



Santeri Pykäläinen

Lihavalmisteosaston massapump- pujen elinkaariarvio

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

11.5.2022

Tiivistelmä

Tekijä: Santeri Pykäläinen
Otsikko: Lihavalmisteosaston massapumppujen elinkaariarvio
Sivumäärä: 32 sivua + 1 liite
Aika: 11.5.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine: Kemian prosessitekniikka
Ohjaajat: Kunnossapitopäällikkö Simo Vihavainen
Lehtori Timo Seuranen

Insinööriyön tavoitteena oli tehdä selvitystä lihavalmisteosaston massapumppujen elinkaaresta sekä niiden tämänhetkisestä kunnosta. Työn toimeksiantajana oli HKScan Finland Oy, ja se toteutettiin Vantaan tuotantoyksikössä. Yrityksen näkökulmasta olennainen tavoite oli selvittää pumppujen kunnan perusteella vaihtoehtoisten pumppujen kustannustehokkuus ja tehdä kartoitusta vaihtoehtoisista pumpuista.

Insinööriyö toteutettiin kirjallisuustutkimuksena sekä tuotantoyksikössä vierailuina. Työn aikana käytiin läpi tieteellisiä julkaisuja ja selvitettiin ominaisuuksiltaan parasta pumppua tehtaan prosessiin. Lisäksi kartoitettiin pumpunvalmistajien tarjouspyyntöjä kyseiseen prosessiin. Tuotantoyksikössä tehtyjen tarkastelujen aikana todettiin pääosin lohkoroottoripumpuista koostuvien pumppujen olevan elinkaarensa loppupuolella, jolloin ne vaativat päivitystä ja uudistamista. Selvitystyö pumppujen kunnosta mahdollisti lisäksi pumppujen ongelmakohtien kartoittamisen.

Pumppujen kunnan selvitystyön sekä pumpunvalmistajien tarjousten perusteella päätettiin siihen, että lähitulevaisuudessa pumput korvataan joko samantyyppisillä tai erityyppisillä pumpuilla, esimerkiksi ruuvipumpulla. Uuden pumpun hankinta vaatisi testausta ja mittaustuloksia ennen kuin voidaan harkita pumppujen vaihtoa. Vaihtoehtoisesti jatketaan vanhojen pumppujen kunnostusta, jos tilalle ei löydy prosessille sopivaa pumppua.

Avainsanat: lohkoroottoripumppu, massapumppu, elintarvikeprosessi, kustannustehokkuus

Abstract

Author: Santeri Pykäläinen
Title: Life Cycle Assessment of Meat Producing Mass Pumps
Number of Pages: 32 pages + 1 appendices
Date: 11 May 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major: Chemical Engineering
Supervisors: Simo Vihavainen, Maintenance Manager
Timo Seuranen, Senior Lecturer

The aim of this thesis was to research the life cycle of meat producing mass pumps and their current condition. The thesis was commissioned by HKScan Finland Oy, and it was conducted at Vantaa production unit. From the company's perspective the most important objective was to survey the cost- effectiveness of alternative pumps.

This thesis was executed mainly as a literature review and as visits to the production unit. During the thesis, information about food processing pumps was searched in scientific publications and the pump with the best properties for the factory's process was determined. Furthermore, quotations were requested from different pump manufacturers for meat mass pumps. During the reviews at the production unit, it was stated that the pumps consisting mainly of rotary lobe pumps are at the end of their life cycle, which would require upgrading and renewal.

On the basis of the condition of the pumps and offers from pump manufacturers, it was concluded that in the near future the pumps could be replaced with either the same or different types of pumps. Alternatively, the overhaul of the old pumps will be extended. Purchasing a new pump demands trial runs and measurement results until replacement can be considered. The investigation of the condition of the pumps also allowed to identify the problem areas of the pumps.

Keywords: mass pump, rotary lobe pump, food process, cost- effectiveness

Sisällys

1	Johdanto	1
2	HKScan	3
3	Pumpputyypit ja pumpun valinta	4
4	Syrjäyttävät pumput	11
4.1	Hammaspyöräpumppu	11
4.2	Ruuvipumput	14
4.3	Mäntäpumppu	17
4.4	Lohkoroottoripumppu	19
5	Elintarviketuotannon vaatimuksia	22
5.1	Mikrobit	22
5.2	Biofilmi	23
5.3	Laitehygienia	23
5.4	CIP-pesu	24
6	Kunnossapito	25
6.1	Kunnossapitolajit	26
6.2	Kunnossapitolajit SFS-EN	26
6.3	Kunnossapitolajit PSK Standardisoinnin mukaan	27
7	Pumppujen kunnonarviointi	29
8	Vaihtoehtoiset pumput	30
9	Yhteenveto	31
	Lähteet	33
	Liitteet	
	Liite 1: Pumpuntarkistuspöytäkirja	

1 Johdanto

Lihavalmisteiden valmistusprosessi koostuu monesta osa-alueesta. Proses-
sissa on monta vaihetta ja jokaisella vaiheella on oma merkittävä roolinsa.
HKScan Finland Oy:n tehtaan lihavalmisteosaston toiminta perustuu lihan vas-
taanottoon HKScanin muilta laitoksilta, joita ovat esimerkiksi Forssa ja Rauma.
Tällä osastolla lihat lajitellaan ja valmistetaan prosessin avulla lihamassaksi. Li-
hamassan käsittelyn jälkeen se siirretään seuraavalle osastolle. Jos tuotan-
nossa ilmenee ongelmia, se vaikuttaa koko tehtaan toimintaan. Tästä syystä on
erittäin tärkeää ylläpitää prosessi jatkuvatoimisena ja vaadituissa standardeissa.

Tässä insinööriyössä haluttiin selvittää HKScan Finland Oy:n Vantaan ruoka-
tehtaan lihavalmisteosaston massapumppujen nykyinen toimintakunto ja arvi-
oida, onko pumppujen päivittämiselle tai uusimiselle tarvetta ja mikä olisi kus-
tannustehokkain vaihtoehto. Pumppujen elinkaariarvion selvityksessä tulee huo-
mioida pumppujen vaatima asennustila, energiatehokkuus, huolto- ja korjaus-
kustannukset ja varaosien saatavuus sekä pumpun hygieniavaatimusten taso.
HKScanin ruokatehtaalla käytössä olevat pumpput ovat pääosin 1990-luvulta.
Tämän työn aikana selvitetään mahdolliset budjettiarviot vaihtoehtoisille pum-
puille sekä pyritään löytämään parhain mahdollinen pumppuvaihtoehto HKScanin
lihavalmisteosastolle.

Työn aihetta lähestytään käsittelemällä yrityksen historiaa ja sen tavoitteita tule-
vaisuutta ajatellen. Seuraavana käsittelyssä ovat erilaiset pumpputyypit, joiden
käyttö olisi mahdollista lihavalmisteosastolla, ja pumppujen valintaan vaikuttavat
tekijät. Kolmannessa luvussa ryhdytään purkamaan eri pumpputyyppejä ja käy-
dään niiden teoreettisia ominaisuuksia läpi elintarviketeollisuuden näkökul-
masta. Neljäs luku koostuu elintarviketuotannon vaatimusten läpikäynnistä,
josta jatketaan käsittelemään kunnossapitoa teoreettisesti ja toimenpiteitä, joita
on tehtävä, jotta voidaan ylläpitää riittävän laadukasta kunnossapitoa. Lopuksi
työssä pohditaan tehtaan pumppujen kuntoa ja mitä toimenpiteitä tulisi tehdä

tulevaisuutta ajatellen sekä avataan vaihtoehtoisten pumppujen mahdollisia käyttöönottoon liittyviä asioita.

2 HKScan

HKScan työllistää noin 7 000 elintarvikealan ammattilaista, jotka mahdollistavat vastuullisesti tuotetun lihan kuluttajille. Lihatuotteisiin kuuluu siipikarja, sian- ja naudanliha sekä lampaanliha. Yhtiön tunnetuimpia tuotemerkkejä ovat HK[®], Kariniemen[®], Via[®], Scan[®], Pärsons[®], Rakvere[®], Tallegg[®] ja Rose[™]. Yritykselle tärkeitä asiakkaita ovat vähittäiskauppa ja food service -kanava. Tuotantolaitoksia löytyy Suomesta, Ruotista, Baltiasta, Tanskasta ja Puolasta. [1, s. 6–10.]

HKScan on aloittanut vuonna 2020 vastuullisuusohjelman Zero Carbon -ilmastosuunnitelma, jonka tavoitteena on saavuttaa hiilineutraali ruokatuotanto vuoden 2040 loppuun mennessä koko ruokaketjulla. Tämän lisäksi HKScan on asettanut omaksi teollisen tuotannon tavoitteeksi saavuttaa hiilineutraalius vuoden 2025 loppuun mennessä. Vuonna 2020 yhtiön ilmastopäästöt olivat 2,3 megatonnia hiilidioksidiekvivalenttia (CO₂e), joista vain 5 % sisältää yrityksen kotimarkkinoiden teollisen tuotannon osuuden, kuten prosessit, lämmitys ja jäähdytys. Loput 95 % päästöistä syntyvät muilta osa-alueilta, kuten alkutuotannosta, logistiikasta ja jätteistä. HKScan on tehnyt linjauksen ottaa huomioon ilmasto-vaikutukset kaikissa tulevilla investoinneissa. [1, s. 29–32.]

3 Pumpputyypit ja pumpun valinta

Pumpputyyppejä on nykypäivänä todella paljon ja kaikilla teollisen toiminnan aloilla tarvitaan pumppuja erilaisten nesteiden siirtämiseen. Ensimmäisiä pumppuja käytettiin pääasiassa veden nostoon alemmalta tasolta korkeammalle. Tekniikan kehittyessä pumppuja ryhdyttiin käyttämään muuallakin, mikä vaati hyvää pumpputekniikan tuntemusta sekä prosessista saatavien tietojen soveltamista. [2, s. 30–33.]

Pumpputyyppeiden laajan valikoiman vuoksi tässä insinööriyössä rajattiin käsiteltävät pumput syrjäyttäviin pumppuihin. Elintarviketeollisuudessa pääosin käytetäänkin syrjäyttäviä pumppuja niiden korkean viskositeettisten aineiden käsittelyn vuoksi. Pumput, joiden kunto ja kunnostus- tai uusimistarve halutaan tässä työssä selvittää, ovat juuri pumppuja, joita käytetään korkeaviskoosisessa liha-valmistusprosessissa. [17.]

Pumpulla tarkoitetaan mekaanista laitetta, jolla voidaan siirtää nestettä paikasta toiseen. Pumpun toiminta perustuu energiansiirtoprosessiin, jonka avulla neste saadaan siirrettyä haluttuun paikkaan prosessissa. Pumpuilla on monenlaisia luokitusperusteita, mutta yleisesti luokitukset määräytyvät tapaan, jolla nesteseen saadaan lisättyä energiaa sekä pumpun geometrialla. Asianmukaisesti pumput voidaan luokitella kahteen pääryhmään: dynaamisiin pumppuihin ja syrjäyttäviin siirtopumppuihin (kuva 1). [5, s. 235–238.]

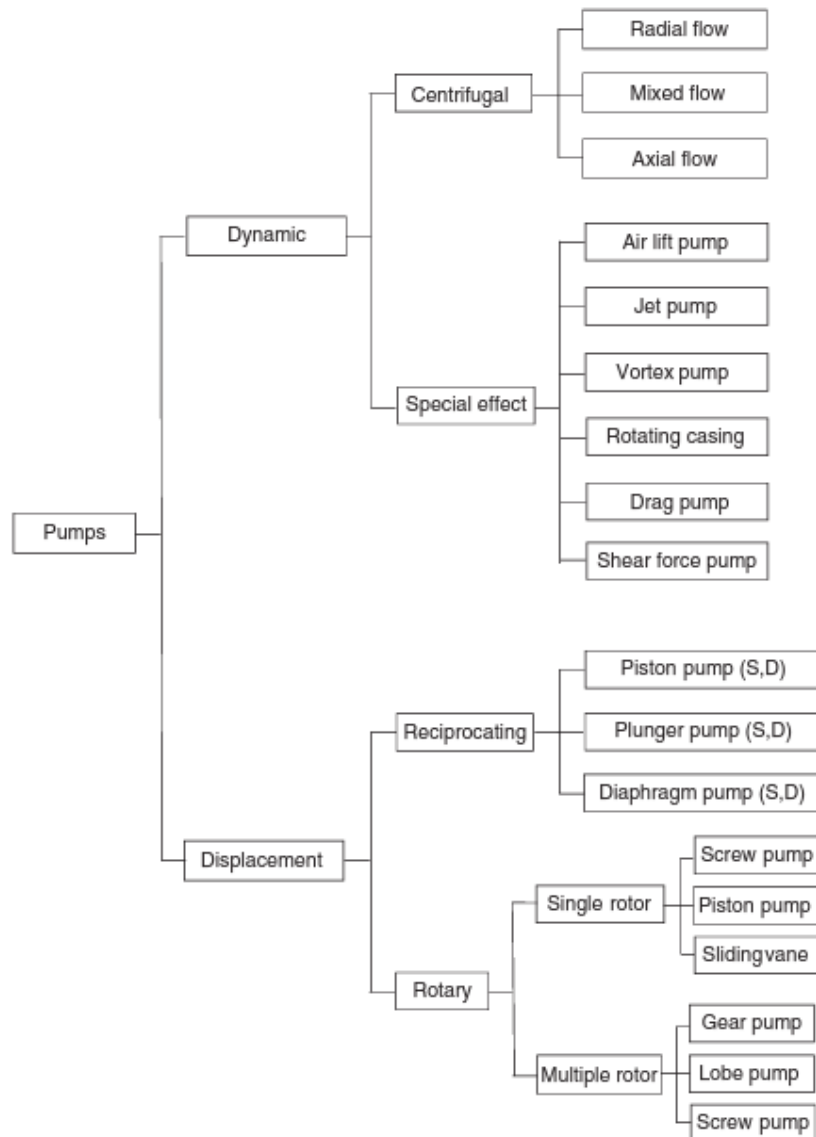


Figure 2.12 Classification of pumps

Kuva 1. Kuvassa esitetty tapa on jaettu kahteen pääryhmään, syrjäyttäviin ja dynaamisiin pumpputyyppeihin [2.]

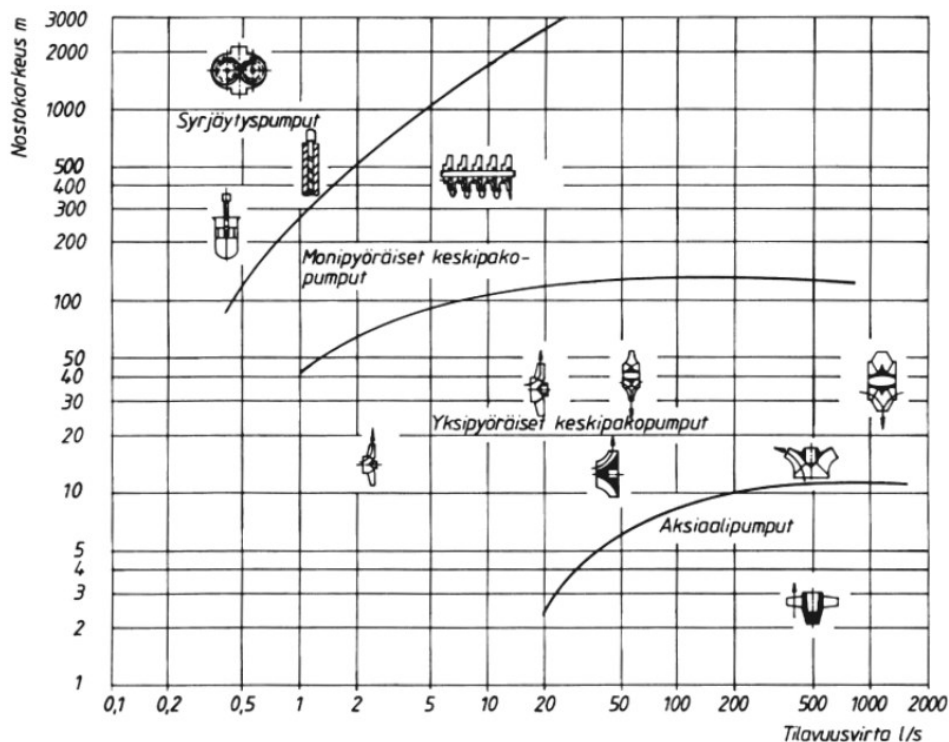
Dynaamisia ja syrjäyttäviä pumpputyyppejä käytetään kaikista eniten ympäri maailmaa. Dynaaminen pumppu tuottaa jatkuvan virtauksen, kun taas syrjäyttävät pumput eivät pysty toimittamaan jatkuvaa nestevirtausta. Dynaamiset pumput eivät kuitenkaan pysty estämään hukkaan menevää nestettä sisäpuolella olevilla tiivisteillä. Syrjäyttävien pumppujen tapauksessa nesteen hukkaanmeno ei ole lainkaan.

Dynaaminen pumppu on pumppu, joka tuo kineettistä energiaa käyttönesteseen ja lisää nesteen nopeutta sen kulkiessa juoksupyörän läpi ja muuttaa siten tämän lisääntyneen nopeuden paineeksi. Syrjäyttävien pumppujen toiminta perustuu sen sijaan nesteen siirtämiseen matalapaineiselta puolelta korkeapaineiselle puolelle eli imupuolelta syöttöpuolelle. Pumpputyypin on parasta valita prosessin vaatimusten mukaan ja selvittää, mihin tarkoitukseen pumppua tarvitaan. [2, s. 36–37.]

Pumpun valintaan vaikuttavat monet eri tekijät, jotka on selvitettävä ennen pumpun käyttöönottoa. Pumppua hankittaessa on yleensä hyvä laatia pumppuspesifikaatio, josta voi helposti löytää tarvittavat tiedot pumpun hankintaa varten. Pumpattavan nesteen ominaisuuksiin kuuluvat muun muassa tiheys, viskositeetti, pH, kiintoainepitoisuus sekä nesteen vaahtoavuus. Edellä kuvatut ominaistiedot ovat tärkeää olla tiedossa. Myös pumpun kapasiteettiin sekä mahdollisiin vaihtelurajoihin tulee kiinnittää huomiota. Mikäli tiedetään jo suunnitteluvaiheessa kapasiteetin vaihtelevan paljon, on hyvä ottaa huomioon useamman pumpun käyttöönotto rinnakkain. Nostokorkeudella on lisäksi suuri merkitys pumpun tehokkuuden kannalta. Pumpun säädettävyyteen vaikuttavat kapasiteetin ja paineen vaihtelut prosessissa, joten pumpun ominaiskäyrän on oltava sellainen, että sitä on mahdollista säätää joustavasti. Näiden lisäksi on hyvä selvittää pumpun rakennemateriaalit, voitelu- ja jäähdytysjärjestelmät, käyttöaika, käyttövoima ja varaosien saatavuus. [3.]

Pumput eivät toimi itsestään vaan ne vaativat pumppausjärjestelmän avukseen. Tämän vuoksi on tärkeä tarkastella koko pumppausjärjestelmän kokonaiskuvaa eli pumppauksen toimivuutta, energiatehokkuutta sekä kunnonvalvontaa. Suurin valintakriteeri pumpun hankinnassa on yleensä sen hankintahinta. Olisi kuitenkin parempi katsoa pumpun hankintaa kokonaisuutena ja keskittyä sen elinkaarikustannuksiin. Elinkaarikustannuksilla tarkoitetaan pumpun elinkaaren aikana syntyneitä kustannuksia, jotka koostuvat valmistuksesta, investoinnista, käytetystä energiasta, työkaluista ja huoltotoimenpiteistä. Useissa tapauksissa suurimmat kustannukset tulevat pumpun energiankulutuksesta ja pienimmät kustannukset tulevat mahdollisista huoltotoimenpiteistä. [4.]

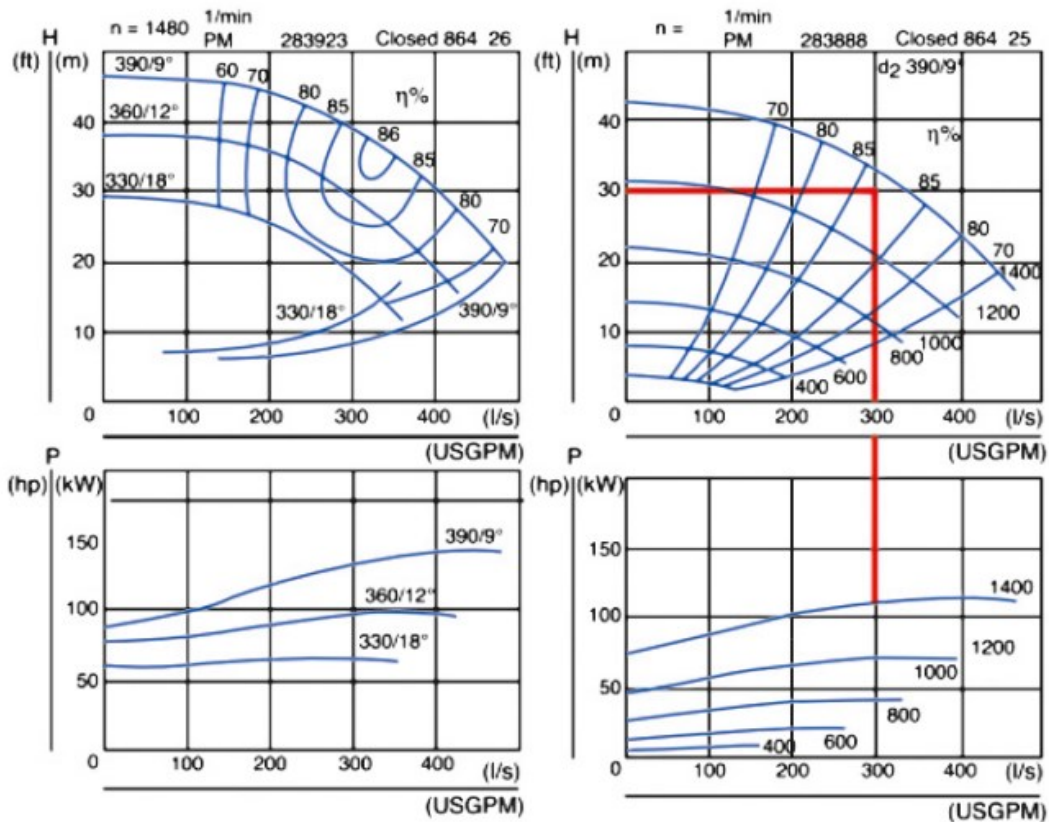
Energiankulutuksen suuret kustannukset johtuvat yleensä pumpun ylityö-
sestä. Ylityöillä pumpulla tarkoitetaan pumpua, joka toimii tarpeettoman
suurella tehon määrällä ja samalla tekee turhaa pumpaustyötä. Perehtymällä
prosessin vaatimuksiin saadaan pumppu optimaaliselle tasolle ja voidaan vä-
hentää huomattavasti sen energiakustannuksia ja saavuttaa paras mahdollinen
hyötysuhde prosessille. Kuvassa 2 on esitetty eri pumpputyypin toiminta-
alueet. [4.]



Kuva 2. Eri pumpputyypin toiminta-alueet tilavuusvirran (l/s) ja nostokorkeu-
den (m) suhteen. [4.]

Teollisuuden laajan pumpputarjonnan vuoksi on hyvä olla tietoinen prosessista,
johon pumpua ollaan hankkimassa. Tämän lisäksi on tiedettävä pumppujen
optimaaliset toiminta-alueet ja suoritusarvot. Ominaiskäyrä voidaan mitoitaa
monella eri tavalla, mutta yleisin menetelmä on tilavuusvirran ja nostokorkeuden
suhteen. Kuvassa 3 on esitetty esimerkki pumpun tyypillisestä ominaiskäyrästä.
Kuvaja on jaettu juoksupyörän halkaisijan ja kierrosnopeuksien mukaan. Va-
semmalla puolella on esitetty pumpun ominaiskäyrän liikkumavaraa kolmella eri

juoksupyörän halkaisijalla. Oikealla puolella on esitetty pumpun ominaiskäyrän toimivuus kuudella eri kierrosnopeudella.



Kuva 3. Esimerkkikuva tyypillisistä pumpun ominaiskäyristä. [4.]

Tämän lisäksi pumpun toimintaan vaikuttavat pumpun nostokorkeus, paine-erot, tilavuusvirta ja teho. Seuraavaksi on esitetty pumpun nostokorkeuden kaava, jolla tarkoitetaan korkeutta, johon pumpun on mahdollista nostaa nestettä. Yhtälö

$$H = \frac{\Delta p}{\rho g} = \frac{(p_p - p_i) + \rho g h + \Delta p_{häv}}{\rho g}, \quad (1)$$

jossa H on pumpun nostokorkeus (m), Δp on pumpun tuottama paine-ero (Pa), ρ on pumpattavan aineen tiheys (kg/m^3), g on putoamiskiihtyvyyys (m/s^2), p_p on painepuolen paine (bar), p_i on tulopuolen paine (bar), ρ on tiheys (kg/m^3), h on

painesäiliön ja imusäiliön nestepintojen välinen korkeusero (m), $\Delta p_{\text{häv}}$ on painepuolen ja imupuolen yhteenlaskettu painehäviö (Pa). [3.]

Tilavuusvirralla (\dot{V}) tarkoitetaan pumpun sisällä kulkeutuvaa nestemäärää, joka siirtyy pumpun sisällä tietyssä ajassa. Tilavuusvirta voidaan laskea eri tavoin, mutta yleisin tapa on laskea se pumpun poikkipinta-alan (A) ja virtausnopeuden (v) avulla. Pumpun tilavuusvirtaus voidaan selvittää seuraavalla kaavalla yhtälössä

$$\dot{V} = A \times v, \quad (2)$$

jossa \dot{V} on pumpun tilavuusvirta (m^3/s), A on pumpun poikkipinta-ala (m^2), v on virtausnopeus (m/s). [3.]

Pumpun todellinen tehon tarve määräytyy pumpattavan nesteen ominaisuuksista ja kuinka hyvin pumppu pystyy ottamaan energiaa pumpun moottorilta. Pumppu käyttää tehoa nesteen siirtämiseen paikasta toiseen, jolloin prosessin tekijät tulevat tehon laskelmiin mukaan. Näitä ovat prosessin tilavuusvirtaus, nostokorkeus, pumpattavan aineen ominaisuudet ja pumpusta saatu hyötysuhde. Pumppua käytettäessä tulee aina pyrkiä mahdollisimman pieniin energiahäviöihin. Pumppujen hyötysuhteen laskeminen on vain teoreettista, ja siihen vaikuttavat kaikki prosessin vaiheet, joten hyötysuhteelle on vaikea laskea tarkkaa arvoa.

Pumpun teho voidaan selvittää seuraavalla kaavalla yhtälössä

$$P_2 = \frac{\rho \times g \times H \times \dot{V}}{\eta_P}, \quad (3)$$

jossa P on pumpun teho (W), ρ on tiheys (kg/m^3), g on putoamiskiihtyvyys (m/s^2), H on pumpun nostokorkeus (m), \dot{V} on pumpun tilavuusvirtaus (m^3/s), η on pumpun hyötysuhde. [3.]

Hyötysuhteen laskemiseen on käytettävä pumpun antamaa tehon arvoa sekä teoreettisesti laskettua tehon arvoa. Yhtälö

$$\eta = \frac{P_{teor}}{P_{tod}}, \quad (4)$$

jossa η on pumpun hyötysuhde, P_{teor} on pumpun teoreettisesti laskettu tehon arvo (W), P_{tod} on pumpun todellinen tehon arvo (W) [3.]

4 Syrjäyttävät pumput

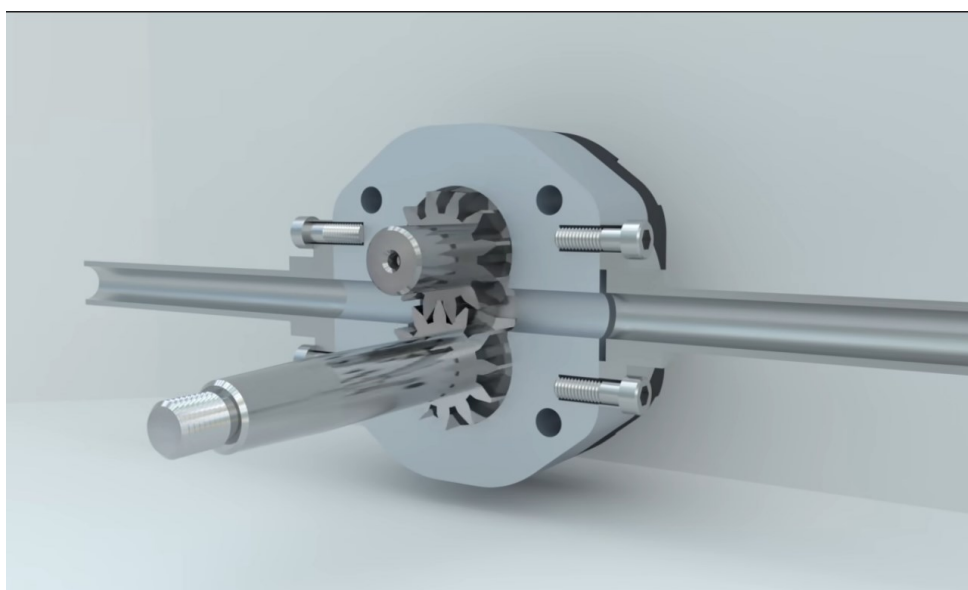
Syrjäyttäviä pumppuja käytetään yleensä korkeaviskoosisissa prosesseissa. Syrjäyttävät pumput toimivat yleensä ruuvin, siiven, hammaspyörän, männän tai kalvon avulla. Syrjäyttävien pumppujen toiminta perustuu nimensä mukaisesti nesteen syrjäytykseen pumpun pesässä siirtäen sen poistoputkeen. Nesteen syrjäytyksen aikana tilavuusvirta pysyy lähes vakiona nostokorkeudesta riippumatta. Näin saadaan neste kulkeutumaan pumpun imupuolelta sen painepuolelle.

Syrjäyttävien pumppujen osalta voidaan tehdä yleinen jako kahteen pääryhmään, joiden mukaisesti nestettä voidaan siirtää lineaarisella tai pyörivällä liikkeellä imupuolelta painepuolelle. Pyörivällä liikkeellä toimivat pumput kuuluvat hammaspyörä-, ruuvi- ja siipipumppuihin. Lineaarisella liikkeellä toimiviin pumppuihin kuuluvat mäntä- ja kalvopumput. Syrjäytyspumppuja on laaja valikoima, ja tässä työssä rajaus on tehty edellä mainittuihin syrjäytyspumpputyyppeihin. [5, s. 235–238.]

4.1 Hammaspyöräpumppu

Hammaspyöräpumput kuuluvat syrjäytyspumppuihin, ja ne koostuvat yleensä kahdesta hammaspyörästä ja akselia pyörittävästä moottorista. Kun akselia pyörittävä moottori käynnistetään, hammaspyörä alkaa pyörimään luonnollisesti akselin mukaisesti. Hammaspyörän liike saa aikaan toisen hammaspyörän pyörimisen vastakkaiseen suuntaan, ja näin ollen pumpun pesään muodostuu imupaine. Neste kulkeutuu pesän ja hammaslovioiden välistä painepuolelta imupuolelle, jolloin pumppu syrjäyttää nestettä. Hammaspyöräpumppuja on kahdenlaisia ja niiden luokittelu tulee hammaspyörien pyörimissuunnasta. Hammaspyörien pyöriessä samaan suuntaan ne voidaan luokitella sisäryntöisiksi hammaspyöriksi ja niiden pyöriessä vastakkaisiin suuntiin ne voidaan luokitella ulkoryntöisiksi hammaspyöriksi. [5, s. 269–270.]

Ulkoryntöisessä hammaspyöräpumpussa hammaspyörät sijaitsevat vierekkäin ja ne ovat samankokoisia. Hammaspyörät ovat kosketuksissa toisiinsa pumpun pesän keskiosassa, ja näin ollen ne erottavat imu- ja painepuolen toisistaan. Kuvassa 4 on esitetty ulkoryntöisen hammaspyörän toimintaperiaate. Nesteen ei ole mahdollista kulkeutua prosessissa taaksepäin hammaspyöröiden välistä muodostuneen imupaineen vuoksi. Toimiakseen hyvin hammaspyöräpumpun hampaiden ja ulkokehän täytyy olla tiiviissä kosketuksessa toisiinsa. [6.]



Kuva 4. Ulkoryntöinen hammaspyöräpumppu.

Sisäryntöisessä hammaspyöräpumpussa hammaspyörät sijaitsevat toistensa sisällä ja ne ovat eri kokoisia. Pienempi pyörä saa isomman pyörän pyörimään ja pyörät pyörivät samaan suuntaan. Imupuoli sijaitsee hammasloviensa erkaantumiskohdassa, kun taas painepuoli sijaitsee hammasloviensa kytkeytymiskohdassa. Kuvassa 5 on esitetty sisäryntöisen hammaspyörän toimintaperiaate. Hammaspyöröiden ollessa erillään toisistaan muodostuu puolikuun muotoinen alue, jossa neste pakotetaan virtaamaan imupuolelta painepuolelle. [6.]



Kuva 5. Sisäryntöinen hammaspyöräpumppu.

Hammaspyöräpumput ovat hyvin käytännöllisiä niin elintarviketeollisuudessa kuin kemian- ja paperiteollisuudessa. Ne ovat mekaaniselta rakenteeltaan yksinkertaisia ja halpa vaihtoehto. Hammaspyöräpumpuilla on korkea hyötysuhde, parhaimmillaan jopa 94 prosenttia, sekä pyörimisnopeus 200–3000 r/min ja paine 10–12 bar. Parhaimpia materiaaleja pumpuille ovat valurauta tai kevytmetallit - etenkin alumiini - elinkaarta ajatellen. Nämä sopivat hyvin korkeaviskoosille aineille ja pystyvät toimimaan tarvittaessa korkeissa paineissa. Tyypillisiä vaurioita hammaspyöräpumpuille tulee pumppua käyttäessä sen hampaiden kulumisesta, joka johtuu usein siirrettävästä nesteestä. Kulumiset voivat aiheuttaa takaisin vuotoja, jotka voivat johtaa pumpun kuumenemiseen ja samalla energiahukkaan. Pahimmassa tapauksessa pumppu alkaa toimia ylikuormituksella ja rikkoutuu lopullisesti. Sisäryntöiset hammaspyöräpumput toimivat sulavammin kuin ulkoryntöiset hammaspyöräpumput, mutta ne ovat myös kalliimpia valmistusprosessin monimutkaisuuden vuoksi. Huonoja puolia hammaspyöräpumpuilla ovat niiden painerajoitukset sekä usein vaadittu suuri pyörintänopeus. [5, s. 269–280.]

4.2 Ruuvipumput

Ruuvipumput kuuluvat syrjäytyspumppuihin ja ne voidaan jakaa kahteen pääryhmään, kierukkapumppuihin tai ruuvipumppuihin. Ruuvipumput voidaan erottaa toisistaan niiden ruuvien lukumäärän perusteella, joko yksi ruuviin pumppeihin tai kaksi- ja kolmeruuvisiin pumppeihin. Kaksiruuvisen pumpun toimintaperiaate koostuu kahdesta vastakkain asetetusta ruuvista, jotka pyörivät vastakkaisiin suuntiin. Pyörivä liike saa tilavuuden pienenemään samalla vangiten nesteen ruuvien ja pesän väliin tiiviisti ja pakottaen nesteen siirtymään pumpun akselin suuntaisesti kohti pumpun keskiosaa eli ulostuloaukolle. Kaksiruuvipumppu (kuva 6) koostuu kahdesta identtisestä ruuvista, jotka on asetettu limitäin toisiinsa ja yhdistetty ulkoiseen moottoriin. [5, s. 284.]

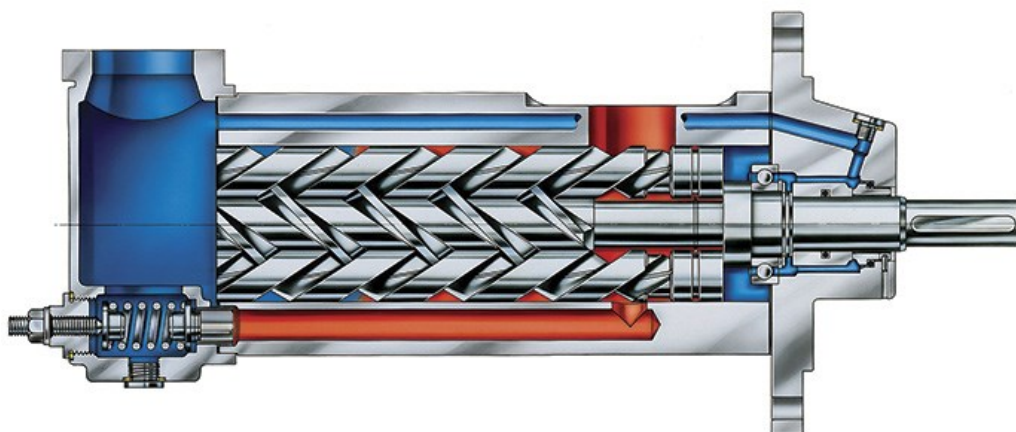


Kuva 6. Kaksoisruuvipumpun poikkileikkaus.

Kaikki ruuvipumput säilyttävät hyvän hyötysuhteen samalla toimien pienillä nopeuksilla. Tämä mahdollistaa erittäin hyvän soveltuvuuden korkeaviskoosisille aineille. Ruuvipumppujen vähäisten liikkuvien osien ansiosta, niiden elinkaari on myös erittäin pitkä. Kaksoisruuvipumppuja voidaan käyttää pyörimisnopeuksiltaan jopa 10 000 r/min ja kapasiteetiltaan 100–10 000 l/min, jolloin niiden toimivuus olisi lisäksi korkeintaan 16 baarin paineessa. Kaksoisruuvipumput ovat hyvin joustavia ja niitä voidaan käyttää monenlaisissa prosesseissa. Ne soveltuvat erittäin hyvin elintarviketeollisuuden tasaisen virtaavuuden sekä nesteen hellävaraisen käsittelyn vuoksi. Pumppu on suunniteltu korkean hygieniatason

ylläpitoon ja sillä voidaan helposti vaihtaa toimintaa tuotteen pumppaamisen ja CIP-pesujärjestelmän (Cleaning In Place) välillä. Käyttömateriaaleina toimii yleensä valurauta. Rajoittavia tekijöitä kaksoisruuvipumpuille tuo nesteen korkea viskositeetti, mutta näitä voidaan käsitellä hitaammilla virtausnopeuksilla. [5, s. 285.]

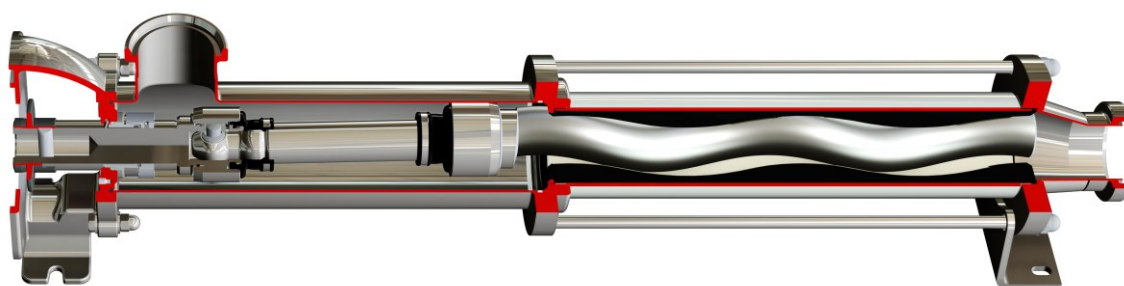
Kolmiruuvipumppu koostuu keskellä sijaitsevasta käyttöruuvista ja sen molemmilla puolilla olevista juoksuruuveista. Kuvassa 7 on esitetty havainnollistava kuva pumpun toiminnasta. Juoksuruuvit on asetettu symmetrisesti, jotta ruuvien kierteet tiivistäisivät toisiansa ja keskimäinen ruuvi toimisi nesteen käytävänä. Näin ollen ruuvipumpun pesän ja kierteiden väliin muodostuu suljettuja tiloja, jotka erottavat imu- ja painepuolen toisistaan. Neste kulkeutuu imupuolelta ruuvien rakoihin tasaisesti sekä suoraviivaisesti ja paineen alaisena työntyy pumpun ulostuloaukulle.



Kuva 7. Kolmiruuvipumpun poikkileikkaus.

Verrattuna kaksoisruuvipumppuun, kolmiruuvipumpulla on mahdollista saavuttaa huomattavasti korkeampia paineita, jopa yli 150 baarin paineita. Rajoituksia pumpulle tuo ruuvien jatkuva kosketus toisiinsa, joten pumpattavia aineita voi olla vain öljytuotteet tai muita voitelevia tuotteita. Vaikka pumpulla on mahdollista siirtää korkeaviskoosisia nesteitä, nämä eivät saa sisältää kiintoaineita. Tästä syystä kolmiruuvipumppu ei sovellu hyvin elintarviketeollisuuteen. [5, s. 285–286.]

Kierukkapumppu on kierteinen roottoripumppu, joka kuuluu syrjäyttäviin pumppeihin siinä missä ruuvipumputkin ja sitä voidaan kutsua progressiiviseksi kavi-taatiopumpuksi. Kierukkapumpun pääkomponentteihin kuuluvat metallinen roottori ja staattori, jonka kierre on kaksinkertainen. Kuvassa 8 on esitetty havainnollistava kuva kierukkapumpun toiminnasta. Roottorin pyörintä mahdollistaa staattorin pyörinnän samalla nopeudella. Näin ollen pumpun sisälle muodostuu tiiviitä kammioita, jotka liikkuvat roottorin pyörimisnopeuden mukaisesti samalla siirtäen nestettä kohti pumpun ulostuloaukkoa. Tiiviit kammiot säilyttävät muotonsa jatkuvasti pumpun käydessä. [5, s. 291–295.]



Kuva 8. Kierukkapumpun poikkileikkaus.

Kierukkapumppu on käytössä lähes jokaisella teollisuuden toimialalla sen hellävaraisen käsittelyn vuoksi. Kierukkapumppua käytetään vaativissa prosesseissa, esimerkiksi lietteiden tai kiinteiden aineiden pumppaamiseen. Tämä on yksi monista syistä, miksi kierukkapumppu soveltuu erittäin hyvin elintarviketehnteille. Virtausnopeus on aina vakio ja nopeudesta riippuvainen. Pumppu soveltuu korkeaviskoosisille aineille ja samalla se ylläpitää korkean pumppausnopeuden. Tarvittaessa pumppua voidaan käyttää hitaillakin nopeuksilla, jotta pumpattavaa tuotetta ei vahingoiteta tai sen lämpötilaa nosteta.

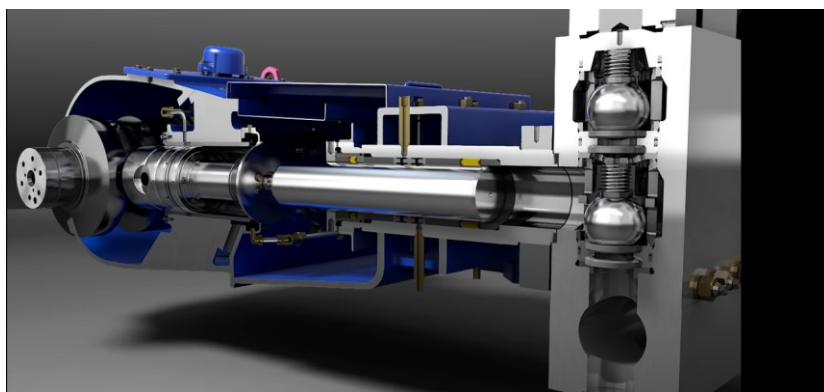
Kierukkapumppu on suunniteltu hygieenisesti ja se voidaan purkaa helposti. Hygieniatasoa lisää CIP-järjestelmä eli Cleaning In Place, joka edistää hygieniatasojen laatua erittäin paljon elintarviketeollisuuden yrityksillä. CIP-järjestelmä lisää huomattavasti hygieniatasojen ylläpitoa. Pumppua ei saa käyttää kuivana, koska tämä voi vahingoittaa sen staattoria. [5, s. 298-312, 981.]

4.3 Mäntäpumppu

Mäntäpumppujen toiminta perustuu edestakaiseen liikkeeseen ja pumput koostuvat sylinteristä, männästä, liukulevystä sekä imu- ja paineventtiilistä. Mäntäpumput voidaan jakaa niiden sylinterien lukumäärän mukaan yksi-, kaksi- ja monitoimisiin pumppuihin, mutta toimintaperiaatteeltaan ne ovat samanlaisia. Sylinterien lukumäärä kuvastaa pumpun tehokkuutta; mitä enemmän sylintereitä on, sitä korkeampi on nestepaine. Yksitoimisista pumpuista yleisimpiä ovat käsipumput (kuva 9). Kaksitoimisia pumppuja käytetään sovelluksissa, joissa käsitellään kuumaa öljyä, höyryä ja sementtiä. Kuvassa 10 on esitetty mäntäpumppun toimintaperiaate monitoimisella pumpulla. Monitoimisten pumppujen käyttö jakaantuu niiden koon mukaan; pienempiä pumppuja käytetään yleensä korkeapainepesureissa ja suurempia pumppuja käytetään öljynporauksessa. [7.]

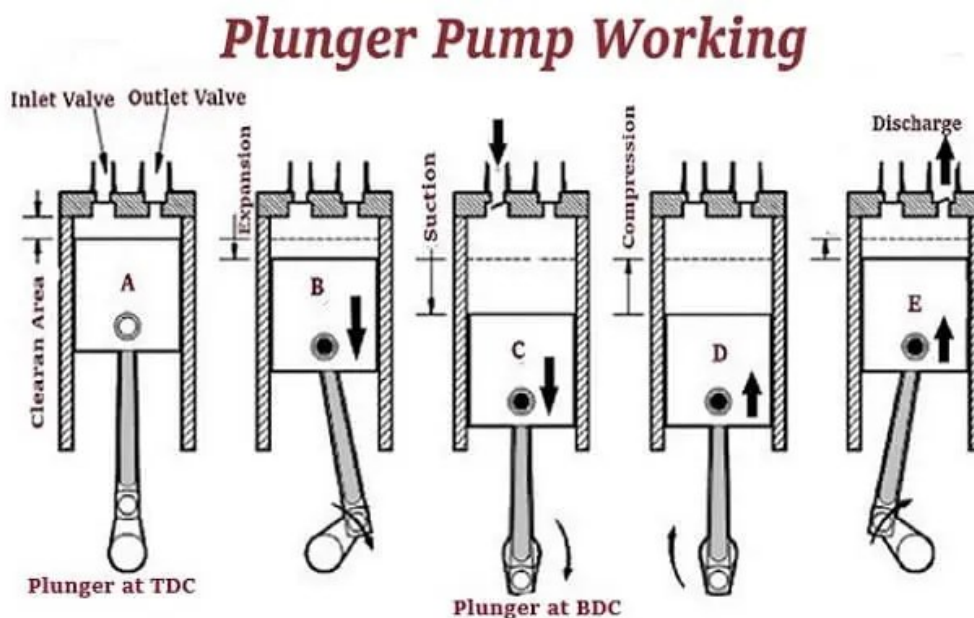


Kuva 9. Yksitoiminen mäntäpumppu



Kuva 10. Monitoiminen mäntäpumppu.

Mäntäpumpun toiminta perustuu sen vetävään liikkeeseen, joka muodostaa tyhjiön pumpun pesään (kuva 11). Muodostuneen paine-eron ansiosta imuventtiili aukeaa ja mahdollistaa nesteen imeytymisen pumpun imupuolelta sen pesän sisälle. Tämän jälkeen mäntä alkaa työntää pumpattua nestettä pesästä pumpun syöttöpuolelle muodostuneen paineen avulla. Työntävä liike aiheuttaa kammion tilavuuden pienenemisen ja neste paineistuu. Paineen kasvaessa riittäväksi pesän sisällä, poistovenntiili aukeaa ja neste imeytyy haluttuun paikkaan. Mäntäpumpun toimintamekanismia voidaankin tästä syystä kutsua itseimeväksi. Yleisin käyttökohde mäntäpumpuille ovat prosessit, joissa pumppaus vaatii tarkkaa annostelua, korkeaa painetta ja joissa käytetään korkeaviskoosisia nesteitä. [5, s. 391–397.]



Kuva 11. Mäntäpumpun toimintaperiaate esitetty vaiheittain [7.]

Mäntäpumput pystyvät toimimaan hyvällä hyötysuhteella, joka voi parhaimmillaan tavoitella 97 %:n luokkaa. Virtausnopeuden ja paineen muutokset vaikuttavat hyvin vähän pumpun suorituskykyyn. Pumpulla on mahdollista pumpata hankausaineita ja lietteitä sekä korkeaviskoosisia aineita. Mäntäpumppujen huonoja puolia on sen herkkä likaantuminen, joka voi johtaa mahdollisiin vuotoihin pumpussa. Mäntäpumput vievät myös paljon tilaa, mikä pitää ottaa

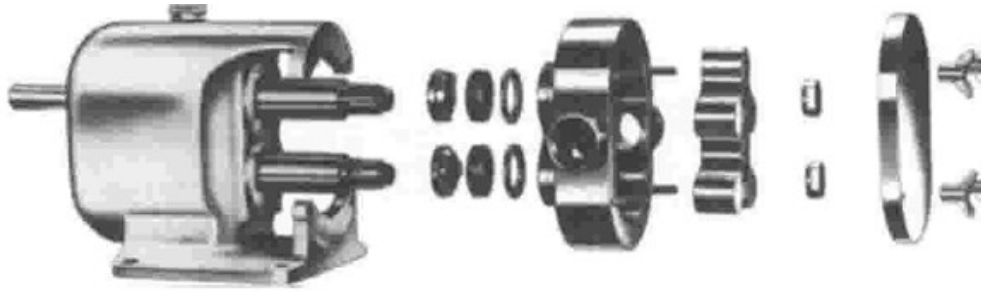
prosessien suunnittelussa huomioon. Lisäksi pumpuilla esiintyvä kavitaation riski, joka kasvaa nesteen paineen laskiessa pumpuissa, voi pahimmassa tapauksessa rikkoa käytössä olevan mäntäpumpun. [8, s. 36–41.]

4.4 Lohkoroottoripumppu

Lohkoroottoripumppuja käytetään monissa eri teollisuudenalan prosesseissa, joihin kuuluvat esimerkiksi sellu-, paperi-, kemian- ja elintarviketeollisuus. Lohkoroottoripumput soveltuvat erittäin hyvin näille eri teollisuudenaloille niiden monikäyttöisyyden vuoksi. Pumput tarjoavat erinomaiset hygieniaominaisuudet, korkean tehokkuuden, luotettavuuden, korroosionkestävyyden ja hyvät puhdistus- ja sterilointiominaisuudet. Korkean hygieniatason ylläpitoa helpottaa CIP-järjestelmä, jolla tarkoitetaan laitteiston puhdistusta ilman sen purkamista paikan päällä. Etenkin elintarviketeollisuudessa on erittäin tärkeää ylläpitää pumppujen korkealaatuista sterilointia, minkä lisäksi pumppujen on oltava helposti pestävissä sekä purettavissa.

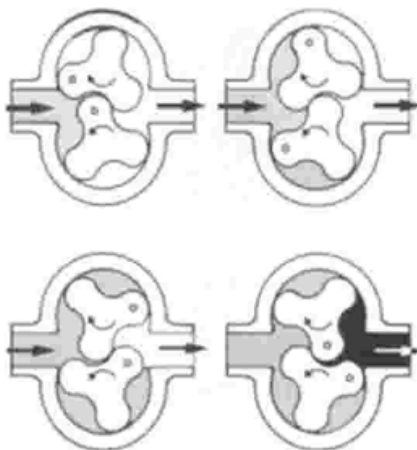
Edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi pumppu voi käsitellä kiinteitä aineita vahingoittamatta niitä, kuten kirsikoita, oliiveja tai kokonaisia kaloja, sen suurien pumppauskammioiden ja hellävaraisen pumppaustoiminnan ansiosta. Pumpattavien aineiden koko voi olla paljon suurempi lohkoroottoripumpuissa kuin muissa syrjäyttävissä pumpuissa. Pumppuja voidaan käyttää myös lietteiden, tahnojen ja monien muiden nesteiden käsittelyyn. Pumpuilla on myös mahdollista kulkea molempiin virtaussuuntiin, jos prosessi tätä vaatii. Virtaus on suhteellisen riippumaton prosessipaineen muutoksista, joten teho pysyy vakiona ja jatkuvana. [8, s. 36–37.]

Lohkoroottoripumppu koostuu moottorista, pumpun pesästä, roottoreista ja vaihteistosta, ja pumppu on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Lohkoroottoripumppu pilkottuna osiin [8, s. 37.]

Lohkoroottoripumpun toiminta perustuu kahden roottorin pyörintään toisia vastakkaisiin suuntiin. Roottorien pyörintä muodostaa lisää tilavuutta pumpun tulo- puolelle ja pakottaa nesteen kulkeutumaan pumpun pesän sisälle. Roottorit siirtävät pumpattavan nesteen nestepesän ulkoreunan ja roottorin väliin muodostaen nesteontelon. Neste ei ole mahdollista kulkeutua prosessissa taaksepäin roottorien kääntyessä ja näin ollen pumppu muodostaa jatkuvatoimisen prosessin. Roottorit eivät ole pumppauksen aikana kosketuksissa toisiinsa tai pumpun pesän seinämiin. Lopuksi neste saavuttaa nestepesän ulostuloaukon ja paineen alaisena se siirtyy prosessissa seuraavaan vaiheeseen. Lohkoroottoripumpun toimintaperiaate on esitetty kuvassa 13. [5, s. 257–268.]



Kuva 13. Lohkoroottoripumpun nesteensiirron toimintaperiaate [8, s. 36–37.]

Lohkoroottoripumppua voidaan käyttää kokonaisten tuotteiden pumppaamiseen vahingoittamatta niitä ja se kestää suurempia partikkelikokoja kuin muun tyyppiiset syrjäytyspumput. Pumppu ylläpitää hyvin tarkan ja tasaisen nesteen ulostulon, johon ei vaikuta painemuutokset. Yleensä paine-erojen vaihtelevuus on melko vähäistä. Pumppua voidaan ajaa kuivana rajoitetun ajan ja se toimii itseimevänä. Yksinkertaisen rakenteen ansiosta pumpussa on vähän kuluvia osia, mikä tarkoittaa pitkää käyttöikää, mikäli pumppua käytetään valmistajan ohjeiden mukaisesti. Pumpun käyttölämpötilat ovat -20 °C ja $+100\text{ °C}$, eikä pumppu vaadi suurta tilaa asennettaessa. [5, s. 257–260.]

Huonoja puolia lohkoroottoripumpuilla on korkeampi ostohinta kuin muilla syrjäyttävillä pumpputyypeillä. Myös mahdolliset korjauskulut ovat suurempia joutuessa pumpun kahdesta mekaanisesta tiivisteestä. Pumpun tehokkuus laskee samalla kun pumpattavan aineen viskositeetti laskee ja tämä voi pahimmassa tapauksessa vahingoittaa pumpun moottoria. [5, s. 266–268.]

5 Elintarviketuotannon vaatimuksia

Elintarviketuotannon toiminta ja sen valmistamien tuotteiden laatu perustuu prosessihygieniaan ja sen ylläpitoon. Laitehygienia on kaikista tärkeimmässä roolissa elintarviketeollisuudessa. Laitehygienia tulee huomioida jo suunnitteluvaiheessa ja kun pohditaan, kuinka tuotteita tullaan käsittelemään prosessin eri vaiheissa. Jos prosessihygieniaa laiminlyödään ja vaatimuksia ei oteta riittävän vakavasti, se tulee näkymään prosessin jokaisessa vaiheessa suunnittelusta lopputuotteen valmistukseen saakka. Tämä on suoraan verrannollinen lopputuotteen laatuun ja tuotteen turvalliseen valmistamiseen sekä tuotantokustannuksiin. [9, s. 561.]

Elintarviketuotannon hygienian ylläpitämisen päätavoite on estää valmistettavan tuotteen kontaminaatio. Tätä varten on määritetty lainsäädäntö elintarviketeollisuuden laitesuunnittelulle ja -valmistukselle, millä pyritään minimoimaan terveysriskit. Kun laitteille on ennalta määrätty suunnittelu- ja valmistusohjeet, se helpottaa huomattavasti laitteen käyttöönottoa. Puhdistusprosessi koostuu neljästä erilaisesta puhdistustavasta laitteistolla, joita ovat fysikaalinen, kemiallinen, mikrobiologinen ja steriiliys. Fysikaalisessa puhdistuksessa riittää näkyvän lian poistaminen pinnoilta. Kemiallisella puhdistuksella näkyvän lian poiston lisäksi täytyy kemikaalijäämät saada poistettua laitteistosta. Mikrobiologisessa puhdistuksessa pinnoilta ei saa löytyä eläviä mikrobeja. Steriiliys on kaikista puhtain taso laitteistolla, eikä laitteiston pinnalta saa löytyä mikrobien lisäksi itiöitä eikä entsyymejä. [10, s. 11, 107.]

5.1 Mikrobit

Mikrobeja esiintyy kaikkialla ja ne ovat paljaalla silmällä katsottuna näkymättömiä. Mikrobeihin voidaan luokitella hiivat, bakteerit, virukset ja homeet. Homeet ja hiivat voivat aiheuttaa rihmastoja elintarvikkeiden pintoihin, jotka on mahdollista havaita paljain silmin. Jos mikrobit pääsevät kasvamaan elintarvikkeiden pinnoilla esteettä, niille sopivissa olosuhteissa, elintarvike voi kontaminoitua ja aiheuttaa sairauksia ihmiselle elintarvikkeen syötyään. [11.]

Kaikki elintarvikkeet sisältävät mikrobeja, joihin kuuluu niin harmittomia kuin haitallisia mikrobeja. Näiden lisäksi on olemassa hyödyllisiä mikrobeja, joita voidaan käyttää esimerkiksi elintarvikkeiden valmistuksessa ja säilönnässä. Vaikka pyrkimys on estää mikrobien pääsy elintarvikkeisiin, se ei aina ole mahdollista. Haitallisten mikrobien vaikutus ilmenee vasta elimistöön päästyään ruokamyrkytyksenä. [12.]

5.2 Biofilmi

Biofilmillä tarkoitetaan rakennetta, joka koostuu mikrobeista niiden päästyä elottoman tai elollisen aineen pinnalle. Biofilmin muodostuminen riippuu täysin alustamateriaalin pinnan muodosta sekä mikrobien käytettävissä olevasta orgaanisesta liasta. Yleensä epätasaiset pinnat edistävät mikrobien kiinnittymistä ja lisäävät orgaanisen lian kasaantumista, mikä tarjoaa mikrobeille hyvän kasvualustan. Jos biofilmiä on päässyt muodostumaan prosessilaitteisiin, se aiheuttaa suuren kontaminaatoriskin valmistettavalle elintarvikkeelle.

Elintarviketeollisuudessa biofilmin muodostuminen on otettu huomioon jo laitesuunnittelussa. Laitteiden pinnat tulee olla ominaisuuksiltaan sileitä ja pinnoilla ei saa olla minkäänlaisia halkeamia, koska nämä tarjoavat biofilmin muodostumiselle erittäin suojaisen ja hyvän kasvualustan. Laitteiston kunnon lisäksi puhdistaminen on erittäin tärkeässä roolissa elintarvikkeita käsiteltäessä. Laitteiston tulee olla helposti puhdistettavissa ja mahdollisia kuolleita kulmia on vältettävä. Näin biofilmin muodostuminen voidaan minimoida varmasti. [9, s. 14–19.]

5.3 Laittehygienia

Laittehygienia on yksi tärkeimmistä tekijöistä elintarviketeollisuudessa. Tähän liittyy laitesuunnittelun lisäksi tilaratkaisujen suunnittelu laitosta suunniteltaessa. Prosessisuunnittelussa voidaan vaikuttaa todella paljon laitteiston toimintaan ja luoda laitteistolle hygienian ylläpitoon vaadittavat tilat. Laitteiston tulee olla helposti puhdistettavissa käsin tai mahdollisella pesuohjelmalla. Pintakäsittelyllä voidaan vaikuttaa huomattavasti hygieniatasoon hiomalla laitepinnat tasaisiksi.

Jos laitteistolla ei pystytä ylläpitämään vaadittuja hygieniatasoa elintarviketuotannossa, sen puhdistus sekä kontaminaatoriski kasvaa huomattavasti. Tällöin laitteiston ei ole mahdollista toimia parhaalla mahdollisella tehokkuudella ja jälkitoimenpiteitä on ryhdyttävä suorittamaan. Tehokkaan laitteiston ja laitehygienian välillä tulee aina valita ensin laitehygienia. Tämä vähentää elintarviketuotteiden kontaminaatoriskiä ja näin ollen prosessi on mahdollista pitää jatkuvatoimisena. [9, s. 22–25.]

5.4 CIP-pesu

Nykyaikaiset teollisuudenalat vaativat korkeaa hygieniatasoa tuotteiden laadun turvaamiseksi. Cleaning In Place (CIP) on järjestelmä, jota on pitkään käytetty elintarviketeollisuudessa sen nopean, johdonmukaisen ja toistettavuuden takia. Korkealaatuinen puhdistus mahdollistaa korkean hygieniatason ylläpidon elintarviketeollisuudessa. CIP-järjestelmä toimii kiertopesumenetelmän avulla, jossa automatisoitu järjestelmä pesee valitun ohjelman mukaan halutut elintarvikelaitteistot, esimerkiksi säiliöt tai putkistot ilman tarvetta purkaa laitteistoa (kuva 14). Järjestelmä toistaa käynnistettäessä saman kaavan ja näin varmistaa pesun onnistuvuuden. Toistettava kaava koostuu yleisesti alkuhuuhtelusta, emäspesusta, huuhtelusta, happopesusta ja loppuhuuhdelusta. Järjestelmä helpottaa prosessin työnpanosta automatiikallaan ja sen nopealla ja turvallisella toimintamenetelmällä. CIP-toimintamalli on sertifioitu FSSC 22000 -standardin mukaisesti. [13, s. 124–133.]



Kuva 14. Havainnollistava kuva CIP-järjestelmästä. [14.]

6 Kunnossapito

Kunnossapitoa on perinteisesti tehty korjaavassa muodossa. On kuitenkin huomattu, että pelkät nopeat korjaukset eivät riitä teollisuuden laitteiden ylläpitoon, johtuen suurista tuotantomääristä ja laitteiden monimutkaisuudesta. Toiminnalla pyritään ylläpitämään prosessin laatu korkealla ja tehokkaana. Prosessia ei haluta pysäyttää ja kunnossapidossa on ryhdytty huomioimaan prosessin häiriöttömyys eli vikaantumisen välttäminen. Aikaisemmin kunnossapitoa on suoritettu vain reagoivana kunnossapitona, joka on kaikista kallein ja huonoin vaihtoehto yritykselle. Tämän hetken kunnossapitotoimien tavoitteena on optimaalinen ja hallittu kunnossapito, johon kuuluu turvalliset työolosuhteet. [15, s. 14.]

Yrityksellä on paljon huomioitavia kohtia kunnossapidossa, jotta sen toiminta pysyy tehokkaana ja hallittuna. Älykkäiden sensorien ja tietokoneteknologian ansiosta voidaan mitata ja seurata prosessia helpommin, ja laitteiden lähettämien tietojen avulla korjata prosessia halutun suunnan mukaisesti. Kun anturit ilmoittavat poikkeustilasta, voidaan olettaa jossain olevan vikaa. Näin perinteinen kunnossapito muuttuu hiljalleen kunnonvalvontaan perustuvaksi toimenpiteeksi.

Kunnossapito on yksi suurimmista kustannuksista yritykselle pääoman ja raaka-ainekustannusten lisäksi. Kunnossapidon kustannuksiin vaikuttaa kaksi tekijää, toiminnan tehostuminen sekä uusien kunnossapitotekniikoiden kustannukset. Kunnossapitajien tehtävä laadun ylläpitämisessä on erittäin tärkeä. Nykypäivänä erityisesti turvallisuus, ympäristöystävällisyys, laatu ja tehokkuus ovat korostuneet tärkeiksi tekijöiksi kunnossapidossa. Huomioitava asia on se, että kunnossapito on yrityksen suurin hallitsematon kustannuserä. Suuret yritykset ovat ottaneet tämän hyvin haltuunsa ja yrityksissä on panostettu kunnossapidon hallintaan ja kustannusten kontrollointiin. Kuvassa 15 on esitetty yksi tuotantomaisuuden vaikutusmalli yrityksen kannattavuudesta. [15, s. 24–29.]



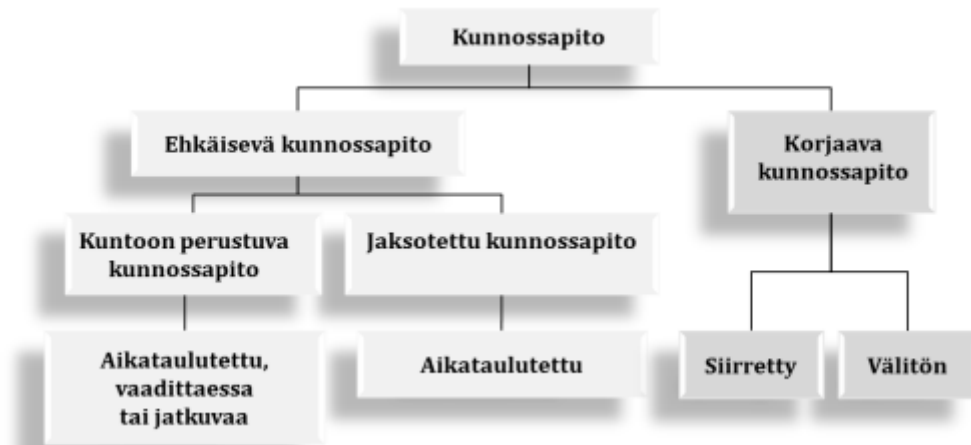
Kuva 15. Kunnossapidon vaikutusmalli tuotanto-omaisuuden hallintaan. [15, s. 27.]

6.1 Kunnossapitolajit

Kunnossapito on ollut prosesseissa mukana siitä lähtien kun ensimmäisiä koneita on rakennettu ja käytetty. Kunnossapitoa on kehitetty siinä missä koneita ja prosesseja ja näin on syntynyt uusia toimintatapoja ja käytäntöjä sille, miten yritykset itse käsittelevät kunnossapitoa. Tärkeäksi tekijäksi on nostettu ennakointi, jotta laitteiden kunnossapito voidaan pitää korkealla ylläpidettävällä tasolla, eikä vain reagoida vian ilmetessä. Tämä kuitenkin monimutkaistaa kunnossapitotoimintojen jakoa ja voi aiheuttaa väärintymmärryksiä yritysten sisällä. On erittäin tärkeää noudattaa yhteisiä sääntöjä, ja paras tapa tähän on noudattaa standardien mukaan luokiteltuja kunnossapitotoimia. Yhteisillä säännöillä voidaan seurata esimerkiksi kunnossapidon tehokkuutta. [15, s. 46.]

6.2 Kunnossapitolajit SFS-EN

Standardi SFS-EN 13306:2010 [15, s. 46] esittää kunnossapitolajin seuraavan kaavan mukaisesti (kuva 16).



Kuva 16. Kunnossapitolajit SFS-EN:n mukaisesti. [15, s. 46]

Kuvassa esitetty jako on tehty vian havainnoinnin mukaan ja se on jaettu kahden pääryhmään, ehkäisevään- ja korjaavaan kunnossapitoon. Ehkäisevän kunnossapidon tarkoitus on ennaltaehkäistä vikojen ilmentymistä ja yleensä tarvittavat huoltotoimenpiteet laitteistolle on suunniteltu jo valmiiksi. Korjaava kunnossapito voidaan luokitella suunnittelemattomaan kunnossapitoon, jolla pyritään palauttamaan vioittunut osa takaisin toimintakuntoon. Korjaavalta kunnossapidolta on mahdollista välttyä hyvällä ehkäisevän kunnossapidon suunnitelmalla ja näin ollen on mahdollista välttyä turhilta korjaustoimenpiteiltä [15, s. 46–53.]

6.3 Kunnossapitolajit PSK Standardisoinnin mukaan

PSK 7501:2010 [15, s. 47] esittää kunnossapitolajin seuraavan kaavan mukaisesti, joka on esitetty kuvassa 17.



Kuva 17. Kunnossapitolajit PSK Standardisoinnin mukaisesti. [15, s. 47]

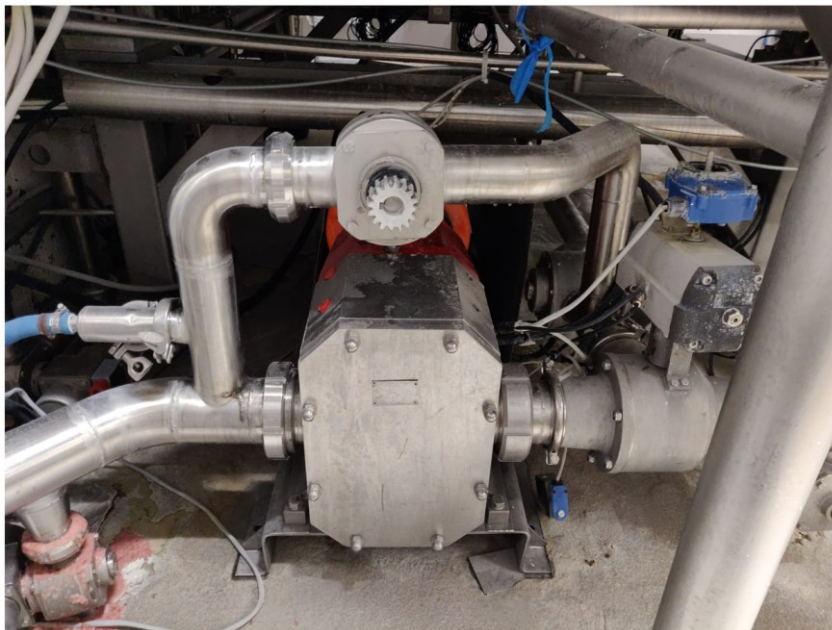
Kuvassa on esitetty kunnossapitolajien jako PSK Standardisoinnin rajauksen mukaan kahteen pääryhmään, suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjauksiin. Häiriökorjaukset voidaan luokitella korjaavaan kunnossapitoon eli suunnittelelmattomaan kunnossapitoon, jolla pyritään palauttamaan vioittunut osa takaisin toimintakuntoon. Suunniteltu kunnossapito pyrkii välttymään häiriökorjauksilta ja tämä mahdollistuu painottamalla kunnossapidossa suunnitteluun. [15, s. 47–53.]

7 Pumppujen kunnonarviointi

Tässä työssä oli tarkoitus kartoittaa HKScanin lihavalmisteosaston pumppujen elinkaarta sekä tehdä alkuselvitystä mahdollisille vaihtoehtoisille pumppuille ja niiden tarpeelle. 1990-luvulta peräisin olevat massankäsittelypumput koostuvat pääosin lohkoroottoripumpuista (luku 4.4), jotka alkavat lähestyä elinkaarensa loppua. Vanhojen pumppujen tuomia ongelmia ovat ylimääräiset huollot ja korjaukset, johtuen muun muassa kuluneista tiivisteistä ja pumppujen pesistä. Kuvassa 18 on esitetty käytössä olevan lohkoroottoripumpun venttiin vuoto.

Erilaiset ongelmat tuovat lisänään raaka-ainehukan eli pumppujen vuotoja, jotka aiheuttavat turhaa energiahukkaa. Jotta pumppujen toimintavarmuutta sekä mahdollista energiatehokkuutta voitaisi parantaa ja jätteiden määrää vähentää, pumppujen korjaus- tai uusimissuunnitelma tulisi toteuttaa lähitulevaisuudessa.

Elintarviketeollisuuteen soveltuvista pumpuista on tehty kartoitusta yhdessä pumpputoimittajien kanssa. Tämän kartoituksen ansiosta on voitu arvioida mahdollisen vaihtotyön kustannuksia, ottaen huomioon kokonaiskustannukset pumpun hankintaa pohdittaessa.



Kuva 18. Venttiin tiivisteiden kulumisesta johtuva raaka-aineen vuoto.

8 Vaihtoehtoiset pumput

Kun HKScanin lihavalmisteosaston pumppuvaihtoehtoja on ryhdytty kartoittamaan, pumppujen samankaltaisuus ja kustannukset ovat olleet määrittävät tekijät. Ensimmäisessä vaihtoehdossa nykyiset pumput korvattaisiin olemassa olevalla samanlaisella pumpputyypillä. Tämä olisi todennäköisesti helpoin ja kustannuksellisesti edullisin toimenpide. Toinen vaihtoehto olisi pohtia massaosastolle soveltuvaa erityyppistä pumppua. Erilainen vaihtoehto saattaisi kuitenkin vaatia uuden pumpun asennuksen lisäksi paljon enemmän työtä, esimerkiksi suunnittelu- ja putkityöt, venttiilien vaihdot, ylimääräisen tilantarpeen ja energiankäytön arvion sekä materiaalit. Tämä vaihtoehto saattaisi tuoda kuitenkin joi-tain etuja, esimerkiksi energiatehokkuutta, mutta samalla se nostaisi investointikuluja vähintään 25 %.

Eri pumpputoimittajilta saatuihin tarjouksiin kuuluivat lohkoroottoripumput, ruuvipumput ja sinusoidipumput. Liitteessä 1 on esimerkkikuva siitä, mitä yrityksen tulee ottaa huomioon pumpun tarkastusta tehdessä. HKScanin lihavalmisteosaston nykyiset pumput koostuvat lähinnä lohkoroottoripumpuista ja tämä pumpputyypin on todettu luotettavaksi sen monikäyttöisyyden vuoksi. Sinusoidipumpuilla on erinomainen imuteho ilman ylimääräistä värähtelyä. Ruuvipumppu on suunniteltu elintarviketeollisuuden korkeille vaatimuksille.

Prosessin aikana saadut tulokset ovat merkittävämpiä kuin itse pumpputyypin. Uudenlaisen pumpputyypin käyttöönotto vaatisi koeajoja jokaisella vaihtoehtoisella pumpputyypillä ja tämän opinnäytetyön aikana tällaista investointia ei ollut mahdollista suorittaa. Lisäksi erityyppisen pumpun koeajaminen prosessissa vaatisi muutostöitä ja lisäinvestointia. Kaikilta osin päätöstä ei ole mahdollista vielä tehdä. Energiatehokkuuden varmentaminen vaatisi testausta pumpulla ja näiden tulosten vertaamista nykyisiin pumppuihin, eikä pumppujen yhteensopi-vuudesta prosessiin ole vielä testituloksia.

9 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää HKScanin lihavalmistajien massaosaston pumppujen elinkaari ja tehdä vaihtoehtoisten pumppujen kartoitusta tulevien pumppujen vaihto- tai kunnostustyötä varten. Työn aikana tehtaalla vierailtiin arvioimassa pumppujen elinkaarta, minkä lisäksi pohdittiin, mikä olisi paras ratkaisu tehtaan toiminnan kannalta: pumppujen vaihto vai kunnostustyöt.

Yrityksen sisällä on katsottu tärkeäksi tehdä tämän tasoinen selvitys massasiirtolaitteiston käytettävyyden varmistamiseksi myös tulevaisuudessa. Osana tätä insinöörityötä luotu katsaus massapumppujen elinkaareen tuokin esiin vanhojen pumppujen ongelmia. Ajanpuutteen vuoksi työssä ei ollut mahdollista selvittää, mikä työssä kuvatuista pumpputyypeistä olisi paras vaihtoehto massaosastolle. Ajanpuutteen ohella haasteeksi työn teossa nousi aikatauluttaminen ja aikataulujen yhteensovittaminen yrityksen kanssa.

Tämä insinöörityö loi kokonaiskatsauksen erilaisiin pumpputyyppeihin, joita juuri elintarviketeollisuudessa voitaisi hyödyntää. Pumpun täytyy olla juuri oikeanlainen lihavalmistajien tuottamiseen, jotta tuotteesta tulee sellainen kuin siitä halutaan. Pumppujen täytyy olla kunnossa, jotta niitä voidaan käyttää tehokkaasti niin taloudellisesta kuin tuotannollisesta näkökulmasta. Mikäli pumpun kunnossapitokustannukset nousevat vanhojen pumppujen osalta korkeiksi, on merkittävää tehdä selvitystyötä vaihtoehtoisten pumppujen hankinnasta ja käyttöönotosta.

Insinöörityön teko osoitti, kuinka paljon opinnot antavat valmiuksia prosessien sekä pumppujen ja niiden toiminnan ymmärtämiseen. Työn teko myös mahdollisti paremman syventymisen aiheeseen. Pumppujen toimivuus on yksi työn tärkein näkökulma ja se, mihin investointia olisi parasta jatkaa. Pumppu on prosessin tärkeimmistä laitteista ja se vaikuttaa erittäin suuresti kokonaisuuteen. Tämän vuoksi pumpun toimivuuden tulee olla vaaditulla tasolla.

HKScan Finland Oy:n lihavalmistajien massaosaston pumppujen osalta kunto- kartoitusta voisi jatkaa selvittämällä pumppujen yksityiskohtaisemmat puutteet

ja viat. Tämän jälkeen pumpputoimittajia olisi mahdollista lähestyä tarkempien tietojen kanssa ja ryhtyä testaamaan heidän tarjoamiaan vaihtoehtoisia pumppuja lihavalmisteiden valmistuksessa. Saatuja testaustuloksia olisi tämän jälkeen mahdollista verrata nykyisten pumppujen toimintavarmuuteen. Näin voitaisiin todeta varmuudella investoinnin kannattavuus: olisiko järkevää vaihdattaa koko osaston pumput parhaimmaksi todettuun pumpputyyppiin vai tehdä jokin muu vaihtoehtoinen ratkaisu.

Lähteet

- 1 HKScan Vuosikertomus. 2020. Verkkoaineisto. <<https://www.hkscan.com/globalassets/hkscan.com/annual-report-2020---vuosikertomus-2020/pdf/hkscanvuosikertomus2020.pdf>>. Luettu 13.4.2022.
- 2 M. Badr, Hassan & Ahmed, Wael H. 2015. Pumping Machinery Theory and Practice. E-kirja. John Wiley & Sons, Incorporated.
- 3 Seuranen, Timo. 2019. Pumppaus ja pumput. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 4 Motiva Oy. 2019. Energiatehokkaat pumput. Verkkoaineisto <https://www.motiva.fi/files/5343/Energiatehokkaat_pumput.pdf>. Luettu 25.4.2022.
- 5 Dickenson, T. C. 1995. Pumping manual. 9th ed. Oxford: Elsevier Science.
- 6 Fluid klinikka. 2003. Hammaspyörä- ja mäntäpumput. Verkkoaineisto. <<https://www.salhydro.fi/files/PDF/3.hammaspyora-ja-mantapumput.pdf>>. Luettu 2.5.2022.
- 7 Waqar. 2022. What is a Plunger Pump? How does a Plunger Pump work? Verkkoaineisto. Mechanical Boost. <https://mechanicalboost.com/plunger-pump/#What_are_the_types_of_Plunger_Pumps> Luettu 2.5.2022.
- 8 Nesbitt, Brian. 2006. Handbook of Pumps and Pumping: Pumping Manual International. E-kirja. Elsevier Science & Technology.
- 9 Berk, Zeki. 2009. Food process engineering and technology. First ed. Amsterdam: Elsevier.
- 10 Wirtanen, Gun. 2002. Laitehygienia elintarviketeollisuudessa. Verkkoaineisto. VTT. <<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/publications/2002/P480.pdf>>. Luettu 27.4.2022.
- 11 Ruokavirasto. 2018. Hyödylliset mikrobit. Verkkoaineisto. <<https://www.ruokavirasto.fi/henkiloasiakkaat/tietoa-elintarvikkeista/elintarvikkeiden-turvallisen-kayton-ohjeet/ruokamyrkytykset/yleista-mikrobeista/hyodylliset-mikrobit/>>. Luettu 14.4.2022.

- 12 Ruokavirasto. 2019. Yleistä mikrobeista. Verkkoaineisto. <<https://www.ruokavirasto.fi/henkiloasiakkaat/tietoa-elintarvikkeista/elintarvikkeiden-turvallisen-kayton-ohjeet/ruokamyrkytykset/yleista-mikrobeista/>>. Luettu 14.4.2022.
- 13 Avila-Sierra, Alejandro; M. Vicaria, José; Lechuga, Manuela; Martínez-Gallegos, Juan F.; Olivares-Arias, Vanessa; Medina-Rodríguez, Andrea C.; Jiménez-Robles, Ramón & Jurado-Alameda, Encarnación. 2021. Food and Bioproducts Processing. ScienceDirect. Vol. 129. s. 124–133.
- 14 Bürkert. Ratkaisut onnistuneeseen Clean-in-Place-puhdistukseen (CIP). Verkkoaineisto. Burkert. <<https://www.burkert.fi/fi/Tuotteet-ja-sovellukset/Yksiloelliset-ratkaisut/Sovellusesimerkkejae/Ratkaisut-onnistuneeseen-Clean-in-Place-puhdistukseen-CIP>>. Luettu 2.5.2022.
- 15 Järviö Jorma & Lehtiö Taina. 2012. Kunnossapito tuotanto-ominaisuuden hoitaminen. 5., uudistettu painos. KP-Media Oy.
- 16 PSK 2910. Pumpun tarkastuspöytäkirja. 2000. PSK Standardisointiyhdistys.
- 17 Vihavainen, Simo. 2022. Kunnossapitopäällikkö, Vantaa. Keskustelu 6.5.2022.

Liitteet

Liite 1. Pumpuntarkistuspyytäkirja [16].

Kohde			
Tilaaaja			
Toimittaja			
Tarjouspyyntö/Tilaus nro.		Investointi nro.	
Tarjous nro.		Työtilaus nro.	
Tyyppi		Konepaikka nro.	
Valmistaja		Valmistus nro.	

TARKASTUSKOhteet (Tarkastus tehdään sovituista kohteista)

		Huom.	Hyv.	Päiväys	Tarkastaja
1	ASENNUSTA EDELTÄVÄT TARKASTUKSET				
1.1	Teknisen erittelyn mukaisuus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2	Koeajo, tuottoarvot ja tehon tarve	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3	Kytkimien suuntaus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4	Asennusvarat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5	Korroosionestomaalaus/muu pintakäsittely	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.6	Imu - ja paineaukkojen suojaus, reikien tulppaus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.7	Korroosiolle ja vahingoittumiselle alttiiden osien suojaus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.8	Pakkaustapa ja merkinnät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.9	Kuljetusvauriot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.10	CE-merkintä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.11		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.12		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	ASENNUSTARKASTUS				
2.1	Jälkivalu ja kiinnitykset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2	Kytkimien suuntaus ennen putkistoasennusta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.3	Moottorin pyörimissuunta kytkin irrotettuna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4	Pumpun ja moottorin irrotus- ja siirtomahdollisuudet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.5	Sisäpuolinen puhtaus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.6	Putkiston tyhjennys ja kannatus pumpun läheisyydessä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.7	Varusteet, sijoitus ja suunta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.8	Kytkimien suuntauksen tarkastus putkistoasennuksen jälkeen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.9	Tiivistenestejärjestelmän ja tiivisteiden asennus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.10	Jäähdytysnestejärjestelmän asennus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.11	Voitelunestejärjestelmän asennus ja voitelu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.12	Korjausmaalaukset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.13	Konepaikka- ja konenumerokilvet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.14	Pumpun ja moottorin valmistuskilpitiedot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

