



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Robert Bäckström

MOOTTOREIDEN KOEAJON VALMISTELUN KEHITYS

Wärtsilä Finland Oy

Tekniikka
2021

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Robert Bäckström
Opinnäytetyön nimi	Moottoreiden koeajon valmistelun kehitys
Vuosi	2021
Kieli	suomi
Sivumäärä	61
Ohjaajat	Sami Elomaa, VAMK Timo Nuotio, Wärtsilä

Opinnäytetyö on tehty Wärtsilä Finland Oy:n kanssa Smart Technology Hubin moottorin valmisteluun. Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan ja kehitetään uutta valmisteluprosessia koeajoon. Työn tavoitteena on kehittää moottorin valmistelua uuteen ympäristöön ja laadun varmistaminen ennen moottorin viemistä koeajoselliin. Moottorin valmistelualue sijaitsee Smart Technology Hub -rakennuksessa pääkokoonpanon ja koeajon välissä. Kehitysideoissa on vähennetty työtä ja parannettu työturvallisuutta olemassa oleviin ratkaisuihin. Valmistelun tarkoitetut kehitysideat vaikuttavat osittain kokoonpanoon, koeajoon ja moottorin viimeistelyyn. Lisäksi valmistelualueella suoritettavan moottorin öljyhuuhtelua on tarkasteltu ja analysoitu huuhteluraporttien pohjalta.

Opinnäytetyössä tarkastellaan yleisesti valmistelun vaikutusta koeajon tehokkuuteen ja miten sitä voidaan parantaa. Työn alussa tutustuttiin olemassa oleviin ohjeisiin ja toiminta malleihin, jotta tiedetään mitä kehittää. Opinnäytetyön aikana verkostoiduttiin ja haastateltiin johtoporrasta, laatuorganisaatiota, alihankkijoita, työkaluosastoa, suunnittelua, kokoonpanon sekä koeajon työntekijöitä ongelmien ja mahdollisten kehitys kohteiden kartoittamiseksi.

Tuloksena saatiin uusi toimintamalli moottorin vesijärjestelmän koeponnistukseen, uusia ideoita pakoputken välikappaleille, uudelleen sijoitus ilmausventtiilille, turbon imukäyrälle uusi suojaritilä ja öljyn huuhtelua analysoimalla löydettiin ongelman lähde. Opinnäytetyössä päästiin tavoitteeseen, eli näillä toimilla saadaan valmiimpi moottori koeajoon. Kehitysideat on testattu ja niiden toteuttamiseen on tehty suunnitelma.

Avainsanat	Kehitys,	tehokkuus,	analyysi	tulokset
------------	----------	------------	----------	----------

ABSTRACT

Author	Robert Bäckström
Title	Development of engine test run preparation
Year	2021
Language	Finnish
Pages	61
Name of Supervisor	Sami Elomaa, VAMK Timo Nuotio, Wärtsilä

The thesis was done for Wärtsilä Finland Oy on the engine preparation of the Smart Technology Hub. In this thesis, a new preparation process for the test run was planned and developed. The aim of the work is to develop the preparation of the engine for the new environment and to ensure the quality before bringing the engine into the test cell. The engine preparation area is in the Smart Technology Hub building between the main assembly and the test run.

The thesis examines the effect of preparation on the efficiency of a test run and how it can be improved. First, the existing guidelines and operating models were studied to know what could be developed. During the thesis, the management team, quality organization, subcontractors, tool department, designers, assembly, and test drive employees were networked and interviewed to identify problems and areas for development. In addition, the oil flushing of the engine at the preparation area was reviewed and analyzed based on flushing reports.

The result was a new operating model for the test effort of the engine water system, innovative ideas for exhaust manifolds, relocation to the bleed valve, a new protective grille for the turbo intake curve, and analysis of the oil flush found the source of the problem. The development ideas made in the thesis have reduced work and improved occupational safety to existing solutions. The development ideas for finishing have a partial effect on assembly, test run, and engine finishing. The goal was achieved in the thesis, so these actions make the engine more ready for the test run. The development ideas have been tested and a plan has been drawn up for them.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVALUETTELO

LYHENTEET JA TERMIT

1	JOHDANTO.....	10
2	YRITYSESITTELY.....	11
	2.1 Wärtsilä Finland Oy.....	11
	2.1.1 Wärtsilä Marine.....	11
	2.1.2 Wärtsilä Energy.....	12
	2.2 Smart Technology Hub.....	12
3	MOOTTORIN VALMISTELU ENNEN KOEAJOA.....	14
	3.1 Koneen siirto valmisteluvaiheelle.....	14
	3.2 Moottorin ja generaattorin asentaminen yhteiselle alustalle.....	14
	3.3 Pakoputken välipalan asennus.....	15
	3.4 Vesiyhteiden ja veden tyhjäshanojen asennus.....	15
	3.5 Polttoainepuolen liitännät.....	16
	3.6 Käynnistys- ja ohjausilmajärjestelmän liitännät.....	17
	3.7 Automaatio testaus.....	17
	3.8 Voiteluöljypuolen liitännät.....	17
	3.9 Esi Dir.....	18
	3.10 Moottorin siirto määriteltyyn selliin.....	18
4	VALMISTELUVAIHEEN KEHITYS.....	19
	4.1 Lean-ajattelu.....	19
	4.1.1 Lean-ajattelua opinnäytetyössä.....	20
	4.2 Vesijärjestelmän tiiveystarkastus Camlock-tekniikalla.....	20
	4.2.1 Vanha menetelmä.....	22
	4.2.2 Uusi menetelmä.....	23

4.2.3	Uuden menetelmän testaaminen	25
4.2.4	Uuden menetelmän toteutus Smart Technology Hubissa.....	26
4.2.5	Uuden menetelmän tulokset	27
4.2.6	Uuden menetelmän käyttöönotto.....	28
4.3	Turbon imukäyrän suojaritilä.....	28
4.3.1	Vanhat mallit	29
4.3.2	Uusi malli suojaritilästä	30
4.3.3	Uuden mallin valmistus.....	31
4.3.4	Uuden mallin testaaminen.....	36
4.3.5	Uuden mallin tulokset.....	37
4.3.6	Uuden mallin käyttöönotto.....	38
4.4	Ilmausventtiili moottorin vesijärjestelmälle.....	38
4.4.1	Vanha malli.....	38
4.4.2	Uusi malli.....	39
4.4.3	Ilmausletku	40
4.4.4	Uuden mallin toteutus Smart Technology Hubissa	41
4.4.5	Uuden mallin tulokset.....	42
4.4.6	Uuden mallin käyttöönotto.....	42
4.5	Pakoputken välikappaleet.....	42
4.5.1	Sivuttaisliikettä korjaava välikappale	43
4.5.2	Teleskooppiputket	45
4.5.3	Väliputket säädettävällä kulmalla	48
4.6	Moottorin huuhtelu ja sen analysointi	50
4.6.1	Koeajon ja huuhteluraporttien analysointi.....	52
4.6.2	Lämmön vaikutus mittaustuloksiin	55
4.6.3	Yhteenveto	56
5	INVESTOINNIT.....	58
5.1	Tiiveystarkastus Camlock-putkilla.....	58
5.2	HT- ja LT- ilmausletkut	58
5.3	Imukäyrän suojaritilä	58

6	YHTEENVETO	60
	LÄHTEET	61

KUVALUETTELO

Kuva 1. Smart Technology Hub.....	13
Kuva 2. Työkaluja ja periaatteita Toyotan talon mukaisesti.....	20
Kuva 3. Camlock-putket kokoonpanossa ja sellissä.....	22
Kuva 4. Tiiveystarkastuslaipat.....	23
Kuva 5. Camlock-tulppa.	24
Kuva 6. Tiiveystarkastussetti.....	25
Kuva 7. Camlock-testin aikataulu.	26
Kuva 9. Camlock-putkien säilytyspiste.....	27
Kuva 10. Camlock-putket sellissä.....	28
Kuva 11. Vanhan suojaritilän kiinnitys.....	29
Kuva 12. Vanha imukäyrän suojaritilä.	30
Kuva 13. Prototyyppi uudesta imukäyränsuojasta.	31
Kuva 14. Ensimmäinen piirustus imukäyränsuojasta.	32
Kuva 15. Ensimmäinen prototyyppi pikalukitteesta.....	33
Kuva 16. Toinen prototyyppi pikalukitteesta.	34
Kuva 17. Osa numero 3, jyrshintä.....	35
Kuva 18. Uusi imukäyränsuoja.....	36
Kuva 19. Imukäyrän suojaritilän testaus koeajossa.....	37
Kuva 20. Vanhat HT- ja LT-letkut.	39
Kuva 21. Uudet HT- ja LT-letkut.....	40
Kuva 22. HT- ja LT-letkut.....	41
Kuva 24. CAD-kuva STH-sellien ilmausjärjestelmästä.....	42
Kuva 25. Pakoputken välikappaleet.....	43
Kuva 26. Kokoonpanokuva 1, sivuttaisliikettä korjaavasta välikappaleesta.	45
Kuva 27. Tarkennus Kokoonpanokuva 1.....	45
Kuva 28. Teleskooppiputki hammastangolla.....	47
Kuva 29. Teleskooppiputki nostokorvilla.....	48
Kuva 30. Väliputki säädettävällä kulmalla, kokoonpanokuva 1.	49
Kuva 31. Väliputki säädettävällä kulmalla, kokoonpanokuva 2.	50

Kuva 32. Moottorin huuhtelupisteen layout STH:lla	51
Kuva 33. W31-moottorin öljyhuuhtelun öljyn lämmitys- ja varastointikoneikko, suodatus- ja pumppausyksiköillä.	52
Kuva 36. Viat huuhtelussa.	53
Kuva 37. Viat koeajossa.	54
Kuva 38. Viskositeetti vertailu.	55
Kuva 39. Huuhtelu 1. analyysi lämpötilan vaikutuksesta mittaustuloksiin.	56
Kuva 40. Huuhtelu 2. analyysi lämpötilan vaikutuksesta mittaustuloksiin.	56
Kuva 41. 3D-malli Imukäyrän suojaritilästä edestäpäin katsottuna.....	59
Kuva 42. 3D-malli imukäyrän suojaritilästä takaapäin katsottuna.....	59

LYHENTEET JA TERMIT

STH	Smart Technology Hub
DCV	Delivery Centre Vaasa
HT	High Temperature
LT	Low Temperature
LFO	Light Fuel Oil
HFO	Heavy Fuel Oil
DIR	Dispatch Inspection Report
TIG	Tungsten Inert Gas Arc Welding
QDMS	Quality Document Management Software
EOMR	End of Manufacturing Report

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä kehitettiin ja analysoitiin moottorin viimeistelyyn vaikuttavia asioita, jotka otetaan käyttöön Wärtsilä Finland Oy:lle Vaasan uusiin tiloihin Smart Technology Hubissa (Kuva 1). Uusien toimitilojen myötä voidaan luoda uusia ja kehittää olemassa olevia toimintatapoja sekä helposti integroida ne muutoksen myötä vastaamaan tarpeita. Opinnäytetyön tavoite on laadun varmistaminen ennen moottorin viemistä koeajoselliin ja siellä tehtävän työn vähentäminen.

Työssä kerättiin työohjeita ja dokumentteja tulevalle valmisteluvaiheelle. Pakoputkille kehitettiin uusia ideoita, jotka suunniteltiin NX-suunnitteluohjelmalla. Moottorin vesijärjestelmän tiiveystarkastukselle tehtiin uusi toimintatapa, jossa hyödynnetään Camlock-putkiliitosta. Vesijärjestelmän ilmaamiselle tehtiin uudet letkut, jotka ovat kevyemmät, sekä venttiili sijoitettiin, niin että sitä voidaan operoida turvallisesti työtasolta. Turbon imukäyrälle tein prototyypin, joka on helppo ja nopea asentaa, sekä se sopii erikokoisille turboille. Moottorin öljynhuuhtelua analysoitiin huuhteluraporttien pohjalta, josta löysimme yleiset vuoto paikat ja syyt.

Uusille toimintatavoille on tehty suunnitelmat toteutukselle. Suunnitelma sisältää investoinnit, materiaalin säilytykset ja kuljetukset eri vaiheilla. Smart Technology Hub on vielä rakenteilla, joten suunnitelmiin saattaa tulla muutoksia matkan varrella riippuen isommista ja tärkeämmistä elementeistä.

2 YRITYSESITTELY

2.1 Wärtsilä Finland Oy

Wärtsilä on vuonna 1834 perustettu yritys, joka silloin toimi sahana, mutta vuonna 1836 Nils Ludvig Arppe osti yrityksen ja myöhemmin vuonna 1851 hän rakennutti Wärtsilän rautaruukin sahan rinnalle. Wärtsilä on kokenut ylä- ja alamäkiä johtuen globaalista tilanteesta aina sodasta, raudan ylitarjontaan asti. Sodan jälkeen Suomessa laivan rakennusteollisuus alkoi kukoistaa ja Wärtsilän kysyntä kasvoi globaalisti. Konkurssin partaalta Wärtsilä nousi suuryritykseksi, joka nykyään on johtava merenkulun ja energiamarkkinoiden voimaratkaisujen toimittaja. Keskittymällä teknologiaan ja innovaatioihin Wärtsilä tuottaa tehokkaasti ympäristöystävällisiä ja taloudellisia moottoreita aluksille ja voimalaitoksille.

Wärtsilän liikevaihto vuonna 2020 oli 4,6 miljardia euroa, josta liikevoittoa oli 275 miljoonaa euroa ja henkilöstöä Wärtsilällä oli noin 19 000. Yrityksellä on yli 200 toimipistettä yli 70 eri maassa ympäri maailmaa. /1/

2.1.1 Wärtsilä Marine

Meriteollisuudessa Wärtsilä tukee asiakkaidensa liiketoimintaa tarjoamalla heille taloudellisia, tehokkaita, ympäristöystävällisiä ratkaisuja ja tuotteita. Johtavana alallaan pystyy Wärtsilä räätälöimään innovatiivisia ja optimoituja elinkaariratkaisuja. Wärtsilän arvolupaus koostuu kolmesta arvopylvästä, jotka ovat energian hallinta, laivamatkan hallinta sekä laitteiden ja alusten hallinta. Energian hallinnalla Wärtsilä tarjoaa uusiin tai käytössä oleviin aluksiin teknologiaa ja palveluita. Laivamatkan hallinnalla pyritään reitin suunnittelua ja ajoitusta meriliikenteeseen. Laitteiden ja alusten hallinnalla optimoidaan tehokkuutta päästöistä aina miehistökuluihin. Wärtsilä Marine toiminta luo älykkään merenkulku ekosysteemin, jossa käytetään puhtainta saatavilla olevaa polttoainetta. Wärtsilän asema meriteollisuudessa on vahva, sillä maailmalla liikennöivistä aluksista, yli 50 000 aluksessa on

asennettu vähintään yksi Wärtsilän tuote. Wärtsilä sitoutuu tukemaan asiakkaidensa toimia kohti hiilineutraalia tulevaisuutta toimimalla yhteistyössä esimerkiksi sääntelyviranomaisten, energiayhtiöiden, luokituslaitosten ja muiden sidosryhmien kanssa. /2/

2.1.2 Wärtsilä Energy

Wärtsilän johtaa Energy toiminnallaan muutosta kohti tulevaisuutta, jossa sähköä tuotetaan sataprosenttisesti uusiutuvalla energialla. Wärtsilä tukee optimoimalla asiakkaidensa energijärjestelmiä ja pitämällä huolen, että investointi kantaa pitkälle tulevaisuuteen. Wärtsilä tarjoaa joustavia voimalaitosratkaisuja sekä energian hallinta ja varastointijärjestelmiä, jolla tuetaan koko elinkaarta parantamalla tehokkuutta ja suorituskykyä. Toimitettujen voimalaitosten kokonaiskapasiteetti on 72 GW, ja toimituksia on tehty 180 maahan. Wärtsilän keskeisimmät kolme asiakassegmenttiä energiamaarkkinoilla on sähkölaitokset, itsenäiset voimantuottajat ja teollisuusasiakkaat. Energiaratkaisuja on moneen tarpeeseen kuten perusvoimantuotantoon, kantaverkon vakautta varmistavaan tuotantoon, kuormitus- huippujen tasaamiseen, kuormaa seuraavaan tuotantoon ja uusiutuviin energianlähteiden liittyvien järjestelmien optimointiin. Wärtsilän energia ratkaisuihin vaikuttavat monet tekijät kuten talouskasvu, lisääntyvän energiantarve, kestävämpi ja kehittyvä energiainfrastrukturi, jota vaativat ilmastopolitiikka ja taloudelliset tekijät. /3/

2.2 Smart Technology Hub

Wärtsilä on investoimassa kokonaisuudessa 230 miljoonalla eurolla Vaasan Vaskiluotoon uutta modernia tutkimus-, tuotekehitys- ja tuotantokeskus, jonka nimi on Smart Technology Hub. Keskus koostuu toimisto- ja tehdasrakennuksista, logistiikasta sekä infrasta. Muutto uusiin tiloihin tapahtuu 2022 kesän jälkeen, jolloin kaikki Wärtsilän Vaasan keskustassa olevat toiminnot ja työntekijät sekä logistiikka ja huollon verstastoiminnot Vaasan Runsorista siirtyvät uusiin tiloihin. Smart Tech-

nology Hub on Wärtsilän konkreettinen askel kohti älykästä merenkulun ja energia-alan kehitystä. Maksimoidessaan arvolupauksensa tulee teknologiakeskus visioimaan Smart Marine -ekosysteemistä ja 100 % uusiutuvan energian tulevaisuudesta yhdistämällä eri merenkulku- ja energialiiketoimintalinjoja sekä elinkaariratkaisuja. Keskukseen ansiosta tulee Wärtsilä mahdollistamaan jouhevan ja tehokkaan testauksen sekä tuotekehityksen. /4/



Kuva 1. Smart Technology Hub.

3 MOOTTORIN VALMISTELU ENNEN KOEAJOA

Moottorin valmisteluvaiheen ideana on valmistella ja varmistaa, että koeajo pystytään suorittamaan ilman korjaus toimenpiteitä. Valmisteluvaihe sisältää erilaisia toimenpiteitä riippuen moottori mallista ja onko kyseessä päämoottori vai generaattoripaketti. Valmisteluvaiheessa moottoriin lisätään kaikki puuttuvat liitososat, jotta moottori voidaan kytkeä koeajo selliin, jossa moottoria ajetaan. Liitosia tulee pakoputkelle, vesi-, öljy-, voiteluöljy-, polttoaine- ja käynnistysilmajärjestelmälle. Ennen moottorin valmisteluvaihetta, valmistelualueella suoritetaan öljyhuuhtelu. W31-moottorin öljytilan puhdistusprosessin tarkoituksena on huuhtella moottori voiteluöljyllä suodatuskoneikon kautta niin, että voiteluöljyn puhkaus on indikaattorina. Öljy huuhtelun aikana voidaan myös havaita mahdollisia vuotoja, jotka useimmiten johtuvat löysistä putki liittimistä. Valmisteluvaiheen jälkeen moottori siirretään koeajo selliin, jossa suoritetaan kytkentä ja koeajo.

3.1 Koneen siirto valmisteluvaiheelle

Kun moottori on käynyt kokoonpanon viimeisen vaiheen, tulee moottori siirtää valmistelualueelle. Siirto tapahtuu akkukäyttöisellä siirtoalustalla. Alusta on langaton, joten sitä voidaan liikutella vapaasti Smart Technology Hubin tiloissa. Valmistelualueella moottori nostetaan siltanosturin avulla huuhteluun ja huuhtelun jälkeen moottori nostetaan valmisteluvaiheelle.

3.2 Moottorin ja generaattorin asentaminen yhteiselle alustalle

Moottorin ja kytkimen ja generaattorin asentaminen yhteiselle alustalle aloitetaan moottorin nostamalla alustalle. Kun moottori on alustalla, kohdistetaan se oikealle paikalle sokkia hyväksi käyttäen, jonka jälkeen ruuvataan käsi kireydelle kiinnitysruuvit. Ruuvien kiristys tapahtuu hydraulityökalulla järjestyksessä moottorin päästä, vastakkaiseen pätyyn. Moottorin kaikki kaulat indikoidaan, jonka jälkeen tulokset kirjataan mittauspöytäkirjaan.

Kytkin asennetaan generaattorin akselille lämmittämällä kytkimen napa noin 80–100 °C. Kytkimen asennuksen jälkeen asennetaan generaattori alustalle semmoiselle etäisyydelle moottorista, että joustava kytkin ei aiheuta veto eikä puristusvoimaa kampiakselin ja generaattoriakselin välille. Generaattori linjataan seuraaviin mittoihin: Korkeus jalka-arvo $+0,10+/-0,03$ mm edessä ja takana, sivu jalka-arvo $\pm 0,05$ mm. Linjaus tulokset kirjataan mittauspöytäkirjaan.

3.3 Pakoputken välipalan asennus

Moottoripiirustuksesta tarkastetaan ennen moottorin saapumista koeajoselliin kaikkien putkiyhteiden sijainnit ja koot. Piirustuksen perusteella valitaan moottorille sopiva liitäntäkappale ja tasaajayhdistelmä, joka kiinnitetään turboahtimeen. Pakoputkisto kiinnitetään moottorin turboahtimen lähtöön, ahtimesta pakoputken lähtö tulee olla pystysuorassa. Pakoputkiston kääntövarsi käännetään liitospohdan yläpuolelle koeajon omaa siltanostinta apuna käyttäen. Turboahtimen lähdön ja laitoksen pakoputkiston väli mitataan ja mittojen perusteella liitoskappalet rakennetaan koeajon putkivarastosta löytyvistä kappaleista. Pakoputkisto ei saa aiheuttaa ylimääräistä painoa ahtimelle, putkiston tulee roikkua vapaasti pakoputkilähdön yllä. Pakoputkiston osia kiinnitettäessä tulee kaikkien käytettävien ruuvien kierteet voidella korkeita lämpötiloja kestäväällä asennusrasvalla.

3.4 Vesiyhteiden ja veden tyhjäyshanojen asennus

Moottoreiden jäähdytysjärjestelmä muodostuu kahdesta eri lämpöisestä jäähdytyspiiristä: HT-, (High Temperature) sekä LT- piiristä (Low Temperature).

HT- piiri jäähdyttää mm. Turboahdinta, moottorin lohkoa sekä sylinterikansia. Mikäli käytössä on kaksivaiheinen ahtoilman jäähdytys, HT- piirillä jäähdytetään myös ahtoilmaa.

LT- piiri jäähdyttää turboahtimen ahtoilmaa ja voiteluöljyä.

Moottorin jäähdytysjärjestelmän putkiyhteisiin kiinnitettyihin laippoihin kiinnitetään koeajon letkut Camlock-pikaliittimin. Camlock-liittimien lukitus tulee varmistaa sokin. Moottorin korkeimmalle kohdalle kiinnitetään HT- piirin ilmausputki. Ahtoilmajäähdyttimeen kiinnitetään LT- piirin ilmausputki.

Ennen kuin sellin jäähdytysjärjestelmän täyttöhanat aukaistaan, tarkistetaan että moottorissa ovat kaikki tulpat sekä yhde-putket paikoillaan. Tarkastetaan myös, että ilmaushanat ovat auki sekä paisuntasäiliön pinnankorkeus on riittävä.

Mikäli moottorissa ei ole omaa kiertovesipumppua, käytetään koeajosellin omaa järjestelmää. Moottorin jäähdytysjärjestelmä täytetään pumpaamalla vettä täytöpumpulla moottoriin. Ilmanpoisto venttiilit avataan, jolloin ilma poistuu jäähdytysvesijärjestelmään. Järjestelmän täytyessä tarkkaillaan, ettei moottorissa ole vuotoja. Erityisesti tulee tarkastaa sylinteriholkkien alaosat, öljynjäähdytin ja ahtoilmajäähdytin.

Mikäli generaattori ei ole ilmajäähdytteinen, johdetaan generaattoriin LT- piirin jäähdytysvesi. Tarkistetaan, tarvitaanko lisäpumppua generaattorille, ilmataan järjestelmä ja tarkastetaan mahdolliset vuodot.

Jäähdytysvesijärjestelmä on aina täytettävä ennen voiteluöljyjärjestelmää, ettei mahdollinen vesivuoto pääse pilaamaan voiteluöljyä.

3.5 Polttoainepuolen liitännät

Polttoaineputket kiinnitetään Ermeto-liittimillä. Putkien helmiliitokset tulee tarkastaa kunto ennen asennusta. Polttoaineputket asennetaan sisään ja ulostulo lähtöihin. Lähtöjärjestyksen voidaan tarkastaa moottoripiirustuksesta ja käytettävän polttoaineen. Polttoainepumppuna käytetään laitoksen omaa pumppua. Ennen moottorin käynnistystä käynnistetään polttoainepumppu ja säädetään polttoainepaine 7 Bar:iin moottorin omalla säätöventtiilillä. Tarkastetaan putkisto ja pumppuhylly mahdollisten polttoainevuotojen varalta. Poistetaan ilma moottorin polttoainejärjestelmästä. Koeajosellin ohjainpaneelilta valitaan LFO-polttoaine

aina ennen täyttöä. Raskasöljy (HFO) käytössä käytetään moottoria luovutus-koeajossa 85 % ja 100 % kuormilla ajettaessa raskaalla polttoöljyllä. Raskas polttoöljy tulee lämmittää ennen käyttöä, lämmitys kytketään koeajovalvomosta päälle. Polttoainekulutus mitataan vaakasäiliön avulla, polttoainekulutuksen mittausta suoritetaan valvomosta käsin.

3.6 Käynnistys- ja ohjausilmajärjestelmän liitännät

Moottori käynnistetään erittäin korkeata ilmanpainetta (20–28 Bar) apuna käyttäen, moottoriin kytketään käynnistysilmaletku. Letkun turvavaijeri kiinnitetään tukevasti moottoriin, jonka jälkeen voidaan avata käynnistysilmajärjestelmän venttiili, jonka jälkeen tulee tarkistaa, onko järjestelmässä vuotoja.

3.7 Automaatio testaus

Pääkoonpanon viimeisellä vaiheella tehdään moottorille automaatio testaus, mihin kuuluu testi ohjelmien lataus ja asennettujen antureiden toimivuuden tarkastus. Testauksessa käytetään WECSplorer- tai Unitool-ohjelmaa. Testipöytäkirjassa on ohjeet automaation testaamiseen ja ne suoritetaan järjestyksessä. Testipöytäkirjassa on myös nimetty työkalut, joita testauksen aikana tarvitaan. Automaatio testauksessa tarkastetaan lämpötila-anturit, paineanturit ja solenoidit, raja-anturit ja sentry-anturit.

3.8 Voiteluöljypuolen liitännät

Dieselmootoreissa käytetään moottorin voiteluöljynä Shell Argina T40 ja kaasumootoreissa käytetään moottorin voiteluöljynä Shell Mysella S5 N40.

Mikäli moottorissa ei ole omaa erillistä voiteluöljyjärjestelmäkoneikkoa, käytetään koeajon öljykoneikkoa moottoria koeajettaessa. Niiden liitännöissä tulee käyttää öljyä kestäviä letkuja, joista kaksi on voiteluöljyletkua ja yksi esivoiteluletku. Tämä järjestelmä on ainoastaan käytössä enää koeajosellissä 12. Ennen letkujen liittämistä tulee tarkistaa, ettei letkuissa tai putkissa ole epäpuhtauksia. Tarvittaessa

päämoottoreihin lisätään koeajon oma liitosputki öljypumpun ja öljyaltaan väliin. Liitosputken laipoissa on o-rengas tiivistys, tarkasta tiivisteiden kunto ennen asennusta. Ennen öljyaltaan täyttööä tulee tarkastaa öljyaltaan puhtaus, putkisto, laippojen kiinnitys ja tyhjennystulpat. Voiteluöljyn täyttöletkuun liitetään täyttösuulake, joka kiinnitetään sivuluukun vaarnaan mutterilla, voiteluöljyn virtaus on suuri täytettäessä. Voiteluöljy pumpataan separoidun puhtaan öljyn varastotankista moottorin öljyaltaaseen erillisellä laitoksen täyttöpumpulla, oikea öljymäärä tarkastetaan moottorin mittatikusta. Täyttölinja on varustettu erillisellä voiteluöljy suodattimella. Öljyaltaan täytön jälkeen tarkastetaan säädinlaitteen ja turboahtimen voiteluöljymäärä laitteiden mittalaitteista ja tarvittaessa lisätään öljyä. Käynnistetään moottorin sähkökäyttöinen esivoitelupumppu. Poistetaan ilma öljynsuodattimesta.

Tarkastetaan moottorin pyörityslaitetta apuna käyttäen voiteluöljyn kierto kaikissa voitelukohteissa ja samalla mahdolliset vuodot.

3.9 Esi Dir

Esi Dir on visuaalinen tarkistus, joka toteutetaan pääkokoospanon viimeisenä vaiheena. Visuaalisessa tarkastuksessa käydään läpi antureita, mittareita, kaapelit, putkia, sulkulaipat, maalatut ja maalamattomat pinnat, ruosteen suojaus, mekaanisten osien suojaus, erilliset luukut, kumitassut ja irrotetut osat, jotka on irrotettu koeajon ajaksi syystä tai toisesta. Myös tarkistetaan asiakirjat kuten QDMS, Automation Test report, avaustarkastuspöytäkirja, vikaraportit ja EOMR-raportin päivitys tarkistetaan.

3.10 Moottorin siirto määriteltyyn selliin

Valmisteluvaiheen jälkeen moottori siirretään siltanosturilla sille määrättyyn selliin, missä koeajo suoritetaan.

4 VALMISTELUVAIHEEN KEHITYS

Valmisteluvaiheen kehityksessä tavoitteena oli parantaa moottoreiden laatua ja vähentää työtä koeajossellissä. Kehitys kohteita löytyi pakoputkistosta, vesijärjestelmän tiiveystarkastuksesta, ilmausjärjestelmästä ja turbon imukäyrän suojaritilästä. Laadun kehitys kohtia sain analysoimalla öljynhuuhteluraportteja. Kehitysideoilla on lisätty tehokkuutta ja parannettu työturvallisuutta yleisesti kokoonpanossa, valmistelussa ja koeajossa.

4.1 Lean-ajattelu

Lean-ajattelu on Toyotan toimintatapoihin perustuva kehittämisfilosofia, joka on ollut isossa roolissa menestyvien yritysten toiminnan kehittämisessä. Lean-ajattelun mukaisesti yrityksen tärkein tehtävä on tuottaa asiakkailensa arvoa. Kun määrittellään tarkasti, mitä arvoa tuotetaan ja mitä halutaan tuottaa asiakkaille, toimintoja voidaan tarkastella arvontuoton kannalta. /5/

Aktiviteettejä voidaan jakaa kolmeen osioon:

1. Arvoa tuottavat aktiviteetit

- Näitä ovat toiminnot, jotka muuttavat materiaalia, tietoa tai ihmistä asiakkaan toivomaan suuntaan.

2. Tukitoiminnat

- Nämä aktiviteetit eivät tuo suoraan arvoa asiakkaalle, mutta ovat välttämättömiä arvontuoton mahdollistamiseksi riskienhallinnan, lainsäädännön tai teknologisten rajoitteiden kannalta.

3. Hukka

- Hukka on toiminto, joka ei tuota arvoa, eikä ole välttämätön. Näitä voidaan poistaa pienillä investoinneilla. Kehitys kohteita voivat olla mm. varasto, ylituotanto, etsiminen, odottaminen, siirtyminen, korjaustyö, turha työ.

/5/

Lean-ajattelun kulmakiviin kuuluu myös jatkuva parantaminen, eli hukkaa yrittään eliminoida ja virtausta parannetaan jatkuvasti. Jatkuvaa parantamista voidaan tukea mittaamisella ja mittareiden viemisellä osaksi jokapäiväistä johtamista. Tällä tavalla epäkohdat huomataan ajoissa ja juurisyyhin päästää pureutumaan ajoissa. Tässä niin sanotun Toyotan talossa on erilaisia työkaluja ja periaatteita, jotka on ryhmitelty heidän tavallansa (Kuva 2). /5/



Kuva 2. Työkaluja ja periaatteita Toyotan talon mukaisesti.

4.1.1 Lean-ajattelua opinnäytetyössä

Lean-ajattelun kehittämisfilosofiaa käytettiin opinnäytetyössä hukan eliminoinnissa. Kehitysideoissa pyrittiin poistamaan turhaa työtä vaiheiden välillä. Parantamalla varastointia sekä käsittelyä, jolloin säästetään tilaa ja materiaalin käyttöikä pitenee.

4.2 Vesijärjestelmän tiiveystarkastus Camlock-tekniikalla

Vesijärjestelmälle suoritetaan tiiveystarkistus pneumaattisesti, niin että järjestelmään lisätään painetta 2 Bar asti, jonka jälkeen saippuavedellä, kuulon ja vuotoa

havaitsevan kameralaitteen avulla tarkistetaan mahdollisia vuotokohtia. Saippuavedellä vuoto havaitaan, kun nestettä ruiskutetaan liitoskohtiin ja jos neste tuottaa kuplia voidaan todeta, että liitoksessa on vuoto. Kuuloaistin avulla voidaan liitos kohta paikantaa vuodon aiheuttaman äänen perusteella. Vuotoa havaitseva NL ACOUSTICS -ultraäänikamera paikantaa vuodot ultraääniaaltojen avulla, joka näkyy laitteen näytössä vihreänä pisteenä, kun vuotavaa liitos kohtaa osoittaa laitteella. Varmistukseksi paine jätetään järjestelmään 30 minuutiksi, jolloin nähdään mittarista, onko paine laskenut. Paineen lasku viittaa vuotoon, jolloin se pitää paikantaa ja tiivistää.

Camlock-tekniikkaa hyödyntämällä päästään eroon vanhasta menetelmästä, jossa tiiveystarkastus suoritetaan laippojen avulla. Uudella tiiveystarkastus menetelmällä voidaan luopua vanhoista laipoista, tiivisterenkaista sekä ylimääräisistä asennus ja purku töistä.



Kuva 3. Camlock-putket kokoonpanossa ja sellissä.

4.2.1 Vanha menetelmä

Vanhalla menetelmällä moottorin vesijärjestelmän tiiveystarkistus suoritetaan tiivistämällä tiiveystarkastukseen tarkoitetuilla laipoilla sisään- ja ulostulot. Laippoja on montaa eri kokoa, joita säilytetään vaiheella, jossa tiiveystarkastus suoritetaan. Laipat ja niiden asennus tarvikkeiden säilytys vie varastointitilaa vaiheelta (Kuva 4).



Kuva 4. Tiiveystarkastuslaipat.

4.2.2 Uusi menetelmä

Uudessa menetelmässä vesijärjestelmän tiiveystarkastus suoritetaan myös pneumaattisesti, mutta laipat on korvattu Camlock-putkilla ja painetta lisätään Camlock-tulppien avulla (Kuva 5). Ensimmäisenä asennetaan ja tiivistetään camlock-putki vesijärjestelmän sisään/ulostulo putkeen kiinni, jonka jälkeen kiinnitetään palloventtiilillä varustettu tulppa putken päähän Camlock-pikalukituksella. Asennuksen jälkeen voidaan suorittaa tiiveystarkastus ohjeiden mukaan. Tiiveystarkastuksen jälkeen voidaan avata tulpan pikalukitus ja laittaa tulppa säilytys paikalle. Camlock-putki voidaan jättää moottoriin kiinni, sillä saman putken avulla vesijärjestelmä kytketään koeajo sellissä.



Kuva 5. Camlock-tulppa.

Uudessa menetelmässä tarvittavat materiaalit ovat tilaustyönä tehdyt Camlock-putket, Camlock-tulpat palloventtiilillä varustettuina, paperi tiivisteet ja M12-kiinnitykseen tarkoitetut ruuvit ja mutterit (Kuva 6).

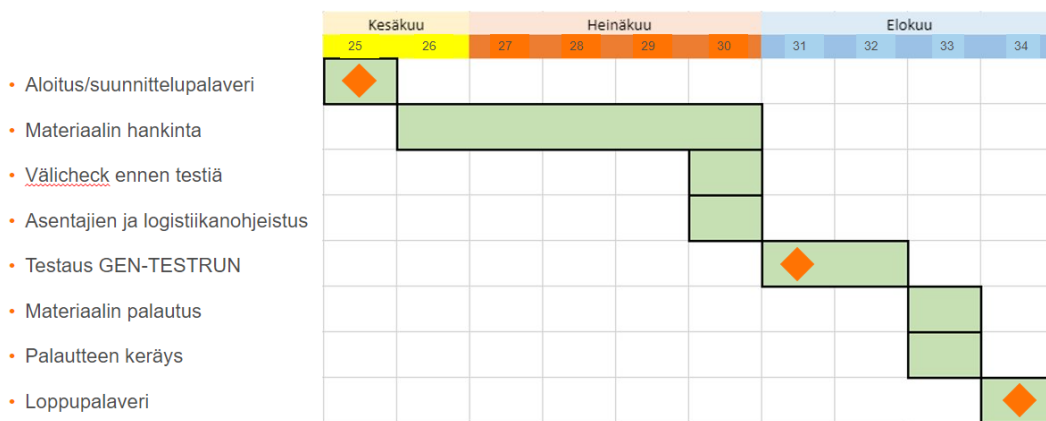


Kuva 6. Tiiveystarkastussetti.

4.2.3 Uuden menetelmän testaaminen

Uuden menetelmän testaaminen aloitettiin aloituspalaverilla, jossa kaikille asian omaisille kerrottiin testauksesta, aikataulusta (Kuva 7), vastuista ja tavoitteista. Testaus kesti 10 viikkoa, jonka aikana hankittiin tarvittavat materiaalit testiä varten, luotiin uusi ohje asennukselle, testattiin ja kerättiin palaute. Testaus päätettiin palaveriin, jossa kävimme yhdessä testauksen kulku, palaute ja tulokset. Testauksen aikana huomattiin työturvallisuus puutteita, jotka korjattiin välittömästi parantelemalla ohjeistusta, lisäämällä huomio sokat ja ilmansuodatin paineen päästämiseen.

TESTAUKSEN AIKATAULU



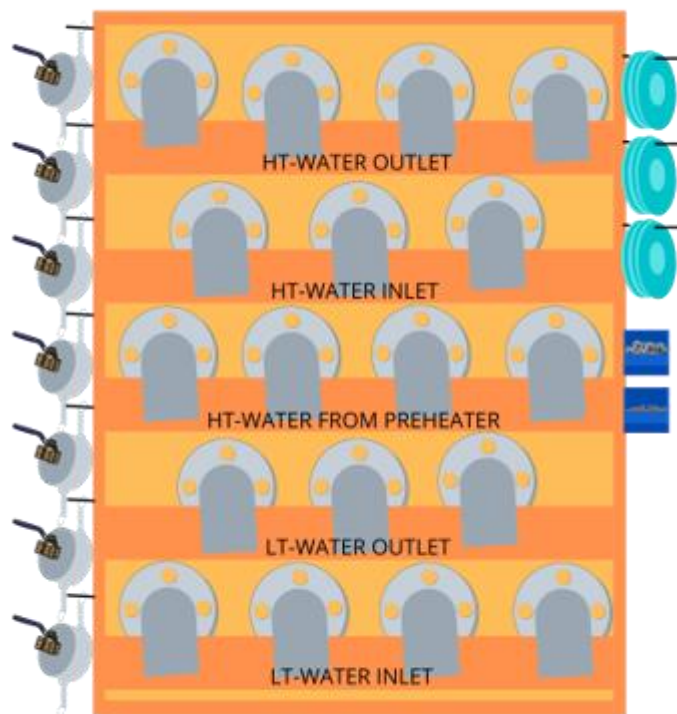
Kuva 7. Camlock-testin aikataulu.

4.2.4 Uuden menetelmän toteutus Smart Technology Hubissa

STH:lle suunnittelin kaksi erilaista toteutus mallia (Kuva 8). Yhdessä tiiveystarkastus suoritetaan viimeistelyssä, jolloin putket ja tulpat säilytetään valmisteluvaiheen lähetyksillä. Toisessa mallissa tiiveystarkastus suoritetaan kokoonpanon yhteydessä ja säilytys tapahtuisi kokoonpanon 6–7 vaiheella.

Tiiveystarkastus valmisteluvaiheella tapahtuu, niin että Camlock-putket asennetaan valmistelupaikalla ja samassa suoritetaan tiiveystarkastus vesijärjestelmälle. Tämän jälkeen Camlock-putket kulkeutuvat moottorin mukana koeajoselliin, jossa se kytketään. Koeajon jälkeen moottori siirtyy viimeistelyyn, jossa asentajat irrottavat putket ja palauttavat ne sovittuun säilytys paikkaan.

Tiiveystarkastus pääkokoonpanossa suoritetaan 6 ja 7 vaiheella, jonka jälkeen putket kulkeutuvat valmistelupaikalle moottorin mukana. Valmisteluvaiheen jälkeen moottori siirtyy koeajoon ja sen jälkeen viimeistelyyn, jossa putket irrotettaisiin ja palautettaisiin sovittuun säilytyspaikalle 6 ja 7 vaiheelle.



Kuva 8. Camlock-putkien säilytyspiste.

4.2.5 Uuden menetelmän tulokset

Menetelmä todettiin testauksen myötä toteutuskelpoiseksi ja hyväksi. Uuden menetelmän ansiosta vähennetään asentamista ja purkamista koeajo sellissä, joka oli tavoitteena. Testi tulosten arvioiden mukaan työtä vähennettiin x minuutilla ja mahdollisesti STH:lla hyöty kasvaa x+y minuttiin. Camlock-putken laippaliitoksen tiiveys voidaan todeta jo tiivistystarkastuksessa. Putkien elinkaari pitenee, kun niiden säilytystä ja käsittelyä parannetaan (Kuva 9). Pääkokoontalon asentajat kokivat menetelmän hankalemmaksi asentaa, mutta positiivista palautetta tuli työmäärään vähenemisestä ja selkeistä ohjeista. Koeajon asentajat olivat erittäin tyytyväisiä testiin sillä heidän ei tarvinnut kuin kytkeä koeajossa letkut Camlock-putkiin (Kuva 10).



Kuva 9. Camlock-putket sellissä.

4.2.6 Uuden menetelmän käyttöönotto

Positiivisten testi tulosten myötä suoritin inventaarion diesel- ja kaasukoeajoon olemassa olevista Camlock-putkista, jotta voidaan kartoittaa käyttökelpoiset putket STH:lle. Tein investointisuunnitelman uudistukselle, jota on lähetty toteuttamaan vaiheittain.

4.3 Turbon imukäyrän suojaritilä

Turbon imukäyrään asennetaan suojaritilä, jotta pieniä osia ei vahingossakaan pääsisi ahtimen sisään. Pieni mutteri voi tehdä kriittistä vahinkoa korkeassa kieroksissa pyörivään ahtimeen, jonka korjaaminen on erittäin kallista.

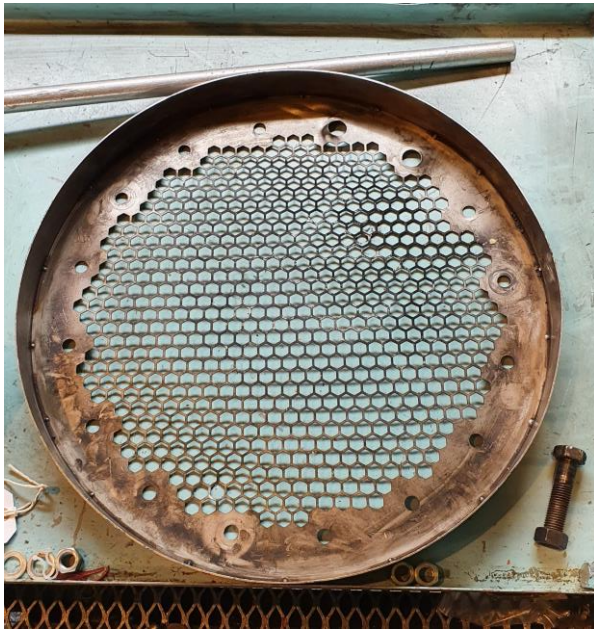
Kehitys tavoitteena oli tehdä suojaritilästä käytännöllisempi, semmoinen missä ei olisi irtonaisia osia ja se sopisi kaikkiin imukäyrän kokoihin.

4.3.1 Vanhat mallit

Vanhoja malleja on kahta eri kokoa, kahdelle eri turbon mallille. Turbon imukäyrän laipan halkaisija vaihtelee mallin mukaan NT12 680 mm ja NT10 560 mm. Vanhoissa malleissa kiinnitys tapahtui ruuveilla, joiden välissä on kumitassut vaimentamassa moottorin käynnistä johtuvaa värinää (Kuva 11). Vanhat mallit olivat työläs asentaa ja kiinnitystarvikkeet saattoivat kadota. Moottorin värinästä johtuen suojaritilän kiinnitys saattaa löystyä, jolloin riski kasvaa, että suoja putoaa tai osa lentää turbiiniin.



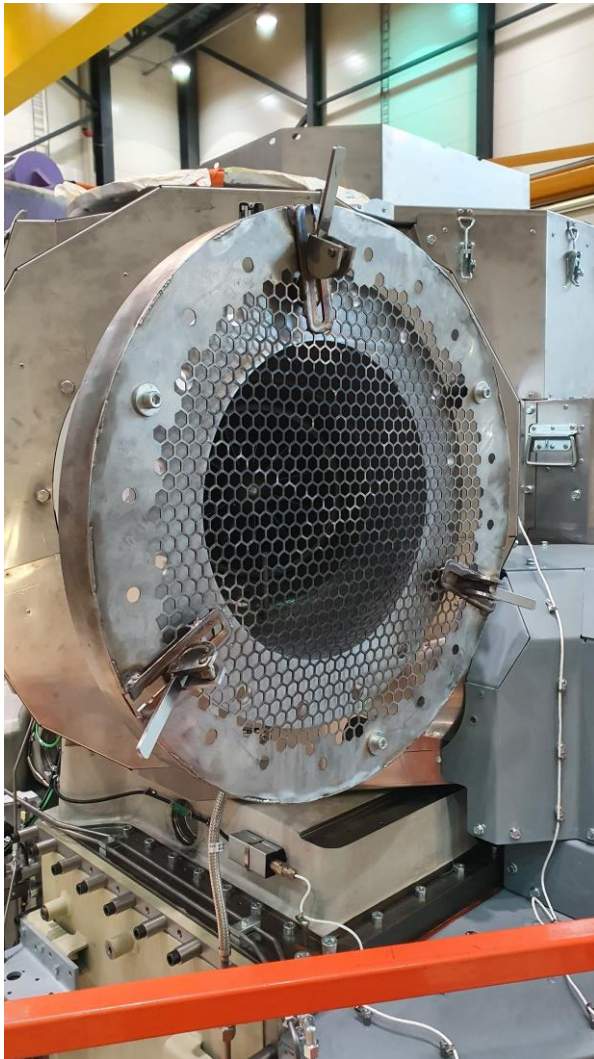
Kuva 10. Vanhan suojaritilän kiinnitys.



Kuva 11. Vanha imukäyrän suojaritilä.

4.3.2 Uusi malli suojaritilästä

Uudessa mallissa yhdistyy käytännöllisyys ja toimintavarmuus. Kehitin ritilälle liikkuvat jousella toimivat pikakiinnitykset, jonka avulla suojaritilä ei ole enää riippuvainen turbon mallista (Kuva 13). Uutta mallia tehdessäni hyödynsin olemassa olevaa suojaritilää, joka soveltui prototyypille erinomaisesti. Pikalukitteiden leuoissa on kumi tassut, jotka puristavat imukäyrän laippaa, niin että se pysyy tiiviisti paikoillaan ja samalla vaimentaa tärinää.

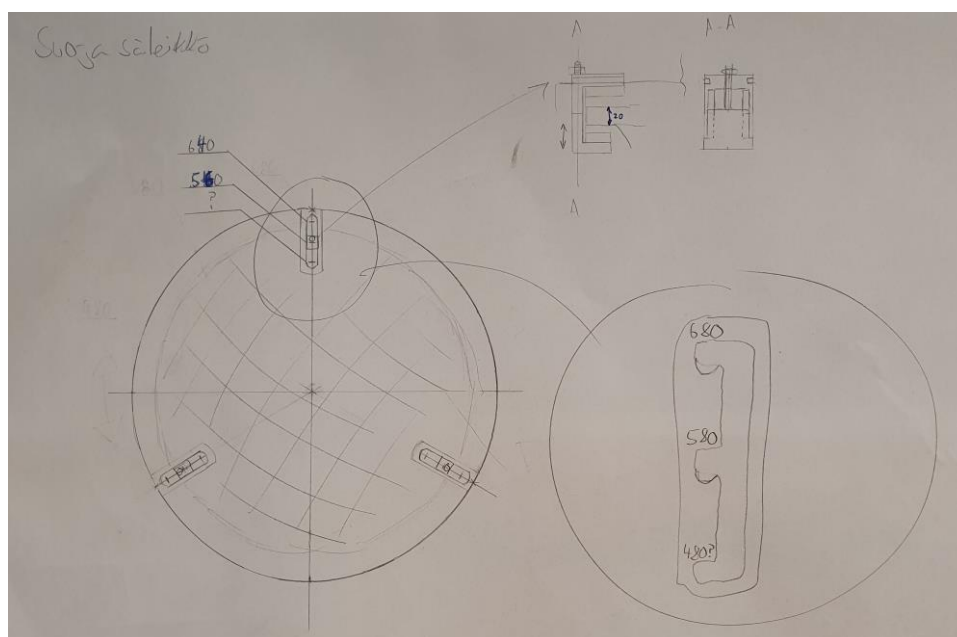


Kuva 12. Prototyyppi uudesta imukäyränsuojasta.

4.3.3 Uuden mallin valmistus

Prototyyppi on tehty metallijätettä hyödyntäen ja täysin itse. Metallijätettä hyödyntäen en voinut optimoida materiaalivahvuuksia tai vaikuttaa materiaalin valintaan.

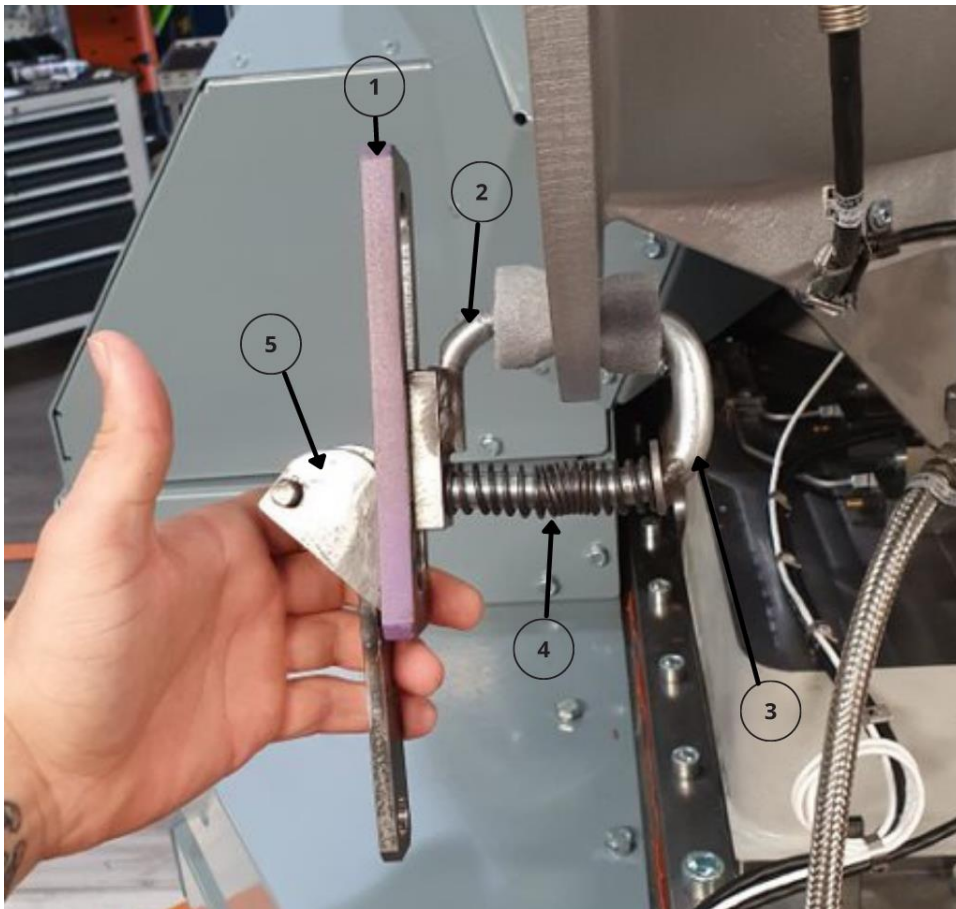
Aloitin työn suunnittelemalla paperille suojaritilää ja sen pikalukitetta. Saatuaani paperille alustavan mallin aloitin ensimmäisenä pikalukitteen valmistuksen (Kuva 14).



Kuva 13. Ensimmäinen piirustus imukäyränsuojasta.

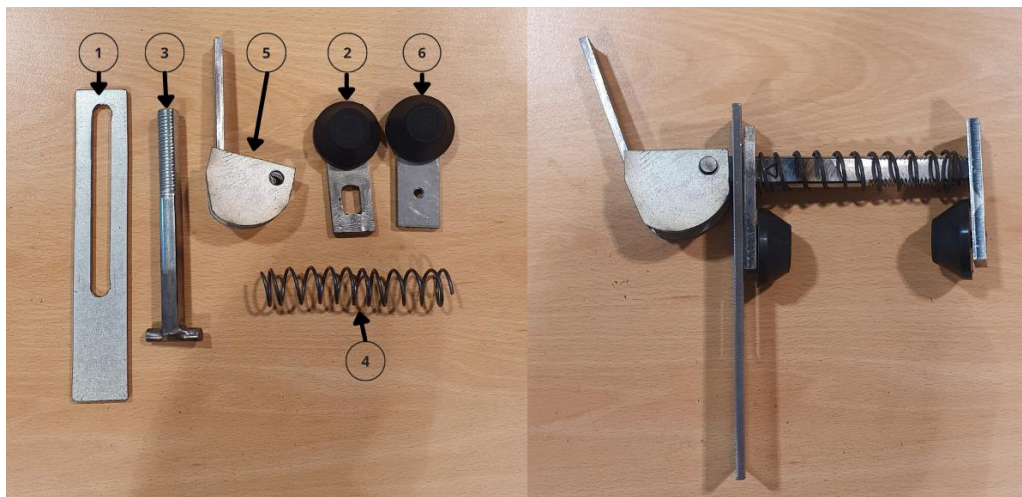
Ensimmäisen pikalukiteprototyypin valmistin leikkaamalla lattaraudasta osa numero 1 liikeratapalasen. Osa numero 2 muovasin niin, että se sopii osanumero 1 sisälle, jonka jälkeen taivutin M10-ruuvin 90 astetta ja hitsasin sen siihen kiinni, jolloin siitä muodostui kiskoilla liikkuva yläleuka. Osa numero 3 on M12-ruuvi, joka on taivutettu kahdesta kohtaa 90 asteen kulmaan niin, että siitä saadaan puristava alaleuka. Osa numero 4, jousen valmistin TIG-hitsaukseen tarkoitetusta lisäainelangasta. Pyöritin lisäainelankaa M12-ruuvin ympäri niin että se muistuttaa joustaa. Saatuaani lisäainelanka muotoon minun piti karkaista se, jotta se käyttäytyy jousen tavoin. Sain jousen karkaistua vain osittain, sillä en saanut pienellä kaasupolttimella tuotettua tarpeeksi lämpöä koko alueelle. Vajaa karkaisu jouselle kuitenkin riitti testaukseen. Hitsasin aluslevyn osanumero 3:seen jousen stoppariksi. Osa numero 5, vipu on hitsattu ja leikattu kasaan niin, että sillä voidaan vetää osa numero 3, osa numero 1 vasten niin, että osa numero 2 ja 3 lähestyvät toisiaan. Osanumero 5 on muotoiltu niin, että se ei aukea itsestään. Ylä- ja alaleuassa on vaahtomuovista tehty kartiot havainnollistamaan laipan puristusta.

Ensimmäinen prototyyppi oli painava, mutta se täytti vaatimukset (Kuva 15).



Kuva 14. Ensimmäinen prototyyppi pikalukitteesta.

Prototyyppi 2 (Kuva 16) valmistin kolme kappaletta, jotta voisin hitsata pikalukitteet suojaritilään ja mahdollisesti päästä testaamaan sitä koeajossa. Prototyyppi 2 halusin vähentää massaa, jotta sitä on helpompi käsitellä. Tein pieniä muutoksia ylä- ja alaleukaa. Muuten pikalukitteet on valmistettu hyvin samoin tavoin kuin ensimmäinen prototyyppi.



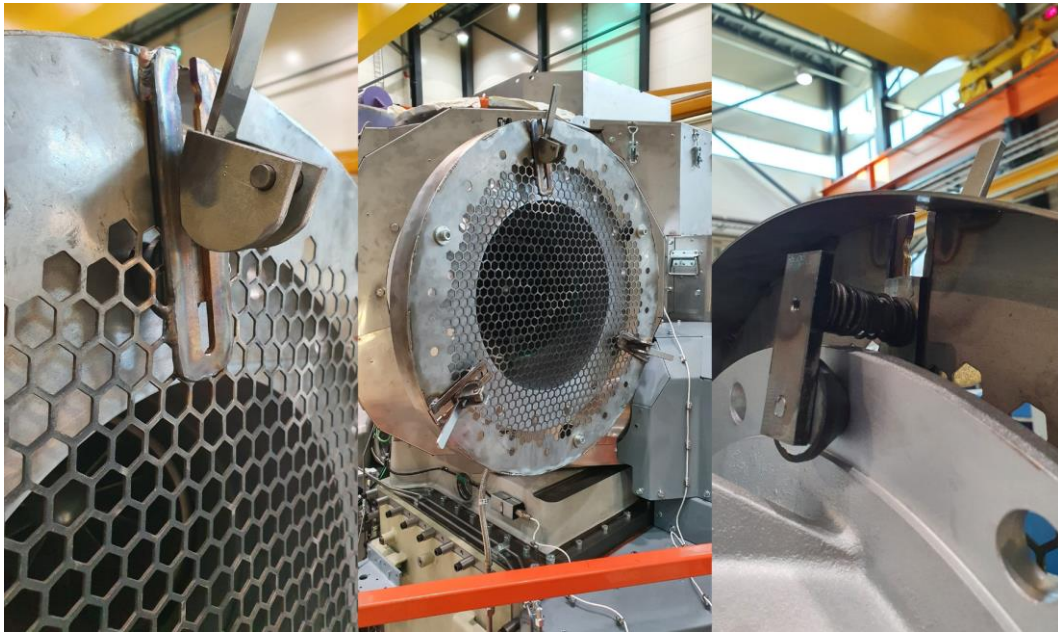
Kuva 15. Toinen prototyyppi pikalukitteesta.

Muutoksena, osa numero 3 koneistin, niin että osa numero 1 ja 2 eivät pääse pyörimään, vaan ne pysyvät paikallaan (Kuva 17). Näin pikalukitetta on helpompi käyttää ja sovittaa paikalleen. Osa numeroihin 1 ja 2 on lisätty ruuvattavat kumitassut vaimentamaan värinää.



Kuva 16. Osa numero 3, jyrshintä.

Hitsasin valmiit pikalukitteet suojaritilään TIG-hitsausmenetelmällä tasaisin välein, jotta kiinnitys imukäyrän laippaan olisi tasainen.



Kuva 17. Uusi imukäyränsuoja.

4.3.4 Uuden mallin testaaminen

Pääsimme testaamaan ja vertailemaan yhden koeajon aikana uutta mallia vanhaan malliin (Kuva 19). Väriässä ei havaittu mitään eroa uuden ja vanhan mallin välillä. Uudempi malli oli huomattavasti nopeampi asentaa. Uuden mallin asentamiseen kuluu noin 5...10 % siitä ajasta, mitä vanhan mallin asentamiseen tarvitaan.



Kuva 18. Imukäyrän suojaritilän testaus koeajossa.

4.3.5 Uuden mallin tulokset

Uuden mallin valmistus ja testaaminen oli menestys, sillä saimme tehokkuutta parannettua noin 90 %. Asentajat olivat tyytyväisiä, sillä osat eivät ole enää hukassa ja ritilä on huomattavasti helpompi asentaa paikalleen riippumatta turbon imukäyrän laipan koosta. Uuden mallin ansiosta jokainen koeajoselli tarvitsee vain yhden parin suojaritilöitä. Suojaritilä on edullinen ja helppo valmistaa. Uudessa mallissa ei ole irtonaisia osia, joten ei tarvitse pelätä, että jokin osa löystyisi ajon aikana.

4.3.6 Uuden mallin käyttöönotto

Onnistuneen testauksen myötä uuden mallin valmistusohjeet ja kehitysideat on luovutettu Wärtsilän työkalusuunnittelulle, jotta niitä voidaan valmistaa tuotantoon ja tulevalle STH:n toimitiloihin.

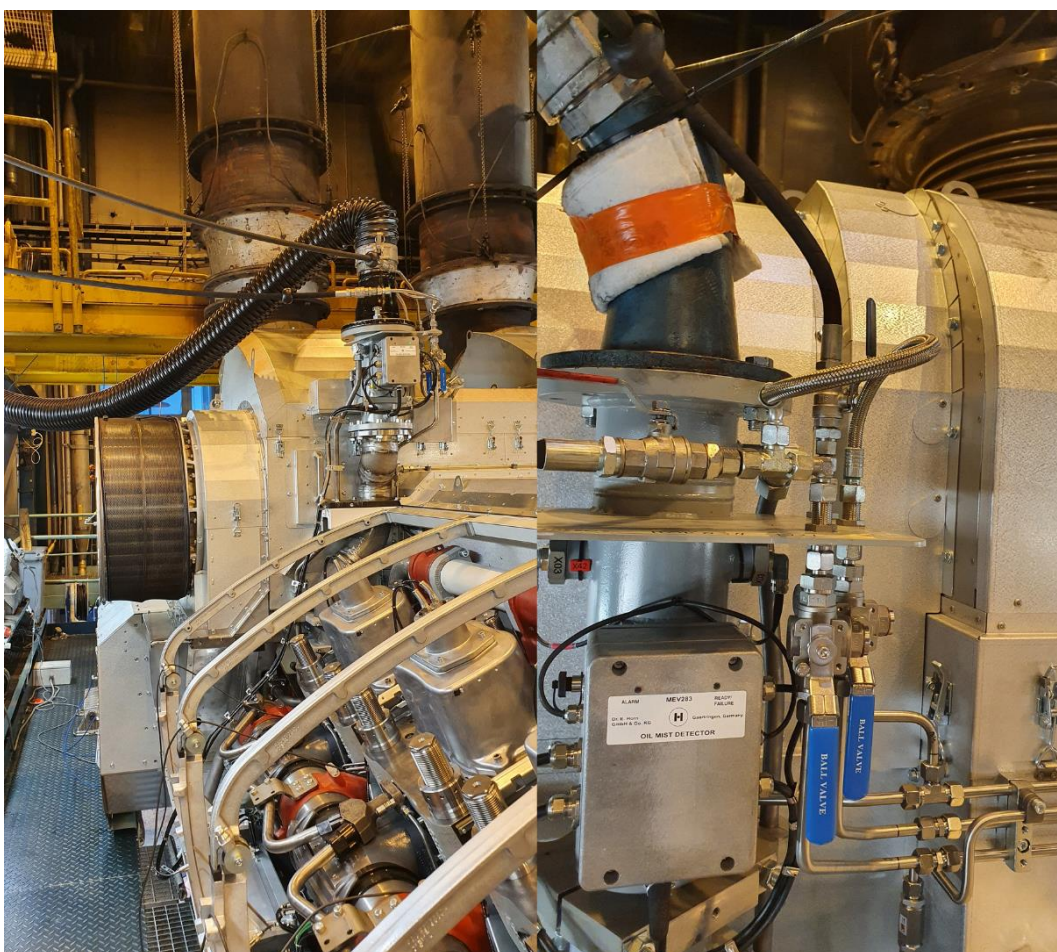
4.4 Ilmausventtiili moottorin vesijärjestelmälle

Moottorin vesijärjestelmässä ei saisi olla ilmaa, joten moottorin korkeimmalle kohdalle on sijoitettu ilmausputki, josta voidaan vapauttaa ylimääräinen ilma. Nesteen massa on suurempi kuin ilman, joten se työntää ilmaa kanavissa ylöspäin. Mikäli ilmaa jää järjestelmään, kasvaa riski jäähtymisen puutteesta. Riski kasvaa riippuen ilman määrästä. Moottorin lämmitessä voi moottoriin tulla lämpövaurioita, mikäli järjestelmään on jäänyt ilmaa. Ilma estää pinta-alan jäähtymisen. Koeajossa moottori kytketään sellin ilmausjärjestelmään.

Uudella mallilla haluttiin parantaa työturvallisuutta ja nopeuttaa kytkemistä koeajon sellissä. Turhista liittimistä haluttiin päästä eroon ja samalla tehdä kokonaisuudesta kevyempi.

4.4.1 Vanha malli

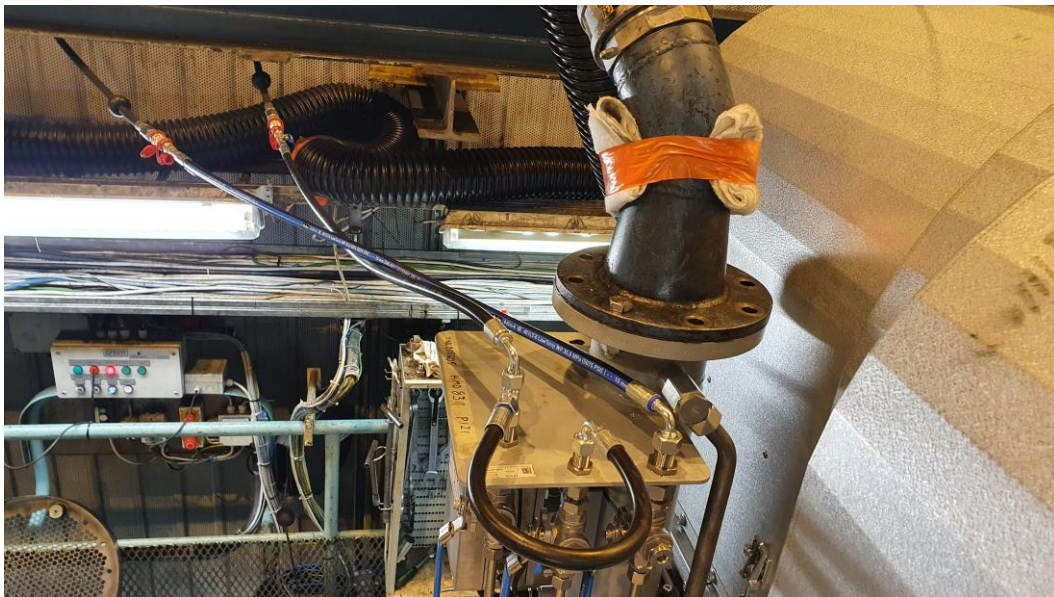
Ilmausjärjestelmä on moottorin korkeimmalle kohdalle sijoitettu ja vanhassa mallissa letkut kytketään suoraan kerältä ilmausputkeen (Kuva 20). Kun letkut kytketään sellissä, täytyy moottorin päälle kiivetä ja ruuvata liittimet kiinni ilmausputkiin. Liitoksien välille on ajan saatossa tullut korjaavia liittimiä, joten kokonaisuudessa on kasvanut. Mikäli halutaan sulkea ilmausventtiili, täytyy moottorin päälle kiivetä, jolloin syntyy työturvallisuusriski. Koeajon jälkeen moottori saattaa olla lämmin/kuuma, niin saattaa kengän pohjista jäädä jälkiä pinnoille, jotka ovat työlästä poistaa. Pahimmassa tapauksessa asentaja voi saada palovamman moottorista purun yhteydessä.



Kuva 19. Vanhat HT- ja LT-letkut.

4.4.2 Uusi malli

Uudessa mallissa asennetaan valmisteluvaiheella lyhyempi pätkä moottoriin kiinni. Uudessa mallissa on toisessa päässä pikaliitin, ja kun moottori siirtyy selliin, voidaan kytkeä ilmausletkut nopeasti ja turvallisesti työtasolta. Uudessa mallissa palloventtiili on uudelleen sijoitettu, niin että sitä voidaan operoida sellissä työtasolta (Kuva 21). Kun moottori on koeajettu ja ruvetaan valmistelemaan siirtoa viimeistelyyn, ei tarvitse asentajan muuta kuin avata pikaliittimet ja jättää letkut roikkumaan moottorista. Viimeistely vaiheella asentajat irrottavat ilmausletkun ja toimittavat sen takaisin säilytys paikalle.

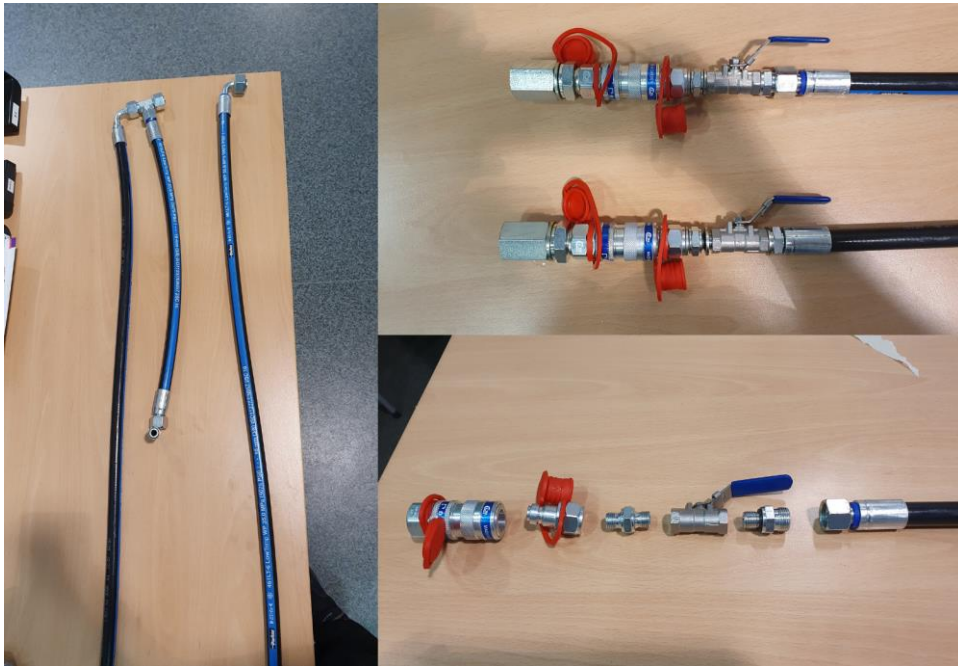


Kuva 20. Uudet HT- ja LT-letkut.

4.4.3 Ilmausletku

Ilmaus letku koostuu 5 osasta, johon kuuluu pikaliitin 20 Bar, palloventtiili 10 Bar, Hydrauliletku 350 Bar 1300 mm * 10 mm ja kaksi korjaavaa putkiliitintä (Kuva 22). Ilmausletkun toisessa päässä on L12-liitin, johon voidaan vaihtaa päitä riippuen kytkettävän moottorin mallista. Kytkenä koot vaihtelevat L12 – L18 välillä.

Yhden letkun hinta on keskimäärin noin 230 €. Letkun hinta määräytyy tarvittavista liittimistä, liitoksista ja työstä.

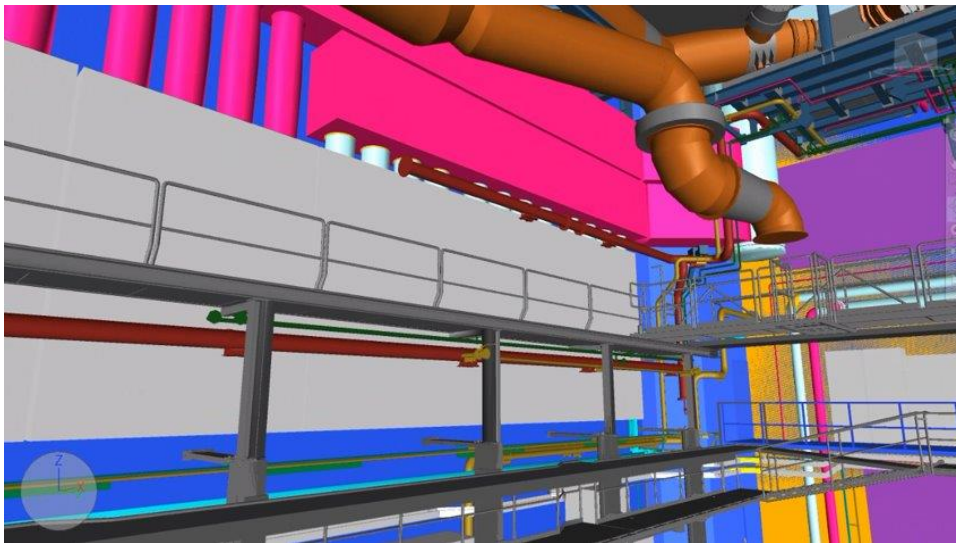


Kuva 21. HT- ja LT-letkut.

4.4.4 Uuden mallin toteutus Smart Technology Hubissa

Ilmausletkut asennetaan moottorin ilmausputkiin valmisteluvaiheella, jonka jälkeen moottori siirretään koeajo selliin. Koeajon asentajat kytkevät letkut sellin ilmausjärjestelmään, ja kun koeajo on suoritettu, asentajat avaavat pikaliittimet ja jättävät letkut roikkumaan moottoriin, joka kulkeutuu viimeistelyyn. Viimeistely irrottaa letkut ja palauttavat ne säilytyspaikalle (Kuva 23).

STH:n selleihin on suunniteltu vedenilmauslähtöjä moottorin molempiin päihin ja molemmiin puolin, joten kytkentä tulee olemaan huomattavasti helpompaa ja monipuolisempaa, mitä se on tällä hetkellä DCV:llä (Kuva 24).



Kuva 22. CAD-kuva STH-sellien ilmausjärjestelmästä.

4.4.5 Uuden mallin tulokset

Uuden mallin ansiosta tehokkuutta lisättiin sellin kytkennässä noin 95 % ja työturvallisuus riskit minimoitiin kyseiselle työlle. Koeajon työntekijät kokivat uudistuksen erittäin hyödylliseksi, sillä aikaa kytkemiselle ei enää tarvita juuri ollenkaan

4.4.6 Uuden mallin käyttöönotto

Positiivisten tulosten myötä Wärtsilä haluaa ottaa uuden mallin käyttöön jo DCV:llä, vaikka alkuperäisen suunnitelman mukaan uusi malli tulee STH:lle. Koeajon sellien ilmausjärjestelmään tullaan tekemään alihankkijan toimesta muutos työ. Muutos työssä korvataan DCV:llä koeajon letkukelat, jotka tulee pikaliittimellä. Muutoksen myötä voidaan jatkossa uusi malli kytkeä koeajo selliin vaivatta. Letkuille ja niiden vaihdettaville päille olen tehnyt investointisuunnitelman, johon kuuluu myös alihankkijoiden kilpailuttaminen. Investointisuunnitelma ja tarjoukset on luovutettu Wärtsilän henkilökunnalle.

4.5 Pakoputken välikappaleet

Kun moottori tuodaan selliin, täytyy moottori liittää laitoksen pakoputkeen. Välikappaleet määräytyvät laitoksen ja moottorin pakoputken välisestä etäisyydestä,

kulmasta ja koosta. Lukuisten moottorimallien myötä koeajoon on kerääntynyt monen kokoisia pakoputken välikappaleita eri tilanteita varten. Nykyinen tilanne aiheuttaa ongelmia varastoinnin kanssa, sillä välikappaleita on paljon, sekä ne ovat suuria ja vaikeasti liikuteltavia (Kuva 25).

Suunnittelin kaiken kaikkiaan viisi eri mallia, jotka esittelin putken suunnittelijoille. Ideana oli tuoda erilaista näkökulmaa ja uusia visioita heidän töillensä.

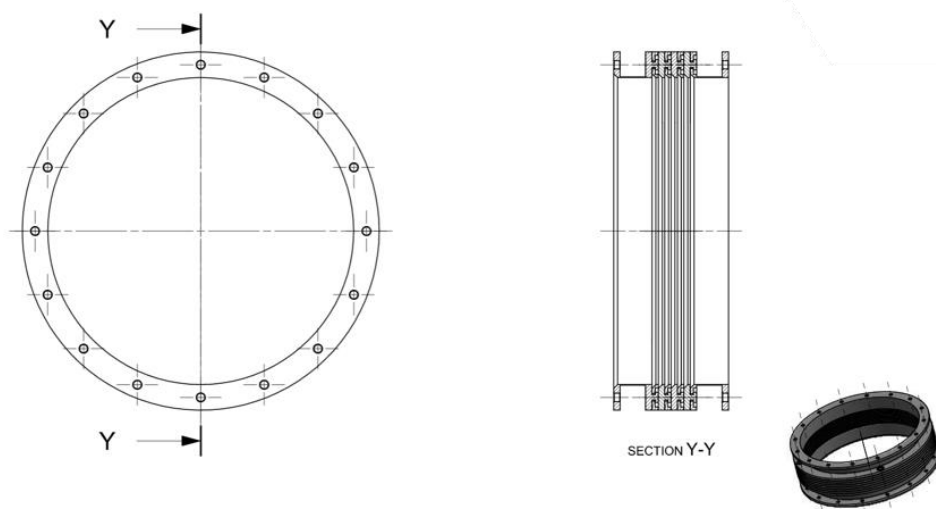


Kuva 23. Pakoputken välikappaleet.

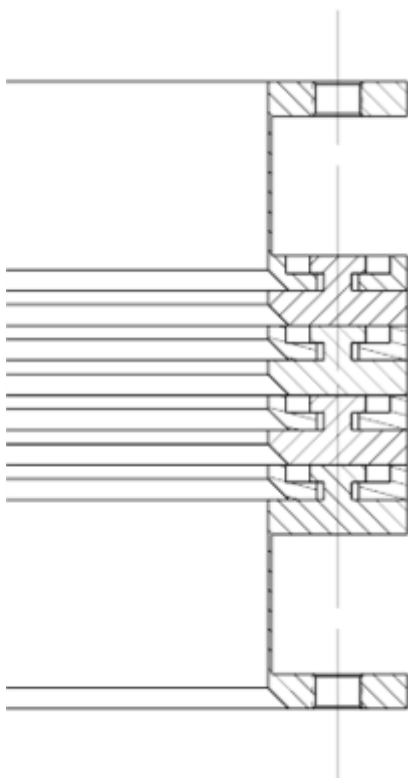
4.5.1 Sivuttaisliikettä korjaava välikappale

Suunnittelin pakoputkella välikappaleen, joka korjaa sivuttaista liikettä. Välikappaleen ansiosta moottorin ja laitoksen pakoputken kohdistaminen on helpompaa, sillä putken laipat liikkuvat sivuttain toisiaan vasten (Kuva 26).

Hyödyt	Haasteet
<ul style="list-style-type: none">• Sivuttainen liike	<ul style="list-style-type: none">• Painava• Haastava valmistaa



Kuva 24. Kokoonpanokuva 1, sivuttaisliikettä korjaavasta välikappaleesta.



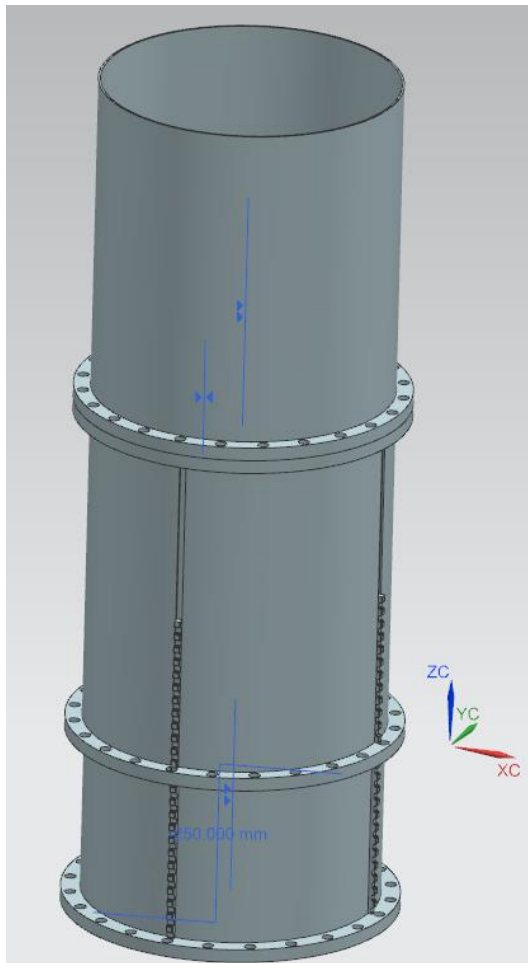
Kuva 25. Tarkennus Kokoonpanokuva 1.

4.5.2 Teleskooppiputket

Teleskooppimaisesti käyttäytyvän putken ideana on säätää pakoputken etäisyyttä haluttuun mittaan mekatroniikan avulla. Teleskooppiputkessa on kaksi osaa, josta säädettävä osa liikkuu toisen osan sisällä, jotta putken pituutta voidaan säätää.

Kokoonpano 1, mallissa putken säätö tapahtuu hammaspyörien avulla. Hammas-
tankoja on sijoitettu neljään kohtaan ympäri putkea, jotta säätö olisi tasaista ja
tehokasta (Kuva 28). Liikkeen mahdollistamiseen voidaan käyttää mekatroniikkaa,
mutta mekatroniikan valinnassa täytyy ottaa huomioon pakoputken korkeat läm-
pötilat ja sen tuomat haasteet.

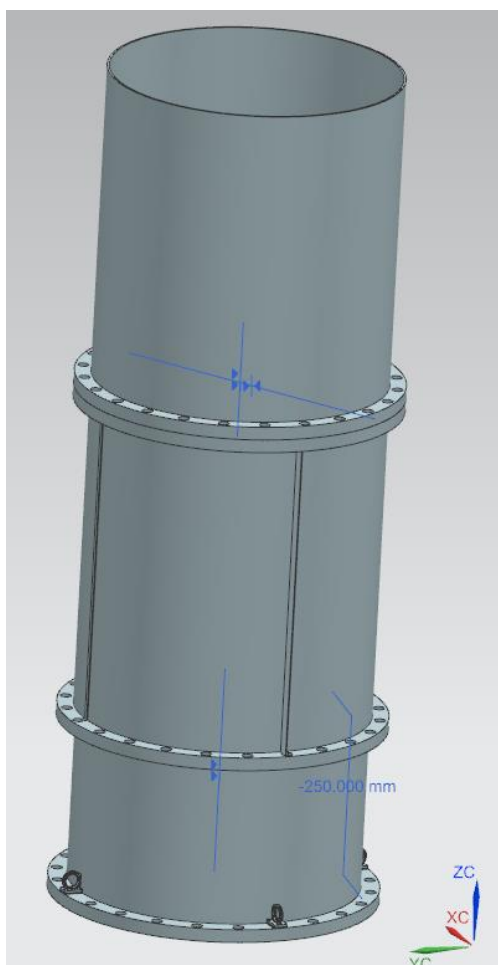
Hyödyt	Haasteet
<ul style="list-style-type: none">• Pituuden määrittäminen• helppo valmistaa	<ul style="list-style-type: none">• Tiivistäminen• lämpöhaitat servo moottorille



Kuva 26. Teleskooppiputki hammastangolla.

Kokoonpano 2, mallissa idea on sama mutta hammastanko, on korvattu nostokorvalla. Nostokorvat on sijoitettu samalla tavalla 4 kohtaan putken ympärille (Kuva 29). Nostokorvia käyttämällä voidaan mekatronikka tuoda ylemmäksi putkea ja vähentää mahdollisia lämpöhaittoja.

Hyödyt	Haasteet
<ul style="list-style-type: none"> • Pituuden määrittäminen • helppo valmistaa 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiivistäminen • lämpöhaitat servomoottorille



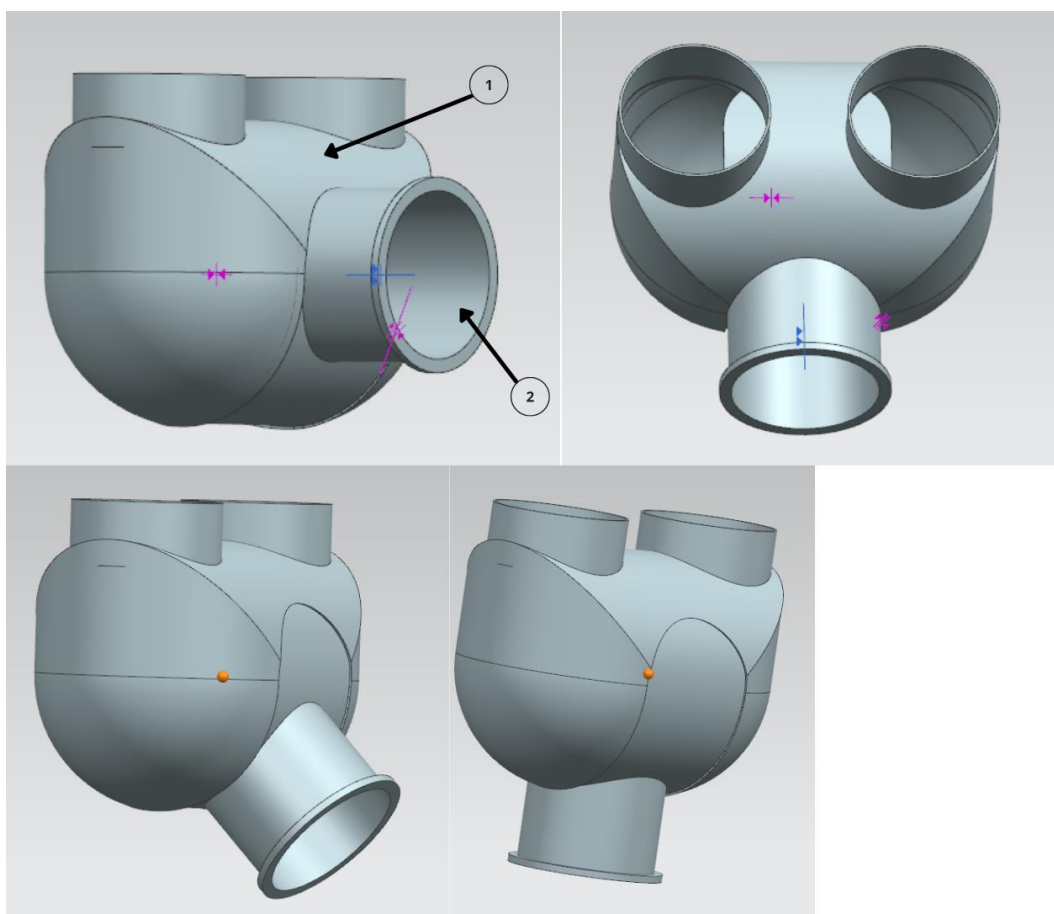
Kuva 27. Teleskooppiputki nostokorvilla.

4.5.3 Väliputket säädettävällä kulmalla

Väliputki, jossa voidaan säätää kulmaa mahdollistaa $0^\circ \dots 90^\circ$ liikeradan. Moottorien pakoputken ulostulo laipan kulma vaihtelee kohti suorasta, 45° ja 90° asteen välillä, riippuen moottori mallista. Tällä hetkellä koeajossa on kiinteitä kulmapaloja.

Kokoonpano 1, tässä kokoonpanokuvassa on yhdistetty 2 osaa (Kuva 30). Osa 1. on kiinteä runko, jossa osa 2. liikkuu sisällä mahdollistaen $0^\circ \dots 90^\circ$ asteen kulma muutoksen. Osan 2. tiivistävä laippa ei haittaa virtausta, sillä osa 1. on huomattavasti leveämpi.

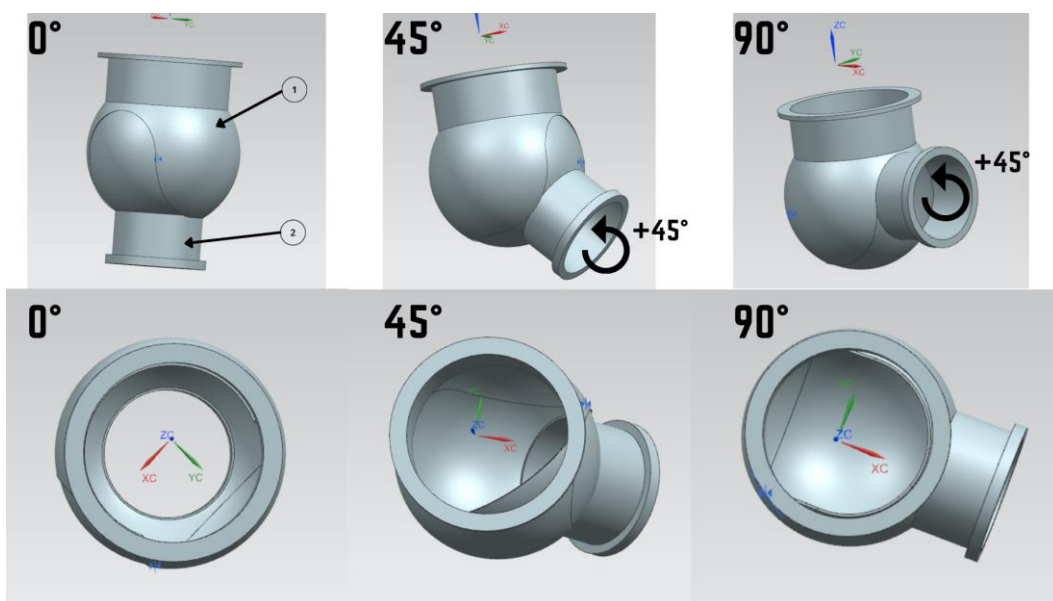
Hyödyt	Haasteet
<ul style="list-style-type: none"> • kulman määrittäminen 	<ul style="list-style-type: none"> • tiivistäminen • pakokaasun virtaus • hankala valmistaa • painava



Kuva 28. Väliputki säädettävällä kulmalla, kokoonpanokuva 1.

Kokoonpano 2, on hiukan monimutkaisempi sillä sisällä oleva osa 2. täytyy kiertää, jotta mahdollistetaan esteetön virtaus osa 1. lävitse. Kun halutaan säätää väliputki 45 asteen kulmaan täytyy osa 2. kiertää myös 45 astetta vastapäivään ja jos halutaan kääntää 45 asteen kulmasta putki 90 asteeseen täytyy osa 2. kiertää toiset 45 astetta vastapäivään (Kuva 31).

Hyödyt	Haasteet
<ul style="list-style-type: none"> • kulman määrittäminen • kevyt • pakokaasun virtaus 	<ul style="list-style-type: none"> • tiivistäminen • hankala valmistaa • liikuteltavuus



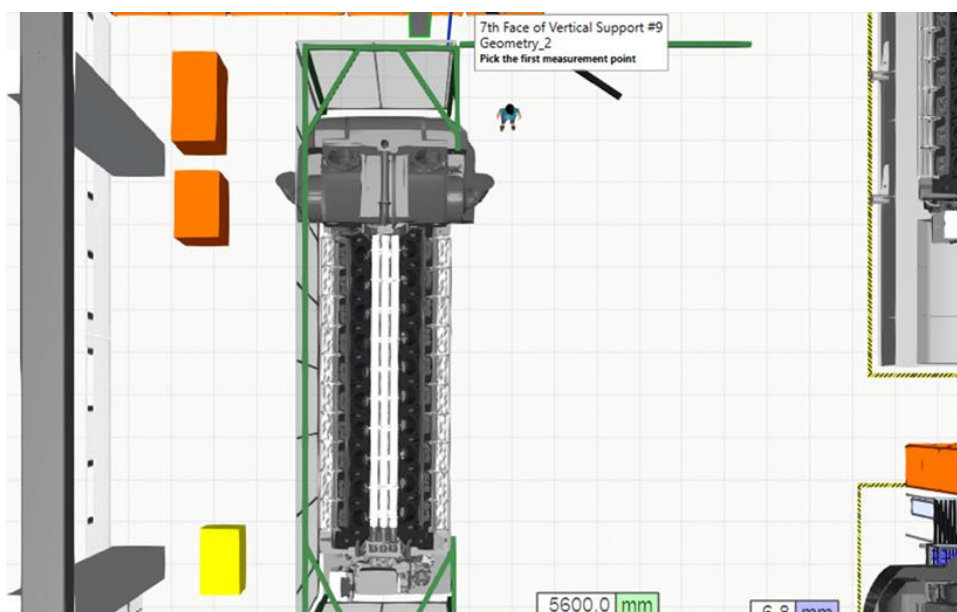
Kuva 29. Väliputki säädettävällä kulmalla, kokoonpanokuva 2.

Osa 2. on muotoiltu niin että toinen sen reunoista on loivempi, jotta se ei estäisi pakokaasun virtausta.

4.6 Moottorin huuhtelu ja sen analysointi

W31-moottorin öljytilan puhdistusprosessin tarkoituksena on huuhdella moottori voiteluöljyllä suodatuskoneikon kautta niin, että voiteluöljyn puhtaus on indikaattorina. Ennen moottorin käynnistystä voiteluöljyn puhtausluokan pitää toteuttaa ISO 4406 -standardiin perustuva puhtausvaatimus.

Ennen huuhtelua moottori esivalmistellaan. Esivalmistelussa moottorin luukkuja avataan, jotta voidaan tarkastella puhtautta ja mahdollisia vuotoja huuhtelun aikana. Moottoriin kytketään huuhtelulaitteen yhteitä, jotta saadaan öljy kiertämään moottorissa ja mittalaitteessa. Myös huuhtelun jälkeiseen tyhjäkseen tarkoitetut liittimet asennetaan moottoriin. Moottoriin lisätään öljy ja sen puhtaus tarkistetaan. Ennen huuhtelun aloittamista täytyy lämmittää öljy 40–50 celsiusasteeseen. Lämmityksen tarkoitus on pienentää öljyn viskositeettia, jolloin vuodot paljastuvat todennäköisemmin. STH:lla öljy saadaan lämmitettyä jopa 65 celsiusasteeseen. Kun öljy on tarpeeksi lämmintä, suojataan moottorin ympäristö verkoilla ja aloitetaan huuhtelun ensimmäinen vaihe.



Kuva 30. Moottorin huuhtelupisteen layout STH:lla

Huuhtelu on jaettu kahteen vaiheeseen. Ensin huuhdellaan moottorin alaosa ja sen jälkeen yläosa. Moottoria huuhdellaan, kunnes puhtausluokka on standardin mukainen. Hyväksytyjä mittaustuloksia täytyy olla vähintään kaksi. Huuhtelun ensimmäinen vaihe aloitetaan miniminopeudella ja huuhtelun aikana tarkastellaan mahdollisia vuotoja. Toisessa vaiheessa keskeytetään huuhtelu ja öljyn kiertoa muutetaan niin, että öljy kiertää jokaisessa kanavassa, jonka jälkeen moottori

huuhdellaan uudestaan. Puhtauden ollessa hyväksytty kahden mittauksen jälkeen mittaustulokset dokumentoidaan M-files-tietojärjestelmään.



Kuva 31. W31-moottorin öljyhuuhtelun öljyn lämmitys- ja varastointikoneikko, suodatus- ja pumppausyksiköillä.

Huuhteluraporttiin kirjataan moottorin perustiedot, kesto ja päiväys. Huuhtelun suorittaja käy raportin vaiheet läpi ja kuittaa ne omalla nimellä. Huuhtelun ensimmäisen ja toisen vaiheen hyväksytyin mittauksen tulokset kirjataan raporttiin esim. 16/14/11. Mikäli huuhtelun aikana havaittiin vuotoja, ne kirjataan ylös ja korjataan (Kuva 34).

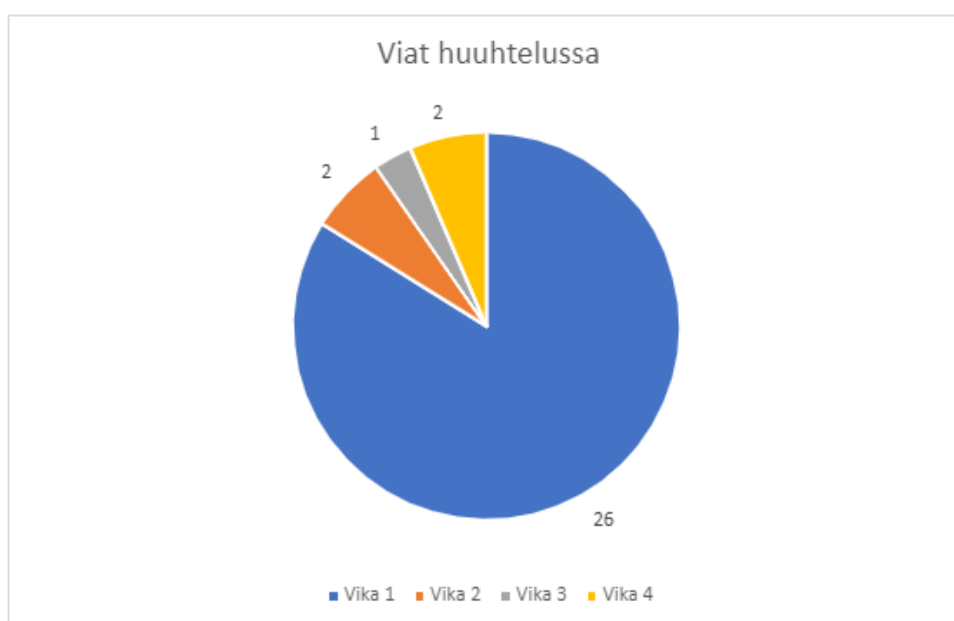
4.6.1 Koeajon ja huuhteluraporttien analysointi

Huuhtelun ansiosta voidaan löytää moottorista vikoja ennen koeajoa mm. Puuttuvia osia, löysiä liittimiä ja tiiviste vikoja. Huuhtelun ja koeajon aikana löydettyjä

vikoja voidaan verrata keskenään tarkastelemalla M-files- ja SAP-järjestelmästä löytyvien raporttien pohjalta. Analysointi tehtiin huuhtelussa olleiden moottorien perusteella ja niitä oli yhteensä x kpl.

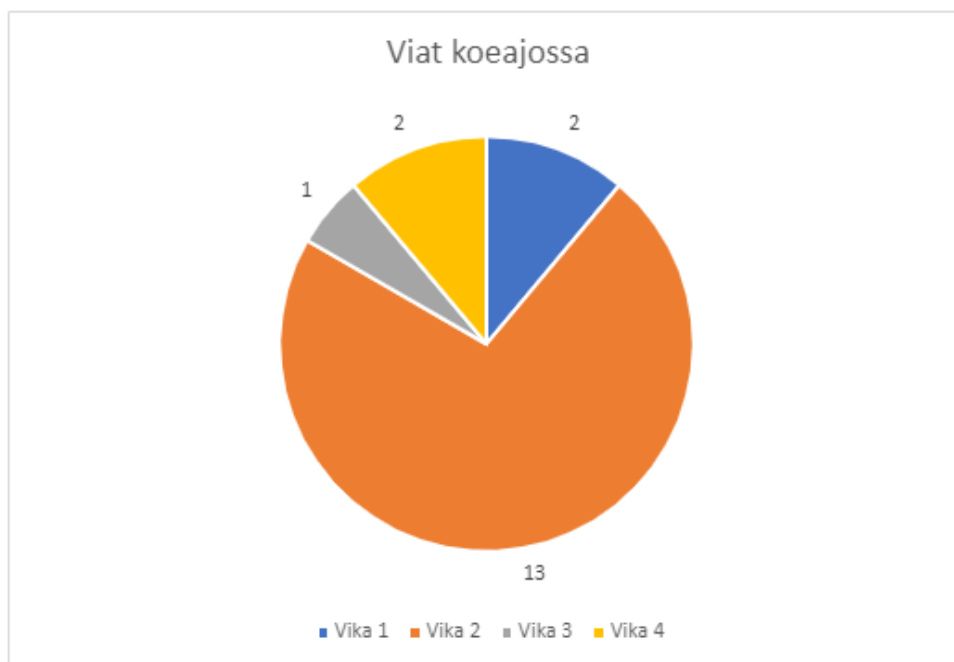
Öljyvuotoon liittyviä vikoja on raportoitu yhteensä x kpl, joista y kpl löydettiin jo huuhtelun aikana (Kuva 35).

Huuhtelussa yleisimpiä vikoja ovat vika 1. Tulosten perusteella vika 1 on syytä kiinnittää enemmän huomiota ja järjestää koulutuksia sen ennaltaehkäisemiseen.



Kuva 32. Viat huuhtelussa.

Koeajossa yleisimpiä vikoja ovat vika 2 liittyviä, joka kattaa 72 % kaikista vioista (Kuva 37). Vika 2 viat ilmenevät vasta koeajossa, koska öljyn viskositeetti on pienempi mitä huuhtelussa.



Kuva 33. Viat koeajossa.

Miksi kaikki viat eivät löydy huuhtelun aikana? Syy tähän voi olla öljyn viskositeetissa. Viskositeettiin vaikuttaa lämpötila ja paine. Lämpötilan noustessa öljyn viskositeetti pienenee, jolloin se tunkeutuu paremmin. Huuhtelun ja koeajon aikana öljyn kinemaattisessa viskositeetissa on $46,05 \text{ mm}^2/\text{s}$ ero (Kuva 38). STH:lla öljyn lämpötila on korkeampi, jolloin viat tulevat paremmin ilmi jo huuhtelussa.

DIESEL

- Huuhtelun aikana öljyn lämpötila on n. 50 °C ja painetta x bar.
 - Shell Mysella S5 N40
 - Toimintaviskositeetti 50 °C on **80.64 mm²/s**
- Koeajon aikana öljyn lämpötila on n. 65 – 70 °C ja painetta y bar.
 - Shell Argina T40
 - Toimintaviskositeetti 70 °C on **35.45 mm²/s**

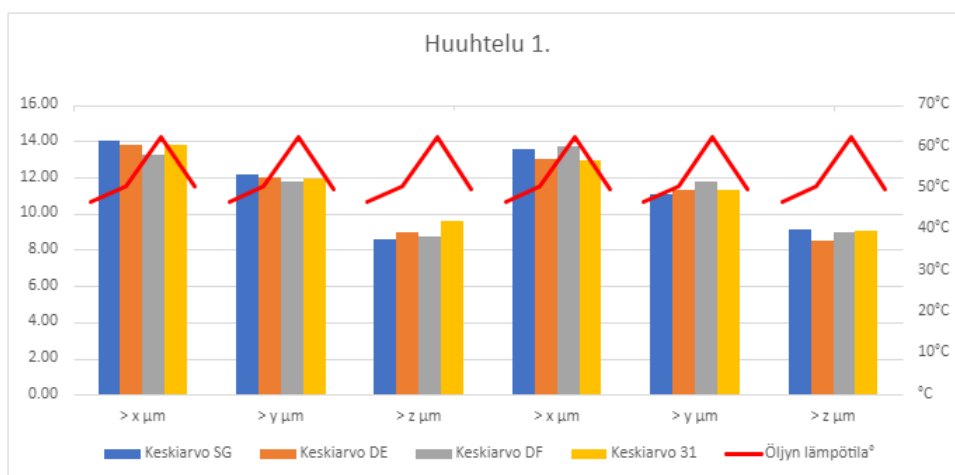
KAASU

- Huuhtelun aikana öljyn lämpötila on n. 50 °C ja painetta x bar.
 - Shell Mysella S5 N40
 - Toimintaviskositeetti 50 °C on **80.64 mm²/s**
- Koeajon aikana öljyn lämpötila on n. 65 – 70 °C ja painetta y bar.
 - Shell Mysella S5 N40
 - Toimintaviskositeetti 70 °C on **34.59 mm²/s**

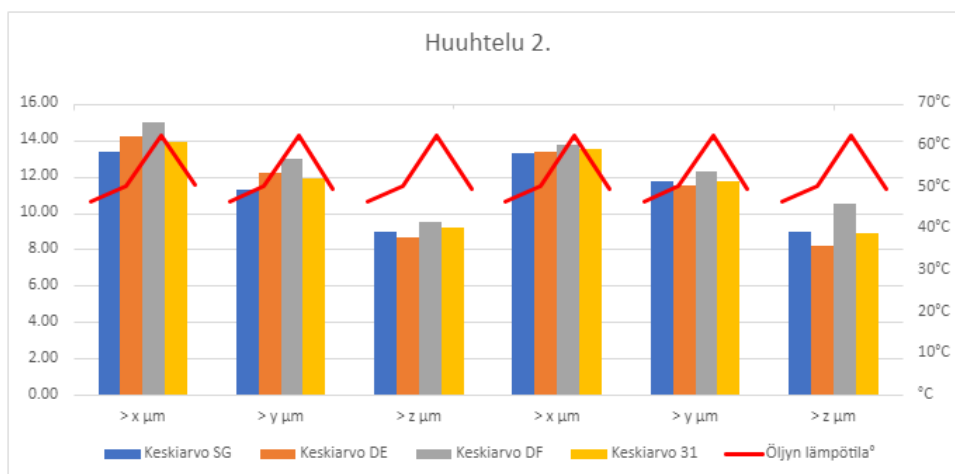
Kuva 34. Viskositeetti vertailu.

4.6.2 Lämmön vaikutus mittaustuloksiin

Alla olevista taulukoista voidaan todeta, että lämmöllä on ollut vaikutusta mittaustuloksiin (Kuva 39) (Kuva 40). DF-moottoreilla on keskiarvallisesti ollut korkeampi lämpötila huuhtelun aikana ja pienpartikkeleita on esiintynyt mittauksessa enemmän. SG-moottoreilla on keskiarvallisesti ollut pienempi lämpötila, mutta silti muutamassa tulos pylväässä nähdään partikkelien lukumäärä korkeampana kuin DF-moottoreiden. Tuloksia vertaillessa täytyy muistaa, että huuhtelussa on käytetty kahta eri mittalaitetta ja toinen niistä mittalaitteista tulkitsee järjestelmässä kulkevat ilmakuplat pienpartikkeleiksi.



Kuva 35. Huuhtelu 1. analyysi lämpötilän vaikutuksesta mittaustuloksiin.



Kuva 36. Huuhtelu 2. analyysi lämpötilän vaikutuksesta mittaustuloksiin.

4.6.3 Yhteenveto

Huuhtelu on erittäin hyödyllinen valmisteluvaihe ennen koeajoa, koska sillä voidaan varmistaa voiteluöljyjärjestelmän puhtaus ja tiiveys. Huuhtelun raportointia on kehitetty ja sitä on syytä kehittää lisää, jotta analysointi helpottuu. Huuhtelun ansiosta löydetään merkittävä osuus vioista ennen koeajoa. Liittimien kiristykseen on syytä kiinnittää huomiota ja tarvittaessa järjestää koulutuksia. Huuhtelua voitaisiin kehittää tehokkaammaksi pienentämällä öljyn viskositeettia, jotta vuodot

ilmenevät helpommin. Mittaustuloksien perusteella lämmöllä on vaikutusta huuhtelun tulokseen. STH:n huuhtelussa öljyn lämpötila saadaan nostettua jopa 60–65 °C, jolloin huuhtelun ja koeajon kinemaattisen viskositeetin eroksi jää 7,31 mm²/s.

5 INVESTOINNIT

Wärtsilä tulee ottamaan kehitysideat käyttöön ja niiden käyttöönotolle tein suunnitelman, jossa laskin kaikille kohteille kustannukset. Kaikki tarvikkeet kilpailutin Wärtsilän alihankkijoilla, jotta investoinnit olisivat mahdollisimman kustannustehokkaat.

5.1 Tiiveystarkastus Camlock-putkilla

Tiiveystarkastus Camlock putkilla otetaan käyttöön STH:lla, joten ensin piti tarkastella mitkä ovat ensimmäiset moottorit, jotka ajetaan STH koeajossa. Ensimmäinen uutta menetelmää hyödyntävä moottorityyppi tarvitsee DN200-kokoluokan putket. Osat, joita tarvitaan tiiveystarkastuksessa, on Camlock-putket, tulppa, ruuvit, mutterit ja tiivisteet. Kokonaisuudelle tulee hinnaksi noin x €

Jos Wärtsilä haluaa investoida uusiin putkiin, niin ettei tulisi semmoista tilannetta, että jollekin moottorille ei riittäisi putket, niin täytyy ottaa huomioon neljän eri kokoluokan putket menetelmän kierrolle. Tällöiselle kokonaisuudelle kustannukset nousisivat x €

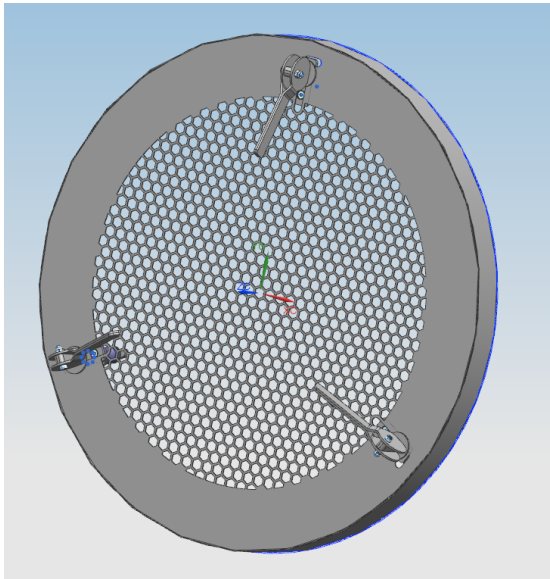
5.2 HT- ja LT- ilmausletkut

Ilmausletkuinvestoinnin suunnittelin alustavasti kolmelle koeajosellille, jotka otetaan ensivuoden aikana käyttöön. Investointiin laskettiin letkukelat, pikaliittimet, korjaavat liittimet ja letkut. Tälle investoinnille tulee hinnaksi noin x €

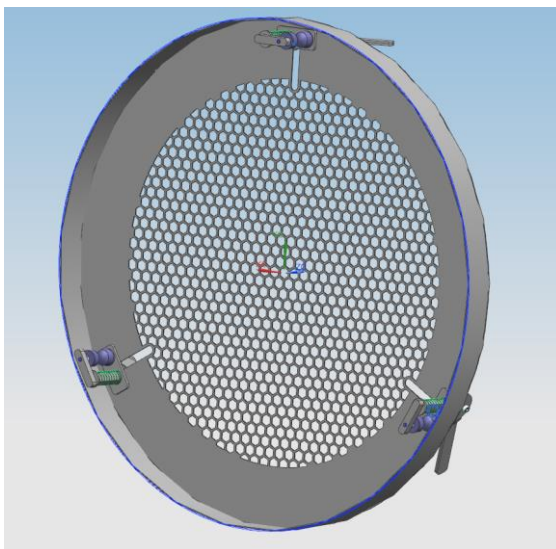
Kaasukoeajo selli 11. DCV:llä haluttiin tehdä saman tyyppinen muutos, jonka hinnaksi tulee noin x €

5.3 Imukäyrän suojaritilä

Suojaritilää on aloitettu suunnittelemaan työkalusuunnittelijan toimesta (Kuva 41), mutta on liian aikaista laskea sille kustannuksia. Kustannuksiin vaikuttaa materiaali, työstömenetelmät ja ritilän lopullinen muotoilu.



Kuva 37. 3D-malli Imukäyrän suojaritilästä edestäpäin katsottuna.



Kuva 38. 3D-malli imukäyrän suojaritilästä takaapäin katsottuna.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä päästiin tavoitteisiin, vaikka aikataulu vähän venyi. Kehitys ideilla parannettiin tehokkuutta, työturvallisuutta ja laadunvarmistusta monella alueella. Moottorin valmistelu ennen koeajoa on laaja käsite, jonka takia opinnäytetyöni vaikuttaa myös kokoonpanoon, koeajoon ja viimeistelyyn. Kaikki minun tekemät ohjeet, prototyypit, analyysit, investointisuunnitelmat, inventaariot ja ideat on luovutettu Wärtsilän avainhenkilöille jatkokehitystä varten.

Olen tyytyväinen tuloksiin ja kehitykseen, jotka olen saanut aikaiseksi tämän työn aikana uupumuksesta huolimatta. Pääsin harjoittamaan opintojen aikana opittuja taitoja projektin läpiviennissä, joka vahvistaa halua oppia lisää valitsemaltani alalta ja suuntaukselta. Sain kasvatettua jo vahvaa verkostoani yrityksen sisällä ja ulkopuolella työn aikana. Pandemian ansiosta avainhenkilöitä oli helppo tavoittaa, sillä kaikki ovat vahvistaneet viestintää verkossa.

Loppuun haluan osoittaa kiitollisuutta Wärtsilälle mielenkiintoisesta opinnäytetyöstä. Erityiskiitos kuuluu Timo Nuotiolle, joka toimi opinnäytetyön avainhenkilönä ja tukena koko työn aikana. Iso kiitos pääkokoonpanon ja koeajon työntekijöille, sekä kiitos Hannu Saarelle ja Jarmo Hakalalle, jotka olivat korvaamaton apu ja tiedon lähde kaikissa osa-alueissa. Kiitos esimiehelleni Marko Viertokankaalle, kollegoille ja koko toimiston väelle. Kiitoksen haluan myös antaa Fintos Oy:n Ville Halmesmäelle yhteistyöstä. Kiitos mitä en voi sanoa kuvailta kuuluu kumppanille, perheelle ja ystäville, jotka synkimpinäkin hetkinä työnsivät eteenpäin.

LÄHTEET

/1/ Wärtsilä. Wärtsilän Tilinpäätöstiedote tammi-joulukuu 2020. Viitattu 02.10.2021 <https://www.wartsila.com/fi/media-fi/uutinen/28-01-2021-wartsilan-tilinpaatostiedote-tammi-joulukuu-2020-2852324>

/2/ Wärtsilä marine-liiketoiminta. Viitattu 02.10.2021. <http://www.wartsilareports.com/fi-FI/2019/ar/tama-on-wartsila/wartsila-marine-liiketoiminta/>

/3/ Wärtsilä Energy-liiketoiminta. Viitattu 02.10.2021. <http://www.wartsilareports.com/fi-FI/2019/ar/tama-on-wartsila/wartsila-energy-liiketoiminta/>

/4/ Wärtsilä. Mikä on smart technology hub. Viitattu 03.10.2021. <https://www.smarttechnologyhub.com/fi/st>

/5/ Logistiikan Maailma. Lean-ajattelu. Viitattu 2.11.2021 <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lean-ajattelu/>