



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**ELINTARVIKELUOKITELTUIJEN
VOITELUAINEIDEN
HYÖDYNTÄMISMAHDOLLISUUDET
METSÄTEOLLISUUDESSA**

Pinja Rätty

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA

Kandidaatintyö

Huhtikuu 2023

TIIVISTELMÄ

Elintarvikeluokiteltujen voiteluaineiden hyödyntämismahdollisuudet metsäteollisuudessa

Pinja Rätty

Oulun yliopisto, Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö 2023, 41 s. + 3 liitettä

Työn ohjaajat yliopistolla: Emil Kurvinen, Jussi Salakka

Työn tavoitteena oli tarkastella elintarvikeluokiteltujen voiteluaineiden hyödyntämismahdollisuuksia UPM Specialty Papers Jämsänkosken tehtaalla. Tehtaalla olisi tarkoitus vaihtaa osa perinteisistä voiteluaineista elintarvikeluokiteltuihin voiteluaineisiin. Tehtaalla tuotettu paperi voi pilaantua, eli kontaminoitua, jos voiteluainetta joutuu paperiin. Elintarvikevoiteluaine, jolla on NSF H1 luokitus, ei pienissä määrin pilaa paperituotetta. Voiteluaineiden vaihdon taustalla on siis taata parempi ja turvallisempi paperituote asiakkaille.

Elintarvikevoiteluaineiden hyödyntämismahdollisuuksia tutkittiin kirjallisuuskatsauksen, markkinatutkimuksen ja benchmarkkauksen avulla. Kirjallisuuskatsauksella etsittiin tietoa aluksi elintarvikevoiteluaineiden standardeista ja sertifikaateista sekä myöhemmin niiden hyödyistä ja haitoista. Markkinatutkimuksen avulla selvitettiin sopivat elintarvikevoiteluaineet Jämsänkosken tehtaan eri kohteisiin. Benchmarkkauksen eli vertailututkimuksen avulla saatiin tietoa muiden UPM:n tehtaiden elintarvikevoiteluainetilanteesta. Työssä otettiin selvää myös tarkemmin Jämsänkosken tehtaan asiakkaiden sekä laitetoimittajien ja -valmistajien näkemyksistä elintarvikevoiteluaineista.

Työn tuloksena huomattiin, että elintarvikevoiteluaineilla pystytään korvaamaan perinteiset paperikoneen voiteluaineet. Työn lopussa tehtiin Jämsänkosken tehtaalle etenemissuunnitelma, jossa perustellen esitettiin elintarvikevoiteluaineille uudet kohteet.

Asiasanat: elintarvikevoiteluaine, paperikone, kontaminaatio

ABSTRACT

Possibilities for the exploitation of food grade lubricants in the forest industry

Pinja Rätty

University of Oulu, Degree Programme of Mechanical Engineering

Bachelor's thesis 2023, 41 pp. + 3 Appendixes

Supervisors at the university: Emil Kurvinen, Jussi Salakka

The aim of the thesis was to examine the possibilities for the exploitation of food grade lubricants for the UPM Specialty Papers Jämsänkoski mill. The mill intends to replace some of the traditional lubricants with food grade lubricants. The paper produced at the mill can be contaminated if lubricant gets into the paper. A food grade lubricant with NSF H1 classification does not spoil the paper product in small amounts. The reason behind changing lubricants is to guarantee a better and safer paper product for customers.

The possibilities of exploitation of food grade lubricants were investigated with the help of a literature review, market research and benchmarking. Initially the literature review was used to search information on standards and certificates of food grade lubricants and later food grade lubricants' benefits and drawbacks. With the help of market research suitable food grade lubricants were determined for different types of equipment. Benchmarking provided information on the usage of food grade lubricants at other UPM mills. The thesis also examined customers', equipment manufacturers' and equipment suppliers' views on food grade lubricants.

As a result of the thesis, it was discovered that food grade lubricants can be used to replace traditional paper machine lubricants. A roadmap was established for the Jämsänkoski mill in which new applications for food grade lubricants were presented with justification.

Keywords: food grade lubricant, paper machine, contamination

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty Oulun yliopiston konetekniikan kandidaatintutkintoa varten. Työn tarkoituksena oli käydä läpi elintarvikeluokiteltujen voiteluaineiden hyödyntämismahdollisuuksia perinteisten paperikoneen voiteluaineiden korvaajina. Haluan kiittää UPM Specialty Papers Jämsänkoskea, joka mahdollisti tämän työn aiheen tutkimisen. Erityisesti Jämsänkosken henkilöstöstä haluan esittää suuret kiitokset Harri Latvaselle, joka ohjasi työni tekoa. Oulun yliopiston puolelta haluan kiittää Emil Kurvista ja Jussi Salakkaa työni ohjaamisesta ja tarkistamisesta. Kiitokset myös YTM-Industrial Oy:n Vesa Ylöselle, joka auttoi työn alussa löytämään kirjallisuuslähteitä elintarvikevoiteluaineista. Lisäksi haluan kiittää läheisiäni tuesta tämän työn saralla.

Oulu, 28.04.2023

Pinja Rätty
Pinja Rätty

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	6
2 VOITELUAINEET	8
2.1 Voitelumekanismit	8
2.2 Viskositeetti.....	9
2.3 Lisäaineet	11
2.4 Voiteluöljyt	13
2.5 Voitelurasvat	15
2.6 Kiinteät voiteluaineet	16
3 ELINTARVIKELUOKITELLUT VOITELUAINEET	17
3.1 Elintarvikevoiteluaineiden määrittely	17
3.2 Standardit ja sertifikaatit	19
4 MARKKINATUTKIMUS	22
4.1 Voiteluöljyjen tutkimus.....	23
4.2 Voitelurasvojen tutkimus	27
5 BENCHMARKKAUS SEKÄ MUIDEN SIDOSRYHMIEN NÄKEMYKSET	30
5.1 Elintarvikevoiteluaineiden käytön benchmarkkaus	30
5.2 Laittevalmistajien, -toimittajien sekä asiakkaiden näkemyksiä	30
6 ELINTARVIKEVOITELUAINEIDEN HYÖDYT JA HAITAT	32
7 YHTEENVETO	34

LÄHDELUETTELO

LIITEET:

Liite 1. Voiteluainetaulukko öljyistä

Liite 2. Toinen voiteluainetaulukko öljyistä

Liite 3. Voiteluainetaulukko rasvoista

1 JOHDANTO

Tämä kandidaatintyö on tehty toimeksiantona UPM Specialty Papers Oy:n Jämsänkosken tehtaalle. Jämsänkosken tehtaalla yritys valmistaa tarra- ja pakkauspapereita muun muassa elintarvikkeita varten. Työssä tutkitaan elintarvikeluokiteltujen voiteluaineiden hyödyntämismahdollisuuksia, eli niiden kykyä joutua tuotteeseen pilaamatta sitä tai vahingoittamatta loppukäyttäjän terveyttä. Hyödyntämismahdollisuuksien tutkimiseen kuuluu myös markkinatutkimus, jossa otetaan selvää erilaisista tarjolla olevista elintarvikevoiteluainetuotteista ja niiden valmistajista. Lisäksi selvitetään elintarvikevoiteluaineiden hyötyjä ja haittoja.

Jämsänkosken tehtaalla tehdään siirtymää perinteisistä raakaöljypohjaisista voiteluaineista elintarvikeluokiteltuihin voiteluaineisiin paperikoneissa 3 ja 4 sekä laitteissa, jotka ovat tuotantoketjussa tuotteen kanssa tekemisissä. Elintarvikevoiteluaineiden avulla halutaan loppukäyttäjän kannalta turvallisempi paperituote ja sen tuotantoprosessi. Tehtaan tämänhetkisen tilanteen mukaan elintarvikeluokiteltuja voiteluaineita ei ole vielä laajassa käytössä.

Kandidaatintyön tavoitteena on tarjota oikeaa ja ajantasaista tietoa elintarvikeluokiteltujen voiteluaineiden hyödyntämismahdollisuuksista elintarviketuotteen pakkauspaperin tuotantolaitteistossa perinteisten voiteluaineiden korvaajina. Työn alussa määritellään voiteluaineiden perusteet sekä käsitellään yleisesti elintarvikeluokiteltuja voiteluaineita sekä niihin liittyviä standardeja ja sertifiointeja. Työssä etsitään markkinatutkimuksen avulla teknisesti samankaltaisia elintarvikevoiteluainevaihtoehtoja Jämsänkosken tehtaan voiteluaineiden korvaajiksi. Työhön kuuluu myös benchmarkkaus eli vertailututkimus muutaman toisen UPM:n tehtaan elintarvikevoiteluainetilanteeseen sekä muiden sidosryhmien, eli Jämsänkosken tehtaan asiakkaiden, laitevalmistajien ja -toimittajien näkemyksiä elintarvikevoiteluaineista.

Työssä perehdytään elintarvikeluokiteltujen voiteluaineiden hyötyihin ja haittoihin verrattuna tavallisiin voiteluaineisiin eri näkökulmista. Voiteluaineiden keskinäisiä suorituskyky- sekä kustannuseroja vertaillaan kirjallisuuskatsauksen avulla. Työn lopussa UPM Specialty Papers Oy:n Jämsänkosken tehtaalle kehitetään ehdotus

etenemissuunnitelmasta. Etenemissuunnitelmaan kootaan yhteen laitteet ja kohteet, joihin elintarvikevoiteluaineiden käyttöä ensimmäiseksi kohdistettaisiin.

2 VOITELUAINEET

2.1 Voitelumekanismit

Voitelun tarkoitus on vähentää kitkan suuruutta ja materiaalin kulumista liikkuvien pintojen välillä. Liikkuvien vastinpintojen välissä käytetään voiteluainetta, joka voi olla mikä tahansa helposti leikkaantuva materiaali nestemäisessä, kaasumaisessa tai kiinteässä muodossa. Voiteluaine erottaa liikkuvat pinnat toisistaan joko kokonaan tai osittain riippuen voitelutilanteesta. (Kunnossapitoyhdistys 2013, s. 11)

Voitelun tärkeimmät tehtävät:

- erottaa toisiaan vasten liikkuvat pinnat
- pienentää kitkaa ja siitä aiheutuvaa lämpöä
- vähentää materiaalin kulumista
- jäähdyttää kosketusta
- estää epäpuhtauksien tulo voideltavaan kohteeseen
- kuljettaa epäpuhtaudet ja kulumishiukkaset pois
- vaimentaa osien värähtelyä
- suojata osia korroosiolta

(Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 11)

Kulumisen ja kitkan kannalta optimaalisin tilanne saavutetaan silloin, kun voiteluaineella saadaan erotettua liikkuvat pinnat täysin toisistaan voiteluainekalvolla. Tällaisessa tilanteessa on kyseessä nestevoitelu, jossa liikkuvien osien välinen nopeusero tasoittuu voiteluaineessa. Pintojen välinen kitka on alhainen ja materiaalin kulumisen sekä sen ennenaikainen väsyminen on vähäistä (Kivioja ym. 2007 s. 129; Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 20).

Kun vastinpintojen välinen voiteluainekalvo on hyvin ohut tai se puuttuu kokonaan, puhutaan rajavoitelusta. Rajavoitelutilanteessa suurin osa kuormasta siirtyy vastinpintojen pinnankarheuden huippujen välisessä kosketuksessa. Rajavoitelutilanne saa alkunsa voiteluaineen liian alhaisesta viskositeetistä käyttölämpötilassa, hitaasta pintojen välisestä liikenopeudesta, korkeasta kuormituksesta, vähäisestä

voiteluainemäärästä tai epäedullisista lämmönsiirto-ominaisuuksista voitelutilanteessa. Rajavoitelussa syntyvää pintojen välistä metallista kosketusta pyritään välttämään muun muassa parantamalla voiteluaineen ominaisuuksia. Voiteluaineen sisältämät lisäaineet, kuten paineenkesto- ja kulumisenestolisäaineet, parantavat voiteluaineen suorituskykyä vaikeissa olosuhteissa. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 19)

Sekavoitelutilanteessa pintojen välisen kuormituksen kantaa osittain voiteluainekalvo ja materiaalien pinnankarheuden huiput. Sekavoitelu on siis nestevoitelun ja rajavoitelun yhdistelmä, joten muuttuvat olosuhteet vaikuttavat voitelutilanteeseen ja pintojen väliseen kitkakertoimeen. Voiteluainekalvon paksuuden kasvaessa materiaalien pinnankarheushuiput kantavat vähemmän kuormaa, jolloin kokonaiskitkakerroin alenee ja voitelutilanne muuttuu nestevoitelun kaltaiseksi. Toisaalta olosuhteiden vaikutuksesta, esimerkiksi lämpötilan vaihteluiden myötä, sekavoitelu voi muuttua rajavoitelutilanteeksi. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 20)

Voitelutilanne on siis vahvasti riippuvainen voiteluaineesta sekä vallitsevista olosuhteista, mutta myös muut tekijät vaikuttavat voitelutilanteen luonteeseen. Voitelutilanteessa tärkeitä muuttujia ovat koskettavien pintojen geometria, materiaalin kitka- ja kulumisominaisuudet, pinnanlaatu, lämmönjohtavuus ja kosketuspaine. Voideltavan kohteen ympärillä olevat koneenosat vaikuttavat näihin edellä mainittuihin muuttujiin, esimerkiksi taipunut akseli voi aiheuttaa voideltavan liukulaakerin reunalla liian korkean kosketuspaineen. Lisäksi voiteluun vaikuttavat oleellisesti laitteen asennuksen ja huoltojen onnistuminen. Näinpä voiteluaine on vain yksi tekijä suuremmissa konstruktiossa. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 46)

2.2 Viskositeetti

Viskositeetti on voiteluaineen ominaisuus, joka kuvaa aineen sisäisen kitkan suuruutta. Viskositeetti kertoo siis voiteluaineen kyvystä virrata voitelupisteeseen ja kestävydestä pintojen välissä paineen alla. Voiteluaineen viskositeetin arvon täytyy olla käyttökohteeseen sopiva, sillä liian alhainen viskositeetti aiheuttaa vuotoja järjestelmässä, hyötysuhteen alenemista, kulumista, lämpenemistä osissa sekä voiteluainekalvon ohentumista ja heikkoa paineenkestoaa. Toisaalta liian korkea viskositeetti aiheuttaa suuren virtausvastuksen, heikon voiteluaineen tunkeuman pintojen väliin, lämpötilan

kohoamista, lisääntyvää kulumista ja yleisesti heikompaa voitelua kohteessa. (Kauppinen 2022; Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 17)

Newtonin mukaan viskositeetti voidaan määritellä nesteen molekyylikerrosten liikkeenä kahden vastinpinnan välissä leikkausjännityksen seurauksena. Newtonin mallissa alin vastinpinta pysyy paikallaan ja ylin kerros liikkuu nopeudella u [m/s]. Alimman vastinpinnan läheisyydessä neste pysyy paikallaan ja ylimmän vastinpinnan läheisyydessä neste liikkuu myös nopeudella u . Näinpä pintojen välissä jokainen nesteen molekyylikerros liikkuu eri nopeudella, joka aiheuttaa sisäisen leikkausjännityksen τ [N/m²] molekyylikerrosten välille. Dynaamista eli absoluuttista viskositeettia η [Ns/m²] kuvataan yhtälöllä (1):

$$\eta = \frac{\tau}{\frac{du}{dy}}, \quad (1)$$

missä $\frac{du}{dy}$ on leikkausnopeus [1/s].

Dynaamisesta viskositeetista saadaan johdettua kinemaattinen viskositeetti ν [m²/s], joka on käytännön tasolla tehokkaampi termi ilmaisemaan viskositeettia (2):

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}, \quad (2)$$

missä ρ on voiteluaineen tiheys [kg/m³]. (Kivioja ym. 2007 s. 172; Mikkola 2018)

Dynaamisen ja kinemaattisen viskositeetin yksiköinä käytetään myös vanhan cgs-järjestelmän mukaisia yksiköjä. Dynaamiselle viskositeetille cgs-järjestelmän mukainen yksikkö on poisi [P] ja kinemaattiselle viskositeetille stoki [St]. Molemmista yksiköistä käytetään yleisimmin senttipoisia [cP] ja senttistoikia [cSt]. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 17; Neste Oyj 2006)

Newtonlaisesti käyttäytyvillä nesteillä viskositeetti pysyy vakiona, eli viskositeetti ei muutu leikkausjännityksen ja leikkausnopeuden muuttuessa. Ei-newtonlaisesti käyttäytyvien nesteiden viskositeetti riippuu leikkausnopeudesta, eli käytännössä nesteen viskositeetti muuttuu sitä muokatessa. Ei-newtonlaisten nesteiden viskositeetti voi laskea

tai kasvaa leikkausnopeuden kasvaessa. Ei-newtonlaisia nesteitä ovat esimerkiksi vesi-öljy-emulsiot sekä polymeereillä seostetut öljyt ja rasvat. (Kivioja ym. 2007 s. 174)

Voiteluaineen viskositeetti on voimakkaasti lämpötilasta riippuvainen, sillä voiteluaineen lämpötilan kasvaessa viskositeetti laskee eli voiteluaineen rakenne muuttuu ohuemmaksi. Voiteluaineen valinnan yhteydessä on siis tiedettävä käyttökohteen käyntilämpötila-alue tarkasti, jotta kohteessa käytettävälle voiteluaineelle osataan valita oikeanlainen viskositeetti. Voiteluaineen viskositeetin lämpötilariippuvuutta kuvataan viskositeetti-indeksillä [VI]. Mitä korkeammalla voiteluaineen VI on, sitä laajemmalla lämpötila-alueella sitä voi käyttää. Tavallisesti viskositeetti-indeksi on arvoltaan n. 70–200. (Kauppinen 2022; Kivioja ym. 2007 s. 172; Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 18)

Paineen vaihtelu vaikuttaa viskositeettiin eksponentiaalisesti (3):

$$\eta = \eta_0 e^{\alpha p}, \quad (3)$$

missä η_0 on dynaaminen viskositeetti normaalipaineessa [Ns/m^2],

α on viskositeetin paine-eksponentti ja

p on paine [Pa]. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 18)

2.3 Lisäaineet

Voiteluaineiden lisäaineet parantavat voiteluaineen ominaisuuksia tietyllä osa-alueella. Lisäaineiden avulla voidaan tehostaa voiteluaineen suorituskykyä, jatkaa voiteluaineen elinikää, jakauttaa voiteluaineessa olevia epäpuhtauksia ja suojella voideltavia pintoja ympäristön kanssa tapahtuvilta reaktioilta. Lisäaine vaikuttaa voiteluaineen toimintaan fysikaalisesti, kemiallisesti tai molemmilla tavoilla. Fysikaalisesti reagoivat lisäaineet tarttuvat voideltaviin pintoihin, kun taas kemiallisesti vaikuttavat lisäaineet saavat aikaan kemiallisen reaktion voideltavien pintojen kanssa muodostaen uuden yhdisteen. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 60)

Voiteluaineet sisältävät perusöljyjä ja lisäaineita, joiden on toimittava oikein kokonaisuutena. Voiteluaineille asetetaan vaatimuksia, jotka takaavat niihin halutunlaiset

ominaisuudet. Näiden ominaisuuksien saavuttamiseksi ja vaatimusten täyttämiseksi perusöljyjen ja lisäaineiden on oltava keskenään yhteensopivia sekä oikeissa sekoitussuhteissa, jotta voiteluaine olisi kokonaisuutena tasapainoinen. Keskenään yhteensopimattomien lisäaineiden ja perusöljyjen sekoittaminen huonontaa voiteluaineen ominaisuuksia, joten lisäaineiden sekoitus vaatii tietoa erilaisten lisäaineiden käyttäytymisestä yhdessä. Erilaisia lisäaineita on lueteltu taulukossa 1. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 60)

Taulukko 1. Erilaisia voiteluaineiden lisäainelajeja ja niiden päätehtävät (Kivioja ym. 2007 s. 176–177; Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 60–65)

Lisäainelaji	Päätehtävä
Kulumisenestolisäaineet (AW)	Vähentävät kulumista liikkuvilla ja kosketuksissa olevilla pinnoilla
Paineenkestolisäaineet (EP)	Edesauttavat voiteluainekalvon muodostumista kovissa pintapaineissa
Viskositeetti-indeksin parantajat (VI)	Kasvattavat voiteluaineen viskositeetti-indeksiä polymeerimolekyylien avulla
Detergentit	Estävät likahiukkasten tarttumista koneenosien pintoihin
Dispersantit	Estävät likahiukkasten tarttumista toisiinsa, eli sakkaumien muodostumista
Hapettumisenestolisäaineet	Pidentävät voiteluaineen elinikää estämällä hapettumistuotteiden muodostuminen voiteluaineeseen
Korroosionestolisäaineet	Suojaavat koneenosien pintoja hapen ja kosteuden aiheuttamalta korroosiolta
Kitkanalentajat (FM)	Alentavat kitkaa liikkuvien pintojen välillä
Jähmepisteenalentajat	Estävät lämpötilan laskiessa voiteluaineeseen muodostuvien hiilivetykiteiden kasvamista

Vaahtoamisenestolisäaineet	Rikkovat vaahtokuplat pienentämällä voiteluaineen pintajännitystä
Emulgaattorit	Mahdollistavat veden ja öljyn sekoittumisen emulsioksi
Biosidit ja bakterisidit	Estävät elävien organismien syntymisen
Värit	Värjäävät voiteluaineen, käytetään mm. erottamaan eri voiteluaineet toisistaan ja vuodon ilmaiseamiseen

2.4 Voiteluöljyt

Voiteluöljyt ovat nestemäisiä voiteluaineita, jotka koostuvat perusöljystä ja lisäaineista. Perusöljynä voi toimia mineraaliöljy, synteettinen öljy tai kasviöljy. Mineraaliöljyjä ja synteettisiä öljyjä sekoittamalla saadaan aikaiseksi osasynteettisiä voiteluaineita, joiden ominaisuudet muistuttavat sekä mineraali- että synteettisiä öljyjä. Lisäksi on olemassa hydrovoiteluaineita, joissa voiteluaineen peruselementtinä käytetään vettä. (Kunnossapitoyhdistys 2021; Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 55; Neste Oyj 2006)

Mineraaliöljyt valmistetaan tyhjiötislaamalla ja puhdistamalla raakaöljystä. Raakaöljyjen ominaisuudet vaihtelevat jopa lähdekohtaisesti, joten voiteluainekäyttöön paras kemiallinen raakaöljykoostumus on pieni aromaatti- ja rikkipitoisuus sekä stabiilisuus. Stabiilisuudella tarkoitetaan esimerkiksi kemiallista kestävyyttä hapettumista vastaan. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 55)

Mineraaliöljyt koostuvat tuhansista erilaisista hiilivety-yhdisteistä. Erilaisista hiilivedyistä voidaan erottaa kolme pääryhmää: parafiiniset, nafteeniset ja aromaattiset. Parafiiniset hiilivedyt ovat parhaimpia voitelutarkoituksessa, kun taas aromaattiset hiilivedyt ovat haitallisia suurina pitoisuuksina. Nafteenipohjaiset öljyt ovat mm. viskositeetti-indeksiltään huonoja, mutta ne kestävät paremmin matalia lämpötiloja verrattuna parafiinipohjaisiin öljyihin. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 55; Neste Oyj 2006)

Synteettiset perusöljyt ovat valmistettu kemiallisten prosessien avulla. Synteettiset voiteluaineet ovat kehitetty käyttöalueille, joissa mineraaliöljyjen ominaisuudet eivät riitä. Tällaisia vaativia olosuhteita ovat esimerkiksi erittäin korkeat ja matalat lämpötilat sekä suuret kuormitukset. Synteettiset öljyt voidaan luokitella seuraavalla tavalla: orgaaniset esterit, syntetisoidut hiilivedyt sekä muut. Muut synteettiset öljyt sisältävät mm. polyglykolieetterit, kloorifluoriyhdisteet ja silikonit. (Kivioja ym. 2007 s. 177–181; Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 57)

Kasviöljyjä hyödynnetään biohajoavissa voiteluaineissa. Ne koostuvat triglyserideistä ja luonnon estereistä. Kasviöljyjen hyvinä puolina voidaan pitää niiden korkeaa leimahduspistettä, hyviä kitkaominaisuuksia sekä biohajoavuutta. Huonoja puolia ovat heikko hapettumisenkesto, pysyvä jähmettyminen matalassa lämpötilassa, lyhyt käyttöikä ja hartsintuminen koneenosien pinnoille. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 59)

Voiteluöljyssä tapahtuu käytön myötä sisäisiä fysikaalisia ja kemiallisia muutoksia. Näiden lisäksi öljyyn joutuu ulkoisia epäpuhtauksia, jotka voivat tulla laitteiston kulumisesta tai järjestelmän ulkopuolelta. Erilaiset epäpuhtaudet huonontavat öljyn ominaisuuksia sekä lyhentävät sen käyttöikää, jolloin myös voideltavien koneenosien kuluminen lisääntyy ja ne vaurioituvat ennenaikaisesti. (Kauppinen 2022; Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 163)

Voiteluöljyyn joutuvia epäpuhtauksia on monenlaisia ja niiden vaikutukset öljyyn sekä voideltaviin koneenosiin vaihtelevat. Kiinteät epäpuhtaudet, kuten laitteiston kulumahiukkaset, hiekka, pöly ja ruoste, rikkovat voiteluainekalvoa ja siten pahimmillaan laitteen liukupintoja. Vesi on epäpuhtaus, joka aiheuttaa mm. öljyn vaahtoamista, korroosiota, kavitaatiota ja voiteluaineen hapettumista. Hapettumista saa aikaan erityisesti voiteluaineeseen joutunut ilma, jonka sisältämä happi reagoi öljyn kanssa ja öljyyn muodostuu epäpuhtauksia. (Kauppinen 2022; Kunnossapitoyhdistys 2001)

Epäpuhtauksien vaikutusta voiteluöljyyn voidaan ennaltaehkäistä säännöllisellä öljyn kunnonvalvonnalla, jota toteutetaan online-laitteilla ja laboratoriotutkimusten avulla. Lisäksi voitelujärjestelmän oikeanlaisella suunnittelulla, esim. lisäämällä järjestelmään tiivisteitä ja suodattimia, voidaan vähentää sinne joutuvien epäpuhtauksien määrää. Näin voidaan pidentää öljyn sekä voideltavien laitteiden käyttöikää. (Kauppinen 2022; Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 163)

2.5 Voitelurasvat

Voitelurasvat ovat toiseksi yleisin voiteluaineryhmä voiteluöljyjen jälkeen. Voitelurasvat koostuvat perusöljystä, saentimesta ja lisäaineista, joista perusöljyn osuus rasvan koostumuksessa on n. 90 %. Perusöljynä voidaan käyttää mineraaliöljyä, synteettisiä öljyjä tai muita vaihtoehtoja, kuten silikoni- tai fluoriöljyjä. Perusöljyvaihtoehdot ovat siis samanlaisia voiteluöljyihin verrattuna. Perusöljyn valinta perustuu käyttökohteeseen ja olosuhteisiin, sillä esim. synteettisöljypohjaisia rasvoja käytetään usein kohteissa, joissa vaaditaan hyvää viskositeetti-indeksiä. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 68)

Saentimet muodostavat toisen voitelurasvan perusfaasin. Saentimien tarkoituksena on sitoa perusöljyä ja luovuttaa sitä käytön aikana voitelutilanteeseen. Saennin muodostaa perusöljylle matriisin, joka pitää öljyn kiinteässä rakenteessa paikallaan. Käyttöolosuhteiden, eli lämpötilan, liukuvan liikkeen ja kuormituksen vaikutuksesta öljy lähtee erottumaan rasvasta. (Fuchs 2023a; Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 68)

Voitelurasvaan sopiva saennin ja sen määrä valitaan voiteluolosuhteiden mukaan. Saentimena voi toimia metallisaippua, metallikompleksisaippua, orgaaninen ei-saippuayhdiste tai epäorgaaninen yhdiste. Metallisaippuat ovat käytetyimpiä saentimia ja niihin kuuluvat mm. litium- ja kalsiumrasvat. Metallikompleksisaippuat, orgaaniset- sekä epäorgaaniset saentimet ovat tarkoitettu esim. korkeampiin toimintalämpötiloihin. (Kunnossapitoyhdistys 2021; Kunnossapitoyhdistys 2013 s.68–69)

Rasvavoitelu eroaa öljyvoitelusta monilla tavoilla. Öljyvoitelussa vastakkain liikkuvien pintojen välille on mahdollista saavuttaa voiteluainekalvo, eli öljyvoitelu toimii pääasiassa nestevoitelun alueella. Rasvavoitelussa öljy on sitoutuneena saentimeen, joten öljyvoitelun kaltaista öljyn virtausta ei ole mahdollista saavuttaa. Rasvavoitelussa toimitaan usein sekavoitelualueella. Näinpä rasvavoitelussa voiteluaineella saavutetun kalvon paksuus on ohuempi verrattuna öljyvoiteluun. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 43–44)

Voitelurasvoilla on tietyt etunsa voiteluöljyihin verrattuna, esimerkiksi lämpötila ei vaikuta rasvan kiinteyteen yhtä voimakkaasti kuin voiteluöljyn viskositeettiin. Rasvan rakenne muuttuu juoksevaksi vasta tippumispiistelämpötilan jälkeen, jossa rasvan öljyosa erottuu saentimesta. Taulukossa 2 on listattuna muita rasvavoitelun etuja sekä sen

huonoja puolia verrattuna öljyvoiteluun. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 18; Neste Oyj 2006)

Taulukko 2. Rasvavoitelun etuja ja haittoja verrattuna öljyvoiteluun (Fuchs 2023a; Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 43)

Rasvavoitelun etuja	Rasvavoitelun haittoja
Pysyy paremmin voideltavassa kohteessa	Epäpuhtauksia ei voida suodattaa
Erinomainen tiivistyskyky sekä korroosiosuoja	Huono lämmönsiirtokyky
Pitkät voiteluvälit	Suurin sallittu pyörimisnopeus alhaisempi
Yksinkertainen ja halvempi rakenne toteuttaa	Voiteluaineen syötön toimivuutta ei voida tarkasti arvioida etukäteen

2.6 Kiinteät voiteluaineet

Kiinteitä voiteluaineita käytetään äärimmäisissä olosuhteissa, joissa nestemäisten voiteluaineiden suorituskyky ei riitä. Hankalia olosuhteita aiheuttavat mm. erittäin korkeat ja matalat lämpötilat, suuret kuormitukset, pienet liukunopeudet sekä erilaiset ympäristövaikutukset, kuten säteily ja hapot. Kiinteitä voiteluaineita ovat grafiitti, molybdeenidisulfidi, erilaiset muovit sekä muut kerroksellisen kiderakenteen omaavat aineet, esim. boorinitridi. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 72)

Kiinteitä voiteluaineita lisätään kohteeseen usein lietteen muodossa kantonesteen seassa. Kiinteitä voiteluaineita voidaan käyttää myös kuivana jauheena tai kiinteinä liukupaloina. Usein kiinteitä voiteluaineita hyödynnetään lisäaineina voiteluöljyissä- sekä rasvoissa, sillä ne parantavat voitelua suurilla kuormilla. (Kivioja ym. 2007 s. 228; Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 72)

3 ELINTARVIKELUOKITELLUT VOITELUAINHEET

3.1 Elintarvikevoiteluaineiden määrittely

Elintarvikevoiteluaineita käytetään tuotantolaitteissa, joissa valmistetaan ruokaa, ruokaan liittyviä hyödykkeitä, kosmetiikkaa, eläinten rehuja sekä tupakka- ja farmaseuttisia tuotteita. Elintarvikevoiteluaineet poikkeavat perinteisistä voiteluaineista sillä, että joutuessaan jalostettuun tuotteeseen ne ovat fysiologisesti vaarattomia sekä hajultaan ja maultaan neutraaleja. Elintarvikevoiteluaineita voidaan kuitenkin käyttää samoissa sovelluksissa kuin perinteisiä voiteluaineita, eli mm. voiteluun, voimanvälitykseen sekä korroosionestoon. (Bechem 2022; Kunnossapitoyhdistys 2021)

Valmistettavat tuotteet voivat kontaminoitua, eli saastua voiteluaineen vaikutuksesta eri tavoilla. Voiteluainetta voi joutua tuotteeseen voitelun roiskeista, putkien tai letkujen vuodoista, heikentyneiden tiivisteiden lävitse, ketjujen kautta tulevista pisaroista tai laitteen käyttäjien aiheuttamista virheistä. Elintarviketeollisuudessa tuotteeseen joutuva voiteluaine vaarantaa kuluttajan turvallisuuden, joten elintarvikevoiteluaineiden vaatimukset ovat äärimmäisen tiukat. Yhdysvaltalainen National Sanitation Foundation, eli NSF, on maailmalla johtava elintarviketurvallisuuden tuotesertifiointijärjestö, joka luokittelee elintarvikevoiteluaineet niiden käyttömahdollisuuksien mukaan. Taulukossa 3 on esitetty NSF:n luokitukset ja niiden selostukset. (Fuchs 2023b; Moon 2007)

Taulukko 3. NSF:n luokittelu elintarvikevoiteluaineiden käyttömahdollisuuksista (Fuchs 2023b; Kunnossapitoyhdistys 2021)

Luokitus	Määritelmä
NSF H1	Normaaleissa olosuhteissa voiteluaineen ei odoteta joutuvan tuotteeseen, mutta tilapäinen kosketus sallitaan

NSF H2	Voiteluaine saa olla tuotteen kanssa samassa tilassa, mutta ei suorassa kontaktissa siihen.
NSF 3H	Voiteluaine saa olla suorassa ja jatkuvassa kosketuksessa tuotteen kanssa
NSF HT1	Käytetään lämmönsiirtonesteinä tilanteessa, jossa kontaktia tuotteen kanssa ei voida estää
NSF K1	Puhdistus- ja rasvanpoistoaine ei prosessialueelle

NSF:n luokitusjärjestelmä perustuu FDA:n, eli Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkeviraston kemikaalirekisteriin, johon on lueteltu elintarvikevoiteluaineiden valmistukseen hyväksytyt kemikaalit. Kemikaaliluettelot riippuvat voiteluaineen luokituksesta, esimerkiksi NSF H1 luokitellun voiteluaineen kemikaaliluettelo on tiukempi vaatimuksiltaan kuin NSF H2 kemikaaliluettelo. Eroavaisuus johtuu NSF H1 voiteluaineiden käyttömahdollisuuksista, sillä nämä voiteluaineet saavat pieninä määrinä joutua elintarvikkeisiin. (Gebarin 2009; Kunnossapitoyhdistys 2021)

Elintarvikevoiteluaineet koostuvat samoista komponenteista kuin perinteiset voiteluaineet, eli perusöljystä, lisäaineista ja rasvan tapauksessa lisäksi saentimesta. Perusöljyinä NSF H1 voiteluaineissa käytetään yleisimmin mineraaliöljypohjaisia valkoöljyjä tai synteettisiä perusöljyjä. Mineraaliöljypohjaisia valkoöljyjä jalostetaan pitkälle, jotta ne täyttävät NSF H1 kemikaaliluettelon vaatimukset. Synteettiset perusöljyt valmistetaan elintarvikekelpoisiksi ja ne ovat suorituskyvyltään sekä käyttöiältään parempia kuin valkoöljyt. Synteettisiä perusöljyjä ovat muun muassa polyalfaolefiniit (PAO) sekä polyalkyyli glykolit (PAG). (Gebarin 2009; Moon 2007; Kunnossapitoyhdistys 2021)

Luokituksesta riippuen elintarvikevoiteluaineita voi päätyä elintarvikkeisiin pieniä määriä, mutta niitä ei kuitenkaan ole tarkoitettu ihmisravinnoksi tai kosketuksiin ihon tai limakalvojen kanssa. Esimerkiksi NSF H1 luokiteltua voiteluainetta saa esiintyä elintarvikkeessa korkeintaan 10 osaa miljoonasta [ppm], eli 0,001 prosenttia. Lisäksi voiteluaineelle myönnetty elintarvikeluokitus ei takaa sitä, että se olisi biohajoava. (Gebarin 2009; Kunnossapitoyhdistys 2021)

Elintarvikevoiteluaineilla voidaan taata kuluttajaturvallinen elintarviketuote, jos voiteluaineita käytetään koko tuotantoketjussa, mutta kuitenkin vain tarvittava määrä. Näinpä herkemmissä ja vaativammissa tuotantoprosesseissa elintarvikevoiteluaineiden käyttöön on tärkeämpi panostaa. (Fuchs 2023b; Kunnossapitoyhdistys 2021)

3.2 Standardit ja sertifikaatit

NSF:n myöntämät elintarvikeluokitukset voiteluaineille kuuluvat kolmannen osapuolen sertifiointiin. Tämä tarkoittaa sitä, että NSF on riippumaton organisaatio, joka on tarkastanut voiteluaineen valmistusprosessin ja itsenäisesti päättänyt, täyttääkö voiteluaine tietyt vaatimukset turvallisuuden, laadun ja suorituskyvyn suhteen. Yhdysvalloissa elintarvike- ja lääkevirasto FDA laatii kriteerit elintarviketurvallisuudelle ja NSF sertifioi tuotteita näiden kriteereiden mukaan. Euroopan Unionissa toimii EFSA, eli Euroopan elintarvikevirasto, joka neuvoo elintarviketurvallisuusriskeissä sekä julkaisee tieteellisiä lausuntoja. EU:n alueella voiteluaineita sertifioi ruotsalainen 2Probit samojen FDA:n kriteereiden perusteella, joten EU:ssa hyväksytään Yhdysvaltojen velvoittamat vaatimukset elintarvikevoiteluaineille. Tietyissä erikoistapauksissa EU:n elintarvikevaatimukset poikkeavat Yhdysvaltojen vaatimuksista, esim. EU:ssa titaanidioksidia ei pidetä turvallisena aineena elintarvikkeissa. (Heffels 2022; NSF 2023a; NSF 2021a; Sniderman 2016)

Kansainvälisenä elintarvikevoiteluaineiden tuotesertifiointistandardina käytetään ISO 21469:2006. Standardi koskee hygieniavaatimuksia voiteluaineille, jotka ovat satunnaisesti elintarviketuotteen kanssa kosketuksissa. Näinpä standardin koskevat voiteluaineet vastaavat NSF H1 voiteluaineita. ISO 21469 sekä NSF H1 sisältävät voiteluaineen ainesosien ja etiketin tarkistuksen, mutta ISO 21469 tarkastelee voiteluainetta vielä laajemmin valmistuksen laadunvalvonnan osalta. Standardin mukaisia laadunvalvonnan toimenpiteitä ovat mm. paikan päällä tehtävät voiteluaineen

koostumuksen tarkastukset, voiteluaineeseen ja sen valmistukseen liittyvien riskien tunnistaminen sekä niiden pienentäminen ja pakolliset voiteluainetuotteen testaukset. Standardiin liittyvää laadunvalvontaa suoritetaan vuosittain tuotteen sertifiointiin ylläpitämiseksi. (NSF 2021b; Sniderman 2016)

ISO 21469 on standardi elintarvikeluokituksille voiteluainetuotteille, eli se ei sertifioi elintarviketuotteen valmistuksessa käytettyä hallintajärjestelmää. Hallintajärjestelmä tarkoittaa organisaation osatekijöiden joukkoa, joiden avulla määritetään tavoitteet sekä tavat näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. Elintarviketurvallisuuden hallintajärjestelmiä koskeva standardi on ISO 22000:2018, jonka avulla organisaatio pystyy parantamaan kokonaisvaltaisesti elintarviketurvallisuuttaan. ISO 22000 siis varmistaa, että koko elintarviketuotantoketju hyödyntää hallintakeinoja, joiden avulla saavutetaan turvallisempi tuote kuluttajalle. Näitä hallinnan keinoja ovat mm. toimiva viestintä organisaation sidosryhmien välillä, elintarviketurvallisuudesta vastaavien henkilöiden riittävä pätevöittäminen sekä vaarojen hallinta HACCP-periaatteiden mukaan. (SFS-EN ISO 22000: 2018; Sniderman 2016)

HACCP eli Hazard Analysis Critical Control Point on omavalvontajärjestelmä, jonka avulla elintarvikealan toimijat tunnistavat, arvioivat sekä hallitsevat vaaroja liittyen elintarviketurvallisuuteen. Järjestelmän avulla elintarviketuotannosta etsitään vaarat, joille määritetään kriittiset hallintapisteet, eli menetelmät, joiden avulla vaarat saadaan estettyä tai lievennettyä hyväksyttävälle tasolle. Kriittisille hallintapisteille määritetään lisäksi kriittiset rajat, eli arvot, joiden avulla voidaan seurata hallintapisteiden toimintaa. Esimerkiksi kriittinen hallintapiste voi olla elintarvikkeen lämpötilavaatimus, jolle on määritetty kriittiset rajat, eli tässä tapauksessa maksimi- ja minimilämpötilat. (Euroopan komissio 2022 s. 2–5; ISO 22000)

Voiteluaineiden osalta HACCP-suunnitelman lähtökohdat ovat oikeanlainen voiteluohjelma sekä laitteiston muutokset kontaminaation vähentämiseksi. Vääränlaisessa voiteluohjelmassa voi olla esimerkiksi määritetty liiallinen voiteluaineen määrä kohteen todellisiin tarpeisiin, jolloin kontaminaatoriski kasvaa. Laitteistoa voidaan muokata mm. suodattimien ja huohottimien avulla, jolloin voiteluaineessa olevien epäpuhtauksien määrä vähenee ja voiteluaineen vaihtoväli pitenee. Vaihtovälin pidentyessä voiteluainetta ei tarvitse tuoda voideltavan kohteen luokse niin usein, jolloin riski kontaminaatiolle pienenee. (Sumerlin 2010)

HACCP-suunnitelmaan kuuluu myös voiteluaineen määrän tarkkailu sekä säännölliset tarkastukset öljyvuotojen varalta. Mahdollisia vuotoja voi sattua tarkkailusta, hyvästä voiteluohjelmasta sekä laitteistosta huolimatta, jolloin vaaran lieventämiseksi ainoa keino on käyttää elintarvikeluokiteltua voiteluainetta. NSF H1 ja ISO 21469 luokitellut elintarvikevoiteluaineet sopivat parhaiten lieventämään satunnaisista voiteluainevuodoista aiheutuvia seuraamuksia. (Heffels 2022; NSF 2021a)

Elintarvikevoiteluaineille voidaan asettaa myös uskontoihin liittyviä vaatimuksia, joiden täyttämiseksi tarvitaan tiettyjä valvonta- ja varmennusprosesseja. Elintarviketuotteen valmistusprosessissa tulisi käyttää mm. halal- tai kosher-sertifioituja voiteluaineita, jos lopputuotteen käyttäjät noudattavat islamilaisia tai juutalaisia ruokalakeja. (Fuchs 2023b; Heffels 2022)

4 MARKKINATUTKIMUS

Markkinatutkimuksen pohjana käytetään UPM Specialty Papers Jämsänkosken taulukkoa paperikoneiden voideltavista käyttökohteista sekä niiden voiteluaineista. Taulukosta poimitaan voiteluaineet yksi kerrallaan ja niihin etsitään vastaavia ominaisuuksia sisältäviä NSF H1 luokiteltuja voiteluaineita. Voiteluaineiden kesken vertailua tehdään suorituskykyluokitusten sekä analyysiarvojen perusteella, eli jokaiselle voiteluaineelle on tarkoitus löytää teknisesti mahdollisimman samanlainen elintarvikevoiteluaine. Salassapitovelvollisuuden vuoksi Jämsänkosken tehtaan taulukkoa ei liitetä tähän kandidaatintyöhön.

Markkinatutkimukseen NSF H1 luokitellut voiteluaineet ja niiden valmistajat poimitaan NSF:n viralliselta White Book™-listalta sekä 2Probityn Certificates-sivulta. Voiteluaineiden valmistajia karsitaan tunnettavuuden sekä valmistajan tuotantolaitosten sijainnin perusteella. Tämän vuoksi voiteluaineiden vertailuun ei oteta mukaan mm. aasialaisia voiteluainevalmistajia. Lisäksi voiteluainevalmistajista on karsittu ne, joiden voiteluaineista ei löydy riittävästi teknistä tietoa kattavaa vertailua varten. Elintarvikeluokiteltuja öljyjä valikoidaan seuraavilta valmistajilta: Bechem, Fuchs, Klüber, Castrol, Addinol, Matrix, Mobil, Total, Eurol, Strub, Vickers oil, Q8Oils, Fragol ja Sew. Elintarvikerasvoja etsitään näiden valmistajien valikoimista: Fuchs, Matrix, Vickers oil, Brigaloras, Petro-Canada, Bechem, Cargo Oil, Fragol, Summit Lubrication, Orapi, Sew, Klüber, Setral ja Rocol.

Käsittelen perinteisten ja elintarvikeluokiteltujen voiteluaineiden eroja sanallisesti ja sen lisäksi kokoan voiteluaineista taulukot. Elintarvikeluokiteltujen öljyjen taulukoiden vasemmassa laidassa on voiteluaine, joka on Jämsänkoskella nykyisin käytössä ja sen viereen on listattu valmistajakohtaisesti sille sopiva korvaava elintarvikevoiteluaine. Jos tietyltä valmistajalta puuttuu sopiva korvaava elintarvikevoiteluaine, taulukkoon merkataan viiva (-). Elintarvikeluokiteltujen rasvojen tapauksessa taulukkoa ei ole tehty valmistajakohtaisesti, vaan jokaisen Jämsänkosken tehtaan rasvan kohdalle on merkattu sille sopivat elintarvikerasvat. Voiteluöljyistä tehdyt taulukot löytyvät liitteistä nimillä Liite 1. sekä Liite 2. ja voitelurasvojen taulukko löytyy nimellä Liite 3. Taulukoihin on visuaalisen selkeyden vuoksi värjätty vihreällä värillä ne elintarvikevoiteluaineet, jotka sopisivat parhaiten korvaamaan perinteisiä voiteluaineita.

Teknisten ominaisuuksien vertailun osalta on kuitenkin otettava huomioon, että voiteluaineiden ominaisuuksien lukuarvot ovat voitu saada eri testimenetelmillä. Täten lukuarvot eivät välttämättä ole suoraan verrannollisia toisiinsa. Lisäksi yksittäisten hyvien lukuarvojen tarkastelu voi luoda suuria odotuksia voiteluaineen suorituskyvyille, vaikka todellisuudessa voiteluaine on tasapainotettu kokonaisuus. Hyvä suorituskyky yhdessä ominaisuudessa voi tarkoittaa huonompaa suorituskykyä toisessa tarkoituksessa, jolloin voiteluaine ei vastaa kokonaistarpeita. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 88–108)

Voiteluaineille annettujen suorituskykyluokitusten vertailu keskenään on yksinkertaisempaa, sillä annettu suorituskykyluokitus takaa voiteluaineelle tietyn minimisuorituskyvyn tietynlaisissa olosuhteissa. Olosuhteiden muuttuessa voiteluaineen käyttäytyminen myös muuttuu, joten luokitukselta huolimatta voiteluaineet eivät ole keskenään identtisiä tai sekoitettavissa. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 92)

4.1 Voiteluöljyjen tutkimus

Markkinatutkimuksessa otetaan ensin käsittelyyn Jämsänkoskella käytettävät voiteluöljyt. Lähes kaikki käsiteltävät perinteiset voiteluöljyt ovat Nesteen valmistamia ja jokaisen voiteluöljyn suorituskykyluokitukset sekä tekniset analyysiarvot löytyvät Nesteen (2022a) tuoteluettelosta. Lisätietoja Nesteen voiteluöljyistä etsitään Nesteen internetsivuilta Tuote- ja käyttöturvallisuustiedotteet -osiosta (2022b), johon voiteluaineiden käyttötarkoituksia ja ominaisuuksia on myös sanallisesti selostettu.

Ensimmäisenä voiteluöljynä käsittelyyn otetaan Nesteen Paper Mill 150 D. Paper Mill 150 D on paperikoneöljy, jota käytetään kiertovoitelussa sekä vaihteissa keskiraskaissa kuormituksissa. Jämsänkoskella Paper Mill 150 D voiteluainetta hyödynnetään telahydrauliikassa sekä kiertovoitelutarkoituksessa. Paper Mill 150 D sisältää muutaman suorituskykyluokituksen, joista etenkin DIN 51524-2 HLP luokitusta ei ollut useammalla 150 viskositeetin elintarvikeöljyllä. Luokitus DIN 51524-2 HLP tarkoittaa minimisuorituskykyvaatimuksia sisätiloissa yli 100 bar paineessa toimiville hydrauliikkaöljyille. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 93)

Monilta valmistajilta löytyy 150 viskositeetin vaihteöljyjä, mutta hydrauliikkaominaisuuksia näiltä öljyiltä ei löydy. Parhaiten luokitukset täyttävät elintarvikeöljyt löytyivät Bechemiltä, Addinolilta ja Strubilta. Näiden elintarvikeöljyt

täyttivät luokitukset sekä ylittivät selkeästi mm. Paper Mill 150 D:n viskositeetti-indeksin.

Nesteen Paper Mill 220 D vastaa käyttötarkoitukseltaan Paper Mill 150 D öljyä. Jämsänkoscikella Paper Mill 220 D on kuitenkin vain kiertovoitelukäytössä, joten se asettaa edellistä väljemmät vaatimukset korvaavalle elintarvikeöljylle. Näinpä kaikilta valmistajilta löytyi suhteellisen hyvä elintarvikeöljy. Paper Mill 220 D öljy sisältää kuitenkin luokituksen DIN 51517-2 CL, joka tarkoittaa öljyä, jossa on ruosteen- ja hapettumisenestolisäaineita. DIN 51517 luokitus löytyi kaikilta muilta, paitsi Matrixin ja Vickers oilin öljyiltä. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 96)

Neste Lamda 320 ZF on synteettinen paperikoneöljy, jota käytetään korkean käyntilämpötilan laakereissa. Näinpä sillä on korkea viskositeetti-indeksi, joka vaikeuttaa vastaavan elintarvikeöljyn etsinnässä. Parhaiten kovia lämpötiloja kestävät elintarvikeöljyt löytyvät Fuchsilta, Klüberilta, Addinolilta, Matrixilta sekä Strubilta.

Neste Hydraulic HLP 46 ZFX on sinkitön hydraulioöljy, jota hyödynnetään Jämsänkoscikella useissa hydrauliiikkaa käyttävissä kohteissa. Kaikilta elintarvikevoiteluaineiden valmistajilta löytyy hyviä hydraulioöljyjä, joiden tekniset ominaisuudet ovat usein parempia kuin Nesteen öljyllä. Hydraulic HLP 46 ZFX öljylle on myönnetty monia suorituskykyluokituksia, joista osa on ISO ja DIN luokituksia sekä osa laitevalmistajien omia suorituskykyluokituksia. Parhaiten luokitukset täyttävät Bechemin, Mobilin, Eurolin ja Strubin öljyt.

Neste Hydraulic HLP 68 on hydraulioöljy, joka sisältää suojan vaahtoamista, hapettumista, kulumista ja korroosiota vastaan. Tällekin öljylle on myönnetty useita suorituskykyluokituksia. Elintarvikeöljyjen valmistajilta löytyy teknisten ominaisuuksien perusteella erittäin hyvin suoriutuvia öljyjä ja useimmat öljyistä kykenevät täyttämään DIN 51524-2 HLP luokituksen. Osalla öljyistä, kuten Bechemin, Fuchsin, Addinolin ja Strubin öljyillä, löytyy myös vaativimmat olosuhteet täyttävä DIN 51524 HVLP luokitus, joka tarkoittaa suoriutumista vaihtelevissa lämpötiloissa ja yli 100 bar paineessa. Mobilin öljy täyttää HLP luokituksen lisäksi yhden laitevalmistajan luokituksen, eli Eaton Vickersin luokituksen hyväksytyn Eaton 35VQ25 pumpputestin myötä. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 93)

Neste Hydraulic SYN 32 hydraulioöljyssä on korkea viskositeetti-indeksi ja hyvä pakkaskestävyys. Samanlaisten ominaisuuksien elintarvikeöljyä on hankala löytää, sillä suurimmalla osalla viskositeetti-indeksi sekä jäähmepiste on huonompi kuin Nesteen öljyllä. Hydraulic SYN 32 öljyllä on myös DIN 51524 HVLP luokitus, joka rajaa osan elintarvikeöljyistä pois. Tämä luokitus ja alhaisimmat jäähmepisteet löytyvät Fuchsin, Addinolin, Matrixin, Eurolin, Strubin ja Q8oilin öljyiltä.

Neste Therm 5 on lämmönsiirtoöljy, jonka käyttölämpötila-alue on -10 celsiusasteesta 300 celsiusasteeseen suljetussa järjestelmässä. Kaikilla elintarvikeöljyjen valmistajilta ei ole lämmönsiirtoöljyjä valikoimissaan, mutta Addinolilta, Matrixilta, Mobililta, Totalilta sekä Fragolilta löytyy elintarvikeluokitellut lämmönsiirtoöljyt. Jokaisen valmistajan öljyt vaikuttavat hyviltä vaihtoehdoilta lukuunottamatta Mobilin öljyä, jonka korkein käyttölämpötila 280 °C ei yllä Therm 5:en vaatimuksiin.

Nesteen Industrial Gear -sarjan öljyt ovat raskaaseen kuormitukseen sopivia vaihteistoöljyjä. Niitä käytetään myös liuku- ja vierintälaakereissa sekä kohteisiin, joissa esiintyy tärinää. Jämsänkoscilla Industrial Gear -sarjan öljyjä käytetään vaihteissa sekä hydraulikassa viskositeeteilla 150, 220, 320 ja 460. Nesteen Industrial Gear öljyiltä löytyy monia suorituskykyluokituksia, kuten ISO ja DIN luokituksia sekä muutama laitevalmistajien luokitus. Lähes kaikilta vertailtavilta elintarvikeöljyiltä löytyy DIN 51517-3 CLP, joka tarkoittaa EP-vaihteistoöljyjä. Monilta öljyiltä puuttui ISO 12925-1 standardin mukainen luokitus, jossa määritellään suljettujen vaihteistojärjestelmien voiteluaineita koskevat vaatimukset. (ISO 12925-1:2018; Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 94)

Neste Industrial Gear öljyjen luokitukset täyttävät parhaiten Fuchsin, Klüberin, Addinolin, Totalin ja Sewin elintarvikeöljyt. Sewin elintarvikeöljyille on myönnetty myös laitevalmistaja AGMA:n 9005/E02: EP luokitus, joka löytyy jokaiselta Industrial Gear -sarjan öljyiltä.

Neste Compressor 68 kompressoriöljyä käytetään tyhjiöpumpuissa sekä paineilmakompressoreissa. Compressor 68 öljyltä löytyy DIN 51506 standardin mukainen suorituskykyluokitus VDL, joka määrittelee 220 °C maksimilämpötilan öljylle ilmakompressorijärjestelmässä, joka on liitetty putkiverkoston tai paineilmasäiliöön. Lähes kaikkien elintarvikeöljyjen valmistajien tuotteet sopivat Compressor 68:n

korvaajiksi lukuunottamatta Klüberin, Castrolin, Totalin ja Vickers oilin öljyjä, sillä niistä puuttuu VDL luokitus. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 103)

Neste Hydraulic HLP 46 on hydraulioöljy, jota voidaan käyttää hydraulijärjestelmien lisäksi vaihteistojen ja laakereiden voitelussa. Jämsänkoskella Hydraulic HLP 46 öljyä käytetään kompressori- ja kiertovoitelukäytössä. Hydraulic HLP 46 öljyltä löytyy monia suorituskykyluokituksia standardisoimisjärjestöiltä sekä laitevalmistajilta. Kaikilta elintarvikeöljyiltä löytyy vähintään DIN 51524-2 HLP luokitus sekä lähes kaikilla on paremmat tekniset analyysiarvot. Näinpä kaikki ovat hyviä vaihtoehtoja, mutta parhaimmiksi voidaan nostaa Bechemin, Fuchsin, Addinolin, Matrixin, Eurolin, Strubin ja Fragolin öljyt, sillä ne sisältävät myös vaativampien olosuhteiden DIN 51524-3 HVLP luokituksen.

Neste Beta 100 ZFX on paperikoneöljy, jota käytetään hydraulikoneikoissa ja kiertovoitelujärjestelmissä. Beta 100 ZFX hyödynnetään Jämsänkoskella telahydrauliikassa. Elintarvikeöljyistä sopivimmat löytyvät Bechemiltä, Fuchsilta, Addinolilta, Mobililta, Eurolilta, Strubilta ja Fragolilta. Näiden valmistajien öljyt sisältävät vähintään DIN 51524-2 HLP ja DIN 51517-2 CL suorituskykyluokitukset, joista varsinkin CL luokitus puuttuu muilta elintarvikeöljyiltä.

Neste Lamda 150 ZF on synteettinen paperikoneöljy korkealla viskositeetti-indeksillä. Lamda 150 ZF:n käyttökohteisiin kuuluu muun muassa korkean käyntilämpötilan laakerit sekä hydrauliiikka. Jämsänkoskella Lamda 150 ZF öljyä hyödynnetään telahydrauliikassa. Neste Lamda 150 ZF ei sisällä suorituskykyluokituksia, joten elintarvikeöljyn valinnassa kiinnitetään huomiota öljyn laajaan käyttölämpötila-alueeseen sekä hapettumisen- ja kulumisenkestävyyteen. Parhaiten vaatimukset täyttävät Bechemin, Fuchsin, Addinolin, Totalin, Strubin, Vickers oilin ja Fragolin elintarvikeöljyt. Näiden joukosta voidaan korostaa vielä erikseen Bechemin, Addinolin ja Strubin öljyjä, sillä niiltä löytyy DIN 51524 HLP luokitukset. Luokituksen perusteella voidaan sanoa, että ne toimisivat parhaiten hydraulikäytössä.

Cogelsa standard slip 68 öljy on tarkoitettu vaaka- ja pystysuorien liukukiskojen voiteluun sekä hydraulijärjestelmiin. Jämsänkoskella öljyä käytetään ketjujen voiteluun. Elintarvikevoiteluaineista kaikilla löytyneillä vaihtoehdoilla on paremmat tekniset ominaisuudet, mutta parhaiten Cogelsa standard slip 68:n vaatimukset täyttivät

Bechemin, Fuchsin, Addinolin ja Strubin öljyt. Erityismaininta Klüberin tuotteelle, joka on valmistettu ketjuvoitelukäyttöä varten. (Cogelsa 2020)

4.2 Voitelurasvojen tutkimus

Elintarvikeluokiteltujen voitelurasvojen valintaprosessi poikkeaa voiteluöljyistä, sillä rasvojen tapauksessa on otettava huomioon voiteluaineen yhteensopivuus vanhan voiteluaineen kanssa. Öljyjen tapauksessa on usein mahdollista huuhdella koko järjestelmä ja vaihtaa uudet öljyt tilalle, kun taas rasvoja vaihtaessa vanhaa voiteluainetta voi aina jäädä pieniä määriä voideltavaan kohteeseen. Näinpä uuden elintarvikevoiteluaineen on oltava yhteensopiva vanhan voiteluaineen kanssa. (Turner 2009)

Yleisenä ohjeena voiteluaineiden osalta on se, ettei niitä saa sekoittaa. Voitelurasvoja voidaan kuitenkin sekoittaa tiettyjen sääntöjen puitteissa, kun tunnetaan keskenään sekoitettavien rasvojen perusöljyt, saentimet sekä lisäaineet. Näiden ainesosien yhteensopivuutta tutkitaan erilaisten taulukoiden perusteella, joissa useimmiten yhteensopivuudelle on annettu kolme astetta: sopiva, ei sopiva sekä testattava. Käytössä olevat taulukot ovat viitteellisiä, sillä varman yhteensopivuuden saa selville voiteluainetoimittajalta. (Kunnossapitoyhdistys 2013 s. 74; Turner 2009)

Saentimien sekoitettavuus on yleensä kriittisin yhteensopivuuden kannalta, mutta tässä markkinatutkimuksessa otetaan huomioon myös perusöljyjen sekoitettavuus. Lisäaineiden sekoitettavuutta ei oteta huomioon. Tässä elintarvikerasvojen markkinatutkimuksessa on siis tarkoituksena löytää teknisesti mahdollisimman samankaltainen rasva verrattuna kohteen alkuperäiseen rasvaan sekä varmistettava näiden kahden eri rasvan sekoitettavuus.

Voitelurasvojen yhteensopivuus varmistetaan SKF:n (2023) Grease compatibility -taulukon avulla. Muutamille voiteluainevalmistajille laitettiin suoraan kyselyä heidän elintarvikerasvavalikoimistaan, joista New Tech Lubes ja Elkalub antoivat omat suosituksensa. Heidän työntekijänsä ovat valikoineet sopivat elintarvikeluokitellut rasvavaihtoehdot, jolloin voiteluaineiden yhteensopivuuden varmistaminen on ollut myös heidän vastuullaan.

Ensimmäisenä voitelurasvana käsitellään Castrol Tribol 4020/220-2, joka on monikäyttöinen voiteluaine suuresti sekä keskisuuresti kuormitettuihin laakereihin. Elintarvikerasvoista parhaimmat vaihtoehdot löytyvät Brugaloraksen ja Fuchsin valikoimista voiteluaineiden korkeiden hitsautumiskuormien ja laajojen lämpötila-alueiden vuoksi. Petro-Canadan tuotteella on laajin käyttölämpötila-alue, mutta perusöljyjen yhteensopivuudesta ei ole tietoa. (Castrol 2019)

LE Almagard 3752 on yleiskäyttöinen EP-voitelurasva, joka soveltuu mm. laakereihin ja niveltappeihin. Parhaimmat elintarvikerasvat LE 3752 korvaajiksi löytyy Fragolilta ja Cargo Oililta. Voiteluaineilla on laajimmat käyttölämpötila-alueet ja parhaimmat kuormankestävyydet. Fragolin NLGI luku on 1,5, joten se hieman poikkeaa LE:n NLGI:stä, joka on 2. (LE 2017)

Mobil SHC Polyrex 102 EM on suorituskykyinen laakerirasva sähkömoottoreille. Voiteluaineelle löytyy kaksi elintarvikeluokiteltua korvaajaa, Fuchsin ja Sewin valmistamat rasvat. Molempien rasvojen saentimena on kalsiumsulfonaattikompleksi, jonka yhteensopivuudesta Mobilin polyurea-samentimen kanssa ei ole varmaa tietoa, sillä eri lähteistä löytyy ristiriitaista informaatiota. Molemmat elintarvikerasvat ovat teknisiltä ominaisuuksiltaan hyvin samanlaisia, joten kummatkin käyvät Mobilin vaihtoehdoiksi. (Mobil 2023a)

Mobilgrease 28 on korkeiden lämpötilojen ja kovien nopeuksien laakerirasva. Rasvalle on hankala löytää teknisesti samanlaista elintarvikerasvaa sen matalan viskositeetin ja savi-saentimen takia. Parhaimmaksi vaihtoehdoksi löytyy Klüberin rasva, sillä se soveltuu myös koville nopeuksille. Klüberin rasvan yhteensopivuus on testattava Mobilin rasvan kanssa. (Mobil 2023b)

FAG arcanol speed 2,6 sopii korkeiden pyörimisnopeuksien laakereille. Parhain elintarvikerasva on Setralin valmistama, sillä se kestää kovia nopeuksia sekä matalia ja korkeita lämpötiloja. (Joensuun Laakeri Oy 2016)

Klüber Staburags N12 on laakerirasva pitkäaikaiseen voiteluun. Elintarvikerasvoista parhaimmat ovat Bechemin ja Petro-Canadan rasvat, mutta molempien sekoitettavuus täytyy testata Klüberin rasvan kanssa ennen käyttöä. (Klüber 2023)

Mobiltemp SHC 100 hyödynnetään kovien nopeuksien ja korkeiden lämpötilojen laakereissa. Parhain elintarvikerasvoista on Matrixin tuote, sillä sekin on tarkoitettu samankaltaisia olosuhteita varten. Mobilin rasvan saentimena on savi, joten yhteensopivuus olisi testattava Matrixin rasvan kanssa. (Mobil 2023c)

5 BENCHMARKKAUS SEKÄ MUIDEN SIDOSRYHMIEN NÄKEMYKSET

5.1 Elintarvikevoiteluaineiden käytön benchmarkkaus

Benchmarkkauksen eli vertailuanalyysin avulla kartoitettiin muiden UPM:n tehtaiden elintarvikevoiteluaineiden käyttöä. Benchmarkkaukseen otettiin mukaan neljä muuta UPM:n tehdasta: UPM Tervasaari, UPM Kymi, UPM Nordland ja UPM Raflatac Tampere. Tervasaari, Kymi ja Nordland valikoituivat mukaan, sillä niissä valmistetaan samankaltaisia paperituotteita kuin Jämsänkoskella. Raflatac jalostaa mm. Jämsänkosken tuotteita, joten heiltä saatiin näkemystä elintarvikevoiteluaineiden käytöstä toisesta perspektiivistä.

Jokaisen tehtaan edustajalta kysyttiin elintarvikevoiteluaineiden käytöstä ja käyttöönnotosta, tehtaalla käytössä olevista elintarvikevoiteluaineista sekä elintarvikevoiteluaineisiin liittyvistä mahdollisista haasteista. Benchmarkkausta ei jaeta tässä työssä salassapitovelvollisuuden vuoksi, vaan se tulee UPM:n sisäiseen käyttöön. Yleisesti ottaen benchmarkkauksesta saatiin selville, että tehtailla ei ole tullut vastaan ongelmia elintarvikevoiteluaineiden toimivuuteen liittyen.

5.2 Laittevalmistajien, -toimittajien sekä asiakkaiden näkemyksiä

Perinteisten voiteluaineiden vaihto elintarvikeluokiteltuihin voiteluaineisiin on muutos, joka vaatii laitevalmistajien, -toimittajien sekä asiakkaiden näkemykset. Jämsänkosken tehtaan asiakkaat ovat osoittaneet halukkuutta paperituotannon parempaan elintarviketurvallisuuteen ja näin ollen elintarvikevoiteluaineiden käyttö olisi toivottua. Asiakkaat eivät kuitenkaan ole maininneet erillisvaatimuksia laitteistossa käytettäville elintarvikevoiteluaineille, eli esimerkiksi tiettyä NSF-luokituksen tasoa ei ole pyydetty. Elintarviketurvallisemman tuotannon puolesta vähimmäisluokkana voidaan kuitenkin pitää NSF H1 luokitusta.

Laittevalmistajien ja -toimittajien osalta vaatimuksia ja näkemyksiä elintarvikevoiteluaineiden käyttöönnotosta on kyselty yrityksiltä, joiden laitteistoa ja komponentteja on käytössä Jämsänkosken tehtaalla. Kaikkien valmistajien ja toimittajien

linjaa elintarvikevoiteluaineiden käytöstä ei ole saatu, mutta SKF, SEW, DB Santasalo sekä Valmet ovat antaneet omat näkemyksensä.

SKF suosittelee laakereiden sekä ketjujen voiteluun käytettäväksi heidän omia elintarvikevoiteluaineitaan. SEW:in vaihdemoottoreihin käy elintarvikevoiteluaineet, jotka ovat lueteltu vaihdetyyppien mukaan heidän voiteluainetaulukossaan. Taulukon perusteella SEW:in vaihteissa käytetään heidän omien voiteluaineidensa lisäksi Klüberin, Castrolin ja Fuchsin elintarvikevoiteluaineita. (SEW 2022)

DB Santasalon mukaan teollisuusvaihteiden käyttöön soveltuu monia elintarvikeluokiteltuja voiteluainetuotteita. DB Santasalo määrittelee elintarvikeluokitellut vaihteistoöljyt siten, että ne ovat synteettisiä PAO-öljyjä, jotka muistuttavat perusrakenteeltaan perinteisiä vaihteistoöljyjä ja joista on vähennetty tai poistettu ihmisten ja eläinten kannalta haitallisia aineita. DB Santasalon viestin liitteenä on Klüberin esite elintarvikevoiteluaineista, josta päätellen DB Santasalon teollisuusvaihteisiin käy ainakin Klüberin elintarvikeluokitellut tuotteet.

Valmet ei erittele voiteluainesuosituksissaan elintarvikeluokiteltuja voiteluaineita perinteisistä voiteluaineista, vaan molempia voidaan käyttää. Voiteluaineen sopivuus perustuu sen ominaisuuksien ja laboratoriotestien tulosten tarkasteluun ja näiden vertaamiseen annettuihin raja-arvoihin. Toisin sanoen voiteluaineen ominaisuuksien täytyy täyttää tietyt vaatimukset, jotta se soveltuisi kohteeseen. Valmet kuitenkin huomauttaa elintarvikevoiteluaineiden poikkeavan perinteisistä voiteluaineista niiden lisäaineiden koostumuksen vuoksi. Elintarvikeluokitellut NSF H1 öljyt eivät sisällä metallisia lisäaineita, jonka vuoksi niillä on erittäin matala sähkönjohtokyky. Valmetin mukaan vaihdettaessa öljyt elintarvikeluokiteltuihin, täytyy myös voiteluaineen suodatinelementtien tyyppi vaihtaa antistaattiseksi.

Valmetilta kysyttiin erityisesti voiteluainesuosituksia BELT-telan hydraulikkaan, mutta heillä ei ole ollut omakohtaisia kokemuksia muiden asiakkaiden kautta elintarvikeöljyjen käytöstä kyseiseen kohteeseen.

6 ELINTARVIKEVOITELUAINAINEIDEN HYÖDYT JA HAITAT

Elintarvikeluokiteltuihin voiteluaineisiin kohdistuu paljon vaatimuksia, sillä teknisten voiteluominaisuuksien lisäksi niillä on oltava mauton, hajuton ja terveydelle vaaraton koostumus sekä hyväksyntä jonkun standardin tai sertifikaatin mukaisesti. Yleisen oletuksen mukaisesti elintarvikevoiteluaineiden suorituskyvystä on tingitty niiden hygieniavaatimusten takia, mutta tämä ei pidä paikkaansa. Suorituskyvyltään elintarvikevoiteluaineet ovat tehokkaita ja yltyvät perinteisten mineraaliöljypohjaisten voiteluaineiden tasolle. Erityisesti synteettiset elintarvikevoiteluaineet ylittävät suorituskyvyllään helposti perinteiset mineraaliöljypohjaiset voiteluaineet. (Judge 2005; Lento 2014)

Synteettiset elintarvikevoiteluaineet suoriutuvat perinteisiä voiteluaineita paremmin laitteissa, joissa vaaditaan voiteluaineelta toimivuutta suhteellisen suurilla nopeuksilla sekä kovien kuormitusten alaisena. Synteettisillä PAO-öljyillä on laaja käyttölämpötila-alue sekä korkea viskositeetti-indeksi. Synteettiset PAG-öljyt sietävät vielä korkeampia lämpötiloja, kovempia paineita sekä niillä on parempi hapettumisenkestävyys. PAO-öljyjen etuna on niiden sekoitettavuus mineraaliöljyjen kanssa, sillä PAG-öljyt eivät ole yhteensopivia PAO- tai mineraaliöljyjen kanssa. (Judge 2005; Moon 2006; Norris 2019)

PAO- ja PAG-öljypohjaiset elintarvikevoiteluaineet ovat pitkäikäisempiä kuin perinteiset mineraaliöljyvoiteluaineet. Erityisesti PAG-öljyjen vaihtoväli on hyvin pitkä ja sen vuoksi niitä suositellaan käytettäväksi vaikeasti saavutettavissa laitteissa ja komponenteissa. PAG-öljyt ovat kuitenkin paljon kalliimpia kuin PAO-öljyt. Mineraaliöljypohjaiset elintarvikevoiteluaineet ovat halvempia verrattuna synteettisiin elintarvikevoiteluaineisiin, mutta niiden käyttöolosuhteet ovat rajoittuneemmat. Toisaalta ne ovat kustannustehokas vaihtoehto kohteisiin, joissa voiteluaineelta ei vaadita yhtä laajaa käyttölämpötila-aluetta tai suurta kuormituksenkestävyyttä kuin synteettisiltä voiteluaineilta. (Judge 2005; Norris 2019)

Nykyään NSF H1 luokitellut elintarvikevoiteluaineet ovat arvostettuja maailmalla niiden käyttövarmuuden ja pitkän elinkaaren vuoksi, ja esimerkiksi vaihteistojen valmistajat saattavat käyttää niitä vaihteistojen ensitäyttöön, vaikka kyseiset vaihteistot eivät tulisi edes elintarviketeollisuuden käyttöön. Todellisenä ongelmana elintarvikevoiteluaineissa

kuitenkin on niiden hinta. Perinteisiä voiteluaineita on mahdollista saada halvemmalla ja yhtä hyvällä suorituskyvyllä. Esimerkkinä otetaan parafiinisista perusöljyistä valmistettu Neste Industrial Gear 150 vaihteistoöljy, jonka hinta 200 litran tynnyrissä on 1092,13 €. Vastaavien 200 litran tynnyreissä olevien elintarvikeöljyjen hinnat ovat helposti yli 3000 €, esimerkkeinä Castrol Optileb GT 150 on 3761,6 €, Addinol Foodproof UNI 150 S on 3412,45 € ja Mobil SHC Cibus 150 on 3986,61 €. (Lento 2014; Noria Corporation 2012; Suomen Voiteluainekauppa Oy 2023; Unilub 2017; Oil-shop24 2023; Öljycenter 2023)

Elintarvikevoiteluaineiden korkea hinta on peräisin niiden hyvän suorituskyvyn lisäksi valmistajan tekemästä työstä voiteluaineen turvallisuuden eteen. Elintarvikevoiteluaineen suorituskyky kompensoi sen korkeaa hintaa, sillä paremmin toimiva voiteluaine takaa myös tehokkaamman voitelun laitteeseen, ja siten komponenttien kulumisen hidastuu ja laiterikot vähenevät. Lisäksi elintarvikevoiteluaineen pidempi käyttöikä tarkoittaa säästöjä voiteluaineiden hankintakustannuksissa. Pidemmän vaihtovälin takia myös voiteluaineen vaihdon aikaiset kontaminaatoriskit vähenevät. (Andrew 2022; Judge 2005)

Elintarvikevoiteluaineista aiheutuvia kustannuksia on mahdollista vähentää konsolidoimalla, eli yhdistämällä eri kohteissa käytettävät voiteluaineet samoiksi. Monikäyttöinen ja ominaisuuksiltaan kattava elintarvikevoiteluaine käy useampaan laitteeseen ja olosuhteisiin, jolloin yksittäisiä voiteluaineita tarvitaan vähemmän. Konsolidointi tulisi tehdä järkevästi, jotta laitteisiin ei päädy ns. liian hyviä voiteluaineita, joissa olisi laitteelle tarpeettomia ominaisuuksia. Esimerkiksi trukkiin ei kannata laittaa elintarvikerasvaa, jossa on antimikrobisia ominaisuuksia. (Andrew 2022)

Elintarvikevoiteluaineiden hyödyt tulevat parhaiten ilmi kontaminaatiotapauksissa. Käyttämällä NSF H1 voiteluaineita perinteisten voiteluaineiden sijaan voidaan välttyä kontaminaatiotapausten aiheuttamilta kalliilta tuotteiden takaisinvedoilta ja yritykseen kohdistuvilta mainehaitoilta. Ennen kaikkea loppukäyttäjälle voidaan taata turvallisempi tuote. (Andrew 2022)

7 YHTEENVETO

Kandidaatintyössä käsiteltiin elintarvikeluokiteltujen voiteluaineiden hyödyntämismahdollisuuksia. Hyödyntämismahdollisuuksista otettiin selvää käymällä läpi elintarvikevoiteluaineiden standardit ja sertifikaatit, etsimällä markkinoilla olevia elintarvikevoiteluaineita sekä erittelemällä elintarvikevoiteluaineiden hyötyjä ja haittoja. Elintarvikevoiteluaineiden vallitseva luokittelumalli on yhdysvaltalaisen NSF:n kehittämä, josta erityisesti tässä työssä tarkasteltiin NSF H1 luokitusta. NSF H1 luokitus sallii elintarvikevoiteluaineen satunnaisen joutumisen tuotteeseen, joten korvaamalla perinteinen voiteluaine NSF H1 luokitellulla voiteluaineella voidaan tarjota turvallisempi lopputuote.

Markkinatutkimuksen avulla löydettiin monia elintarvikevoiteluainevalmistajia, joiden tuotevalikoimista löytyi useita NSF H1 luokiteltuja voiteluainevaihtoehtoja. Jämsänkosken tehtaan jokaiselle voiteluaineelle löytyi elintarvikevoiteluaine korvaajaksi. Markkinatutkimuksessa haasteelliseksi osoittautui sopivien elintarvikerasvojen löytäminen, sillä rasvojen kohdalla täytyi varmistaa teknisen suorituskyvyn lisäksi uuden voiteluaineen yhteensopivuus vanhan voiteluaineen kanssa.

Benchmarkkauksessa saatiin selville muiden UPM:n tehtaiden elintarvikevoiteluaineiden käytöstä. Vertailututkimuksessa ilmeni, että elintarvikevoiteluaineita käytetään eri volyymeissa ja erilaisissa kohteissa joka tehtaalla. Tutkimuksen avulla osoittautui, että elintarvikevoiteluaineiden toimivuuden kannalta ei ole ilmennyt ongelmia.

Asiakkaiden sekä laitevalmistajien -ja toimittajien näkemyksiä selvitettäessä ilmeni, että asiakkaat eivät ole esittäneet vaatimuksia käytettävälle elintarvikevoiteluaineille. Heidän toiveinaan oli kuitenkin kuluttajalle turvallisempi lopputuote, jolloin olisi käytettävä NSF H1 luokiteltuja voiteluaineita. Laitevalmistajista ja -toimittajista osa suositteli käytettäväksi tiettyjen valmistajien elintarvikevoiteluaineita, ja osa ei erittele elintarvikevoiteluaineita tavallisista voiteluaineista, kunhan voiteluaine täyttää sille asetetut vaatimukset.

Elintarvikevoiteluaineiden hyödyistä ja haitoista selvisi, että elintarvikevoiteluaineet ovat hyvin suorituskykyisiä, mutta niiden korkea hinta on kynnyskysymys käyttöönotolle. Toisaalta suorituskykyisemmän elintarvikevoiteluaineen hankinta vähentää välillisesti kustannuksia pienentämällä laiterikkoja ja pidentämällä voiteluaineen vaihtoväliä.

Lisäksi kontaminaatiotapausten tuomat lieveilmiöt, kuten tuotteiden takaisinvedot ja yritykseen kohdistuvat mainehaitat eivät olisi niin merkittäviä elintarvikevoiteluaineiden tapauksessa.

Jämsänkosken tehtaan etenemissuunnitelmana on lähteä edistämään elintarvikevoiteluaineiden käyttöönottoa tietyissä kohteissa. Kohteet määriteltiin yhdessä Jämsänkosken Specialty Papersin insinöörien ja kunnossapitopäällikön kanssa. Öljyvoidelluista kohteista kriittisimmät ovat päällystysasemien ja Sym Sizerin konekiertopumput sekä Belt-telan hydraulikka. Konekiertopumpuilla nivelen kumin hajotessa öljy pääsee suoraan paperikoneelle ja sitä kautta lopputuotteeseen. Belt-telan hydraulikassa liikkuu suuri öljymäärä, joka hajotessaan leviää hyvin laajalle.

Elintarvikevoiteluöljyjä suunniteltiin käytettäväksi myös säiliöiden pystysekoittajien vaihdelaatikoissa, Artex:n vaihdelaatikossa ja sellupulperin kuljettimien ketjuissa. Pystysekoittajien vaihdelaatikat ovat pystyasennossa, jolloin akselitiivisteiden hajotessa öljy pääsee valumaan sekoittajan akselia pitkin säiliöön. Artex:n vaihdelaatikossa on myös samankaltainen vaara, sillä akselitiivisteiden hajotessa öljy valuu suoraan prosessiin. Kuljettimien ketjujen voiteluöljy on suoraan kosketuksissa sellupaaliin, sillä paali makaa ketjujen päällä.

Elintarvikerasvojen käyttöönottoa ajateltiin pesusuihkujen oskilloinnissa, keskusrasvavoitelujärjestelmissä sekä ulosveto- ja levitysteloilla. Näissä kaikissa vaarana on tiivisteiden hajoamisen tai yllirasvauksen myötä rasvan päätyminen paperiradalle.

LÄHDELUETTELO

2Probity, 2022. Certificates [verkkodokumentti]. Göteborg: 2Probity Registration AB. Saatavissa: <https://2probity.eu/certificates/> [viitattu 26.3.2023].

Andrew J., 2022. Safer lubricants for food processing equipment [verkkodokumentti]. Park Ridge: Society of Tribologists and Lubrication Engineers – STLE. Saatavissa: https://www.stle.org/files/TLTArchives/2022/06_June/Feature1.aspx?WebsiteKey=a70334df-8659-42fd-a3bd-be406b5b83e5 [viitattu 25.4.2023].

Bechem, 2022. Special lubricant for the food processing and pharmaceutical industry [verkkodokumentti]. Saksa: Carl Bechem GmbH. Saatavissa: https://www.bechem.de/_Resources/Persistent/a/d/d/4/add4b35a0c17e256ee49a62cd6b5535581530a50/BECHEM_Food_processing_pharmaceutical_industry_en.pdf.pdf [viitattu 25.2.2023].

Castrol, 2019. Product Data Sheet - Castrol Tribol 4020/220-2 [verkkodokumentti]. Johannesburg: Castrol Limited. Saatavissa: [https://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/155EF9F8F5D60D3680257AD1001D29CC/\\$File/BPXE-92W264.pdf](https://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/155EF9F8F5D60D3680257AD1001D29CC/$File/BPXE-92W264.pdf) [viitattu 12.4.2023].

Cogelsa, 2020. Industrial oils [verkkodokumentti]. Barcelona: COGELSA, fabricante de lubricantes industriales. Saatavissa: <https://www.cogelsa.com/en/product/industrial-oils/> [viitattu 25.4.2023].

Euroopan komissio, 2022. Tiedonantoja ja ilmoituksia 2022/C 355/01 [verkkodokumentti]. Luxemburg: Euroopan unionin virallinen lehti. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=OJ:C:2022:355:FULL&from=EN> [viitattu 22.3.2023].

Fuchs, 2023a. Oikean voitelurasvan valitseminen [verkkodokumentti]. Vaasa: Fuchs Oil Finland Oy. Saatavissa: <https://www.fuchs.com/fi/fi/tuotteet/tuoteohjelma/voitelurasvat/mitae-voitelurasva-on/> [viitattu 23.2.2023].

Fuchs, 2023b. Elintarviketuotantoon hyväksytyt tuotteet [verkkodokumentti]. Vaasa: Fuchs Oil Finland Oy. Saatavissa: <https://www.fuchs.com/fi/fi/tuotteet/tuoteohjelma/voiteluaineet-erikoiskaeyttooen/elintarvikelaatuiset-voiteluaineet/> [viitattu 25.2.2023].

Gebarin S., 2009. The Basics of Food grade Lubricants [verkkodokumentti]. Tulsa: Noria Corporation. Saatavissa: <https://www.machinerylubrication.com/Read/1857/food-grade-lubricants-basics> [viitattu 7.3.2023].

Heffels R., 2022. The complexity of Food-Grade Lubricants regulations [verkkodokumentti]. Nairobi: Lubezine Magazine. Saatavissa: https://www.fragol.de/fileadmin/redaktion/Dokumente/4-Press/Fachartikel/Lubezine_Magazine_March_2022.pdf [viitattu 22.3.2023].

ISO 12925-1, 2018. Lubricants, industrial oils and related products (class L) — Family C (gears) — Part 1: Specifications for lubricants for enclosed gear systems. International Organization for Standardization ISO: 44 s.

Joensuun Laakeri Oy, 2016. FAG Rolling Bearing Grease Arcanol SPEED 2,6 [verkkodokumentti]. Joensuu: Joensuun Laakeri Oy. Saatavissa: <https://www.joensuunlaakeri.fi/assets/ProductCatalog/2/Product-1077/ARCANOL-SPEED26-250G-Tekniset-tiedot.pdf> [viitattu 27.4.2023].

Judge D., 2005. Switching to Food-grade Lubricants – Provides Safety Solutions [verkkodokumentti]. Tulsa: Noria Corporation. Saatavissa: <https://www.machinerylubrication.com/Read/774/food-grade-lubricants-safety> [viitattu 24.4.2023].

Kauppinen J., 2022. Voiteluaineiden ominaisuuksia ja ongelmia. Promaint-lehti, 14 (2), s. 36–37.

Kivioja S., Kivivuori S., Salonen P., 2007. Tribologia – kitka, kuluminen ja voitelu. 5. painos. Helsinki: Otatieto, 346 s. ISBN 978-951-672-355-9

Klüber, 2023. STABURAGS N 12 [verkkodokumentti]. Helsinki: Klüber Lubrication Nordic A/S. Saatavissa: <https://www.klueber.com/fi/fi/tuotteet-ja-palvelut/tuotteet/staburags-n-12/9921/> [viitattu 27.4.2023].

Kunnossapitoyhdistys, 2001. Kunnossapitokoulu 62 – Voiteluaineiden epäpuhtaudet ja niiden vaikutus voiteluvaurioihin [verkkodokumentti]. Helsinki: Promaint ry, voitelutekninen toimikunta.

Kunnossapitoyhdistys, 2013. Teollisuusvoitelu. 5. painos. Helsinki: KP-Media OY, 254 s. ISBN 978-952-99458-9-4

Kunnossapitoyhdistys, 2021. Kunnossapitokoulu 108 - Voitelu ääriolosuhteissa [verkkodokumentti]. Helsinki: Promaint ry, voitelutekninen toimikunta.

LE, 2017. Product Information – Almagard Vari-Purpose Lubricant (3752-3750) [verkkodokumentti]. Wichita: Lubrication Engineers. Saatavissa: https://www.l Lubricants.com/wp-content/uploads/pdf/flyers/3750-3752%20Product%20Info.pdf?_ga=2.93441114.678525440.1681314848-1639762632.1679756149 [viitattu 12.4.2023].

Lento S., 2014. Oikea voiteluaine parantaa elintarvikeyrityksen kannattavuutta [verkkodokumentti]. Helsinki: Kehittyvä Elintarvike. Saatavissa: <https://oula.finna.fi/Record/arto.013658178?sid=2945445093> [viitattu 24.4.2023].

Mikkola T., 2018. Luento 0 – Viskositeetti [verkkovideo]. Helsinki: Aalto-yliopisto. Saatavissa: https://www.youtube.com/watch?v=FdafGtMoo_s [viitattu 8.2.2023].

Mobil, 2023a. Mobil SHC Polyrex EM [verkkodokumentti]. Naantali: ExxonMobil Finland Oy Ab. Saatavissa: <https://www.mobil.com/fi-fi/grease/pds/gl-xx-mobil-shc-polyrex-em> [viitattu 27.4.2023].

Mobil, 2023b. Mobilgrease 28 [verkkodokumentti]. Naantali: ExxonMobil Finland Oy Ab. Saatavissa: <https://www.mobil.com/fi-fi/aviation/pds/gl-xx-mobilgrease-28> [viitattu 27.4.2023].

Mobil, 2023c. Mobiltemp SHC 100 [verkkodokumentti]. Naantali: ExxonMobil Finland Oy Ab. Saatavissa: <https://www.mobil.com/en/lubricants/for-businesses/industrial/lubricants/products/products/mobiltemp-shc-100> [viitattu 27.4.2023].

Moon M., 2007. How clean are your lubricants? [verkkodokumentti]. Monmouth County: Trends in Food Science & Technology. Saatavissa: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0924224406003372?token=AD6CFBFEC6FB05AB679FD310775AD675A50A3776EF07B1D3E8803B8D0E0266E2E495AB13CB51509893B6A08DA868C640&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230228163338> [viitattu 28.2.2023].

Neste Oyj, 2006. Ajoneuvojen voiteluaineet -opas [verkkodokumentti]. Espoo: Neste Markkinointi Oy. Saatavissa: https://www.neste.fi/sites/neste.fi/files/AVA_opas_WEB.pdf [viitattu 9.2.2023].

Neste Oyj, 2022b. Tuote- ja käyttöturvallisuustiedotteet [verkkodokumentti]. Espoo: Neste Markkinointi Oy. Saatavissa: <https://www.neste.fi/tuotetiedotteet?productGroup=370&searchTerm=> [viitattu 5.4.2023].

Neste Oyj, 2022a. Tuoteluettelo [verkkodokumentti]. Espoo: Neste Markkinointi Oy. Saatavissa: https://www.neste.fi/sites/neste.fi/files/NESTE_Tuoteluettelo_9-2022_FI.pdf [viitattu 26.3.2023].

Noria Corporation, 2012. Advantages of Food-grade Lubricants [verkkodokumentti]. Tulsa: Noria Corporation. Saatavissa: <https://www.machinerylubrication.com/Read/28920/food-grade-lubricants> [viitattu 25.4.2023].

Norris M., 2019. Food-grade lubricants keep getting better all the time [verkkodokumentti]. Chicago: ProFood World. Saatavissa: <https://www.profoodworld.com/home/article/13279867/foodgrade-lubricants-keep-getting-better-all-the-time> [viitattu 25.4.2023].

NSF, 2021a. How Registrations Prove Lubricants Are Food Grade [verkkodokumentti]. Ann Arbor: NSF International. Saatavissa: <https://www.nsf.org/knowledge-library/food-grade-lubricants-registrations> [viitattu 7.3.2023].

NSF, 2021b. Four Truths About ISO 21469 Certified Lubricants [verkkodokumentti]. Ann Arbor: NSF International. Saatavissa: <https://www.nsf.org/knowledge-library/iso-21469-certified-lubricants> [viitattu 7.3.2023].

NSF, 2023a. What Is Third-Party Certification? [verkkodokumentti]. Ann Arbor: NSF International. Saatavissa: <https://www.nsf.org/knowledge-library/what-is-third-party-certification> [viitattu 7.3.2023].

NSF, 2023b. White Book™ - Nonfood Compounds Listing Directory [verkkodokumentti]. Ann Arbor: NSF International. Saatavissa: <https://info.nsf.org/USDA/Listings.asp> [viitattu 26.3.2023].

Oil-shop24, 2023. ADDINOL Foodproof UNI 150 S [verkkodokumentti]. Schechen: Wectol - Oil and Carcare Products. Saatavissa: <https://www.oil-shop24.de/addinol-foodproof-uni-150-s.html> [viitattu 25.4.2023].

SEW, 2022. Supplier Approval [verkkodokumentti]. Bruchsal: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG. Saatavissa: https://master.sew-eurodrive.com/media/sew_eurodrive/pdf/produkte_1/schmierstoffe/017512604-en.pdf [viitattu 18.4.2023].

SFS-EN ISO 22000, 2018. Elintarviketurvallisuuden hallintajärjestelmät. Elintarvikeketjuun kuuluvia organisaatioita koskevat vaatimukset. Suomen standardoimisliitto SFS: 41 + 5 s.

SKF, 2023. Grease compatibility [verkkodokumentti]. Göteborg: AB SKF. Saatavissa: <https://www.skf.com/id/products/lubrication-management/lubricants/grease-compatibility> [viitattu 12.4.2023].

Sniderman D., 2016. Food grade lubricants and their regulation [verkkodokumentti]. Park Ridge: Society of Tribologists and Lubrication Engineers – STLE. Saatavissa:

https://www.stle.org/files/TLTArchives/2016/01_January/Webinars.aspx?WebsiteKey=a70334df-8659-42fd-a3bd-be406b5b83e5 [viitattu 7.3.2023].

Sumerlin S., 2010. Food-grade Lubricants and Their Place in the HACCP Program [verkkodokumentti]. Tulsa: Noria Corporation. Saatavissa: <https://www.machinerylubrication.com/Read/22925/food-grade-lubricants-haccp> [viitattu 22.3.2023].

Suomen Voiteluainekauppa Oy, 2023. NESTE INDUSTRIAL GEAR 150 EP - 200 L [verkkodokumentti]. Ylöjärvi: Suomen Voiteluainekauppa Oy. Saatavissa: <https://voiteluainekauppa.com/Teollisuusvoiteluaineet/Teollisuusvaihteisto%C3%B6ljyt/Neste-Industrial-Gear-150-EP-200-L-67695/> [viitattu 25.4.2023].

Turner D., 2009. Grease Compatibility Chart and Reference Guide [verkkodokumentti]. Tulsa: Noria Corporation. Saatavissa: <https://www.machinerylubrication.com/Read/1865/grease-compatibility> [viitattu 12.4.2023].

Unilub, 2017. CASTROL Optileb GT 150 [verkkodokumentti]. Szigetszentmiklós: Unilub Ltd. Saatavissa: <https://www.unilub.eu/en/webshop/industrial-gear-oils/castrol-optileb-gt/castrol-optileb-gt-150> [viitattu 25.4.2023].

Öljycenter, 2023. MOBIL SHC CIBUS 150 [verkkodokumentti]. Tampere: Öljycenter Finland Oy. Saatavissa: <https://www.oljycenter.fi/shop/mobil-shc-cibus-150-29926?category=18#attr=2153> [viitattu 25.4.2023].

LIITTEET

Liite 1.

	Bechem	Fuchs	Klüber	Castrol	Addinol	Matrix	Mobil
NESTE PAPER MILL 150 D	Berusynth 150 H1	CASSIDA FLUID GL 150	Klüberoil 4 UH1-150 N	CASTROL Optileb GT 150	Addinol FoodProof UNI 150 S	Foodmax Gear PAO 150	MOBIL SHC CIBUS 150
NESTE PAPER MILL 220 D	Berusynth 220 H1	CASSIDA FLUID GLE 220	Klüberoil 4 UH1 N 220	CASTROL Optileb GT 220	FoodProof UNI 220 S	Foodmax Gear PAO 220	Mobil SHC Cibus 220
NESTE LAMDA 320 ZF	Berusynth 320 H1	CASSIDA FLUID WG 320	Klübersynth UH1 6-320	CASTROL Optileb GT 320	Addinol FoodProof UNI 320 S	Foodmax Gear PAG 320	MOBIL SHC CIBUS 320
NESTE HYDRAULIC HLP 46 ZFX	Berusynth 46 H1	CASSIDA FLUID HF 46	Klüberfood 4 NH1-46	CASTROL Optileb HY 46	Addinol FoodProof HLP 46 S	Foodmax AW PAO 46	MOBIL SHC CIBUS 46
NESTE HYDRAULIC HLP 68	Berusynth 68 H1	CASSIDA FLUID HF 68	Klüberfood 4 NH1-68	CASTROL Optileb HY 68	Addinol FoodProof HLP 68 S	Foodmax AW PAO 68	MOBIL SHC CIBUS 68
NESTE HYDRAULIC SYN 32	Berusynth 32 H1	CASSIDA FLUID HF 32	Klüberfood 4 NH1-32	CASTROL Optileb HY 32	Addinol FoodProof HLP 32 S	Foodmax AW PAO 32	MOBIL SHC CIBUS 32
Neste therm 5	-	-	-	-	FoodProof XW 32 M	Foodmax HTF 32	Mobil SHC Cibus 32 HT
Neste INDUSTRIAL GEAR 150	Berusynth 150 H1	CASSIDA FLUID GL 150	Klübersynth UH1 6-150	CASTROL Optileb GT 150	FoodProof UNI 150 S	Foodmax Gear PAO 150	MOBIL SHC CIBUS 150
Neste INDUSTRIAL GEAR 220	Berusynth 220 H1	CASSIDA FLUID GL 220	Klübersynth UH1 6-220	CASTROL Optileb GT 220	FoodProof UNI 220 S	Foodmax Gear PAO 220	MOBIL SHC CIBUS 220
Neste INDUSTRIAL GEAR 320	Berusynth 320 H1	CASSIDA FLUID GL 320	Klübersynth UH1 6-320	CASTROL Optileb GT 320	FoodProof UNI 320 S	Foodmax Gear PAO 320	MOBIL SHC CIBUS 320
Neste INDUSTRIAL GEAR 460	Berusynth 460 H1	CASSIDA FLUID GL 460	Klübersynth UH1 6-460	CASTROL Optileb GT 460	FoodProof UNI 460 S	Foodmax Gear PAO 460	MOBIL SHC CIBUS 460
Neste Compressor 68	Berusynth 68 H1	CASSIDA FLUID VP 68	Klüber Summit FG Elite 68	Optileb V 68	FOODPROOF VDL 68 S	Foodmax Air 68	MOBIL SHC CIBUS 68
NESTE HYDRAULIC HLP 46	Berusynth 46 H1	CASSIDA FLUID HF 46	Klüberfood 4 NH1-46	CASTROL Optileb HY 46	Addinol FoodProof HLP 46 S	Foodmax AW PAO 46	MOBIL SHC CIBUS 46
NESTE Beta 100 ZFX	Berusynth 100 H1	CASSIDA FLUID HFS 100	Klüberfood 4 NH1-100	-	Addinol FoodProof UNI 100 S	Foodmax AW PAO 100	MOBIL SHC CIBUS 100
NESTE LAMDA 150 ZF	Berusynth 150 H1	CASSIDA FLUID GL 150	Klüberoil 4 UH1-150 N	-	FoodProof UNI 150 S	Foodmax AW 150	MOBIL SHC CIBUS 150
Cogelsa standard slip 68	Berusynth 68 H1	CASSIDA FLUID HF 68	Klüberfood NH1 CH 2-75 Plus	CASTROL Optileb HY 68	FoodProof UNI 68 S	Foodmax Chain 68	MOBIL SHC CIBUS 68

Liite 2.

	Total	EuroI	Strub	Vickers oil	Q8Oils	FRAGOL	SEW
NESTE PAPER MILL 150 D	NEVASTANE EP 150	Food Gear HV 150	STRUB Food Lube 150	VICKERLUBE FGS GEAR OIL 150	Q8 Rossini G 150	GEAR P 150 FG	-
NESTE PAPER MILL 220 D	NEVASTANE XSH 220	Food Gear HV 220	STRUB Food Lube 220	VICKERLUBE FGS GEAR OIL 220	Q8 Rossini G 220	GEAR P 220 FG	-
NESTE LAMDA 320 ZF	TOTAL NEVASTANE XSH 320	Food Gear HV 320	STRUB Food Gear Synt PG 320	VICKERLUBE FGS GEAR OIL 320	-	GEAR P 320 FG	-
NESTE HYDRAULIC HLP 46 ZFX	NEVASTANE SH 46	Food Hydro HV 46	STRUB Food Lube 46	VICKERLUBE FGS FLUID 46	-	HYDRAULIC P 46 FG	-
NESTE HYDRAULIC HLP 68	NEVASTANE SH 68	Food Hydro HV 68	STRUB Food Lube 68	VICKERLUBE FGS FLUID 68	Q8 Rossini HMG 68	HYDRAULIC P 68 FG	-
NESTE HYDRAULIC SYN 32	NEVASTANE SH 32	Food Hydro HV 32	STRUB Food Lube 32	VICKERLUBE FGS FLUID 32	Q8 Rossini HMG 32	HYDRAULIC P 32 FG	-
Neste therm 5	NEVASTANE HTF	-	-	-	-	FRAGOL THERM Flushing Fluid FG	-
Neste INDUSTRIAL GEAR 150	NEVASTANE EP 150	Food Gear HV 150	STRUB Food Gear Synt PG 150	VICKERLUBE FGS GEAR OIL 150	Q8 Rossini G 150	GEAR WCE 150 FG	SEW GearOil Poly 150 H1
Neste INDUSTRIAL GEAR 220	NEVASTANE EP 220	Food Gear HV 220	STRUB Food Gear Synt PG 220	VICKERLUBE FGS GEAR OIL 220	Q8 Rossini G 220	GEAR WCE 220 FG	SEW GearOil Synth H1 220
Neste INDUSTRIAL GEAR 320	NEVASTANE EP 320	Food Gear HV 320	STRUB Food Gear Synt PG 320	VICKERLUBE FGS GEAR OIL 320	-	GEAR WCE 320 FG	-
Neste INDUSTRIAL GEAR 460	NEVASTANE EP 460	Food Gear HV 460	STRUB Food Gear Synt PG 460	VICKERLUBE FG GEAR OIL 460	-	GEAR P 460 FG	SEW GearOil Poly 460 H1
Neste Compressor 68	NEVASTANE SH 68	Food Hydro HV 68	STRUB vacuum pump oil pharma	VICKERLUBE FGS FLUID 68	-	COMP P 68 FG	-
NESTE HYDRAULIC HLP 46	NEVASTANE AW 46	Food Hydro HV 46	STRUB Food Lube 46	VICKERLUBE FGS FLUID 46	-	HYDRAULIC P 46 FG	-
NESTE Beta 100 ZFX	NEVASTANE SH 100	Food Hydro HV 100	STRUB Food Lube 100	-	-	HYDRAULIC P 100 FG	-
NESTE LAMDA 150 ZF	NEVASTANE XSH 150	Food Gear HV 150	STRUB Food Lube 150	VICKERLUBE FGS GEAR OIL 150	-	GEAR P 150 FG	-
Cogelsa standard slip 68	NEVASTANE SH 68	Food Hydro HV 68	STRUB Food Lube 68	VICKERLUBE FGS FLUID 68	Q8 Rossini HMG 68	HYDRAULIC P 68 FG	-

Liite 3.

Castrol Tribol 4020/220-2	<p>Fuchs CASSIDA GREASE GTX 2 Matrix Foodmax Grease ASP 2 Vickers oil VICKERLUBE FG HLW GREASE 2 Brugaloras G. BESLUX SULPLEX FG 2212 Petro-Canada PURITY FG2 Synthetic Heavy 220 New Tech Lubes FS Trojan 2 Elkalub GLS 964/N2</p>
LE Almagard Vari-Purpose Lubricant 3752	<p>Bechem Berulub FG-H 2 EP Cargo Oil Caxtreme FG 150 Fragol GREASE FG-AL PLUS 1.5 Summit Lubrication SumTech FMG-2 Orapi CT Flon AL New Tech Lubes FS Trojan 2 Elkalub VP 873 tai Elkalub GLS 980/N2</p>
Mobil SHC Polyrex 102 EM	<p>Fuchs CASSIDA GREASE GTS 2 Sew Grease HL 2 H1 E1</p>
Mobilgrease 28	<p>Klüberfood NH1 94-52 Elkalub GLS 933/N1-2</p>
FAG arcanol speed 2,6	<p>Klübersynth UH1 14-31 Setral SYN-setral-CA/C2-30 FD Rocol FOODLUBE UNIVERSAL 2 Elkalub GLS 933/N1-2</p>
<p>Klüber Staburags N12</p> <p>Mobiltemp SHC 100</p>	<p>Bechem High-Lub FA 67-220 Petro-Canada PURITY FG2 Synthetic Heavy 220 New Tech Lubes FS Trojan 2 Elkalub VP 873</p> <p>Matrix Foodmax Grease CAS S 2 HS New Tech Lubes FS Trojan Elkalub LFC 9100</p>