



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tuomas Teirfolk

HUUHTELUJÄRJESTELMÄ
MOOTTOREIDEN SISÄISEN
PUHTAUDEN PARANTAMISEKSI

Wärtsilä

Tekniikka
2019

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Tuomas Teirfolk
Opinnäytetyön nimi	Huuhtelujärjestelmä moottoreiden sisäisen puhtauden parantamiseksi
Vuosi	2019
Kieli	suomi
Sivumäärä	41 + 1 liite
Ohjaaja	Jukka Hautala

Opinnäytetyö käsittelee Wärtsilän huuhtelujärjestelmää, jolla on tarkoitus parantaa W31-moottoreiden sisäistä puhtautta. W31-moottorien sisäisen puhtauden kanssa on ollut ongelmia. Lisäksi on tullut merkittävältä moottoreiden tilaajalta pyyntö, että moottoreiden sisäinen puhtaus tulisi saattaa heiden vaatimallensa tasolle. Opinnäytetyö kattaa myös huuhtelujärjestelmän käyttöohjeet, joilla voidaan perehdyttää työntekijöitä huuhtelujärjestelmän käyttämiseen. Lisäksi tavoitteena oli pohtia, olisiko tarvetta integroida huuhtelujärjestelmä jokaiseen koeajoseselliin.

Huuhtelujärjestelmä on koeajoseselliin sijoitettava järjestelmä, jonka tarkoituksena on puhdistaa moottorin sisusta niin, että päästään tavoiteltuun puhtausluokkaan. Huuhteluprosessi toteutetaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa huuhtellaan moottorin alakerta, joka käsittää öljyaltaan, kampiakselin sekä kiertokanavien öljykanavien huuhtelun. Toisessa vaiheessa suoritetaan koko moottorin kattava huuhtelu, joka käsittää moottorin kaikki öljykanavat. Öljyn puhtautta analysoidaan läpi koko huuhteluprosessin, ja kun tavoiteltu puhtausluokka saavutetaan, voidaan huuhteluprosessi lopettaa.

Huuhtelujärjestelmän käyttöönoton jälkeen on huomattu, että osa koeajon laatuongelmista on kadonnut kokonaan ja aiemmin ongelmia tuottaneet epäpuhtauksista johtuneet ongelmat ovat vähentyneet merkittävästi. Huuhtelujärjestelmän integrointikysymyksessä päädyttiin toteamaan, että tällä hetkellä ei ole tarvetta integroida huuhtelujärjestelmää jokaiseen koeajoseselliin, koska W31 moottoreiden tuotanto ei ole vielä niin tiheää.

ABSTRACT

Author	Tuomas Teirfolk
Title	Flushing System to Improve Internal Cleanliness of Engines
Year	2019
Language	Finnish
Pages	41 + 1 Appendices
Name of Supervisor	Jukka Hautala

The thesis deals with Wärtsilä's flushing system, which is designed to improve the internal cleanliness of W31 engines, where there has been a problem with the internal cleanliness of the W31 engines. In addition, there has been a request from a major engine purchaser that the internal cleanliness of the engines should be brought to a level of their demands. The thesis also covers the user instructions for the flushing system that can be used to familiarize employees with the use of the flushing system. In addition, the aim was to consider whether there would be a need to integrate the flushing system into each test run cell.

The flushing system is a system placed on test run cell, which is designed to clean the interior of the engine to reach the desired level of cleanliness. The flushing process is carried out in two stages. In the first stage, the bottom of the engine is flushed, which includes the flushing of the oil channels, the crankshaft and the oil channels of the connecting rods. In the second step, the entire motor is flushed, including all the oil channels of the engine. The cleanliness of the oil is analysed throughout the flushing process and when the cleanliness target is achieved, the flushing process can be stopped.

Since the introduction of the flushing system, it has been discovered that some of the quality problems of the test run have disappeared completely and the earlier problems caused by the pollutants have decreased significantly. The question of the integration of the flushing system led to the conclusion that there is currently no need to integrate the flushing system into each test run cell, since the production of W31 engines is not yet so rapid.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	9
2	PROJEKTIN TAUSTA JA TARKOITUS	10
	2.1 Wärtsilän historia.....	10
	2.2 Wärtsilän nykytilanne.....	11
	2.3 Koeajo.....	12
	2.4 Vaasan Wärtsilän moottorit	13
	2.4.1 Wärtsilä W31	13
	2.5 Kehittämisen taustatietoa	15
3	HUUHTELUJÄRJESTELMÄ KOMPONENTIT	18
	3.1 Puhtausluokat	18
	3.1.1 ISO-standardi 4406	18
	3.1.2 NAS 1638.....	20
	3.2 Huuhtelujärjestelmän analysointilaitteet	20
	3.2.1 Parker icount oil sampler	21
	3.2.2 Pall PCM 500	22
	3.3 Huuhtelujärjestelmän suodatinmallit.....	24
	3.3.1 Argo Hytos:in Exapor Max II.....	24
	3.3.2 Pall Athalon Maximum-Life.....	24
	3.4 Kuluminen öljyjärjestelmissä	26
	3.5 Viskositeetti	27
	3.5.1 Viskositeetti-indeksi	28
	3.5.2 Hydraulioöljyn viskositeetti.....	28
	3.5.3 Optimiviskositeetti.....	29
	3.5.4 Tyypillisiä lämpötila-alueita	29
	3.6 Virtaustyyppit	29
	3.7 Pumput.....	30
	3.7.1 Ruuvipumput.....	30

3.7.2	Hammaspyöräpumput	32
3.7.3	Hammaspyöräpumppujen ominaisuuksia	35
3.7.4	Huuhtelujärjestelmän pumpun tehonlähde	35
4	WÄRTSILÄN HUUHTELUJÄRJESTELMÄ W31-MOOTTORILLE	36
4.1	Prosessin tulokset	36
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA ARVIONTI	38
	LÄHTEET	40

LIITTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Wärtsilä W31. /7/

Kuva 2. Suodattimen uuden designin rakenne. /14/

Kuva 3. Vertailukuva suodatus pinta-alan hyödyntämisestä. /14/

Kuva 4. Parker icount oil sampler. /15/

Kuva 5. Pall PCM500. /11/

Kuva 6. Hioutuminen. /12/

Kuva 7. Ruuvipumppu. /18/

Kuva 8. Halkileikattu ruuvipumppu. /18/

Kuva 9. Ulkohammaspyöräpumppu. /18/

Kuva 10. Sisähammaspyöräpumppu. /18/

Kuva 11. Gerator-pumppu. /18/

Taulukko 1. ISO 4406/2000 -luokittelutaulukko. /15/

Taulukko 2. Saastuneisuusopas. /12/

Taulukko 3. Wärtsilän huuhtelujärjestelmässä käytettävä NAS-taulukko. /15/

LIITELUETTELO**LIITE 1.** Huuhtelujärjestelmän käyttöohje (Salainen)

LYHENNELUETTELO

LNG = Liquefied natural gas

PV = Photovoltaic

DF = Dual fuel

SG = Spark-ignited gas

DCV = Delivery centre Vaasa

V.I = Viskositeetti-indeksi

LT = Low temperature

HT = High temperature

VIC = Valve inlet control

VEC = Valve exhaust control

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aihe sijoittui Wärtsilän dieselkoeajoon, jossa oli valmiiksi kaksi huuhtelujärjestelmän prototyyppiä. Näillä prototyypeillä huuhdellaan kaikki W31-moottorit. Moottorien sisäinen puhtaus on tullut suureksi ongelmaksi kyseisten moottorien tullessa tuotantoon. Kaiken kaikkiaan koeajosellejä, joissa kyseistä huuhtelujärjestelmää tullaan käyttämään, on viisi.

Järjestelmien oikeaoppisella huuhtelemisella ennen laitteen käyttöönottoa on havaittu suuri merkitys eri järjestelmien toimivuudelle sekä häiriöttömälle toiminnalle. /12/ Tämän opinnäytetyön aiheena oli kartoittaa moottoreiden puhtauden nykyinen tilanne koeajossa ja tehdä siitä selvitys. Lisäksi tuli selvittää, kuinka paljon hyötyä moottoreiden huuhtelusta koeajossa oli loppuasiakkaalle ja osastolle.

Lähtökohtana tälle projektille oli asiakkaan vaatima puhtausluokka öljytilalle NAS7 sekä polttoainejärjestelmälle NAS5. Niiden pohjalta oli suunniteltu kaksi prototyyppiä, joiden avulla saaduilla tuloksilla voitiin vakuuttaa asiakkaalle moottorin puhtaus ennen ja jälkeen koeajon. Moottorin vaadittu puhtausluokka oli erittäin korkea ja sen takia vaikeasti toteutettavissa. Vertailukohtena esimerkiksi lentokonemoottoreilla on sama puhtausluokka vaatimus. Tavoitteena oli saada mahdollisimman nopeasti saavutettua vaadittu puhtausluokka, ettei huuhtelu veisi liikaa aikaa koeajossa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli myös tehdä koeajon huuhtelujärjestelmän käyttöohjeet. Lisäksi tuli miettiä, voidaanko prosessia tehostaa jollain tapaa ja kannattaako järjestelmä integroida jokaiseen koeajoselliin. Lopuksi pohdin kyseisen prosessin hyötyjä sekä kehittämismahdollisuuksia. Tässä julkisessa opinnäytetyön kirjallisessa osuudessa on jätetty toimeksiantajan pyynnöstä pois Liite 1. Huuhtelujärjestelmän käyttöohjeista sekä kaikki prosessin kuvaukseen liittyvät tekstit ja kuvat.

2 PROJEKTIN TAUSTA JA TARKOITUS

Opinnäytetyö käsittelee Wärtsilän huuhtelujärjestelmää, jolla on tarkoitus parantaa W31-moottoreiden sisäistä puhtautta. W31-moottorien sisäisen puhtauden kanssa on ollut ongelmia.

2.1 Wärtsilän historia

Wärtsilä perustettiin vuonna 1834 Tohmajärven kunnassa sijaitsevan kosken partaalle Wärtsilän kylään. Vuonna 1851 sen tilalle rakennettiin Wärtsilän rautatehdas. Sahalla tapahtuneen omistajavaihdoksen myötä saha- ja ruukkiyrityksen nimeksi tuli Wärtsilä Ab, josta muutaman vuoden päästä muodostettiin uusi yritys nimeltä Ab Wärtsilä Oy. 1908 Saarion koskeen rakennettu voimalaitos aloitti toimintansa ja Wärtsilästä tuli koskien tuottamaa sähköenergiaa hyväkseen käyttävä nykyaikainen sulattamo ja terästehdas.

1938-luvulla käynnistyi dieselmoottorien aikakausi, kun Wärtsilä solmi lisenssisopimuksen Friedrich Krupp Germania Werft AAG:n kanssa. Ensimmäinen moottori valmistettiin Turussa 1942. Vuonna 1978 Wärtsilä osti enemmistön Boforsin NO-HAB-dieselmoottoritoiminnasta ja aloitti kansainvälisen tuotantotoiminnan. Vuonna 1998 Metra ja Fincantieri allekirjoittivat sopimuksen dieseloimintojensa yhdistämisestä ja Wärtsilä NSD syntyy.

2000-luvun taitteessa Wärtsilä satsasi hurjasti merenkulun ratkaisuihin. Wärtsilä ja englantilainen John Crane-Lips solmivat yhteistyösopimuksen alusten propulsiojärjestelmien toimituksista. Vuosi tästä eteenpäin Wärtsilä laajensi toimintaansa biopolttoainevoimaloihin. Vuonna 2004 Wärtsilä toi markkinoille uuden Wärtsilä 46F-moottorin ja hetkeä myöhemmin Auxpac-standardigeneraattoriagregaatteja laivakäyttöön, jotka vastasivat sähköntuotannosta aluksella. 2007 Wärtsilä ja Hyundai Industries solmivat sopimuksen yhteisyrityksen perustamisesta Koreaan. Yritys ryhtyi valmistamaan monipolttoainemoottoreita LNG-aluksiin, jotka kuljettavat nesteytettyä maakaasua.

Vuonna 2008 Wärtsilä osti norjalaisyritys Maritime Service AS:n, joka tarjoaa laivojen huolto- ja kunnostuspalveluja sekä mekaanisia korjauspalveluja. Vuonna 2009 Wärtsilä sai kunnian päästä 100 parhaan kestäväen kehityksen yrityksen listalle. Vuonna 2010 Wärtsilä laajensi liiketoimintaansa rautatiemarkkinoille ja aloitti yhteisyritys Transmashholdingin kanssa modernien ja monikäyttöisten dieselmoottorien valmistuksen Venäjällä. Vuonna 2016 Wärtsilä laajensi liiketoimintaansa lähtemällä mukaan aurinkoenergialiiketoimintaan tarjoamalla suuria yli 10 MW:n aurinkovoimaloita sekä hybridivoimaloita, joissa Wärtsilän polttomoottorit yhdistetään PV-aurinkopaneeleihin. /2/

2.2 Wärtsilän nykytilanne

Tällä hetkellä Wärtsilä toimii yli 200 toimipisteessä yli 80 eri maassa ympäri maailman. Wärtsilän liikevaihto oli vuonna 2018 yli 5 miljardia euroa ja henkilöstömäärä oli noin 19 000. /1/

Wärtsilä Marine Solutions on mukana tukemassa meriteollisuudessa toimivien asiakkaidensa liiketoimintaa tarjoamalla kaasua ja öljyteollisuudessa toimiville asiakkailleen ympäristöystävällisiä ja turvallisia vaihtoehtoja sekä tehokkaita, taloudellisia ja joustavia ratkaisuja. Wärtsilä on moottoreiden ja aggregaattien lisäksi erilaisten alusten ja offshore-sovellusten laitteistojen ja järjestelmien toimittaja. /3/

Wärtsilä Services tarjoaa tukea asiakkaille koko toimitetun järjestelmän elinkaaren ajan optimoimalla laitteiston suorituskykyä ja hyötysuhdetta. Servicessä työskentelee noin 11 000 henkilöä yli 160 paikkakunnalla ympäri maailman. Wärtsilän palveluverkosto on toimialansa laajin ja palvelee vuosittain yli 12 000 asiakasta. Servicen palveluvalikoima kattaa varaosahuollon sekä käyttö-, hallinnointi- ja optimointipalvelut, joita kehitetään jatkuvasti paremmaksi vastaamaan asiakkaiden tarpeita. Tavoitteena on laitosten hyödynnettävyyden parantamisen ohella myös tukea asiakkaiden liiketoiminnan kasvua. Lisäksi Wärtsilä takaa asiakkaille korkean laadun, asiantuntijoiden tuen, palveluiden varman saatavuuden sekä mahdollisimman ympäristöystävällisen toimintamallin. /4/

Wärtsilä Energy Solutions on kansainvälisesti johtava energiajärjestelmien integraattori, joka tarjoaa laajan ja monipuolisen valikoiman erilaisia ympäristöä huomioivia ja kestäviä ratkaisuja. Servicen tarjontaan sisältyy erittäin joustavia polttomoottorikäyttöisiä voimalaitoksia ja suuria aurinkovoimaloita. Lisäksi tarjolla on energian varastointi- ja integroitiratkaisuja sekä LNG-terminaaleja ja -jakelujärjestelmiä. Wärtsilä mahdollistaa siirtymisen entistä kestävämpään ja nykyaikaisempaan energiajärjestelmään tarjoamalla joustavia ja tehokkaita ratkaisuja, jotka tuottavat lisäarvoa. /5/

Wärtsilän vuoden 2017 loppuun mennessä toimittamien voimalaitosten asennettu kapasiteetti oli 67 GW, ja toimituksia oli tehty yhteensä jopa 177 maahan. /5/

2.3 Koeajo

Wärtsilän koeajo on moottorien koeajo-osasto, jossa valmistettuja moottoreita testataan ja koeajetaan. Koeajon tarkoitus on varmistaa tuotteen toimivuus ja laatu. Koeajoselli on tila, johon moottori asennetaan koeajoa varten.

Tämän opinnäytetyön kohteena olevaa huuhtelujärjestelmää käytetään viidessä eri koeajosellissä aina ennen W31-moottorin käynnistystä. Kyseisiä moottoreita voidaan ajaa W3X-koeajossa selleissä 1–3 ja W34-koeajossa selleissä 11–12. Tällä hetkellä selleissä 1–3 voidaan ajaa aggregaatti- tai päämoottorikokoonpanoilla kevyt- ja raskaspolttoöljyllä sekä maakaasulla. W34-sellit 11–12 ovat pääosin tarkoitettu kaasumoottoreille (SG), mutta mahdollista on myös ajaa monipolttoaine (DF) sekä kevyt ja raskas polttoöljykäyttöisiä moottoreita. /6/

2.4 Vaasan Wärtsilän moottorit

Wärtsilän tuoteportfolioon Vaasan DCV-yksikössä kuuluvat seuraavat käyntinopeudeltaan keskinopeat nelitahtimoottorit

-Wärtsilä W20

-Wärtsilä W31

-Wärtsilä W32

-Wärtsilä W34.

Eri moottorimallien numerointi kuvastaa moottorin sylinterien halkaisijaa, joka on ilmoitettu senttimetreinä. Kyseisiä portfolion moottoreita on tarjolla diesel-, kaasuja ja monipolttoaine käyttöisinä. /6/

Esimerkkejä:

Wärtsilä 32 – 6L32, jossa numero 6 viittaa moottorin sylinterien määrään ja kirjain L taasen rivikonfiguraatioon sekä luku 32 moottorin sylinterihalkaisijaan.

Wärtsilä 34SG – 16V34SG, jossa numero 16 viittaa moottorin sylinterien lukumäärään, kun taas V-kirjain v-moottorikonfiguraatiota ja luku 34 moottorin sylinterinhalkaisijaa. SG viittaa kaasumoottorityyppiin, jossa polttoaineen sytytys tapahtuu sytytystulpalla (spark-ignited gas).

Wärtsilä 20DF – 8V20DF, Jossa numero 8 viittaa moottorin sylinterien lukumäärään, kun taas V-kirjain moottorinkonfiguraatioon ja luku 20 sylinterinhalkaisijaan. DF viittaa monipolttoaineeseen eli moottoria pystytään ajamaan kevyellä-, ja raskaalla polttoöljyllä sekä nestemäisellä maakaasulla.

2.4.1 Wärtsilä W31

Wärtsilä W31 on ensimmäinen uuden sukupolven keskinopeusmoottori, joka maailman tehokkaimpana nelitahtimoottorina on edelläkävijä niin suorituskyvyssä ja

hyötysuhteessa kuin kokonaispäästöissäänkin. W31 on saatavilla 8 sylinterisestä 20 sylinteriseen moottoriin, jotka ovat suunniteltu käytettäväksi erityyppisissä matkustaja- ja offshore-laivoissa sekä muissa alussegmenteissä, jotka vaativat 4,2–12,2 MW:n tehoaluetta. Wärtsilän W31 tarjoaa parhaimman polttoainekulutuksen kaikista omassa luokassaan kilpailevista moottoreista samalla säilyttäen erinomaisen suorituskykynsä läpi toiminta-alueensa. /6/

Wärtsilä 31 -moottori on suunniteltu säilyttämään korkeatehokkuutensa ja ympäristöarvonsa koko aluksen elinkaaren ajan. Wärtsilä 31 tarjoaa alhaisimman polttoainekulutuksen läpi moottorin kuormitusalueen. Wärtsilä 31 tarjoaa korkeimman sylinteritehon 610 kW, joka on korkein omassa ryhmässään. Kyseistä moottoria on tarjolla niin diesel-, monipolttoaine- kuin kaasukäyttöisenäkin.

Wärtsilä 31 on suunniteltu omaamaan pitkät huoltovälit. Useimmat samassa teholuokassa kilpailevat moottorit vaativat huoltotaukoja noin 2000 tunnin välein, kun taas 31:n huolto välit ovat neljä kertaa kilpailijoitansa pidemmät eli noin 8000 tuntia. Tämän vuoksi moottori tarjoaa pidempiä käyttöaikoja, helpotusta aikatauluihin ja pienentäen käyttökustannuksia. /7/



Kuva 1. Wärtsilä W31. /7/

2.5 Kehittämispöcessin taustatietoa

Tämä opinnäytetyö tehtiin Wärtsilän koeajoon, jossa uusien W31- moottorien (**Kuva 1.**) koeajon yhteydessä ja myös sen jälkeen löydettiin huomattavan paljon epäpuhtauksia laakereista, solenoideista sekä moottorin öljyaltaasta.

Kun syytä epäpuhtauksille alettiin etsiä, huomattiin, että laakereiden pinnoitteissa oli koko laakerin mittaisia naarmuja. Naarmut olivat peräisin pienistä metallihiukkasista, jotka olivat päätyneet laakereiden väliin.

Solenoidiongelmiin kanssa edettiin avaamalla solenoidi, jolloin huomattiin, että venttiili oli tukkeutunut pienten metallihiukkasten johdosta. Epäpuhtauksien tuomista ongelmista johtuen myös seisonta-ajat olivat pidentyneet huomattavasti. Moottorin tullessa koeajoon, pystyttiin jo visuaalisestikin huomaamaan, että öljy-

allas ei ollut puhdas. Sieltä pystyttiin havaitsemaan asennusrasvajäämiä, koneistuksesta jääneitä lastuja ja hiukkasia sekä muiden asennuksissa käytettävien nesteiden jäämiä.

Seuraavaksi alettiin jäljittämään epäpuhtauksien juuria. Moottoreita käytiin tarkastamassa kokoonpanossa ja siellä huomattiin merkittäviä epäpuhtauksia, jotka olivat osa peräisin jo koneistuksesta sekä kokoonpanon aikana asennettavista eri kokoisista komponenteista, esimerkiksi sylinterikansista, putkista ja muiden eri komponenttien asennuksista ja niissä käytettävistä nesteistä ja rasvoista. Tämän lisäksi huomattiin, että osa epäpuhtauksista oli peräisin jo alihankkijoilta.

Epäpuhtauksien ja niiden tuomien laatuongelmien johdosta alettiin miettimään ratkaisuja, joista yksi oli koeajoon tarkoitettu huuhtelujärjestelmä. Tämän lisäksi eräs suuri asiakas oli välittänyt pyynnön, että moottorin sisusta tulisi huuhdella heidän vaatimansa puhtausluokan mukaan. Asiakkaan vaatima puhtausluokka öljytilalle oli NAS7 sekä polttoainejärjestelmälle NAS5. Vertailukohteena esimerkiksi lentokonemoottoreilla on sama puhtausluokkavaatimus.

Ensimmäiseksi päätettiin valmistaa prototyyppi pienoiskoossa, jonka avulla pystyttiin määrittelemään, minkälaiset filterit, pumput, virtausnopeus, paine sekä mahdollinen huuhtelutapa tulisi olla. Pienoismalli vakuutti Wärtsilän johdon, joka näytti vihreää valoa täysikokoisen huuhtelujärjestelmän rakentamiselle. Tämän jälkeen suunniteltiin ja rakennettiin ensimmäinen täysikokoinen prototyyppi, jolla onnistuttiin puhdistamaan moottorin sisätilat tavoiteltuun puhtausluokkaan.

Onnistuneiden huuhtelutulosten jälkeen seuraavana kriteerinä oli saada huuhtelun kesto vähennettyä radikaalisti sekä laskea huuhtelukustannuksia. Huuhtelujärjestelmän kustannuksia pystyttiin vähentämään 50 %, kun optimoitiin suodatus yhdelle suodatintyypille, kun ensimmäisessä prototyyppissä oli kuusi suodatinta. Lisäksi ensimmäisellä prototyyppillä huuhteluaika oli noin 1,5 h-2 h ja uudella järjestelmällä pystyttiin pääsemään noin 40–45 minuutin huuhtelulla vaadittaviin tuloksiin.

Huuhtelun toimintaperiaatteena on pumpata moottorin pääöljylinjaan lämmintä öljyä kovalla virtausnopeudella sekä paineella. Öljyn tulisi olla noin 50-asteista ja paineen noin 4–6 bar. Virtausnopeudeksi on optimoitu noin 1600 l/min. Tällä virtausnopeudella saadaan aikaan turbulenttinen virtaus, joka synnyttää pyörteitä moottorin sisään niin, että asennusrasvat ja muut nesteet, joita käytetään asennuksissa sekä metalli hiukkaset irtoaisivat ja lähtisivät liikkeelle päätyen lopulta huuhtelujärjestelmän suodattimeen.

Tällä hetkellä W31-moottorit menevät muiden moottorimallien edelle, koska kyseisen moottorimallin hienomekaanistenjärjestelmien toiminta on riippuvainen huuhtelusta. Muita moottorimalleja ei toistaiseksi huuhdella, koska ne eivät ole riippuvaisia huuhtelusta. Koeajoaikataulu on sen verran tiukasti mitoitettu, ettei tällä hetkellä ole aikaa huuhdella kaikkia moottorimalleja.

3 HUUHTELUJÄRJESTELMÄ KOMPONENTIT

Järjestelmien oikeaoppisella huuhtelemisella ennen laitteen käyttöönottoa on havaittu suuri merkitys eri järjestelmien toimivuudelle sekä häiriöttömälle toiminnalle. Puhtaan öljyn käyttö järjestelmässä vähentää kulumista merkittävästi ja samalla tarjoaa osille pidemmän eliniän ja lyhemmän seisokkiajan. Keskimäärin 80 % hydraulisten järjestelmien toimintahäiriöistä aiheutuu epäpuhtauksista, jotka ovat yleensä peräisin jo valmistuksen ja kokoonpanon ajalta. /12/

3.1 Puhtausluokat

Puhtausluokka ilmoittaa komponenteille ja järjestelmille sallittavan epäpuhtausmäärän ja kokojakauman. Puhtausluokan ilmoittamiseen käytetään standardeja ISO 4406, SAE AS 4059 ja NAS 1638. Wärtsilän huuhtelujärjestelmän mittaustuloksia kuvataan ISO 4406- ja NAS 1638 -standardeilla. (**Taulukot 1 ja 3.**) /19/

3.1.1 ISO-standardi 4406

ISO-standardin 4406:2000 avulla pystytään valmistamaan yhteenveto kontaminaatiojakaumasta, jossa lasketaan 100 ml:n näytteestä partikkelit. Saadut arvot muunnetaan standarditaulukon mukaiseksi numerokoodiksi, joka helpottaa arvojen ymmärtämisessä. Jokainen koodi mittaa kolmen standardin partikkeleiden viitekoon muodostamaa ”kanavaa”, jotka ovat suuressa osassa eri hydraulijärjestelmien epäpuhtauksien aiheuttamissa kulumisissa ja vaurioitumisissa. Standardin viitekoot ovat 4µm, 6µm ja 14 µm.

Taulukko 1. ISO 4406:2000 -luokittelutaulukko. /15/

ISO-koodinumero	Partikkelien määrä 100 ml:n näytteessä	
	Yli	Enintään
24	8 000 000	16 000 000
23	4 000 000	8 000 000
22	2 000 000	4 000 000
21	1 000 000	2 000 000
20	500 000	1 000 000
19	250 000	500 000
18	130 000	250 000
17	64 000	130 000
16	32 000	64 000
15	16 000	32 000
14	8 000	16 000
13	4 000	8 000
12	2 000	4 000
11	1 000	2 000
10	500	1 000
9	250	500
8	130	250
7	64	130
6	32	64
5	16	32
4	8	16
3	4	8
2	2	4
1	1	2

Taulukko 2. Saastuneisuusopas. /12/**Kuvio 9a: Saastuneisuusopas hydraulii- ja voiteluöljyjärjestelmiin**

ISO koodi	Kuvaus	Sovelluskohde
ISO 14/12/10	Erittäin puhdas öljy	Kaikki öljyjärjestelmät
ISO 16/14/11	Puhdas öljy	Servo & korkeapainehydrauliikka
ISO 17/15/12	Hieman saastunut öljy	Vakio hydraulii- ja voiteluöljyjärjestelmät
ISO 19/17/14	Uusi öljy	Alhaisesta matalapaineisiin järjestelmiin
ISO 22/20/17	Erittäin saastunut öljy	Ei sovellu öljyjärjestelmiin

3.1.2 NAS 1638

NAS 1638 -puhtausstandardi kehitettiin alun perin Yhdysvalloissa ilmailukomponenteille, ja kyseistä standardia käytetään vieläkin laajalti teollisuuden ja ilmailualan fluidijärjestelmäsovelluksissa ja myös Ison-Britannian Pohjanmeren teollisuusaloilla.

Taulukossa 3 on esitelty NAS 1638 -taulukko. Sen luvut ovat erillismääriä, ja yleensä NAS-luokat ilmoitetaan yhtenä arvona, joka edustaa tietyllä partikkelikoalueella suurinta sallittua partikkelimäärää. /15/

Taulukko 3. Wärtsilän huuhtelujärjestelmässä käytettävä NAS-taulukko. /15/

Kokoalue	5–15 µm	15–25 µm	25–50 µm	50–100 µm	>100 µm	
NAS-luokat (perustuvat suurimpaan sallittuun kontaminaatiomäärään 100 ml:ssa)	00	125	22	4	1	0
	0	250	44	8	2	0
	1	500	89	16	3	1
	2	1 000	178	32	6	1
	3	2 000	356	63	11	2
	4	4 000	712	126	22	4
	5	8 000	1 425	253	45	8
	6	16 000	2 850	506	90	16
	7	32 000	5 700	1 012	180	32
	8	64 000	11 400	2 025	360	64
	9	128 000	22 800	4 050	720	128
	10	256 000	45 600	8 100	1 440	256
	11	512 000	91 000	16 200	2 880	512
12	1 024 000	182 400	32 400	5 760	1 024	

3.2 Huuhtelujärjestelmän analysointilaitteet

Huuhtelujärjestelmän kehittäminen aloitettiin, kun asiakas esitti vaatimuksen moottorin öljytilojen puhtaudelle, joka oli NAS 7 (NAS-luokka kertoo järjestelmän öljyn puhtaudesta.) ja polttoainejärjestelmälle NAS 5. Esimerkiksi lentokoneilla on samat puhtausluokkavaatimukset.

3.2.1 Parker icount oil sampler

Ensimmäisen huuhtelujärjestelmän prototyypin huuhtelun mittaustulosten analysoinnissa käytettiin Parkerin kyseistä nesteiden analysointilaitetta (**Kuva 2.**). Kyseinen laite on suunniteltu käytettäväksi erittäin laajalla skaalalla mm. uusiutuvan energian, meriteollisuuden, offshore ratkaisujen analysoinnista matkapuhelin valmistukseen, puolustusvoimien ja ilmailualan eri käyttötarkoituksiin. /15/



Kuva 2. Parker icount Oil Sampler. /15/

Laite oli suunniteltu täydelliseksi haastaviin olosuhteisiin. Kyseisen analysointilaitteen kuljetuslaatikko on eristetty IP67-luokkaan. (IP67-luokitus tarkoittaa sitä, että

liitin on täysin suojattu pölyltä ja kestää 30 minuutin upotuksen vähintään 15 senttimetrin ja korkeintaan metrin syvyyteen).

Analysointilaitteen sydämessä toimii laserilmaisin, joka toimittaa jatkuvalla syötöllä mittaustuloksia fluidin virratessa näyteputken lävitse. Laite toimittaa mittaustuloksia sekunnin välein standardina, mutta mittausvälit ovat käyttäjän määriteltävissä. /15/

Kyseistä laitetta käytettäessä huomattiin, että kyseinen laite ei aina toimita luotettavia mittaustuloksia fluidin ollessa erittäin tummaa. Tästä johtuen laite korvattiin Pall:in analysointilaitteella, jonka mittaustulokset olivat perä jälkeen erittäin luotettavia ilman heittoja.

3.2.2 Pall PCM 500

Öljy- ja polttoainetilojen puhtauden mittaamiselle valittiin Pall PCM 500, joka on kannettava mittauslaite (**Kuva 3.**). Kyseisellä laitteella pystytään mittaamaan mineraali- ja vesi pohjaisten sekä synteettisten nesteiden saastuneisuus asteet erilaisissa haastavissa olosuhteissa tuloksiin vaikuttamatta. Laitteella pystytään nopeasti analysoimaan fluidin puhtaus alle kuudessa minuutissa. Laitteen avulla pystytään ennalta ehkäisemään katastrofaalisia vaikutuksia saastuneiden fluidien päästessä järjestelmiin. PCM 500 pystytään asentamaan jatkuvaan käyttöön kriittisissä järjestelmissä tai tarvittaessa käyttämään kannettavana rutiini tarkastuksissa.

PCM 500 -laitteessa käytetään hyväksi todettua ”mesh blockage teknologiaa”, mikä tarjoaa käyttäjälleen tarkat kolmiosaiset puhtauskoodit ISO 4406-, SAE AS 4059 -taulukoista. Yksi laitteen parhaista puolista on, että sillä on itsepuhdistustoiminto, joka takaa optimaalisen tarkat tulokset. Laite on suunniteltu kompaktiksi ja vahvaksi, joka helpottaa laitteen liikuttamista paikasta A paikkaan B. Laitteen kosketusnäyttö tekee siitä helppokäyttöisen ja pitkä akunkesto helpottaa mittausten suorittamista eri työtehtävissä.

Laitteella pystytään mittaamaan komponenttien pesunesteitä, leikkuuöljyjä, vesipohjaisia nesteitä, jäähdytyksessä käytettäviä nesteitä, vesiglykoleja, mineraalipitoisia ja synteettisiä öljyjä. Sillä pystytään mitata myös voiteluun käytettäviä nesteitä sekä polttoaineita. /11/



Kuva 3. Pall PCM 500. /11/

Laitetta käytetään osana huuhtelujärjestelmää ja moottorin huuhtelun aikana sillä otetaan useita näytteitä, kunnes saavutetaan haluttu puhtausluokka. Öljyn kierrätyslaitteeseen on asennettu oma venttiili, jotta näytteiden ottaminen helpottuisi ja nopeutuisi. Näytteiden ottamisen jälkeen on pystytty jo visuaalisestikin huomaamaan ja toteamaan että huuhdellut tilat näyttävät ja ovat puhtaampia kuin ennen. Lisäksi solenoidit, jotka aikaisemmin vaurioituivat liiallisten epäpuhtauksin takia ovat toimineet moitteetta. Ennen huuhtelua oli myös havaittavissa enemmän eri laakereiden naarmuuntumista, mutta nyt laakereiden naarmuuntuminen on vähentynyt huuhtelun ansioista. /11/

3.3 Huuhtelujärjestelmän suodatinmallit

3.3.1 Argo Hytos:in Exapor Max II

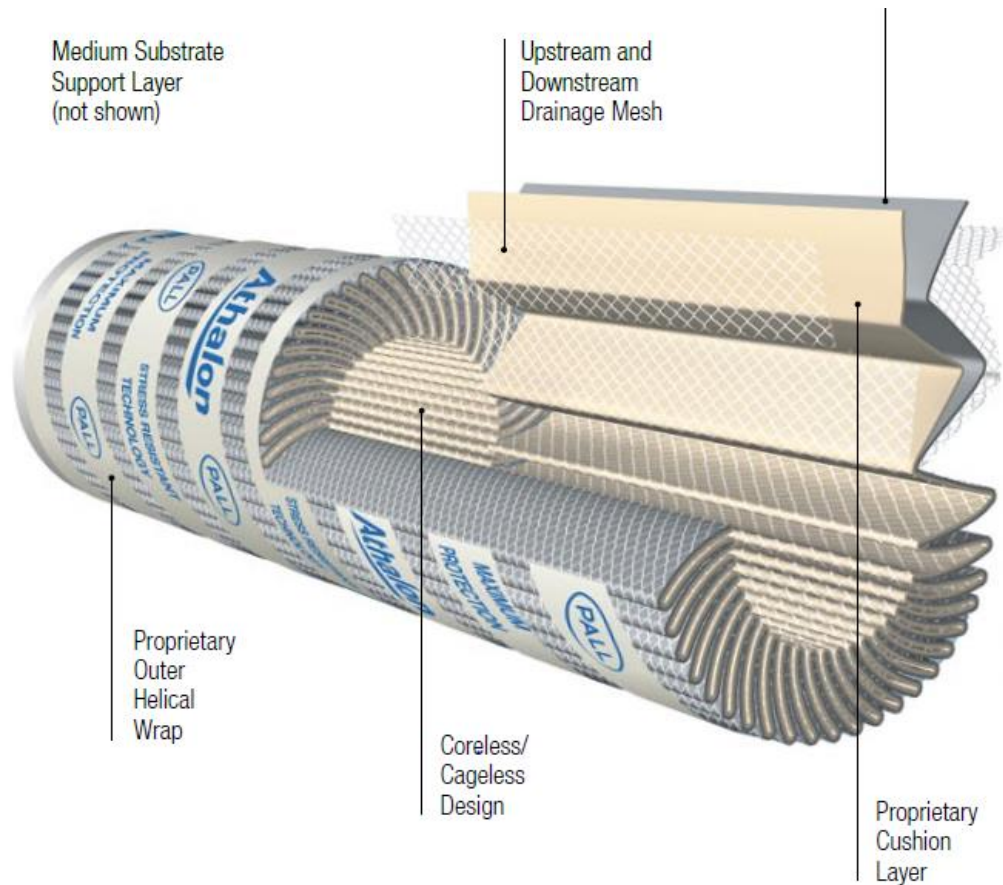
Kyseiset suodattimet omaavat erinomaisen epäpuhtauksien suodatuskyvyn. Virtauksen nopeuden yhtäjaksoisen jatkuvuuden lisäksi kyseinen suodatinmalli on suunniteltu ehkäisemään painehäviötä. Suodatin on valmistettu kolmikerros suunnitella, joka koostuu lasi- ja polyesterikuiduista yhdistettynä patentoituun verkkoon. Verkko on valmistettu ruostumattomasta teräksestä ja polyesteristä. /13/

Hyvän epäpuhtauksien suodatustehon ja virtausnopeuden ylläpidon johdosta Exapor Max II -suodatinmalli tarjoaa pidemmän huoltovapaan jakson, kuin tavalliset teollisuussuodattimet. Tämä taas näkyy kustannuksissa ja seisokkiajoissa. Öljyn korkea puhtauspitoisuus pidentää komponenttien elinikää ja parantaa laitteiston suorituskykyä. Koko ajan nousevien puhtaustandardien johdosta kyseisten suodattimien puhtausluokkaa on paranneltu 10 µm:iin, kun yleisimpien mallien luokka on noin 12 µm. Kyseisiä suodattimia on saatavilla 5 µm, 10 µm ja 16 µm puhtausluokissa. Exapor Max II -mallin suunnittelussa on onnistuttu vähentämään painehäviötä yhteensä noin 90 %, sekä lähes 65 % korkeampi virtausnopeus kuin aikaisemmissa malleissa. /13/

3.3.2 Pall Athalon Maximum-Life

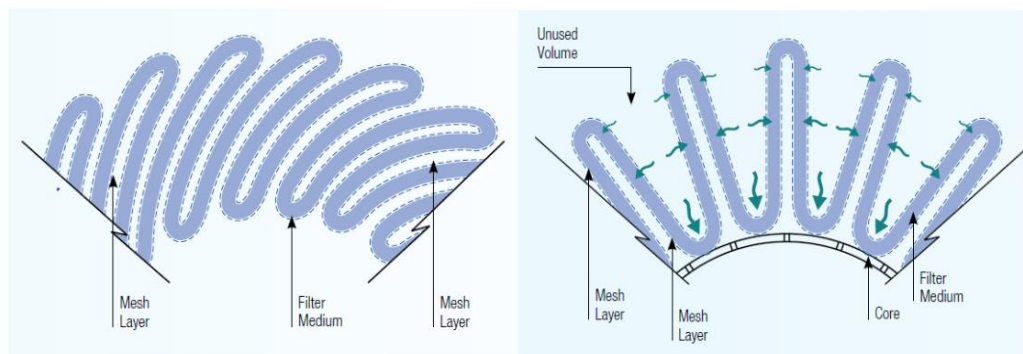
Pall:in Athalon Maximum-Life -suodattimet on kehitelty tarjoamaan korkeatasoista ja pitkäkestoista suojaa erilaisten nestemäisten järjestelmien kaikkiin käyttötarkoituksiin. Suodattimien paranneltu muotoilu mahdollistaa maksimaalisen suodatusalan ja parannellun virtauksen hallinnan (**Kuva 4.**). Antistaattinen valmistus minimoi staattisen varauksen syntymisen ja ennaltaehkäisee suodattimien, kotelon ja nesteiden vaurioitumisen staattisten varausten purkautuessa. Suodattimet on suunniteltu helposti asennettaviksi ja edullisiksi huoltaa. Kyseiset suodattimet omaavat noin 10 kertaa paremman suodatustehokkuuden verrattuna tavallisiin suodattimiin.

Näin ollen nesteen puhtausluokan saavuttamiseksi kuluu huomattavasti vähemmän aikaa ja vähennetään laitteiston huolto- ja käyttökohteiden seisokkiaikaa. /14/



Kuva 4. Suodattimen uuden designin rakenne. /14/

Uusi Laid-over Pleating -muotoilu mahdollistaa suuremman suodatuspinta-alan pakkaamisen suodatinkotelon sisään (**Kuva 5.**). Uusi muotoilu mahdollistaa yhtenäisen virtausjakauman käytön, joka puolestaan mahdollistaa suodatinelementin tasaisen kuormituksen, jolloin ennaltaehkäistään suodattimen kasaan painumista ja rypistymistä. Stress-Resistant-teknologiansa ansiosta suodatinelementti säilyttää suodatustehonsa koko elinkaarensa ajan ja vähentää epäpuhtauksien mahdollisesti aiheuttamia kuluja. /14/

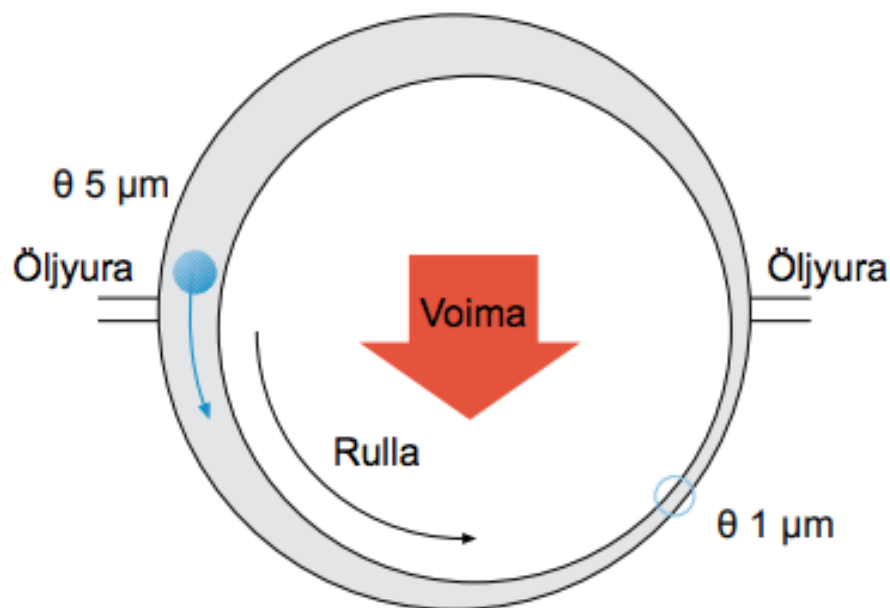


Kuva 5. Vertailu kuva suodatus pinta-alan hyödyntämisestä. /14/

Vasemmalla (**Kuva 5.**) on nähtävissä uusi muotoilu, joka hyödyntää erinomaisesti koko tilan, jolloin suodatuspinta-ala laajenee. Oikealla (**Kuva 5.**) on nähtävillä perinteisen muotoilun suodatinelementti, jossa jää huomattava määrä suodatuspinta-alaa hyödyntämättä. /14/

3.4 Kuluminen öljyjärjestelmissä

Kuluminen öljyjärjestelmissä voidaan jakaa kahteen luokkaan; kemialliseen kulumiseen ja hioutumiseen. Hioutuminen on hiukkasten aiheuttamaa kulumista (**Kuva 6.**). Hiukkasten päätyessä mekaanisten osien liiketoleranssien väliin aiheuttaen komponenttien pintojen hioutumista ja mikrohalkeamia, sekä mahdollisesti muita vaurioita, jotka todennäköisesti jatkavat kulumista. Likaisen öljyn sisältämät epäpuhtaudet muodostavat tahmean kerroksen komponenttien pinnoille, johon erilaiset kovot partikkelit jäävät kiinni muodostaen karhean pinnan. Tämä muodostaa hiovan vaikutuksen esimerkiksi laakereiden pintojen välille. /12/



Kuva 6. Hioutuminen. /12/

Kemiallisessa kulumisessa esimerkiksi vesi, metallihiukkaset, hartsi ja kupari kulltavat öljyn ominaisuuksia. Tästä johtuen öljyn laadun heikkeneminen nopeutuu. Öljyn seassa oleva vesi aiheuttaa epäsuotuisia vaikutuksia tunkeutuen pinnassa oleviin halkeamiin, aiheuttaen komponentin kulumista ja hilseilyä sekä korroosiota. /12/

3.5 Viskositeetti

Nesteen viskositeetillä tarkoitetaan nesteen kykyä vastustaa kerrosten välisiä siirtymiä. Viskositeetti on riippuvainen fluidin lämpötilasta ja paineesta. Viskositeetin arvon ollessa suuri neste on paksua ja näin ollen se virtausvastukset kasvavat alentaen näin huomattavasti hyötysuhdetta. Huuhtelujärjestelmässä paksu voiteluöljy ei pääse tunkeutumaan välyksiin ja koloihin, kun taas pienellä viskositeetillä oleva öljy on ohutta ja juoksevaa, jolloin se pääsee tunkeutumaan pienempiinkin

välyksiin. Jotta voiteluöljyn viskositeetti saataisiin optimaaliseen arvoon, on huuhtelujärjestelmän yhteyteen lisätty 50 kW:n lämmityslaite, jolla öljy saadaan lämmitettyä noin 50 asteeseen, jonka ansiosta huuhtelu voidaan suorittaa täydellä teholla ja huuhtelun tulos on optimaalinen. /16/

Kun kyseessä on voiteluöljy, viskositeetti ilmoitetaan yleensä yksikössä cSt (senttistoke)=mm²/s (SI-järj) tai yksikössä cP (senttipoise) = mPas.

Viskositeettiä ilmaistessa millä tahansa yksiköllä tulee aina ilmoittaa myös lämpötila. Lämpötilan kohotessa kaikki öljyt ohenevat huomattavasti. -20 asteen lämpötilassa tyypillisen moottoriöljyn SAE 10W:n viskositeetti voi olla 2000 cP, kun taas lämpötilan noustessa 100 asteeseen, on viskositeetti enää 5,2 cSt.

3.5.1 Viskositeetti-indeksi

Lämpötilan nousun johdosta tapahtuvaa nesteen ohentumista kuvataan Viskositeetti-indeksillä (V.I.). Mitä ohuempi neste, sen pienempi on viskositeetti-indeksi. Yksiasteisilla moottoriöljyillä viskositeetti-indeksi on noin 95–110, kun taas moniasteisilla jopa yli 200. /16/

3.5.2 Hydraulioöljyn viskositeetti

Oikea viskositeetti käyttölämpötila-alueella on ehkä tärkein hydraulioöljyn ominaisuus. Ulkokäytössä tämä korostuu vaihtelevan lämpötilan myötä, siksi ulkokäyttööljyt ovat useimmiten moniasteisia. Käynnistettäessä öljyn täytyy virrata imuputkiston kautta pumppuun riittävän nopeasti. Jos virtaus on liian hidasta, imee pumppu osittaisen tyhjiön ja alkaa kavitoida. Usein toistuvana kavitointi johtaa pumpun vaurioitumiseen. Eri pumpputyypeillä on erilainen imukyky ja järjestelmien imuputkistot ovat erilaiset. Tästä johtuen ei pystytä määrittämään maksimi viskositeettiarvoa, joka pätsisi yleisesti, mutta on esitetty, että realistinen arvo lienee

maksimissaan 1000–1500 cSt. Kuitenkin esimerkiksi suoritettaessa lämmityskäyttöä maltillisesti matalilla kierrosluvuilla, voidaan kyseinen maksimiarvo ylittää joskus jopa huomattavastikin.

Öljy ohenee lämmitessään käynnin aikana. Öljyn ohetessa liikaa, aiheuttaa se järjestelmän tehon heikkenemistä sisäisten vuotojen johdosta. Voitelun puutteen johdosta alkavat venttiilit takerrella ja liiallista kulumista alkaa esiintymään pumpussa. 10 cSt:tä on pidetty yleensä minimiviskositeettina ja 14 cSt:tä tehon säilymisen kannalta. Osa hitaasti pyörivistä hydraulimoottoreista vaatii minimissään 20 cSt:n vahvuisen öljyn toimiakseen tehokkaasti. /16/

3.5.3 Optimiviskositeetti

Jatkuvalle toiminnalle optimaalisin viskositeettialue on noin 16...36 cSt. Tällöin ei ole havaittavissa vielä vuotoja tarkoittaen, että järjestelmän teho on hyvä. Voitelukyvyyn ollessa hyvä ei tapahdu liiallista osien kulumista tai ylimääräistä virtausvastusta. /16/

3.5.4 Tyypillisiä lämpötila-alueita

Alin sallittu käyttölämpötila mäntäpumpulle vastaa viskositeettia 300–1000 cSt ja hammaspyöräpumpulla 36–300 cSt. Optimi käyttölämpötilassa on viskositeetti noin 16–36 cSt ja ylin sallittulämpötila vastaa noin 10–16 cSt. /16/

3.6 Virtaustyytit

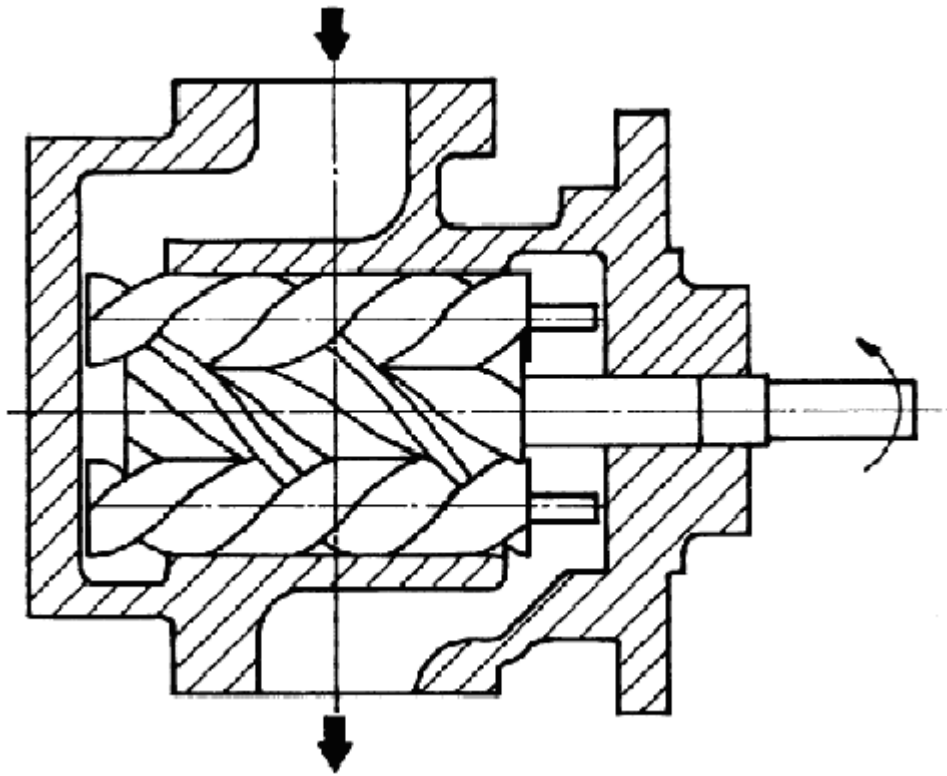
Virtaus voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin, Laminaariseen ja turbulenttiseen. Laminaarisella virtauksella tarkoitetaan kerroksenomaista virtausta, jossa kaikki nesteosaset seuraavat tiettyä rataa ja liikkuvat yhdensuuntaisesti. Tätä nimitetään vir-

taviivaksi. Virtausnopeuden voimistuessa laminaarien virtaus muuttuu turbulenteiseksi. Turbulenttinen virtaus aiheuttaa pyörteitä, jossa nesteosaset eivät noudata tarkkoja ratoja vaan jotkin yksittäiset nesteosaset voivat liikkua vastapäivään hetkellisesti, mutta pääosin neste pyrkii liikkumaan tiettyyn suuntaan. /16/

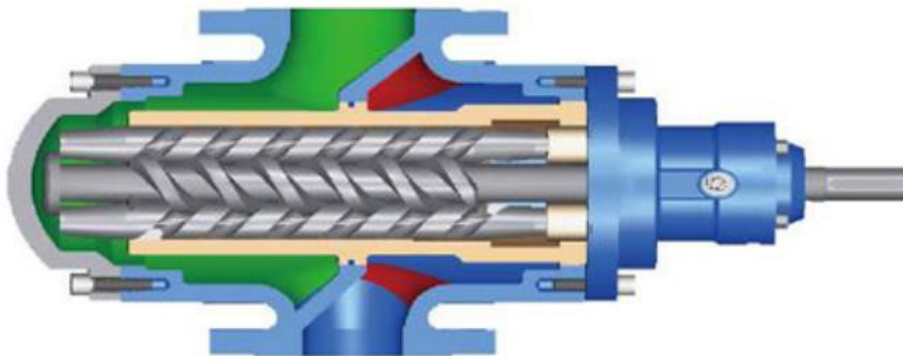
3.7 Pumput

3.7.1 Ruuvipumput

Hydrauliikassa käytettävät ruuvipumput ovat yleensä kolmiruuvisia (**Kuvat 7 ja 8.**). Keskimäinen ruuvi toimii käytävänä ja sivuruuvit sekä hammaskosketus muodostavat tiivistyksen erottaen imu- ja painepuolen. Saatu tuotto on erittäin tasaista öljyn edetessä hammassolissa suoraviivaisesti. Tasaisen tuoton ansiosta käyntiäänäni on hiljainen ja pumppua voidaan käyttää turvallisesti suurillakin nopeuksilla ilman kavitaation vaaraa. Oikeanlaisella ja riittävällä huollolla ruuvipumput ovat pitkäikäisiä, näin tuottaen taloudellisia säästöjä ja lyhentäen seisokkiaikoja. /18/



Kuva 7. Kolmiruuvipumppu. /18/

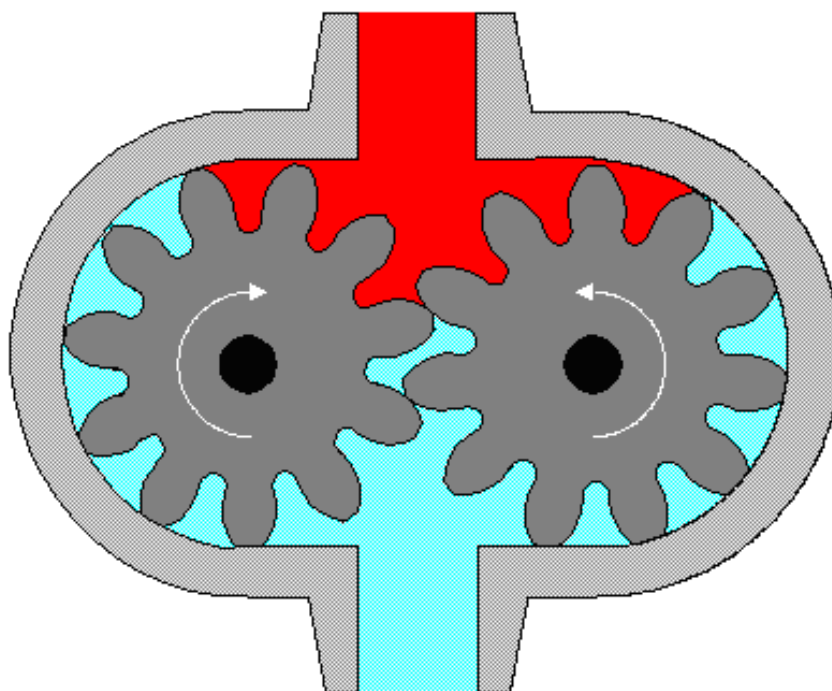


Kuva 8. Halkileikattu ruuvipumppu. /18/

Hyötysuhde ruuvipumpuilla on alhaisempi kuin muilla, noin 0,7–0,8 ja huippupaineet monesti alle 200 bar. Laakereille syntyy aksiaalivoimaa, koska imu- ja painepuoli ovat eri päädyissä. Keskeltä imevällä pumpulla tämä kumoutuu, koska molemmissa päissä on painepuoli. /18/

3.7.2 Hammaspyöräpumput

Kaksipyöräinen pumpu on yleisin ulkohammaspyöräpumppu (**Kuva 9**). Kaksipyöräisessä pumpussa käyttöteho tuodaan toisen hammaspyörän akselille ja toinen hammaspyörä pyörii mukana. /18/



Kuva 9. Ulkohammaspyöräpumppu. /18/

Öljyn kulkeutuminen tapahtuu hammasväleissä ulkolaitoja myöden imupuolelta painepuolelle. Hampaiden irtautuessa rynnöstä syntyy imupuolelle laajeneva tilavuus. Tämän takia painepuolelle syntyy vastaavasti pienenevä tilavuus. Pumpun

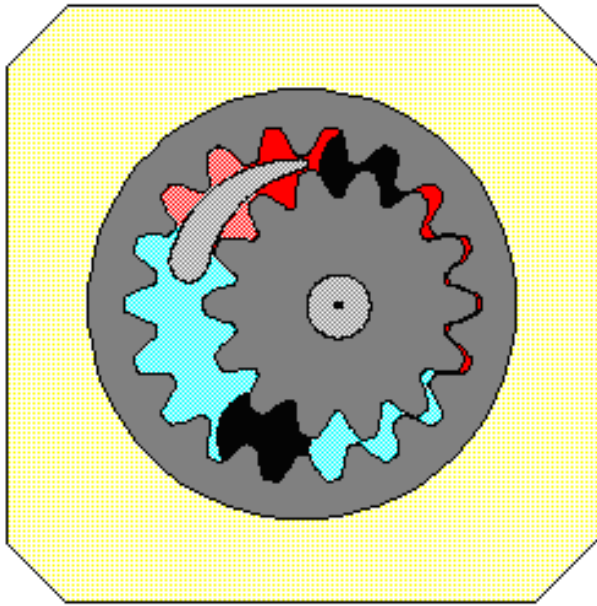
tuotto ja paine on sykkivää, koska tilavuuden muutos on vaihtelevaa. Tuottoa pystytään tasaamaan muokkaamalla hampaiden kulmaa niin, että ne ovat viistossa, joka voi aiheuttaa liiallista aksiaalivoimaa. Tuoton tasaamista voidaan myös auttaa lisäämällä hampaita sekä käyttämällä kahta erivaiheista hammaskehää rinnakkain.

Hammaskosketuksen johdosta imu- ja painepuolen tiivistys on kunnossa. Ulkokehän tiivistyksen hoitavat hampaiden päät ja painelevyt hoitavat tiivistyksen sivuilta.

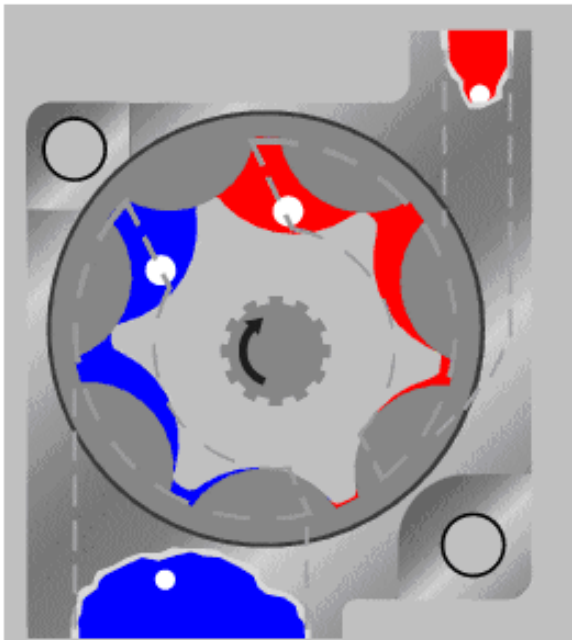
Ulkohammaspyörän pumpussa imu- ja painepuoli sijaitsevat vastakkaisilla puolilla, joka synnyttää pumppuun radiaalivoimia, joka taas lisää pumpun värähtelyä.

Ulkohammaspyöräpumpuista on myös olemassa kolmepyöräisiä malleja, joissa keskimäinen pyörä toimii käytävänä. Kyseisiä pumppuja on helppo valmistaa rakenteellisesti sellaisiksi, että on mahdollista kytkeä useampia pumppuja samalle akselille.

Sisähammaspyöräpumppuja on Kuvan 10 mallisia tai Kuvan 11 mallisia Gerator-pumppuja. Sisähammaspyöräpumpuissa sisempi hammaspyörä toimii käytävänä ja ulompi hammaspyörä pyörii mukana. Gerator-pumpussa sisempi pyörä pyörii nopeammin kuin ulompi hammaspyörä, tästä johtuen hammaspyörien välillä on havaittavissa liukumista. /18/



Kuva 10. Sisähammaspyöräpumppu. /18/



Kuva 11. Gerator-pumppu. /18/

3.7.3 Hammaspyöräpumppujen ominaisuuksia

Tyypillisesti ulkohammaspyöräpumppujen painealue ylittää noin 200 bar:iin, mutta saatavilla on myös korkeampipaineisia pumppuja. Sisähammaspyöräpumput on suunniteltu pienemmille tilavuusvirroille ja suuremmille paineille kuin ulkohammaspyöräpumput. Sisähammaspyöräpumppujen paineenkesto ylittää yli 300 bar:iin.

Hammaspyöräpumppujen etuja ovat niiden edullisuus, yksinkertainen rakenne, niiden tarjoama hyvä hyötysuhde laajalla painealueella ja pumppujen vähäiset meluhaitat.

Haitoiksi voidaan lukea se, että kierrostilavuutta ei pystytä säätämään ja pumppu tarvitsee tukilaakerit kestääkseen aksiaalikuormia. /18/

Wärtsilän moottorien huuhtelujärjestelmässä on käytössä kolmiruuvipumppu, jota huuhtelujärjestelmän komponenttien toimittaja suositteli käytettäväksi. Kyseinen pumppu on tarkoitettu teollisuus käyttöön ja se tuottaa noin seitsemän bar:in paineen, joka todettiin huuhtelujärjestelmän testivaiheessa riittäväksi.

3.7.4 Huuhtelujärjestelmän pumpun tehonlähde

Huuhtelujärjestelmään valittiin sähkömoottori Moves:ilta. Kyseisen sähkömoottorin runko on valmistettu valuraudasta ja se on suunniteltu kestäväksi voimakasta mekaanista rasitusta. Moottori on suojattu IP55-standardin mukaisesti (Voidaan käyttää pölyisissä tiloissa ja se on roiskesuojattu). Moottori on pintajäähdytteinen ja se on varustettu ulkopuolisella jäähdytystuulettimella. Ulkopuolisella jäähdytystuulettimella pystytään ennalta ehkäisemään lisääntyvää termistä kuormitusta sekä moottorin heikentyvää jäähdytysilman saantia alhaisilla kierroksilla. Kyseinen moottori on kolmivaihemoottori ja sen vakiokäämintäjännite on 400 V/50Hz. Sähkömoottorin teho on 37 kW ja sen hyötysuhde on määritelty Eup-direktiivin mukaan IE3-luokkaan, joka tarkoittaa erinomaista hyötysuhdetta. Kyseinen moottori soveltuu erinomaisesti taajuusmuuntajakäyttöihin. /20/

4 WÄRTSILÄN HUUHTELUJÄRJESTELMÄ W31-MOOTTORILLE

4.1 Prosessin tulokset

Moottori huuhdellaan yleensä sekä ennen että jälkeen koeajon. Huuhtelujärjestelmän käyttöönoton jälkeen on pystytty huomaamaan, että useimmat laatuongelmat ovat poistuneet koeajosta. Huuhtelujärjestelmän toimivuuden vuoksi ylimääräiset korjaus- ja huoltotauot ovat vähentyneet, joten koeajon läpivienti on nopeutunut huomattavasti. Ennen huuhtelujärjestelmän käyttöönottoa epäpuhtauksien aiheuttamat laatuongelmat seisottivat moottoreita selleissä, kun syitä ongelmiin etsittiin. Tämä saattoi kestää useita tunteja ja pahimmassa tapauksessa luovutusajot jouduttiin keskeyttämään ja moottori siirtämään ulos sellistä odottamaan korjaustoimenpiteitä sekä mahdollisesti uusia osia.

Moottorin luovutusajojen jälkeisissä avaustarkastuksissa, johon asiakkaat saapuvat tarkastamaan moottorinsa kuntoa, on huomattu merkittävä muutos laakereiden ja kampiakselien naarmuuntumisen vähentymisessä. Aikaisemmin avaustarkastuksen jälkeen laakereita jouduttiin vaihtamaan huomattavan paljon enemmän, koska tarkastuksen yhteydessä löytyi metallipartikkeleja ja naarmuja laakereista ja kampiakselista. Moottorit ovat huuhtelun aloittamisen jälkeen visualisestikin paljon puhtaampia. Tästä johtuen asiakastyytyväisyys on noussut ja kustannukset ovat laskeneet myös tarvittavien jälkikorjauksien osalta. Koska prosessi on nopeutunut, on pystytty nopeuttamaan sekä moottoreiden viimeistelyä että toimitusta asiakkaalle.

Tällä hetkellä ei ole kuitenkaan riittävästi aikaa huuhdella koeajovaiheessa kaikkia moottorimalleja, mutta on puhuttu, että mahdollisesti uudella tehtaalla kaikki moottorit huuhdeltaisiin jo ennen koeajoon saapumista. Tämä helpottaisi myös moottoreiden vuotojen paikantamista ennen koeajoa.

Myös käyttöohjeiden tekemisestä on ollut hyötyä. Ennen huuhtelujärjestelmän ohjeiden tekoa, koeajossa oli vain muutama työntekijä, joka pystyi suorittamaan huuhteluprosessin itsenäisesti. Ohjeiden avulla kokemattomampi työntekijä pystyy suoriutumaan huuhteluprosessin toteuttamisesta. Huuhtelujärjestelmän käyttöohjeet ovat myös erittäin käytännölliset uusien työntekijöiden perehdyttämisessä tulevaisuudessa.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA ARVIONTI

Saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että kyseisestä järjestelmästä on ollut suurta apua moottorin sisäisten epäpuhtausongelmien ratkaisussa ja niiden ehkäisemisessä. Moottoreiden huuhtelun jälkeen laakereiden ja kampiakseleiden naarmuuntumiset ovat vähentyneet merkittävästi. VIC- (Valve inlet control) ja VEC- (Valve exhaust control) Main -solenoidien rikkoutuminen, jonka johdosta moottorit on jouduttu sammuttamaan, ovat kadonneet kokonaan.

Asiakastyytyväisyys on yksi tärkeimmistä prioriteeteista niin myynnillisesti kuin tuotteellisestikin. Laadukkaan ja asiakasystävällisen vaikutelman antamiseksi moottoreiden tulee olla asiakkaan standardien mukaiset myös puhtausluokaltaan. Asiakastyytyväisyys moottoreiden sisäisen puhtauden osalta on noussut huomattavasti huuhtelujärjestelmän käyttöönoton jälkeen.

Lisäksi moottoreiden koeajo on pysynyt paremmin aikataulussa ja koeajon läpivienti on nykyään paljon nopeampi. Huuhtelujärjestelmä on myös vähentänyt viimeistely osaston ruuhkautumista ja nopeuttanut moottorien yhteenlaskettua läpimeinoaikaa.

Huuhteluprosessin suorittaminen on helpottunut, asentajien saatua käyttöohjeet huuhtelujärjestelmälle. Käyttöohjeet ovat myös hyödyksi niille, jotka osasivat ennen ohjeita käyttää järjestelmää, sillä nyt ohjeet ovat hyvänä muistinvirkistysenä, jos jokin asia on meinannut unohtua.

Yhdeksi tehtäväksi opinnäytetyön aikana annettiin pohtia, voidaanko prosessia tehostaa jollain tapaa ja kannattaisiko järjestelmä integroida jokaiseen koeajoselliin. Huuhteluprosessin tehostamiseen viittaavassa kysymyksessä tultiin sellaiseen tulokseen, että huuhtelujärjestelmän tehostamiseen vaadittavat päivitykset eivät toisi niin suurta hyötyä verrattuna taloudellisiin kustannuksiin, mitä järjestelmän päivitys vaatisi. Kun mietittiin huuhtelujärjestelmän integrointia jokaiseen koeajoselliin, tultiin tulokseen, että tällä hetkellä ei ole tarvetta huuhtelujärjestelmälle jokaisessa

koeajosellissä. Huuhtelujärjestelmää ei tarvita jokaiseen koeajoselliin, koska W31-moottoreita ei tule vielä niin tiheään tahtiin, että kyseiset moottorit joutuisivat joutottamaan huuhteluvuoroa. Tulevaisuudessa, jos Wärtsilä aloittaa kaikkien moottorimallien huuhtelun, joudutaan asiaa miettimään uudestaan.

Moottorin sisäisen puhtauden kehittäminen tulisi ottaa esille jo kokoonpanovaiheessa niin, että kyseiset työtilat, missä moottorin kokoonpano tapahtuu, olisi entistä puhtaampia. Kokoonpanon tulisi tapahtua niin, ettei ympäristöstä kulkeutuisi epäpuhtauksia moottorin sisään. Kokoonpanossa työskentelevien tietoisuutta tulisi lisätä epäpuhtauksien osalta ja tarjota heille lisäkoulutusta epäpuhtauksien välttämiseen sekä puhtaampien moottoreiden valmistukseen.

Lisäksi kokoonpanohallien ilmastointia voisi päivittää. Hallien ilmasto tulisi olla sen verran puhdas, että pystyttäisiin välttämään ilmassa leijuvien epäpuhtauksien päätyemiseltä moottorin hienomekaanisiin järjestelmiin. Alihankkijoiden sekä toimittajien tulisi myös pyrkiä parantamaan toimitettavien komponenttien puhtautta valmistuksen jälkeen sekä niiden pakkaamisessa toimitusta varten, jotta välttyttäisiin turhilta epäpuhtauksilta heti kokoonpanon alkuvaiheessa.

LÄHTEET

/1/ Wärtsilä lyhyesti. Viitattu 15.1.2019 <http://www.wartsila.com/fi/wartsila>

/2/ Wärtsilän historia. Viitattu 17.1.2019 <https://www.wartsila.com/about/history>

/3/ Wärtsilä Marine Solutions. Viitattu 20.1.2019 <http://www.wartsilareports.com/fi-FI/2016/ar/tama-on-wartsila/marine-solutions/liiketoimintaymparisto/>

/4/ Wärtsilä Service Solutions. Viitattu 25.1.2019 <http://www.wartsilareports.com/fi-FI/2016/ar/tama-on-wartsila/services/liiketoimintaymparisto/>

/5/ Wärtsilä Energy Solutions. Viitattu 1.2.2019 <http://www.wartsilareports.com/fi-FI/2016/ar/tama-on-wartsila/energy-solutions/strategia/>

/6/ Haanpää, H. 2016. Wärtsilän koeajon työohjeiden päivitys. Viitattu 5.2.2019 <https://www.theseus.fi/handle/10024/114057>

/7/ Wärtsilä 31-esite. Viitattu 15.2.2019 https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/ms-engine/brochure-o-e-w31.pdf?utm_source=engines&utm_medium=dfengines&utm_term=w31df&utm_content=brochure&utm_campaign=msleadscoring

/8/ Wärtsilä 20-esite. Viitattu 17.2.2019 https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/ms-engine/brochure-o-e-w20.pdf?utm_source=engines&utm_medium=dieselengines&utm_term=w20&utm_content=brochure&utm_campaign=msleadscoring

/9/ Wärtsilä 32-esite. Viitattu 19.2.2019 <https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/ms-engine/brochure-o-e-w32.pdf>

/10/ Wärtsilä 34-esite. Viitattu 20.2.2019 <https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/df-engine/brochure-o-e-w34df.pdf>

/11/ Industrial manufacturing, Pall PCM 500. Viitattu 26.2.2019 <https://shop.pall.com/us/en/industrial-manufacturing/pulp-paper/bleach-chemical-prep/pcm500-series-portable-cleanliness-monitor-zidgri78m3w>

/12/ Puhtaan öljyn opas. 2003. Svendborg, Denmark, C.C.Jensen A/S. Viitattu 1.3.2019 http://www.teknoma.fi/dev/wp-content/uploads/Clean_Oil_-_Guide_FIN.pdf

/13/ Argo Hytos, Exapor Max2 tekniset tiedot. Viitattu 8.3.2019 https://www.salhydro.fi/files/PDF/ARGO_SUODATINPATRUUNAT.pdf

- /14/ Pall, Athalon™ Filters For hydraulic and lubrication oils Betax(c)≥2000 Rated Stress Resistant filter Technology (SRT). Viitattu 15.3.2019 <https://industrial-manufacturing.pall.com/content/dam/pall/industrial-manufacturing/literature-library/non-gated/M&EATHALONEN.pdf>
- /15/ Parker Hanifin Corporation, Opas kunnonvalvontaan. Viitattu 22.3.2019 http://www.parkerhfde.com/pdf/conmon/dd015/DD0000015_FI.pdf
- /16/ Kauranne, H., Kajaste, J. Ja Vilenius, M. Hydraulitekniiikan perusteet. WSOY. 3. painos 1998. Viitattu 28.3.2019
- /17/ Pall, AFV Series Filters AFV03/07/10/15. Viitattu 1.4.2019 <https://shop.pall.com/us/en/industrial-manufacturing/primary-metals/quenching/-cleaning/afv-series-filters-afv03/07/10/15-zidgri98c145>
- /18/ Metropolian wikipalvelu, Hydrauliiikkapumput. Viitattu 8.4.2019 <https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/9.+Hydrauliiikkapumput>
- /19/ Aalto-yliopisto, kon-41.3023 luentomateriaali. Viitattu 22.4.2019 https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/95180/mod_folder/content/0/Kon-41.3023%20Hydrauliiikka%20ja%20pneumatiikka%20-%20Hydrauliiikka%20-%209.%20luennon%20%288.2.%29%20materiaali.pdf?forcedownload=1
- /20/ Moves motors, gears & drives, Moves - oikosulkumoottorit IE2. Viitattu 24.4 http://www.moves.fi/web_documents/moves_moottorit.pdf

LIITE 1. Huuhtelujärjestelmän käyttöohjeet (Salainen)

