisemmin voitelukohteesta peräisin olevia kulumispartikkeleita. Yleisimpiä ulkopuolelta tulleita epäpuhtauksia ovat hiekka, metallipöly ja erilaiset tuotantoprosessista peräisin olevat aineet, esimerkiksi puru. Epäpuhtaudet pääsevät voiteluöljyn joukkoon viallisten ilmansuodattimien, akselien tiivistysten tai huoltoluukkujen kautta. (8)

Voitelijan tehtävänä on varmistaa, että vaihdettava öljy on riittävän puhdasta, eli se on pumpattu suodattimen läpi öljyastiaan ja öljyastia on puhdas. Tarkastettaessa öljyä vaihdelaatikosta, voitelija tekee öljylle aistinvaraisen tarkastelun. Siinä hän tutkii öljyn kuntoa sen hajun ja ulkonäön perusteella. Jos öljy haisee huonolta, se on tummunut, tai siinä tuntuu olevan epäpuhtauksia joukossa, niin se vaihdetaan. Kirkasta ja hyvälaatuista öljyä ei ole järkevää lähteä vaihtamaan, joten silloin jätetään vaihtaminen tekemättä ja tarkastetaan öljy taas seuraavalla kerralla. Pelkästään vaihdelaatikon öljysilmästä voi tehdä jo ensiarvion öljyn kunnosta, kuvassa 7 öljy on kirkasta ja näyttää hyväkuntoiselta.



Kuva 7. Öljyn rajapinta vaihdelaatikossa (kuva: Henriikki Helander)

Öljyjen epäpuhtauksien selvittämiseksi on otettu käyttöön ISO 4406/2000 luokittelu hiukkaspitoisuuksista. Sen avulla hiukkaslaskennan vertailut helpottuvat. Äkilliset öljyjärjestelmän rikkoutumiset aiheutuvat yleensä isoista öljyn seassa kulkevista hiukkasista (> 14µm). Hitaammin ilmenevät viat ja kuluminen aiheutuu taas pienemmistä (4µm-6µm) kokoisista hiukkasista. Tämä on yksi syy, minkä vuoksi ISO 4406/2000 standardin viitekoot ovat 4µm, 6µm ja 14µm. Standardin luokittelutavan saamme selville parhaiten taulukosta 7. (17.)

|   | Yli       | Asti       | Luokka |
|---|-----------|------------|--------|
|   | 8.000.000 | 16.000.000 | 24     |
|   | 4.000.000 | 8.000.000  | 23     |
|   | 2.000.000 | 4.000.000  | 22     |
| Tyypillinen, esimerkiksi, tuuliturbiinin vaihteistosta otettu näyte, sisältää jokaista 100 ml kohden: | 1.000.000 | 2.000.000  | 21     |
|   | 500.000   | 1.000.000  | 20     |
|   | 250.000   | 500.000    | 19     |
|   | 130.000   | 250.000    | 18     |
|   | 64.000    | 130.000    | 17     |
|   | 32.000    | 64.000     | 16     |
|   | 16.000    | 32.000     | 15     |
| noin 450,000 hiukkasta > 4 mikronia   | 8.000     | 16.000     | 14     |
| noin 120,000 hiukkasta > 6 mikronia   | 4.000     | 8.000      | 13     |
| noin 14,000 hiukkasta > 14 mikronia   | 2.000     | 4.000      | 12     |
|   | 1.000     | 2.000      | 11     |
|   | 500       | 1.000      | 10     |
| Oikealla esitellään ISO luokittelutaulukko, tässä öljynäytteessä epäpuhtauksien taso on 19/17/14.     | 250       | 500        | 9      |
|   | 130       | 250        | 8      |
|   | 64        | 130        | 7      |
|   | 32        | 64         | 6      |
| <b>Maksimimäärä hiukkasia 100 ml nestettä kohden hiukkasten kokoalueiden mukaan.</b>                  |           |            |        |

Taulukko 7. Epäpuhtausluokat (ISO 4406/2000 standardi)

Taulukosta 8 näemme, kuinka paljon öljyn epäpuhtaudet vaikuttavat vaihdelaatikon kestoikään. Taulukko on laadittu öljyvoitelujärjestelmälle, mutta sitä voi käyttää soveltaen myös normaalien vaihdelaatikoiden kohdalla. Uusi öljy kuuluu luokkaan ISO 19/17/14, jolloin parannuskerroin on 75 % ja puhdas öljy luokkaan ISO 16/14/11, jolloin parannuskerroin on 150 %. Puhtaassa öljyssä on melkein 10 kertaa vähemmän hiukkasia, jolloin myös vaihteiston kestoikä paranee merkittävästi. Tämän vuoksi on erityisen tärkeää suodattaa tynnyristä otettu uusi öljy. (17)

| ISO koodi    | Kuvaus                  | Sovelluskohde             | Parannuskerroin | *       |
|--------------|-------------------------|---------------------------|-----------------|---------|
| ISO 14/12/10 | Erittäin puhdas öljy    | Kaikkiin järjestelmiin    | 200%            | 8,5 kg  |
| ISO 16/14/11 | Puhdas öljy             | Kriittiset vaihteistot    | 150%            | 17 kg   |
| ISO 17/15/12 | Hieman saastunut öljy   | Vakiovaihteistot          | 100%            | 34 kg   |
| ISO 19/17/14 | Uusi öljy               | Ei-kriittiset vaihteistot | 75%             | 140 kg  |
| ISO 22/20/17 | Erittäin saastunut öljy | Ei sovellu vaihteistoihin | 50%             | >589 kg |

\* kg järjestelmäpumpun ohittavia kiinteitä hiukkasia vuosittain annetulla ISO-koodilla.

Taulukko 8. Epäpuhtauksien vaikutus vaihteistoihin (Clean Oil Guide)

## 5.5 Voiteluaineen valinta

Valittaessa voiteluainetta käyttökohteeseen tulee valita mahdollisimman tarkoituksenmukainen ja kustannustehokas voiteluaine. Jotta tähän tilanteeseen päästäisiin, pitää ottaa huomioon seuraavat asiat:

Voiteluaineen täytyy soveltua käyttökohteen lämpötilaan, sekä olla yhteensopiva laitteessa käytettyjen materiaalien kanssa. (13.)

Laitteen kuormitusolosuhteet tulee tietää: Pyörimisnopeus, laakerien koko, kuormituksen määrä ja nopeuden vaihtelut. Kun kuormitus on värähtelevää tai iskumaista, on voiteluaineen valinta haastavaa, ja siihen tulee kiinnittää erityistä huomiota. (8.)

Voiteluaineen tulee toimia voitelujärjestelmässä. Se ei saa erkaantua tai vaahdottua. Keskusvoitelujärjestelmää käytettäessä voiteluaineen täytyy myös olla riittävän notkeaa pumpulle. (13.)

Mahdolliset epäpuhtaudet ja kosteuden aiheuttamat ongelmat tulee ottaa huomioon. Niiden seurauksena voi olla osien kulumista, korroosiota, voiteluaineen vaahdoamista ja hapettumista. Öljyllä tulee olla hyvä suodatettavuus myös vesipitoisena. (13.)

Tehdaskohtaiset voiteluainestandardit, tehtaalla käytetyt aineet ja niiden vertaileminen valmistajan suosittelemiin voiteluaineisiin. (13.)

Jos voiteluainetta halutaan vaihtaa toisenlaiseen niin pitää selvittää ovatko uusi ja vanha rasva sekoituskelpoisia. Jos rasvat eivät sovi keskenään, pitää vaihtotilanteessa pystyä puhdistamaan koko voitelujärjestelmä. (13.)

## 5.6 Jälkivoitelumäärän selvittäminen

Jälkivoiteluväliin vaikuttaa pääosin laakerityyppi ja pyörimisnopeus, näiden lisäksi myös käyntiolosuhteilla voi olla merkittävä vaikutus. Jälkivoitelutarpeen tarkka laskennallinen määrittäminen on hankalaa vaikuttavien parametrien monilukuisuuden ja ympäristöolosuhteiden huomioimisen vuoksi. Käsivoitelussa lopulliset jälkivoitelumäärät joudutaankin usein hakemaan kokemusperäisesti. Laskennallinen arvo kuitenkin nopeuttaa jälkivoitelumäärän hakemista valtavasti. (7.)

Jälkivoitelumäärän selvittämiseen kokeiltiin useita eri kaavoja, lisäksi käytettiin hyväksi voitelijan kokemusperäistä tietoa. Voiteluainemäärät laskettiin useasta kohteesta kaikilla eri kaavoilla, vertailtiin näitä keskenään ja selvitettiin mahdollisimman toimiva kaava.

Kunnossapitoyhdistyksen yleisohje antoi aina reilusti muita suuremman jälkivoitelumäärän, sillä siinä ei huomioida laakerin pyörimisnopeutta mitenkään.

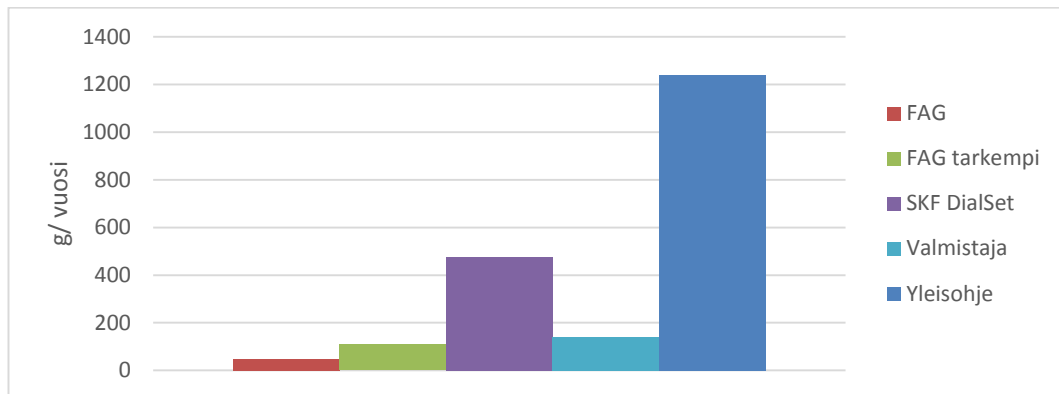
SKF DialSet ohjelmaa käytetään laskemaan SKF voitelupatruunoiden voiteluaineen annostukseen, mutta sen antamia arvoja voi hyödyntää myös käsivoiteluun. Siinä otetaan huomioon myös käyttö- ja ympäristöolosuhteet ja jälkivoitelumäärät ovat suurimmassa osasta kohteita sopivan suuruisia. Muutamassa kohteessa jälkivoitelumäärä kuitenkin oli reilusti enemmän tai vähemmän kuin valmistajan suositukset.

FAG peruskaava ei ota huomioon käyttö- ja ympäristöolosuhteita, jonka vuoksi se antoi liian pieniä voiteluainemääriä olosuhteiden kannalta haastaviin kohteisiin.

FAG tarkemmassa kaavassa otetaan käyttö- ja ympäristöolosuhteet huomioon kertoimilla ja sen avulla saatiin saman suuruisia jälkivoitelumääriä kuin valmistajan ja voitelijan mukaan.

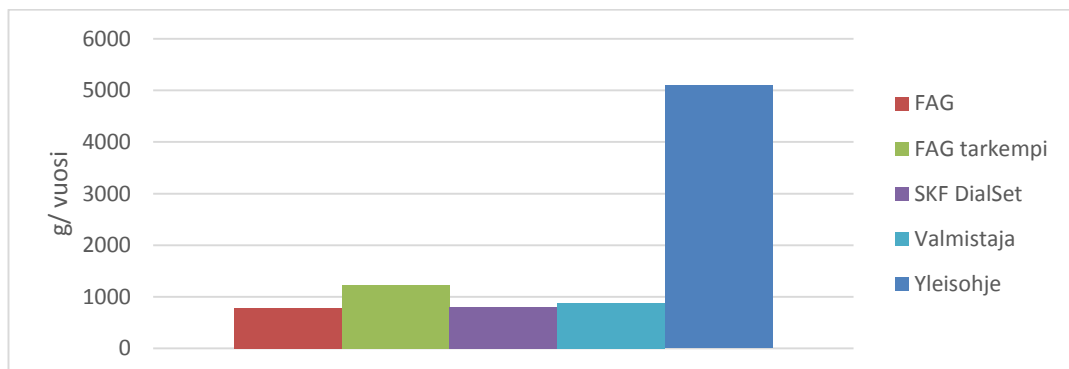
Kaikista toimivimmaksi kaavaksi osoittautui FAG tarkempi kaava, jota käytettiin kaikkien laitteiden jälkivoitelumäärien laskemiseen. Lasketun arvon ja voitelijalta tulevan palautteen perusteella saadaan parhaat mahdolliset jälkivoitelumäärät jokaiselle kohteelle.

Taulukossa 7 on laskettu jälkivoitelumäärä koivuhakun sähkömoottorille. Huomataan, että FAG tarkempi kaava on kaikista lähellä valmistajan omia arvoja.



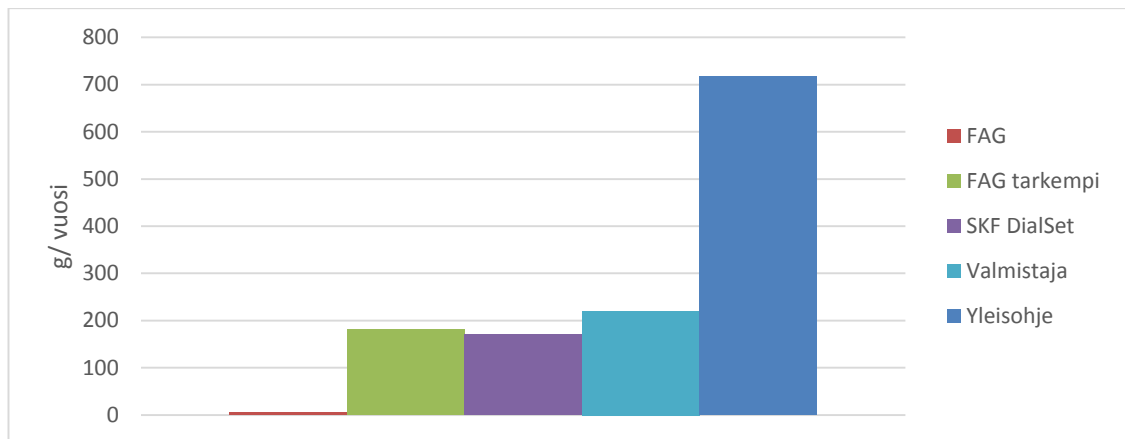
Taulukko 7. Koivuhakun 800kW sähkömoottori (taulukko: Henriikki Helander)

Koivuhakun laakereiden jälkivoitelumäärä (taulukko 8). Yleisohje antaa taas aivan liian suuren arvon, mutta kaikilla muilla kaavoilla saadaan suhteellisen saman suuruiset jälkivoitelumäärät.



Taulukko 8. Koivuhakun laakeri, SKF 24056 CC/W33 (taulukko: Henriikki Helander)

Puruhihnakuljettimen vetopään laakerin (taulukko 9) jälkivoitelumäärissä nähdään hyvin käyttö- ja ympäristöolosuhteiden vaikutus jälkivoitelumäärään. FAG tarkemmalla kaavalla laskettuna jälkivoitelumäärä on moninkertainen normaaliin kaavaan verrattuna.



Taulukko 9. Puruhihnakuuljettimen vetopää, SKF 22220-EK  
(taulukko: Henrikki Helander)

## 6 Voitelulaitteet ja -järjestelmät

### 6.1 Käsivoitelulaitteet

Vipuvarsitoimista rasvapuristinta käytetään jokapäiväisissä voiteluhuoltotöissä. Rasvapuristimia on saatavilla käsikäyttöisinä, sähköisinä tai paineilmatoimisinä ja ne voidaan täyttää käyttämällä valmiita rasvapatruunoita, täyttöpumppua tai viimeisimmässä tapauksessa lastan kanssa. Puunkäsittelyssä on käytössä Alemite 500-rasvapuristin, jonka tuotto on 1,35 grammaa puristuksella (kuva 8). (7.)



Kuva 8. Alemite 500-rasvapuristin (TOOLS tuotekuvasto)

Rasvapumpuilla voidaan pumpata suurempia määriä ja nopeammin kuin rasvapuristimella. Pumppu asennetaan voitelurasvatynnyrin päälle. Rasvapumpun tuotto on yleisesti 500 - 1500 g/min pumpun koosta riippuen. Rasvapumput ovat

paineilmatoimisia. Haketunnelien alla sijaitseva rasvapumppu, jota käytetään hakepurkaimien laakereiden rasvaukseen (kuva 9). (7)



Kuva 9. Rasvapumppu (kuva: Henriikki Helander)

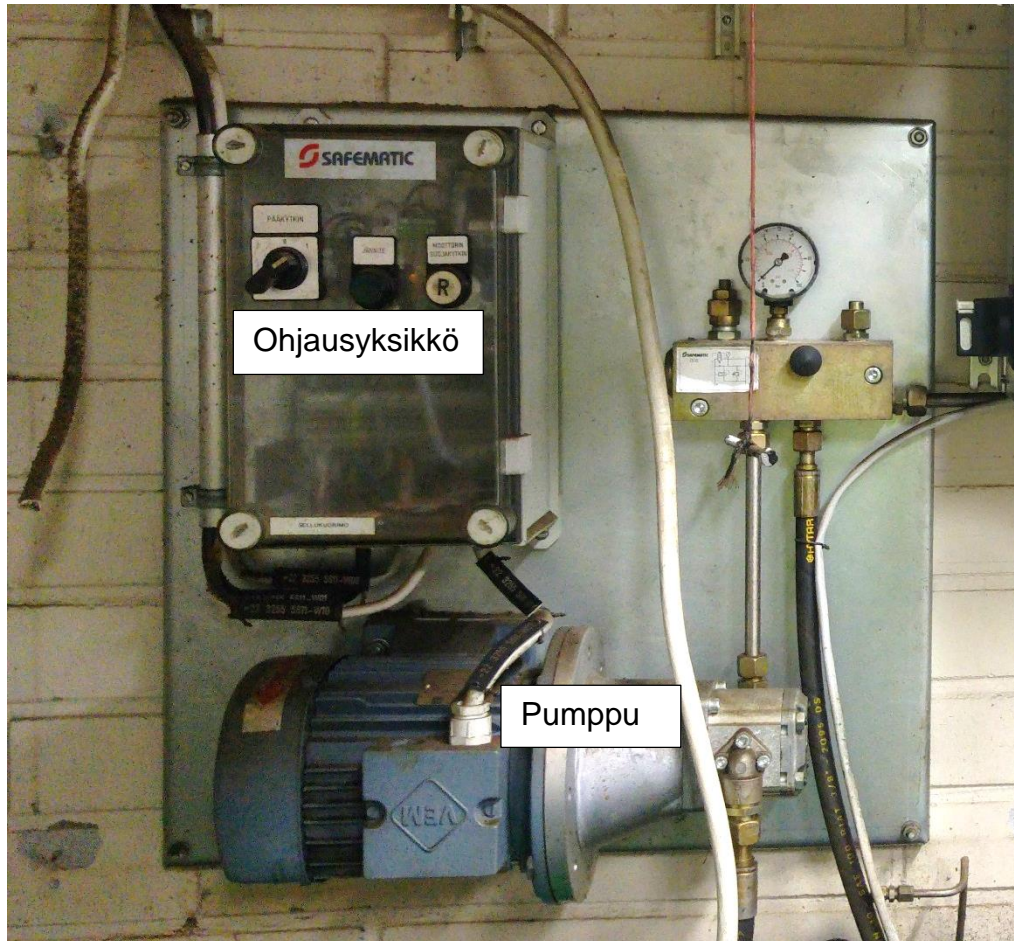
Öljyn siirtämiseen tynnyreistä käytetään siirtopumppuja. Pumput voivat olla sähkö- tai paineilmatoimisia, ja ne voidaan asentaa suoraan tynnyrin päälle tai sitten seinälle, jolloin pumpussa käytetään imulettoa. (7)

## 6.2 Keskusvoitelujärjestelmät

Keskusvoitelujärjestelmään sisältyy ohjausyksikkö, pumppu, putkistot, annostin yksiköt ja paineenvälvonta-anturit. (7.)

Keskusvoitelujärjestelmään määritellään asennusvaiheessa voitelujakson pituus ja maksimi paineistusaika. Järjestelmä hälyttää automaattisesti liian alhaisesta tai korkeasta paineesta ja rasvan loppumisesta. Ohjaus voi tapahtua laitteen omasta ohjausyksiköstä, tai se voidaan kytkeä tehtaalla omaan ohjausjärjestelmään. (7.)

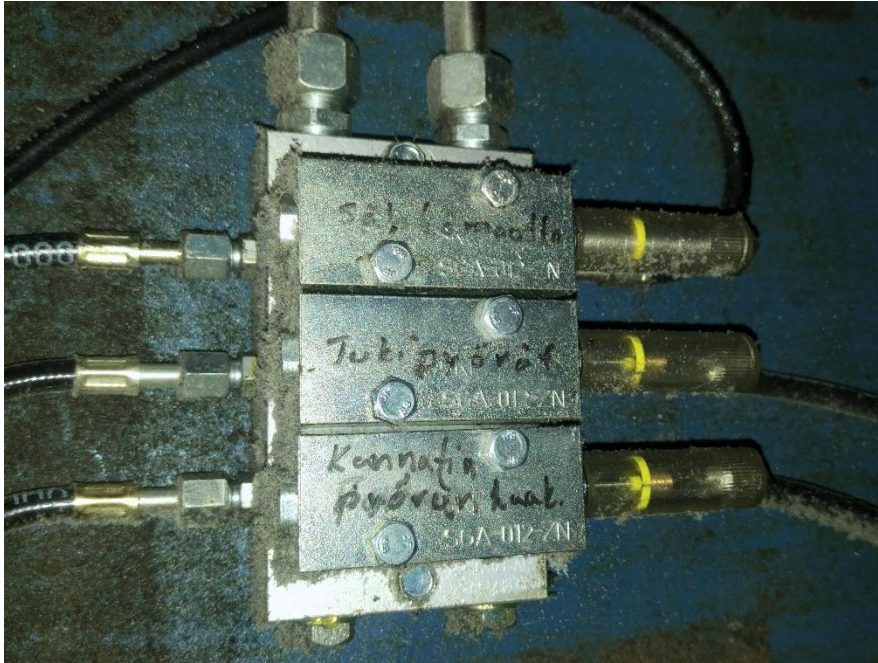
Pumpun tehtävänä on paineistaa järjestelmä ja pumpata tämän avulla voiteluaine putkiston ja annostimien kautta voitelukohteeseen. Pumppauskeskukseen kuuluu rasvasuodin, sekä paineilman huolto- ja säätölaitteet. Paineistuksen alkaessa pumppu käynnistyy ja pumppaa niin kauan, kunnes se on saavuttanut kuittauspainerajan tai maksimipaineistusajan. Kuvassa 10 on Safematic-öljyvoitelujärjestelmän pumppu ja ohjausyksikkö.(7.)



Kuva 10. Safematic-öljyvoitelujärjestelmä (kuva: Henrikki Helander)

Annostinryhmä koostuu yhdestä tai useammasta annostimesta ja niihin kiinnitystä pohjalaatasta. Annostimia voidaan säätää manuaalisesti. Kuvassa 11 on yksi ruuvipurkaimen annostinryhmistä. (7.)





Kuva 11. Ruuvipurkaimen annostinryhmä (kuva: Henriikki Helander)

Putkiston tehtävänä on kuljettaa voiteluainetta. Se koostuu runkoputkistosta, haaraputkistoista ja annostimien jälkeen olevista voiteluputkistoista tai letkuista. Kuvassa 12 näkyy sähkömoottorin N-päähän menevä voiteluletku, josta voiteluaine pääsee laakerille. (7.)

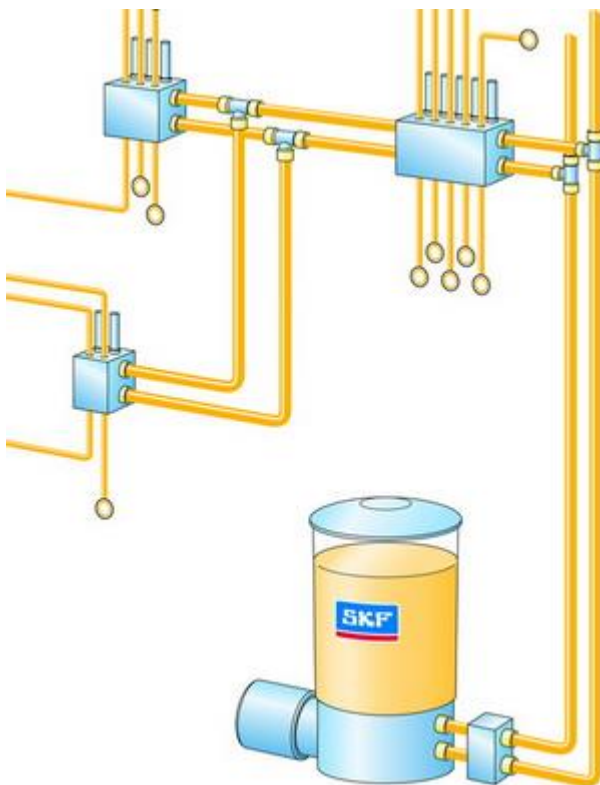


Kuva 12. Voiteluletku voitelukohteeseen (kuva: Henriikki Helander)

Keskusvoitelujärjestelmän hyvinä puolina ovat sen huolettomuus ja käyttövarmuus. Inhimillisiä virheitä ei pääse tapahtumaan ja ohjausjärjestelmä laskee aina säännöllisin väliajoin oikean määrän rasvaa. Huonoina puolina on huolettomuuden aiheuttama mielikuva. Laitetta käydään harvoin katsomassa ja tämän ansiosta mahdollisiin vikatilanteisiin puuttumisessa voi kestää hyvinkin pitkään. (18)

### 6.2.1 Kaksilinjainen voitelujärjestelmä

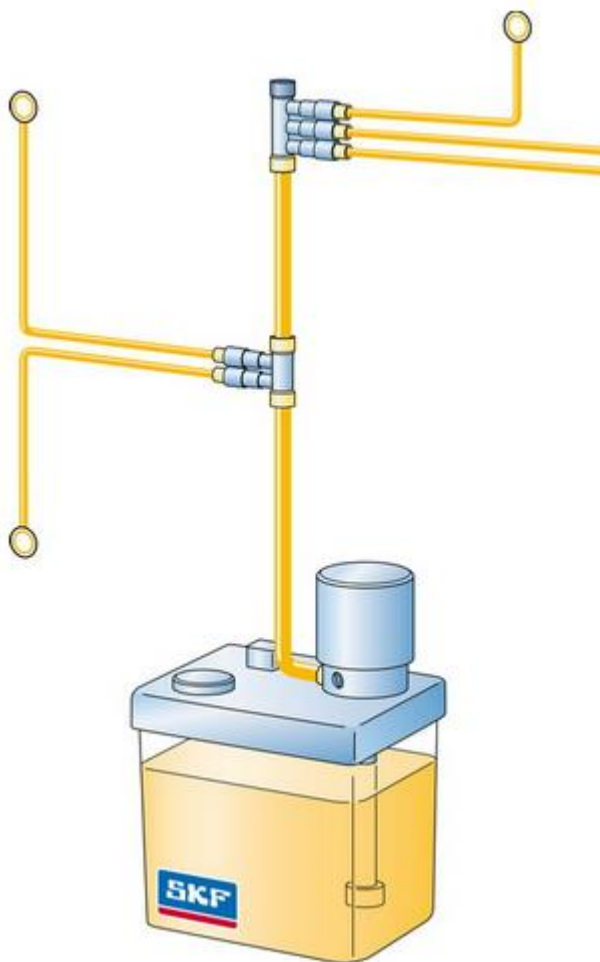
Kaksilinjaiset järjestelmät ovat nykyään yksilinjaisia suositumpia niiden paremman käyttövarmuuden vuoksi. Kaksilinjaisessa järjestelmässä on kaksi runkolinjaa, jotka paineistetaan vuorotellen. Paineistuksen ansiosta linjan paine kasvaa, ja annostimen luisti siirtyy, jolloin voiteluaine pääsee liikuttamaan mäntää. Mäntä työntää voiteluaineen voitelukohteeseen. Paine purkautuu paineistuksen jälkeen takaisin säiliöön. Seuraavassa paineistussyklissä toinen runkolinja paineistuu ja luisti ohjaa taas männän vastakkaiselle puolelle. Esimerkkikuva kaksilinjaisesta keskusvoitelujärjestelmästä (kuva 13). (7.)



Kuva 13. Kaksilinjainen keskusvoitelujärjestelmä (SKF Koulutusmateriaali)

## 6.2.2 Yksilinjainen voitelujärjestelmä

Yksilinjaisia voitelujärjestelmiä on vielä olemassa, mutta niiden valmistus on jo lopetettu. Niitä käytetään kaksilinjaisia pienemmissä kohteissa niiden edullisuutensa vuoksi. Yksilinjaisessa järjestelmässä on nimensä mukaan yksi runkolinja. Pumppu paineistaa runkolinjan, ja annostimen mäntä työntää voiteluannoksen voitelukohteeseen. Kun linjan paine laskee riittävästi, niin annostimessa oleva jousi painaa annostimen takaisin lähtöasentoon. Annostimen jousien kanssa on ollut palautusongelmaa, kun paine ei laske riittävästi. Tämä aiheuttaa annostimen toiminnan estymisen ja voiteluaine ei pääse kohteeseen. Esimerkkikuva yksilinjaisesta keskusvoitelujärjestelmästä (kuva 14). (7.)



Kuva 14. Yksilinjainen keskusvoitelujärjestelmä (SKF Koulutusmateriaali)

### 6.3 Keskusvoitelujärjestelmät puunkäsittelyssä

Puunkäsittelyssä suurin osa laitteista on keskusvoitelujärjestelmän perässä. Puunkäsittelyn alueelta löytyy 23 keskusvoitelujärjestelmälaitetta. Yleisin käytetty laite on Safematix EGS-52 ja toiseksi yleisin on SKF Multilube, joka on huomattavasti uudempi. Kuvan 15 SKF Multilube-keskusvoitelujärjestelmässä palaa häiriövalo AGr (Alarm Grease Level), joka tarkoittaa että rasva on lopussa.



Kuva 15. SKF Multilube-keskusvoitelujärjestelmä (kuva: Henriikki Helander)

Laitosmiehen tehtäviin kuuluu tarkastaa laitteet säännöllisin väliajoin, jolloin vältetään mahdollisilta vikatilanteilta ja voitelukatkoilta. Melkein kaikki keskusvoitelulaitteet ovat linkitettyinä prosessinhallintajärjestelmään, jossa vilkkuu vikakoodi mahdollisissa häiriötilanteissa. Joskus vikakoodi kuitenkin jätetään huomiomatta, tai siihen ei reagoida.

Yleisimmät häiriöt Kaukaan sellutehtaan keskusvoitelujärjestelmissä ovat seuraavat:

1. Laitteistoon on päässyt ilmaa, jolloin voiteluaine ei pääse liikkumaan putkistoissa ja kohde jää ilman voitelua. Ongelma ei näy välittömästi, vaan pienellä viiveellä. Ongelma korjataan avaamalla ilmausruuvi ja päästämällä ilmat pois. Tämä vaatii usein kuitenkin muutaman kerran ennen kuin kaikki ilmat ovat poistuneet järjestelmästä.
2. Epäpuhtaudet rasvassa. Aiheuttavat keskusvoiteluyksikön takaiskuventtiilin jumiutumisen, jonka jälkeen pumppu ei enää kykene nostamaan voitelujärjestelmän painetta riittävällä tasolle. Pumppuelementti pitää ottaa irti, putsata ja vaihtaa.
3. Voitelujärjestelmän ohjausjärjestelmän toimintahäiriöt, jolloin koko ohjelma menee toimimattomaan tilaan ja kaikki piirin laitteet ovat hetkellisesti ilman voitelua. Viat johtuvat tehtaan omista ohjelmista ja niiden selvittely on menossa. (18)

## **7 Voitelutoiminnan kehittäminen**

UPM Kaukaan puunkäsittelyn voitelutoiminnoista vastaa yksi työnjohtaja ja yksi voitelija. Voitelijan alue on pinta-alallisesti hyvin suuri, joten siirtymämatkoihin kuluu paljon aikaa. Voitelija tekee päivätöitä ja voitelijan työajan ulkopuolella mahdollisista voitelutöistä vastaa vuorokunnossapito. Tämä tarkoittaa lähinnä rikkoutuneen vaihdelaatikon vaihtoa ja öljyjen lisäämistä uuteen vaihdelaatikkoon. Loma-aikana voitelijaa tuuraavat muut laitosmiehet tai kesätyöntekijät.

## 7.1 Alkutilanne

Puunkäsittelyn alueella ei ollut ennen työn aloittamista kunnollisia voitelureittejä. Voitelija on ainoana henkilönä tiennyt voitelukohteet ja voiteluainemäärät, jolloin voitelijan poissaolojen aikana voitelutoiminnan ylläpitäminen on erittäin hankalaa. SAP-järjestelmässä on tehtynä muutamia määräaikaistöitä, jotka ilmestyvät voitelijan tehtäviin säännöllisin väliajoin. Suurin osa näistä määräaikaistöistä on puutteellisia tai vanhentuneita. Niistä puuttuu voiteluainemäärä tai laatu, tai sitten laitteet ovat vaihtuneet erilaisiin.

Käsivoitelukohteiden voitelumäärät eivät ole olleet laskettuina, ja se on aiheuttanut etenkin sähkömoottoreiden kohdalla vaikeuksia. Voiteluaineen väärä annostusmäärä on aiheuttanut ongelmia. Kun voiteluainetta on ollut liian paljon, niin sitä on esimerkiksi valunut lattialle, mistä on aiheutunut likaongelmia, tai laakerit ovat päässeet kumentumaan ja niiden kestoikä on heikentynyt. Kun voiteluainetta ei ole ollut riittävästi, voiteluainekalvo on päässyt pettämään ja laakeri on rikkoutunut.

Vaihdelaatikoiden öljyt on vaihdettu usein vuosihuoltoseisokissa, ja kaikki osaston vaihdelaatikot on käsitelty samalla kertaa. Tämän seurauksena osassa vaihdelaatikoista on ollut täysin käyttökelpoiset öljyt vaihdettaessa, ja toisissa ne olisi pitänyt vaihtaa jo aikaisemmin. Liian aikainen vaihto aiheuttaa turhia työ- ja materiaalikustannuksia. Liian myöhäinen vaihto taas vaikuttaa negatiivisesti vaihdelaatikon kestoikään, ja voi pahimmillaan aiheuttaa vaihdelaatikon rikkoutumisen. Ongelmia on myös aiheutunut, kun vaihdelaatikko on hajonnut voitelijan työajan ulkopuolella, jolloin oikeaa voiteluainetta ei välttämättä ole osattu selvittää.

Keskusvoitelujärjestelmien huolto on ollut täysin ulkopuolisen toimijan varassa, ja pienimmätkin viat järjestelmän toiminnassa ovat vaatineet ulkopuolista työvoimaa.

Voitelutoiminta on kuitenkin toiminut ammattitaitoisen voitelijan takia hyvin. Voitelijan oma ammattitaito yhdistettynä kerättyihin tietoihin ja SAP-järjestelmän määräaikaistöihin parantaa voitelua entisestään ja vähentää näin puunkäsittelyn kunnossapitokustannuksia.

## 7.2 Tiedon kerääminen

Opinnäytetyö aloitettiin kartoittamalla työn piiriin kuuluvat toimipaikat. Näiden toimipakkojen avulla lähdettiin keräämään voitelun kannalta kaikki tarpeelliset tiedot. Tietoja kerättiin kentällä kiertämällä, lukuisilla haastatteluilla ja etsimällä jo olemassa olevaa tietoa tehtaan omista järjestelmistä. Tiedot koostuivat valmistajien antamista suositteluista, tehtaan omista laitetiedoista, lasketuista arvoista ja voitelijan oman kokemuksen ja ammattitaidon perusteella saaduista tiedoista. Tiedot kerättiin ensin paperille, minkä jälkeen ne syötettiin Excel- taulukkoon.

Taulukkoon syötettiin seuraavat tiedot:

- Toimintopaikka
- Voiteluaine
- Voitelutapa (käsini, kesto, keskusvoitelujärjestelmä)
- Laakereiden pyörimisnopeus
- Sähkömoottorin teho ja pyörimisnopeus
- Vaihteen öljymäärä, laatu ja VG-luokka
- Keskusvoitelujärjestelmien voideltavat laitteet

Liitteissä 1 ja 2 on esimerkki kerätyistä tiedoista käsivoitelukohteiden ja vaihde-  
laatikoiden osalta.

## 7.3 Voitelutöiden päivittäminen järjestelmään

Kun laitetiedot oli päivitetty Excel-taulukkoon ja niiden pohjalta oli laskettu jälki-  
voitelumäärät, niin päästiin syöttämään tiedot SAP-järjestelmään. Järjestelmään  
luotiin ennakkohuoltosuunnitelmat jokaiselle voitelukierrokselle ja suunnitelluille  
vaihteistojen öljynvaihdolle. Voitelukierrokset ajoitettiin siten, että ne tulevat  
tasaisin väliajoin voitelijan suoritettavaksi. Tällöin voitelijan työmäärä pysyy  
mahdollisimman tasaisena.

Voitelutyöt ovat kierrosluontoisia, eli voitelija käy voitelemassa monta eri koh-  
detta samalla voitelukierroksella. Voitelija näkee voitelureitin tiedoista voiteluai-

neet, -määrät, toimintopaikat ja mahdolliset lisäohjeet työn suorittamiseksi. Kun voitelija on suorittanut voitelureitin, hän kuittaa työn tehdyksi. Voitelureitti avautuu taas uudestaan ennalta suunnitellun väliajan päästä voitelijan työtehtäviin. (Liite 4.)

#### **7.4 Lopputilanne**

Puunkäsittelyn alueelle saatiin luotua toimivat voitelukierrokset. Voitelukierrokset pitävät sisällään oikeat kaavalla lasketut voiteluainemäärät, sopivan voiteluainevälin ja tiedot voideltavasta kohteesta. Niiden avulla kuka tahansa perehdytyksen saanut laitosmies voi käydä suorittamassa vaaditun voiteluaineen lisäämisen ja laitteiden voitelu pysyy koko ajan toimivana. Mahdollisissa ylivoitelu- tai alivoitelutilanteissa laitosmies kertoo asiasta kunnossapitomestarille, joka säättää voiteluainemäärää laitosmiehen ohjeiden mukaisesti. Näin saadaan tulevaisuudessa entistä tarkemmat voiteluainemäärät laitteille.

Voitelukierrokset ajoitettiin voitelijan kanssa yhdessä, jolloin ne ilmestyvät tasaisin väliajoin voitelijan työlistalle. Yksi voitelukierros pitää sisällään samanlaisia laitteita, joihin käytetään samanlaista voiteluainetta ja jotka sijaitsevat samalla alueella. Tällöin voitelukierros on tehokas, mahdollisuus virheisiin vähenee ja saadaan voideltua mahdollisimman paljon laitteita lyhyessä ajassa.

Vaihdelaatikkojen öljyjä ei enää vaihdeta kaikkia samalla kertaa, vaan ne tarkastetaan säännöllisin väliajoin ja tarvittaessa vaihdetaan. Kaikkien vaihdelaatikoiden vaihtaminen samalla kertaa aiheuttaa runsaasti työruuhkaa voitelijalle, eikä kaikkia öljynvaihtotöitä ehditä tekemään. Öljynvaihtotöitä voidaan suorittaa päiväseisokeissa, jolloin vuosihuoltoseisokin työmäärä vähenee merkittävästi.

Öljyjen vaihdoista tehdään aina työ SAP-järjestelmään, jonka avulla voidaan säättää öljynvaihteluvälit optimaaliseksi jokaiselle vaihdelaatikolle. Kustannusvertailu synteettisten ja mineraaliöljyjen välillä saadaan laskettua, kun tiedetään kummankin öljyn käyttöikä kohteessa. Tällöin nähdään, kumpi öljy on kustannustehokkaampi ratkaisu kohteeseen. Vaihdelaatikoihin kiinnitettiin vaihtotarrat, joihin tehdään merkintä aina kun vaihteen öljyt vaihdetaan ja lisäksi mainitaan onko vaihdon syynä vika vai määräaikaisvaihto.



Keskusvoitelujärjestelmille tehtiin säännöllisin väliajoin tapahtuvat tarkastuskierrokset. Kierrosten ansiosta keskusvoitelujärjestelmä ei pääse olemaan liian pitkään ilman valvontaa ja vikatilanteisiin voidaan puuttua riittävän ajoissa. Keskusvoitelujärjestelmiin lisättiin myös mekaaniset paikkanumerot, jolloin mahdolliset vikatilanteet ja voiteluainetilaukset on helppo kohdentaa oikeaan keskusvoitelulaitteeseen.

## **7.5 Kehitysehdotukset**

Voitelutoimintaa on saatu paljon kehitettyä opinnäytetyön ansiosta. Kehitystä pitää kuitenkin vielä jatkaa, sillä suurin osa tehdyistä muutoksista alkaa näkyä laitteiden kunnossapidossa vasta tulevaisuudessa. Luotujen ennakkohuoltotöiden, sekä parannusten ansiosta kehitystä on kuitenkin helppo jatkaa, ja voitelutoimintaa saadaan kehitettyä entistä tehokkaammaksi.

Muutamassa kohdassa on kuitenkin vielä hieman kehitettävää: Öljyvarastot tulee järjestää uudelleen. Öljyvaraston täytyy olla perusolemukseltaan siisti, eri voiteluaineiden selkeästi merkattuina ja öljytynnyreiden varastoituna standardin mukaisen valutusastian päälle.

Keskusvoitelujärjestelmien toiminnasta voisi antaa lisää koulutusta koko tehtaan voitelijoille, jolloin yleisimpien vikatilanteiden ja annostimien säätöjen takia ei tarvitsisi kutsua aina ulkopuolista toimittajaa.

Tehdyt huoltosuunnitelmat tulee pitää ajan tasalla ja mahdolliset muutokset voiteluaineissa ja määrissä kirjata SAP-järjestelmään.

## **8 Pohdinta**

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää voitelutoimintaa puunkäsittelyn alueella. Työ alkoi nykytilanteen kartoittamisella. Suuri osa lähtötiedoista puuttui, ja joukossa oli myös virheellistä tietoa. Tietoja jouduttiin hakemaan monesta eri paikasta, ja tiedon hankintaan kului paljon aikaa. Lähtötietojen selvittämisessä voitelijan omista tiedoista oli korvaamaton apu, eikä työ olisi onnistunut ilman

niitä. Lähtötietojen selvittämisen jälkeen työn tekeminen nopeutui huomattavasti ja päästiin keskittymään itse työn suorittamiseen. Kerättyjen tietojen pohjalta saatiin luotua toimintapaikkakohtaiset huoltosuunnitelmat SAP-järjestelmään.

Huoltosuunnitelmien avulla töitä voidaan suunnitella entistä tarkemmin ja resurssit saadaan ohjattua tehokkaasti. Toimintapaikkakohtaiset tiedot auttavat jatkossa mahdollisten laitevikojen analysoinnissa ja oikean voiteluvälin selvittämisessä. Huoltosuunnitelmat vähentävät voitelijan oman muistin varaista toimintaa, jolloin voitelijan työ helpottuu.

Työtä tehdessä jälkivoitelumäärän vaihtelevuus eri kaavoilla laskettaessa yllätti. Eri yhdistysten ja yritysten kaavat saattoivat antaa hyvinkin poikkeavat luvut. Myös epäpuhtaudet ja raskaat kuormitusolosuhteet vaikuttavat jälkivoitelumäärään huomattavasti. Optimaalinen jälkivoitelumäärä on mahdollista saada vain tietämällä tarkasti laitteen ympäristöolosuhteet ja laskemalla jälkivoitelumäärälle perusarvo. Tämän perusarvon pohjalta voitelua lähdetään toteuttamaan ja kokemuksen perusteella sitä tulee muokata oikeaan suuntaan. Pitkällä aikavälillä ja tarkalla dokumentoinnilla saadaan jokaisella laitteelle optimaalinen jälkivoitelumäärä.

Työn tavoitteet täyttyivät hyvin, ja puunkäsittelyn voitelutoimintaa saatiin kehitettyä parempaan suuntaan. Työn tekeminen oli opettavainen kokemus, ja voitelutoimintaa kehitettiin yhdessä alueen voitelijan kanssa, jolloin lopputulos on paras mahdollinen kaikille osapuolille. Jälkivoiteluainemäärien laskeminen oli erittäin hyödyllistä. Suuresta osasta käsivoitelukohteita puuttui kokonaan laskennallinen arvo, jonka pohjalta voitelija pystyisi ohjaamaan työtään.

Jatkossa voitelutoiminnan kehittämistä tulee jatkaa ja alkuvaiheessa palautetta tulee saada mahdollisimman paljon. Esimerkiksi yli- ja alivoitelutilanteisiin pitää välittömästi reagoida niistä ilmoittamalla ja sen jälkeen säätämällä voitelua sopivammaksi. Palautteen avulla ja siihen reagoimalla saadaan voitelutoiminta entistä toimivammaksi. Voitelun toimivuutta voidaan mitata värähtelymittauksilla ja näistä saatujen tietojen perusteella ohjata oikeaan suuntaan.

## **Kuvat**

Kuva 1. Kaukaan tehdasalue, s. 7.

Kuva 2. Puunkäsittelyn prosessi, s. 9.

Kuva 3. Kunnossapidon kustannukset, s. 10.

Kuva 4. Kunnossapitolajit, s. 11.

Kuva 5. Voitelumekanismit, s. 14.

Kuva 6. Puruseulan vaihdelaatikoiden varastosaldo, s. 19.

Kuva 7. Öljyn rajapinta vaihdelaatikossa, s. 25.

Kuva 8. Alemite 500 -rasvapuristin, s. 30.

Kuva 9. Rasvapumppu, s. 31.

Kuva 10. Safematic-keskusvoitelujärjestelmä, s. 32.

Kuva 11. Ruuvipurkaimen annostinryhmä, s. 33.

Kuva 12. Voiteluletku voitelukohteeseen, s. 33.

Kuva 13. Kaksilinjainen keskusvoitelujärjestelmä, s. 34.

Kuva 14. Yksilinjainen keskusvoitelujärjestelmä, s. 35.

Kuva 15. SKF Multilube -keskusvoitelujärjestelmä, s. 36.

## **Taulukot**

Taulukko 1. Vierintälaakerivaurioiden syyt, s. 12.

Taulukko 2. Teollisuusöljyjen viskositeettiluokitus, s. 16.

Taulukko 3. Mineraaliöljyn viskositeetti-lämpötila käyrästä, s. 16.

Taulukko 4. Synteettisten öljyjen vertailu, s. 18.

Taulukko 5. Rasvojen NLGI -luokitus, s. 21.

Taulukko 6. Voitelurasvojen sekoitettavuus saentimen mukaan, s. 22.

Taulukko 7. Epäpuhtausluokat ISO 4406/2000 -standardin mukaan, s. 26.

Taulukko 8. Epäpuhtauksien vaikutus vaihteistoihin, s. 27.

Taulukko 7. Koivuhakun 800 kW:n tehoinen sähkömoottori, s. 29.

Taulukko 8. Koivuhakun laakeri, SKF 24056 CC/W33, s. 29.

Taulukko 9. Puruhihnakuiljettimen vetopää, SKF 22220-EK, s. 30.

## Lähteet

1. UPM lyhyesti, UPM:n kotisivut 2017.  
<http://www.upm.fi/UPM/Pages/default.aspx>. Luettu 23.2.2017.
2. Kaukaan esitysaineisto 2015, UPM intranet. Luettu 22.2.2017.
3. Knowpulp puunkäsittely, sellutekniikan oppimisympäristö.  
[http://www.knowpulp.com/extranet/suomi/pulping/general/1\\_woodhandling/frame.htm](http://www.knowpulp.com/extranet/suomi/pulping/general/1_woodhandling/frame.htm). Luettu 12.2.2017.
4. PSK Standardisointintyhdistys Ry. PSK 6201. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät.  
<http://www.psk-standardisointi.fi/Alasivut/Standardiluettelo.htm>.  
Luettu 1.2.2017.
5. Kunnonvalvonta ja huolto. ABB:n TTT-käsikirja 2007, Luku 23, sivu 3.  
Luettu 4.2.2017
6. PSK Standardisointintyhdistys Ry. PSK 7501. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut.  
<http://www.psk-standardisointi.fi/Alasivut/Standardiluettelo.htm>.  
Luettu 15.2.2017.
7. Kunnossapitoyhdistys Promaint. Teollisuuden rasvavoitelu. 2010. Helsinki: KP-Media Oy.
8. Kunnossapitoyhdistys ry. 2003. Teollisuusvoitelu. Helsinki: KP-Media Oy.
9. Opetushallitus: Kunnossapidon oppimateriaali.  
[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka\\_e01\\_voiteluaineet\\_perusteet.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_e01_voiteluaineet_perusteet.html).  
Luettu 4.3.2017.
10. Torbacke, M. Kassman, R. Kassfeldt, E. 2015. Lubricants. Oxford: Wiley.
11. Niskala J. 2/2005. Tiede-lehti. Helsinki: Sanoma Media Finland Oy.
12. Haastattelu, Marko Hyrkkänen. Seppo Myyryläinen. 15.2.2017.
13. PSK Standardisointintyhdistys Ry. PSK 7202. Teollisuuden voiteluaineet.  
<http://www.psk-standardisointi.fi/Alasivut/Standardiluettelo.htm>.  
Luettu 3.3.2017.
14. Voiteluaineen tekniset tiedot. TRIBOL 3785.  
[http://www.aspo.fi/attachments/telko/voiteluaineet/voitelurasvat/tribol\\_3785.pdf](http://www.aspo.fi/attachments/telko/voiteluaineet/voitelurasvat/tribol_3785.pdf)  
Luettu 13.1.2017.

15. Werner, H. 1989. Voiteluaineet: valmistus, ominaisuudet, käyttö. Espoo: Otakustantamo.
16. Clean Oil Guide, Second Edition 2003. [http://www.teknoma.fi/dev/wp-content/uploads/Clean\\_Oil\\_-\\_Guide\\_FIN.pdf](http://www.teknoma.fi/dev/wp-content/uploads/Clean_Oil_-_Guide_FIN.pdf). Luettu 10.3.2017.
17. SKF koulutus. Kaukaan Sellutehtaan auditorio. 31.1.2017.

| Nimitys                                 | Toimintopaikka    | Lisätietoa                 | Voitelutapa<br>Automaatti | käsi | Kesto | Vaihteen välyty | Moottorin teho [kW] | Moottorin pyörimisnopeus |
|---|-------------------|----------------------------|---------------------------|------|-------|-----------------|---------------------|--------------------------|
| RUUVIKUJETIN, SEUJALTA (KOIVU)          | KAU1-22.3367.4632 |                            | SL                        |      |       | 14              | 45                  | 1500                     |
| HIHNAKUJETIN 2 KEITÄMÖLLE (KOIVULINJA)  | KAU1-22.3367.4633 |                            | SL                        |      |       | 15,1            | 75                  | 1500                     |
| HIHNAKUJETIN 3 KEITÄMÖLLE (KOIVULINJA)  | KAU1-22.3367.4634 |                            | SL                        |      |       | 19,63           | 110                 | 1500                     |
| HIHNAKUJETIN SEUJALLE (HAVU) +RAUDANER  | KAU1-22.3367.4651 |                            | L                         | S    |       | 11,35           | 11                  | 1500                     |
| HIHNAKUJETIN 1 SEULOILTA (HAVULINJA)    | KAU1-22.3367.4655 |                            | L                         | S    |       | 15,130          | 22                  | 1500                     |
| RUUVIKUJETIN, SEULOILTA (HAVU)          | KAU1-22.3367.4656 |                            | L                         | S    |       | 14              | 45                  | 1500                     |
| HIHNAKUJETIN 2 KEITÄMÖLLE (HAVULINJA)   | KAU1-22.3367.4657 |                            | SL                        |      |       | 15,1            | 75                  | 1500                     |
| HIHNAKUJETIN 3 KEITÄMÖLLE (HAVULINJA)   | KAU1-22.3367.4658 |                            | SL                        |      |       | 19,63           | 110                 | 1500                     |
| KETJUKUJETIN, REJEKTIJÄTE VASEN PUOLI   | KAU1-22.3373.4601 |                            | SL                        |      |       | 35,5            | 15                  | 1500                     |
| RUUVIKUJETIN, REJEKTIJÄTE               | KAU1-22.3373.4603 |                            | SL                        |      |       | 11,2            | 11                  | 1500                     |
| KETJUKUJETIN, REJEKTIJÄTE (OVEN PÄÄLLÄ) | KAU1-22.3373.4605 |                            | SL                        |      |       | 35,5            | 15                  | 1500                     |
| KAMIMURSAIN                             | KAU1-22.3373.7201 |                            | L                         | S    |       | 25              | 15                  | 1500                     |
| HIHNAKUJETIN 1, (KOIVUHAKE)             | KAU1-22.3551.4601 | Säätöpukkeille rasvaa myös | V                         | ST   |       | 12,4            | 55                  | 1500                     |
| HIHNAKUJETIN 2, (KOIVU VIIKSIHAINA)     | KAU1-22.3551.4605 |                            | T                         | SV   |       | 12,77           | 30                  | 1500                     |
| JAKOKUJETIN, (KOIVUHAKE)                | KAU1-22.3551.4611 |                            | TV                        |      | S     | 4,35            | 7,5                 | 1500                     |
| HIHNAKUJETIN 3, (HAVUJHAKE)             | KAU1-22.3552.4602 | Säätöpukkeille rasvaa myös | V                         | ST   |       | 12,4            | 55                  | 1500                     |
| HIHNAKUJETIN 4, (HAVU VIIKSIHAINA)      | KAU1-22.3552.4606 |                            | TV                        | S    |       | 12,8            | 90                  | 1500                     |
| JAKOKUJETIN (HAVUHAKE)                  | KAU1-22.3552.4612 |                            | TV                        | S    |       | 165             | 11                  | 1500                     |
| HIHNAKUJETIN, SIILLOILLE +JAKOLUUKKU    | KAU1-22.3555.4601 |                            | STV                       |      |       | 15,1            | 75                  | 1000                     |
| HIHNAKUJETIN, (JAKOKUJETIN SIILLOT)     | KAU1-22.3555.4605 |                            | TV                        | S    |       | 15,1            | 11                  | 1500                     |
| RUUVIPURKAIN, HAKESILO 1                | KAU1-22.3555.4611 |                            | SL                        |      |       | 197,2           | 315                 | 1500                     |
| RUUVIPURKAIN, HAKESILO 2                | KAU1-22.3555.4612 |                            | SL                        |      |       | 197,2           | 315                 | 1500                     |
| HIHNAKUJETIN 1, HAKESILOILTA 1          | KAU1-22.3555.4615 |                            | TV                        | S    |       | 15,1            | 11                  | 1500                     |
| HIHNAKUJETIN 2, SIILLOILTA (+VAAKA)     | KAU1-22.3555.4616 |                            | TV                        | S    |       | 15,1            | 22                  | 1500                     |
| RUUVIPURKAIN (JUNAPURKU)                | KAU1-22.3561.4601 |                            | SL                        | SL   |       | 308,39          | 55                  | 1500                     |
| HIHNAKUJETIN, JUNAPURKU (+MAGNEETTI)    | KAU1-22.3561.4603 |                            | SL                        | SL   |       | 15,78           | 15                  | 1500                     |
| RUUVIKUJETIN, SYÖTTÖJUUVI ELEVAATTORI   | KAU1-22.3561.4611 |                            | T                         | S    |       | 4,33            | 7,5                 | 1500                     |
| HIHNAELEVAATTORI (+JAKOPELTI)           | KAU1-22.3561.4615 |                            | L                         | S    |       | 34,821          | 22                  | 1500                     |
| HYDRAULILAITTEET, VINTTURI (P+S+V)      | KAU1-22.3561.5301 |                            |                           | S    |       |                 |                     |                          |
| TYHJENNYSPUMPPU, HAKEMONITTU            | KAU1-22.3561.6401 | uppopumppu                 |                           | SL   |       |                 |                     |                          |
| TYHJENNYSPUMPPU, JUNAMONITTU            | KAU1-22.3561.6402 | uppopumppu                 |                           | SL   |       |                 |                     |                          |
| KIEKKOSEULA (JUNAPURKU)                 | KAU1-22.3561.7201 |                            | L                         | S    |       | 28              |                     |                          |
| VAUNUVINTTURI (LOGISTER WM-120)         | KAU1-22.3561.7402 |                            | L                         |      |       |                 |                     |                          |
| RUUVIPURKAIN 1, KOIVUHAKE               | KAU1-22.3562.4601 |                            | SL                        |      |       | 31,71           |                     |                          |

| Nimitys                                  | Toimintopaikka    | Voiteluaine   | Vaihteen öljymäärä | Vaihtoväli | Vimeeksi vaihdettu | Seisokkitarve | Nimike   |
|--|-------------------|---------------|--------------------|------------|--------------------|---------------|----------|
| VAIHDE, LASTAUSPÖYTÄ                     | KAUJ-22 3251 5201 | NESTE S220 EP | 7 3-5 V            |            | 1.9.2016           | 1             | 18377021 |
| VAIHDE, PORRASEROTIN                     | KAUJ-22 3251 5202 | NESTE S220 EP | 80 3-5 V           |            | 1.9.2016           | 1             | 18377021 |
| VAIHDE, KATKAISUPÖYTÄ                    | KAUJ-22 3251 5203 | NESTE S220 EP | 39 3-5 V           |            | 1.9.2016           | 1             | 18377021 |
| VAIHDE, RUUVIKUULETIN, KATKAISUSAHA      | KAUJ-22 3251 5211 | NESTE S220 EP | 2,7 3-5 V          |            | 1.9.2016           | 1             | 18377021 |
| VAIHDE, RUUVIKUULETIN, PUMPPU KANAALISTA | KAUJ-22 3253 5211 | NESTE S320 EP | 30 3-5 V           |            | 2.6.2016           | 2             | 18377020 |
| VAIHDE, HIEKANEROTUSKULETIN              | KAUJ-22 3254 5211 | NESTE S220 EP | 18 3-5 V           |            | 1.6.2014           | 1             | 18377021 |
| VAIHDE, VASTAANOTTOKULETIN               | KAUJ-22 3255 5201 | NESTE 220 EP  | 14 1,5 V           |            |                    | 2             | 18528292 |
| VAIHTEET, PESURULLASTO                   | KAUJ-22 3255 5203 | NESTE 220 EP  | 18 1,5 V           |            | 26.1.2016          | 2             | 18528292 |
| VAIHTEET, RUMMUN KÄYTTÖ-, (18 KPL)       | KAUJ-22 3255 5211 | NESTE 320 EP  | 55 3-4 V           |            | 1.4.2015           | 2             | 18503388 |
| VAIHDE, VASTAANOTTOKULETIN               | KAUJ-22 3256 5202 | NESTE 220 EP  | 14 1,5 V           |            |                    | 2             | 18528292 |
| VAIHTEET, PESURULLASTO                   | KAUJ-22 3256 5204 | NESTE 220 EP  | 18 1,5 V           |            | 27.1.2017          | 2             | 18528292 |
| VAIHTEET, RUMMUN KÄYTTÖ-, (18 KPL)       | KAUJ-22 3256 5212 | NESTE 320 EP  | 55 3-4 V           |            | 1.4.2015           | 2             | 18503388 |
| VAIHDE, HEITTORULLA                      | KAUJ-22 3261 5201 | NESTE 220 EP  | 14 1,5 V           |            |                    | 2             | 18528292 |
| VAIHDE, HEITTORULLA                      | KAUJ-22 3261 5205 | NESTE 220 EP  | 7 1,5 V            |            |                    | 2             | 18528292 |
| VAIHDE, PURKAUSRUUVI, SYKLOONA           | KAUJ-22 3261 5211 | NESTE 680 EP  | 8,5 1,5 V          |            | 1.9.2016           | 2             | 18547743 |
| VAIHDE, HAKKU 1                          | KAUJ-22 3261 5221 | NESTE 220 EP  | 170 1,5 V          |            | 1.9.2016           | 2             | 18528292 |
| VAIHDE, SYÖTTÖKULETIN                    | KAUJ-22 3262 5202 | NESTE 220 EP  | 14 1,5 V           |            | 1.9.2016           | 2             | 18528292 |
| VAIHDE, RUUVIKUULETIN, PYSTY             | KAUJ-22 3262 5203 | NESTE 220 EP  | 40 1,5 V           |            | 1.9.2016           | 2             | 18528292 |
| VAIHDE, HEITTORULLA                      | KAUJ-22 3262 5206 | NESTE 220 EP  | 7 1,5 V            |            |                    | 2             | 18528292 |
| VAIHDE, PURKAUSRUUVI 2 + JAKOLÄPÄT       | KAUJ-22 3262 5210 | NESTE S220 EP | 105 1,5 V          |            |                    | 2             | 18377021 |
| VAIHDE, PURKAUSRUUVI, HAKKU 2            | KAUJ-22 3262 5212 | NESTE S220 EP | 40 3-5 V           |            | 1.9.2016           | 2             | 18377021 |
| VAIHDE, HAKKU 2                          | KAUJ-22 3262 5222 | NESTE 220 EP  | 200 1,5 V          |            | 1.9.2016           | 2             | 18528292 |
| VAIHDE, KUORIKUULETIN 1                  | KAUJ-22 3271 5201 | NESTE 220 EP  | 2,8 1,5 V          |            |                    | 2             | 18528292 |
| VAIHDE, KUORIKUULETIN 2                  | KAUJ-22 3271 5202 | NESTE 220 EP  | 2,8 1,5 V          |            |                    | 2             | 18528292 |
| VAIHDE, SAOSTUSKULETIN 1                 | KAUJ-22 3271 5208 | NESTE 220 EP  | 12 1,5 V           |            |                    | 2             | 18528292 |
| VAIHDE, SAOSTUSKULETIN 2                 | KAUJ-22 3271 5209 | NESTE 220 EP  | 39 1,5 V           |            |                    | 2             | 18528292 |
| VAIHDE, RUUVIKUULETIN 1                  | KAUJ-22 3271 5211 | NESTE 320 EP  | 12 1,5 V           |            |                    | 2             | 18503388 |
| VAIHDE, RUUVIKUULETIN 2                  | KAUJ-22 3271 5213 | NESTE 320 EP  | 6,5 1,5 V          |            |                    | 2             | 18503388 |
| VAIHDE, HIHNKULETIN REPIJÖILLE           | KAUJ-22 3271 5217 | NESTE 220 EP  | 2,8 1,5 V          |            | 1.9.2016           | 2             | 18528292 |
| VAIHDE, RUUVIKUULETIN, SEULOTTU KUORI    | KAUJ-22 3271 5220 | NESTE 220 EP  | 11 1,5 V           |            | 1.9.2016           | 2             | 18528292 |
| VAIHDE, RUUVIKUULETIN KUORENREPIJÖILTÄ   | KAUJ-22 3271 5223 | NESTE 320 EP  | 7 1,5 V            |            | 15.12.2016         | 2             | 18503388 |
| VAIHDE, RUUVIKUULETIN                    | KAUJ-22 3271 5225 | NESTE 320 EP  | 6 1,5 V            |            |                    | 2             | 18503388 |
| VAIHDE, RUUVIKUULETIN, KUORIPURISTIMET   | KAUJ-22 3271 5230 | NESTE 320 EP  | 12 1,5 V           |            |                    | 2             | 18503388 |
| VAIHDE, SYÖTTÖRUUVI, KUORIPURISTIN 3     | KAUJ-22 3271 5233 | NESTE 320 EP  | 3,5 1,5 V          |            |                    | 1             | 18503388 |
| VAIHDE, SYÖTTÖRUUVI, KUORIPURISTIN 6     | KAUJ-22 3271 5236 | NESTE 320 EP  | 2,4 1,5 V          |            | 16.12.2016         | 1             | 18503388 |
| VAIHDE, RUUVIKUULETIN, OHIAJO-           | KAUJ-22 3271 5251 | NESTE 320 EP  | 6,5 1,5 V          |            |                    | 2             | 18503388 |





**Näytä huoltosuunnitelma: Yksitt.syklisuunn. 500000033247**

Huoltosuunnitelma  HAKEKASOJEN SÄHKÖMOOTTORIEN RASVA...

Huoltosuunn. ots.

Huoltosuunnitelman sykit    Huoltosuunnitelman ajoitusparametrit    Huoltosuunnitelman lisätiedot    Ajoit...

Sykli/yksikkö  KK.

Sykriteksti

Siirtymä/yksikkö  KK.

Rivi    Objektiluettelo - rivi    Sijainti - rivi    Asiakaslajennus - rivi

Huoltorivi  HAKEKASOJEN SÄHKÖMOOTTORIEN ...

Viiteobjekti

Toimintopaikka  HIHNAKULJETIN 1, (KOIVUHAKE)

Laite

Suunnittelutiedot

Suunnittelutmp  Kaukas Pulp    Suunnitteluryhmä  VOITELU

Tilauslaji  EH-työtilaus autom. vapautetta...    KP-toimintolaji  Ennakkohuolto

Vast. työpiste  /  Mek Sellu Puunkäsi...

Prioriteetti     Purkamisohje

Myyntiosite  /

Älä vapauta heti

Vaiheluettelo

| Tpi                            | VL-ryhmä                           | RLask                          | Kuvaus                                   |
|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--|
| <input type="text" value="A"/> | <input type="text" value="17977"/> | <input type="text" value="1"/> | HAKEKASOJEN SÄHKÖMOOTTORIEN RASVAKIER... |

Ennakkohuoltosuunnitelma, johon on luotuna hakekasojen sähkömoottoreiden voitelureitti. Yläpalkista näemme voitelureitin syklin ja alapalkista löytyvät voitelureitin suunnittelutiedot.

Liite 4/2

Huoltosuunnitelma  HAKEKASOJEN SÄHKÖMOOTTORIEN RASVA...

Huoltosuunn. ots.

Huoltosuunnitelman ajoitusparametrit Huoltosuunnitelman lisätiedot Ajoitetut kutsut - huoltosuunnite...

Ajoitusluettelo

| K... | Suunn. pvm | Kutsupäivä... | Käsittelypvm | Ajoituslaji/tila    | Tot... | Yksikkö |
|------|------------|---------------|--------------|---------------------|--------|---------|
| 1    | 08.04.2017 |               |              | Uusi alku ,Kutsuttu |        |         |
| 2    | 05.10.2017 | 17.09.2017    |              | Ajoitettu, Odott.   |        |         |
| 3    | 03.04.2018 | 16.03.2018    |              | Ajoitettu, Odott.   |        |         |

Rivi Objektiluettelo - rivi Sijainti - rivi Asiakaslajennus - rivi

Huoltorivi  HAKEKASOJEN SÄHKÖMOOTTORIEN...

| Laj. | Toimintopaikka    | Toim.paikan nimitys                  | Kokoon... | Kokoonpanon nimitys |
|------|-------------------|--------------------------------------|-----------|---------------------|
|      | KAU1-22 3551 4601 | HIHNAKULJETIN 1, (KOIVUHAKE)         |           |                     |
|      | KAU1-22 3551 4605 | HIHNAKULJETIN 2, (KOIVU VIKSIHIHNA)  |           |                     |
|      | KAU1-22 3552 4602 | HIHNAKULJETIN 3, (HAVUHAKE)          |           |                     |
|      | KAU1-22 3552 4606 | HIHNAKULJETIN 4, (HAVU VIKSIHIHNA)   |           |                     |
|      | KAU1-22 3552 4612 | JAKOKULJETIN (HAVUHAKE)              |           |                     |
|      | KAU1-22 3555 4605 | HIHNAKULJETIN, (JAKOKULJETIN SIILOT) |           |                     |
|      | KAU1-22 3555 4615 | HIHNAKULJETIN 1, HAKESILOLTA 1       |           |                     |
|      | KAU1-22 3555 4616 | HIHNAKULJETIN 2, SIILOILTA (+VAAKA)  |           |                     |
|      | KAU1-22 3562 4620 | HIHNAKULJETIN, PURUSIILOLLE          |           |                     |
|      | KAU1-22 3572 4607 | HIHNAKULJETIN 1.1 HAVU (LÄ)          |           |                     |
|      | KAU1-22 3572 4608 | HIHNAKULJETIN 1.2 HAVU (IT)          |           |                     |

Objektiluetteloon on listattu järjestyksessä kaikki toimintopaikat, jotka kuuluvat voitelureittiin. Ajoitusluettelosta näkyy päivämäärät, jolloin työ ilmestyy voitelijan työtehtäviin.

## Liite 4/3

**Näytä Huoltoriviteksti: Kieli FI**

SAP

Cut Copy Paste Advanced Find Replace Select Undo Redo Reset Paragraph Format Reset Character Formatting Styles ABC Spelling & Grammar Research Translate Thesaurus Set Proofing Language Word Count Print Layout Draft View

VOITELUAINE: MOBIL UNIREX N2  
VOITELUKOhteET JA MÄÄRÄT:

HAKEKASAN YLÄPUOLELLA:

KAU1-22 3551 4601 HIHNAKULJETIN 1, (KOIVUHAKE)  
D ja N-pää: 36 g

KAU1-22 3551 4605 HIHNAKULJETIN 2, (KOIVU VIKSIHIHNA)  
D ja N-pää: 26 g

KAU1-22 3552 4602 HIHNAKULJETIN 3, (HAVUHAKE)  
D ja N-pää: 36 g

KAU1-22 3552 4606 HIHNAKULJETIN 4, (HAVU VIKSIHIHNA)  
D ja N-pää: 26 g

KAU1-22 3552 4612 JAKOKULJETIN (HAVUHAKE)  
D ja N-pää: 12 g

KAU1-22 3555 4605 HIHNAKULJETIN, (JAKOKULJETIN SIILOT)  
D ja N-pää: 12 g

KAU1-22 3555 4615 HIHNAKULJETIN 1, HAKESIILOLTA 1  
D ja N-pää: 12 g

KAU1-22 3555 4616 HIHNAKULJETIN 2, SIILOILTA (+VAAKA)  
D ja N-pää: 16 g

KAU1-22 3562 4620 HIHNAKULJETIN, PURUSIILOLLE  
D ja N-pää: 16 g

HAKEKASAN ALAPUOLELLA

KAU1-22 3572 4607 HIHNAKULJETIN 1.1 HAVU (LÄ)  
D ja N-pää: 12 g

KAU1-22 3572 4608 HIHNAKULJETIN 1.2 HAVU (IT)

Huoltorivitekstiin kirjoitetaan tarvittavat tiedot voitelureitin suorittamiseksi. Voiteluaine, kohteet ja määrät näkyvät voitelijan työtilauksessa.

Liite 4/4

**Näytä EH-työtilaus autom. vapautettava 200006925930: pääotsikko**

Tilaus PM12 200006925930 HAKEKASOJEN SÄHKÖMOOTTORIEN RASVAKIER...

HAKEKASOJEN SÄHKÖMOOTTORIEN RASVAKIERROS  
 VOITELUVAINE: MOBIL UNIREX N2  
 VOITELUKOhteet JA MÄÄRÄT:  
 HAKEKASAN YLÄPUOLELLA:  
 KAU1-22 3551 4601 HIHNAKULJETIN 1, (KOIVUHAKE)  
 D ja N-pää: 18 g

Järj. tila VAPA ENLA NIVA PUOH

Ots.tiedot   Vaiheet   Komponentit   Kumppani   Objektit   Lisätiedot   Sijainti   Suunnitt.   Ohjaus   Laajennus

Vastuuhenkilöt  
 Suunn.rhmä 80 / KAU1 VOITELU  
 Vast.Työp. MSPUUNK / KAU1 Mek Sellu Puunkä...  
 Vastuuh... 0

Ilmoitus 100003308597  
 KP-TLaji P01 Ennakkohuolto  
 Osoite

Päivämäärät  
 Alkuraja 08.04.2017 06:00 Priorit. Ei tuotantoriskää  
 Loppuraja 08.04.2017 15:52

Viiteobjekti  
 ToimPaikka KAU1-22 3551 4601 HIHNAKULJETIN 1, (KOIVUHAKE)  
 Laite

Häiriötiedot   Vah. kuvaus   Ilmoituspvm:t

Häir. alku 24.03.2017 11:58:27  Katkos  
 HäirLoppu 00:00:00 Katkosaika 0,00 H

Ensimmäinen vaihe  
 Vaihe SÄHKÖMOOTTORIEN VOITELU L.av. Laske työ  
 Työp./tmp MSPUUNK / KAU1 Ohj.av. PM01 Toim.laji PDME01  TAV  
 Työpanos 8,0 H Lkm 1 Vaih.kesto 8,0 H  Komp.  
 Henkil.nro 0

Esimerkki työtilaus, jollaisen ennakkohuoltosuunnitelma luo.