



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Janika Pajukangas

# WÄRTSILÄ W31-MOOTTORIN AUTOMAATION ASENNUSJÄRJESTELMÄN OPTIMOINTI

Tekniikka  
2022

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Janika Pajukangas
Opinnäytetyön nimi	Wärtsilä W31-moottorin automaation asennusjärjestelmän optimointi
Vuosi	2022
Kieli	Suomi
Sivumäärä	51
Ohjaaja	Jukka Hautala

---

Opinnäytetyö on tehty Wärtsilä Finland Oy:n W31-linjakokoonpanolle. Työn tarkoituksena on luoda ehdotuksia Wärtsilän W31-moottorin automaation asennusjärjestelmän optimoinnista. Optimointia automaation asennusjärjestelmän kehittämiseen on tehty jo paljon, mutta siihen haluttiin uutta näkökulmaa.

Tutkimuksen teoreettinen osa käsittelee W31-moottorin automaatiota yleisestä näkökulmasta. Työssä on myös käsitelty W31-moottorin osankokoonpanoprosessia. Menetelminä työssä on käytetty Wärtsilän sähköasentajien haastatteluja, kehitysinsinöörin haastattelua sekä omakohtaisia havaintoja.

Nykyinen hyvin tehty automaation asennusjärjestelmän optimointi tuotti työssä haasteita. Ehdotuksia oli sen myötä vaikea saada sähköasentajilta sekä itse havainnoida kesätyöni aikana. Ehdotuksia sain kuitenkin annettu W31-moottorin automaation asennusjärjestelmän optimoinnista muutamia. Wärtsilässä halutaan kehittää jatkuvasti optimointia, joten sitä tullaan kehittämään vielä tämänkin opinnäytetyön jälkeen.

## ABSTRACT

Author	Janika Pajukangas
Title	Optimization of Automation Installation System Wärtsilä W31 Engine
Year	2022
Language	Finnish
Pages	51
Name of Supervisor	Jukka Hautala

---

The thesis was completed for Wärtsilä Finland oy W31 engine line assembly. The purpose of the thesis was to create proposals for the optimization of Wärtsilä's W31 engine automation installation system. A lot of optimization has already been done to develop the automation installation system, but a new perspective was wanted.

The theoretical part of the study deals with the automation of the W31 engine from a general point of view. The W31 engine part assembly process has also been discussed. Interviews with Wärtsilä electricians, an interview with a development engineer and personal observations were used as methods during the thesis.

The current well-done optimizing of the automation installation system posed challenges at work. As a result, it was difficult to obtain proposals from electricians and to observe them during my summer job. However, suggestions for optimizing the W31 engine automation installation system were received. Wärtsilä wants to continuously develop the optimization, so it will continue to develop even after this thesis.

---

Keywords Wärtsilä, W31 engine, optimizing, automation

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	9
2	WÄRTSILÄ.....	10
	2.1 Historia.....	10
	2.2 Smart Technology Hub.....	11
	2.3 Liiketoiminnot.....	13
	2.3.1 Wärtsilä Marine Power.....	13
	2.3.2 Wärtsilä Energy.....	14
	2.3.3 Wärtsilä Marine Systems.....	14
	2.3.4 Wärtsilä Voyage.....	14
3	W31-MOOTTORI.....	15
4	W31-MOOTTORIN AUTOMAATIO.....	17
	4.1 Modulaarisuus.....	19
	4.1.1 Paikallinen käyttöpaneeli LOP.....	20
	4.1.2 Paikallinen näyttöyksikkö LDU-30.....	21
	4.1.3 Viestintämoduuli COM.....	22
	4.1.4 Sisään-/Ulostulo moduuli IOM.....	22
	4.1.5 Sylinterin ohjausmoduuli CCM.....	23
	4.1.6 Moottorin turvamoduuli ESM.....	24
	4.2 Elektroninen moduulikotelo.....	24
	4.3 Voimayksikkö.....	25
	4.4 Anturit.....	25
	4.4.1 Paineanturi.....	25
	4.4.2 Lämpötila-anturi.....	26
	4.5 Kaapelit.....	26
5	W31 AUTOMAATION OSAKOKOONPANO.....	28
	5.1 Osakokoonpanoprosessi.....	28
	5.2 Linjakokoonpano.....	28

5.3	Jigi rakennelma .....	29
6	TYÖN MENETELMÄT .....	30
6.1	Haastattelut .....	30
6.2	Omakohtaiset kokemukset ja moottorituoterakenteen tutkiminen.....	30
7	EHDOTUKSET AUTOMAATION OPTIMOINNIN PARANTAMISEKSI .....	32
7.1	Optioanturit .....	32
7.2	A-puolen kaapeliarina .....	33
7.3	BEB-anturit .....	34
7.4	Öljypohjan öljynkorkeuden alaraja-anturi.....	35
7.5	Nakutusanturit .....	38
7.6	VIC ja VEC venttiilit sekä paineanturit .....	39
7.7	Pääkeskuksen nippusiteet .....	40
7.8	Sähkösiluukkujen nippusiteet .....	43
7.9	Turbosolussa käytettävät nippusiteet .....	45
7.10	Panduitit sähkösiluukussa .....	46
8	YHTEENVETO .....	48
	LÄHTEET .....	49

## KUVALUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Wärtsilä Smart Technology Hub. ....	13
<b>Kuva 2.</b> W31-moottorityyppi. ....	16
<b>Kuva 3.</b> UNIC-järjestelmän yleiskatsaus.....	18
<b>Kuva 4.</b> Wärtsilä W31-moottorin UNIC-järjestelmä. ....	19
<b>Kuva 5.</b> UNIC-järjestelmän moduulien yleiskatsaus. ....	20
<b>Kuva 6.</b> Paikallinen käyttöpaneeli LOP.....	21
<b>Kuva 7.</b> Paikallinen näyttöyksikkö LDU-30.....	21
<b>Kuva 8.</b> Viestintämoduuli COM.....	22
<b>Kuva 9.</b> Sisään-/Ulostulo moduuli IOM.....	23
<b>Kuva 10.</b> Sylinterin turvamoduuli CCM.....	24
<b>Kuva 11.</b> Moottorin turvamoduuli ESM.....	24
<b>Kuva 12.</b> WTB-20 moduulikotelo. ....	25
<b>Kuva 13.</b> Tyypillinen määrä kaapeleita moottorissa. ....	27
<b>Kuva 14.</b> Jigi.....	29
<b>Kuva 15.</b> Öljynpintaoptioanturit. ....	32
<b>Kuva 16.</b> Tasapainoakselien laakerien lämpötila-anturit. ....	33
<b>Kuva 17.</b> A-puolen kaapeliarina. ....	34
<b>Kuva 18.</b> BEB-anturi. ....	35
<b>Kuva 19.</b> Öljynpohjan öljyn korkeuden anturit LS204, LS205, LS214 ja LS215. ....	36
<b>Kuva 20.</b> Öljynpohjan öljyn korkeuden anturi LS204.....	37
<b>Kuva 21.</b> Öljynpohjan öljynkorkeuden laippakiinnitys. ....	38
<b>Kuva 22.</b> Nakutusanturi. ....	39
<b>Kuva 23.</b> VIC ja VEC venttiilit ja paineanturit. ....	40
<b>Kuva 24.</b> Pääkeskus.....	41
<b>Kuva 25.</b> Pääkeskus sisäpuolelta.....	42
<b>Kuva 26.</b> HellermannTyton Peek nippuside.....	43
<b>Kuva 27.</b> HellermannTyton Nylon nippuside. ....	43
<b>Kuva 28.</b> Nippusideankkuri .....	43
<b>Kuva 29.</b> W31.moottorin sivuluukku .....	45

<b>Kuva 30.</b> Sivuluukun purkki.....	45
<b>Kuva 31.</b> Turbon moduulikotelot.....	46
<b>Kuva 32.</b> Sivuluukun panduitit.....	47
<b>Kuva 33.</b> Teräsniippuside panduit. ....	47

## **KÄYTETYT LYHENTEET JA MERKINNÄT**

<b>JIGI</b>	Rakennelma, jonka päälle osakokoonpano rakennetaan.
<b>W31</b>	Wärtsilä 31-moottori, jonka sylinterihalkaisija on 31 cm.
<b>BEB</b>	Big end Bearing, Kiertokangen laakerin lämpötilamittausanturi
<b>IOM</b>	Input/Output Module, Sisään-/Ulostulo moduuli
<b>CCM</b>	Cylinder Control Module, Sylinterin ohjausmoduuli
<b>ESM</b>	Engine Safety Module, Moottorin turvamoduuli
<b>LOP</b>	Local Operation Panel, Käyttöpaneeli
<b>LDU</b>	Local Display Unit, Paikallinen näyttöyksikkö
<b>DF</b>	Dual Fuel, monipolttoaineversio
<b>SG</b>	Pure Gas, Puhdas kaasumoottoriversio

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Wärtsilä Finland Oy:lle Vaasaan toimipisteeseen. Työskentelin kesän 2021 Wärtsilä Finland Oy:n W31-linjakokoonpanossa ja työsuhteen alkupuolella kävin tiedustelemassa mahdollista opinnäytetyöaihetta. Aiheeksi valikoitui Wärtsilän W31 -moottorin (Kuva 1) automaation asennusjärjestelmien optimointi. Työ rajattiin yhteen moottorityyppiin sekä automaatiokomponentteihin. Automaation asennusjärjestelmien optimointiin on tehty jo ennestään paljon työtä, mutta siihen haluttiin uutta näkökulmaa.

Tämän työn tavoitteena on luoda ehdotuksia Wärtsilän W31-moottorin kokoonpanolinjalle automaation asennusjärjestelmän optimoinnista. Työsuhteeni aikana keräsin omakohtaisia havaintoja opinnäytetyöhöni työskentelemällä kyseisen moottorityypin parissa.

Wärtsilässä kehitetään jatkuvasti eteenpäin automaatio-osakokoonpanoa. Tähtäimenä on, että moottorien kaikki automaatio pystyttäisiin tekemään etukäteen jigissä niin, ettei pääkokoonpanossa moottorin päällä tarvitsisi enää rakentaa automaatiota. Tähtäimenä on myös saada kaikki tarvittava moottorin automaation testaus suoritettua jigissä ennen koeajoa. Työn keskeisimpinä hyötyinä on pyrkiä suunnittelemaan automaation asennusjärjestelmän olemassa olevat resurssit mahdollisimman toimiviksi ja kustannustehokkaiksi.

Tämän työn tarkoituksena on selvittää, missä moottorin neljästä kokoonpanovaihteesta mikäkin moottorin automaatiokomponenteista on järkevintä asentaa. Automaation asennusjärjestelmän optimointi oli nyt ajankohtaista, koska uusi Wärtsilä Smart Technology Hub valmistuu lähiaikoina.

Opinnäytetyö on tehty omien havaintojeni ja Wärtsilän W31-moottorin sähköasentajien haastatteluiden mukaan. Työssä on myös haastateltu Wärtsilän kehitysinsinööriä, joka on suunnitellut nykyisen optimoinnin.

## 2 WÄRTSILÄ

Wärtsilästä on vuosien saatossa syntynyt kansainvälinen merenkulun ja energiemarkkinoiden voimaratkaisuiden toimittaja. Nykyään Wärtsilä työllistää maailmanlaajuisesti noin 18 000 henkilöä ja toimipisteitä on yli 70 maassa ympäri maailmaa. Liikevaihto vuonna 2020 oli 4,6 miljardia euroa.

Wärtsilä Finland Oy on Wärtsilän suurin tytäryhtiö. Toimipaikkoja yrityksellä on Suomessa Vaasassa, Turussa sekä Helsingissä, missä myös sijaitsee yrityksen pääkonttori. Wärtsilä Finland Oy työllistää noin 3 700 ammattilaista lähes 50 kansallisuudesta.<sup>1</sup>

### 2.1 Historia

Wärtsilä Finland Oy on perustettu vuonna 1834 Itä-Suomen Tohmajärven Wärtsilän kylässä. Alkujaan se oli pieni saha, kunnes vuonna 1851 rakennettiin sahan tilalle Wärtsilän rautatehdas. 1900-luvun alussa Wärtsilästä oli tullut nykyaikainen sulattamo ja terästehdas, joka hyödynsi koskien tuottamaa sähköenergiaa.

Vuonna 1930 Wärtsilä laajensi toimintaansa galvanointialalle, sekä avasi myös rautalankaa tuottavan tehtaan. Vuonna 1936 Wärtsilä rantautui Vaasaan, kun se osti Onkilahden konepajan. Samalla vuosikymmenellä Wärtsilä osti Kone- ja Siltarakennus Oy:n, jonka kauppojen myötä se sai omistukseensa myös Kone- ja Siltarakennus Oy:n paperikonetehtaan ja Abloy lukkojen valmistuksen. 1950 vuoteen mennessä Wärtsilä oli ostanut myös Nuutajärven lasitehtaan ja Arabian keramiikka tehtaan.

Dieselmootoreiden aikakausi alkoi, kun Wärtsilä allekirjoitti lisenssisopimuksen saksalaisen yrityksen Friedrich Krupp Germani Werft AG kanssa ja vuonna 1942 ensimmäinen dieselmootori näki päivänvalonsa Turussa. 1954 Wärtsilä aloitti

---

<sup>1</sup> Wärtsilä Suomessa

omien dieselmoottoareiden suunnittelun Vaasassa ja 1959 ensimmäinen Wärtsilän suunnittelema dieselmoottori käynnistettiin ensimmäisen kerran. Kyseinen dieselmoottori oli Vasa 14, joka oli 3 sylinterinen.

Vuonna 1989 Wärtsilä ja Lohja fuusioituivat ja samalla Lohjasta tuli merkittävä osakkeenomistaja. 1990 Vuonna yritykset yhdistettiin ja nimeksi tuli Metra Oy Ab. Vuonna 2000 Metrasta tuli taas Wärtsilä.

Vuonna 2001 Wärtsilä laajensi toimintaansa biovoimaan ostamalla suomalaisen yrityksen Sermet Oy. Vuonna 2008 Wärtsilä laajensi sekä avasi toimistoja ja tuotantotehtaita Namibiassa, Chilessä, Brasiliassa, Madagaskarissa, Kiinassa, Turkissa ja Dubaissa. Vuonna 2009 EU hyväksyi Wärtsilän ja MAN dieselin HERCULES-Beta-projektin. Projektin tarkoituksena oli maksimoida polttoainetehokkuus yhdistettynä erittäin alhaisiin päästöihin sekä kehittää optimaalisesti tehokkaita ja puhtaita laivojen dieselmoottoareita tuleville sukupolville. Vuonna 2012 Wärtsilä allekirjoitti sopimuksen maailman suurimman kolmipolttoainevoimalaitoksen toimittamisesta Jordaniaan. Vuonna 2015 Wärtsilän W31-moottori lanseerattiin ja se tunnustettiin maailman tehokkaimmaksi 4-tahtimoottoriksi.<sup>2</sup>

21.8.2018 Wärtsilä ilmoitti rakentavansa uuden Smart Technology Hub tutkimus-, tuotekehitys- ja tuotantokeskuksen Vaasan Vaskiluotoon.<sup>3</sup>

## **2.2 Smart Technology Hub**

Vuonna 2018 Wärtsilä aloitti merkittävän investoinnin uuteen innovaatio- ja teknologiakeskukseen. Vaasan Vaskiluotoon nousee tutkimus-, tuote-, ja tuotantokeskus Smart Technology Hub (kuva 1). Teknologiakeskuksen rakennusala on yli 58 000 bruttoneliometriä sekä lisäksi rakennettiin erillinen toimistorakennus, jonka rakennusala on 15 000 bruttoneliometriä. Smart

---

<sup>2</sup> Wärtsilä historia

<sup>3</sup> Smart

Technology Hub koostuu toimisto- ja tehdasrakennuksista, logistiikasta sekä infrasta ja Hubin kokonaisinvestointi tulee olemaan jopa 200 miljoonaa euroa.

Smart Technology Hub on Wärtsilän seuraava konkreettinen askel kohti älykkään merenkulun ja energia-alan visioissa. Teknologiakeskus mahdollistaa meri- ja energiateollisuuden ketterämmän ja tehokkaamman testauksen ja tuotekehityksen sekä se tulee olemaan yhtenäinen ja ketterä testauslaitos.

Hub tulee olemaan tulevaisuuden tuotantolaitos, jossa robotiikka sekä joustavat valmistusjärjestelmät tulevat olemaan keskeisessä roolissa. Hubista tulee myös olennainen osa Wärtsilän kolmiulotteisen tulostamisen ekosysteemiä sekä Data-analytiikkaa.

Smart Technology Hubista tulee itsestään energiatehokas rakennus, jossa kaikki koeajojen aikana tuotettu sähkö syötetään verkkoon. Hub hakee BREEAM-sertifikaattia, joka ohjaa Hubin suunnittelua, rakentamista ja käyttöä. BREEAM-sertifikaatti on ekotehokkain kiinteistöjen luokitusjärjestelmä.

Uuteen tuotanto-, tuotekehitys ja tuotantolaitokseen siirtyvät Wärtsilän Vaasan keskustassa olevat toiminnot ja huollon verstastoiminnot Runsorista. Vuoden 2021 toukokuussa Smart Technology Hubin toimistorakennus luovutettiin Wärtsilälle ja koko Smart Technology Hubin on määrä valmistua vuoden 2021 loppuun mennessä.<sup>4 5 6</sup>

---

<sup>4</sup> Smart

<sup>5</sup> Lujatalo

<sup>6</sup> Media



**Kuva 1.** Wärtsilä Smart Technology Hub.<sup>7</sup>

## **2.3 Liiketoiminnot**

Wärtsilän liiketoimintoja vuonna 2020 olivat Wärtsilä Marine Power, Wärtsilä Marine Systems, Wärtsilä Voyage ja Wärtsilä Energy, jotka muodostivat konsernin raportoivat segmentit.<sup>8</sup>

### **2.3.1 Wärtsilä Marine Power**

Wärtsilä Marine Power vie meriteollisuutta kohti hiilineutraalia ja kestävää tulevaisuutta. Power tarjoaa asiakkaalle laivojen voimansiirtojärjestelmiä ja hallintalaitteita, jotka tarjoavat luotettavuutta, turvallisuutta ja ympäristömyötäisyyttä Wärtsilän älykkään merenkulun vision edellytysten mukaan. Powerin tuotteita on asennettu yli 19 000 alukseen ja laitekannan kokonaisteho on 67 GW, joita 17,5 GW on huoltosopimusten piirissä. Marine Powerin osuus liikevaihdosta on 38 % ja se työllistää 8 355 henkilöä.<sup>9 10</sup>

---

<sup>7</sup> Media

<sup>8</sup> Wärtsilä

<sup>9</sup> Liiketoiminnot

<sup>10</sup> Vuosikertomus 2020

### 2.3.2 Wärtsilä Energy

Wärtsilä Energy vie muutosta kohti tulevaisuutta, jossa sähkö tullaan tuottamaan sata prosenttisesti uusiutuvalla energialla. Energy tarjoaa joustavia energiaratkaisuja ja energian hallinta- ja varastointijärjestelmiä. Wärtsilä on toimittanut voimalaitoskapasiteettia 74 GW sekä yli 80 energian varastointijärjestelmää yhteensä 180 maahan. Energyn osuus liikevaihdosta on 35 % ja se työllistää 4 888 henkilöä.<sup>11 12</sup>

### 2.3.3 Wärtsilä Marine Systems

Wärtsilä Marine Systems muodostuu neljästä itsenäisestä liiketoimintayksiköstä, joita ovat Exhaust Treatment, Gas Solutions, Marine Electrical Systems ja Shaft Line Solutions. Marine Systems tarjoaa asiakkaalle uusimmat ja tehokkaimmat ratkaisut kohti kestävämpää tulevaisuutta. Wärtsilän tavoitteena on tarjota uusimmat ja tehokkaimmat ratkaisut, jotka ovat älykkään merenkulun ekosysteemin vision mukaisia sekä viedä asiakkaat kohti turvallisempaa, parempaa ja kestävämpää tulevaisuutta. Systemsin osuus liikevaihdosta on 18 % ja työllistää 1897 henkilöä.<sup>13 14</sup>

### 2.3.4 Wärtsilä Voyage

Wärtsilä Voyage tarjoaa alusliikenteen älykkään teknologian ohjausjärjestelmiä. Voyagen hyödyntää viimeisintä digitaalista teknologiaa parantaen turvallisuutta, tehokkuutta ja luotettavuutta ja vähentäen päästöjä uudistaen laivaliikennettä. osuus liikevaihdosta on 5 % ja se työllistää 1915 henkilöä.<sup>15 16</sup>

---

<sup>11</sup> Liiketoiminat

<sup>12</sup> Vuosikertomus 2020

<sup>13</sup> Liiketoiminat

<sup>14</sup> Vuosikertomus 2020

<sup>15</sup> Liiketoiminat

<sup>16</sup> Vuosikertomus 2020

### 3 W31-MOOTTORI

Wärtsilän W31-moottori lanseerattiin vuonna 2015 (kuva 2). W31-moottori edustaa uuden sukupolven keskinopeita moottoreita ja on markkinoiden polttoainetehokkain nelitahtimoottori. Moottori ei ole yksittäinen moottori vaan pikemminkin alusta, joka koostuu kolmesta eri tuotteesta, jota on saatavilla dieselversiona, puhtaana kaasumoottorina (SG) sekä monipolttoaineverSIONA (DF), jossa voidaan käyttää vaihtoehtoisesti dieseliä tai kaasua. Polttoaineteknologia lisää varustamoiden mahdollisuuksia hyödyntää eri polttoainelaatuja sekä useita erilaatuisia kaasuja. W31-moottori on myös päässyt Guinnessin ennätystenkirjaan maailman tehokkaimpana nelitahtimoottorina. Moottori kuluttaa koko kuormitusalueellaan 8–10 g/kWh vähemmän polttoainetta, kuin lähin kilpailija tuottaen näin päivittäin jopa 10 000 euron säästöt.

Wärtsilä W31 -moottori soveltuu käytettäväksi päämoottorina, apumoottorina sekä voimalaitoksen dieselmoottoriksi tuottamaan sähköä. Moottoria on saatavilla 8-16 sylinterisenä sekä 20 sylinteristä on toistaiseksi saatavilla SG voimalaitosmarkkinoille ja lähtöteholta 4,2–9,8 megawattia. W31-moottorissa on uusia useita ominaisuuksia polttoaineen ruiskutusjärjestelmässä, ohjausjärjestelmässä ja ahtopaineteknologiassa.

Wärtsilän W31-moottori on suunniteltu olemaan kustannus- ja päästötehokas sekä kestävä pidempiä huoltovälejä. Moottorin kunnossapidon osalta kustannukset ovat laskeneet 20 prosenttia. Muun vastaavanlaisen vakio moottori vaatii 1 000 käyttötunnin jälkeen ensimmäisen huoltopysäytyksen, kun taas W31-moottorin ensimmäinen pysäytys tapahtuu 8 000 tunnin jälkeen.

Wärtsilän W31-moottorin rakenne on suunniteltu modulaariseksi. Modulaarisuuden ansiosta kaikki moottorimoduulit pystytään helposti ottamaan

pois paikaltaan ja vaihtamaan. Tämän ansiosta kunnossapitoaika lyhenee, kun ei tarvitse purkaa koko moottoria vaan pystytään vaihtamaan pelkkä moduuli.<sup>17 18</sup>



**Kuva 2.** W31-moottorityyppi.<sup>19</sup>

---

<sup>17</sup> W31-moottori

<sup>18</sup> PDF-dokumentti

<sup>19</sup> W31-moottori

## 4 W31-MOOTTORIN AUTOMAATIO

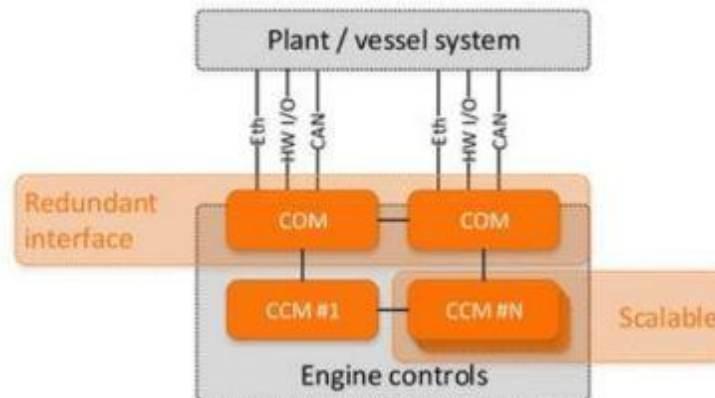
Wärtsilän W31 -moottorin automaatiojärjestelmänä toimii toisen sukupolven UNIC-järjestelmä (kuva 3). Kyseinen järjestelmä on keskeinen tekijä W31-moottorin tehokkaan suorituskyvyn mahdollistamisessa.

Moottorin automaatiojärjestelmän on oltava joustava, koska asiakkaiden tarpeet lisääntyvät jatkuvasti erilaisille variaatioille samanaikaisesti markkinaympäristön jatkuvan muutoksen rinnalla. Tämän takia myös moottorin automaatiojärjestelmän on oltava joustava, jotta sitä voidaan tarvittaessa optimoida tulevaisuuden tarpeita vastaavaksi. Kehittynyt toisen sukupolven UNIC-järjestelmän ohjausjärjestelmä on joustava laitteisto ja ohjelmisto sekä siinä on mahdollisuus muuttaa toimintaprofiilia.

UNIC-automaatiojärjestelmä on sulautettu moottorin hallintajärjestelmä. UNIC-järjestelmässä on modulaarinen rakenne ja jotkin UNIC-kokoonpanon osat ja toiminnot ovat valinnaisia sovelluksesta riippuen. UNIC-järjestelmä on suunniteltu vaativien ympäristöolosuhteiden moottoreihin ja siten huomiota on kiinnitetty tärinän ja lämpötilan kestävyteen. Tämä mahdollistaa järjestelmän asentamisen suoraan moottoriin (kuva 3). Antureiden ja muiden signaalien tiedonsiirrossa järjestelmä hyödyntää moderneja väyläteknologioita. Järjestelmää voidaan hallita ohjelmistopohjaisella tietokoneella ja sitä käytetään parametrien optimointiin, vianetsintään ja ohjelmistojen asentamiseen.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> PDF-dokumentti



**Kuva 3.** UNIC-järjestelmän yleiskatsaus.<sup>21</sup>

UNIC-automaatiojärjestelmä käsittelee kaikki tehtävät liittyen pysäytyksen ja käynnistyksen hallintaan, polttoaineiden käsittelyyn, moottorin turvallisuuteen, nopeuden ja kuorman hallintaan sekä myös latausilman, jäähdytyksen ja palamisen hallintaan. Tiedonsiirrossa UNIC-järjestelmä hyödyntää moderneja väyläteknologioita anturien ja muiden signaalien tiedonsiirrossa. Ohjelmistopohjaisella tietokoneella voidaan käsitellä UNIC-järjestelmää. Ohjelmapohjaa käytetään parametrien optimointiin, vianetsintään ja ohjelmistojen asentamiseen.<sup>22</sup>

<sup>21</sup> PDF-dokumentti

<sup>22</sup> PDF-dokumentti



**Kuva 4.** Wärtsilä W31-moottorin UNIC-järjestelmä.<sup>23</sup>

#### 4.1 Modulaarisuus

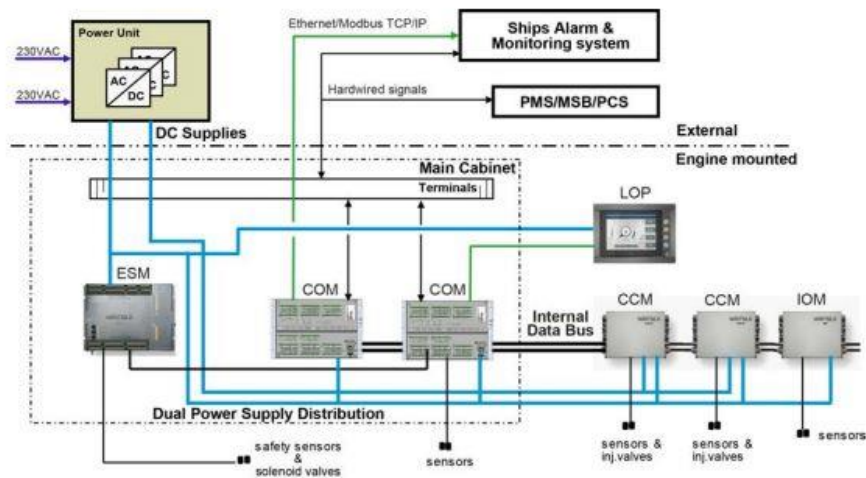
Toisen sukupolven UNIC-järjestelmä koostuu erilaisista moduuleista (kuva 3) ja kyseisillä moduuleilla on omia erityisominaisuuksia. Tulo- ja lähtömoduulit (IOM), turvamoduuli (ESM), sylinterin ohjausmoduulit (CCM) ja sekä järjestelmän käyttöliittymästä, joka koostuu yhteismoduuleista (COM) ja moottorin näyttöyksiköstä (LDU).

Tällä rakennelmalla järjestelmä voi vaihdella yksinkertaisista yksimoduulisista säädinsovelluksista nopeuden ja kuormituksen suhteen aina useisiin sylinterikokoonpanoihin, kuten esimerkiksi 20 sylinterisen kaasumoottorin ohjaukseen, jossa on 12 – 14 moduulia.<sup>24</sup>

---

<sup>23</sup> UNIC

<sup>24</sup> UNIC



Kuva 5. UNIC-järjestelmän moduulien yleiskatsaus.<sup>25</sup>

#### 4.1.1 Paikallinen käyttöpaneeli LOP

LOP (Local Operation Panel) käyttöpaneeli koostuu näyttöyksiköstä LDU sekä moottorin hätäpysäytyspainikkeesta (kuva 6). Paneeli näyttää moottorin mittaukset, joita ovat esimerkiksi lämpötilat ja paineet sekä tarjoaa erilaisia moottorin tilanilmaisimia ja tapahtumahistorian. Paneelin ohjaustoimintoja ovat paikallinen käynnistys ja lopetus, sammutuksen nollaus ja hätäpysähdys sekä paikallinen-/ etäohjausvalinta.<sup>26</sup>

<sup>25</sup> PDF-dokumentti

<sup>26</sup> UNIC



**Kuva 6.** Paikallinen käyttöpaneeli LOP.<sup>27</sup>

#### 4.1.2 Paikallinen näyttöyksikkö LDU-30

LDU (Local Display Unit) on moottoriin asennettu paikallinen näyttöyksikkö (kuva 7). LDU-30 on kehitetty keskittyen käyttäjälähtöisyyteen haastatteleamalla Wärtsilän huoltohenkilöitä ja Asiakkaiden edustajia. Haastatteluista saatujen ideoiden perusteella kehitettiin LDU-30 käytettävyys ja teollinen muotoilu.



**Kuva 7.** Paikallinen näyttöyksikkö LDU-30.<sup>28</sup>

LDU-30 tarjoaa käyttöliittymän kosketusohjaimilla, joiden avulla voidaan helposti selata moottorin perus- ja mittaustiloja. LDU-30 valo-ohjaus mahdollistaa värien ja vilkkuvien kuvioden moottorin toiminnan tilan ilmaisun. Valo-ohjaus ohjaa käyttäjää haluamiinsa toimintoihin ja ylläpitotarkastuksiin. Näytöltä on

---

<sup>27</sup> Engine Control

<sup>28</sup> UNIC

myös mahdollista tarkastella moottorin mittaustietoja syvällisimmin ja visuaalisesti moottorin diagnostiikkatietoja.

LDU-30 tarjoaa myös helpon pääsyn moottorin prosessitietoihin ja hälytyslokiin. Tiedonsiirto ja ohjelmistopäivitystoiminnot kulkevat näyttöyksikköön USB-portin kautta.<sup>29</sup>

#### 4.1.3 Viestintämoduuli COM

Viestintämoduuli COM (Communication Module) käsittelee strategisia ohjaustoimintoja, kuten moottorin päälle- ja poiskytkennän sekä moottorin nopeuden ja kuormituksen säädön (kuva 8). COM viestintämoduuli tukee useita liitäntöjä ja se on UNIC-järjestelmän viestinnän avainmoduuli.<sup>30 31</sup>



**Kuva 8.** Viestintämoduuli COM.<sup>32</sup>

#### 4.1.4 Sisään- ja ulostulomoduuli IOM

Sisään- ja ulostulo moduuli IOM (Input/Output Module) käsittelee mittaukset sekä rajoitetut ohjaustoiminnot tietyillä moottorin alueilla (kuva 9). IOM-moduuli on

---

<sup>29</sup> UNIC

<sup>30</sup> Engine Control

<sup>31</sup> Product guide

<sup>32</sup> Engine Control

sijoitettu lähelle mitattavia antureita. Moduulien määrä vaihtelee sylinterien lukumäärän mukaan sekä moottorityypin ja sovelluksien mukaan.<sup>33 34</sup>



**Kuva 9.** Sisään- ja ulostulomoduuli IOM.<sup>35</sup>

#### **4.1.5 Sylinterin ohjausmoduuli CCM**

Sylinterin ohjausmoduuli CCM (Cylinder Control Module) ohjaa ja valvoo polttoaineen ruiskutus- ja polttoainetoimintoja sekä sylinterien imuventtiilien ajoitusta (kuva 10). CCM-ohjausmoduulien määrä vaihtelee sylinterien lukumäärän mukaan ja se sijaitsee moottorin sivuprofiileissa liitântäkoteloiden sisällä.<sup>36 37</sup>

---

<sup>33</sup> Product guide

<sup>34</sup> Engine Control

<sup>35</sup> Engine guide

<sup>36</sup> Product guide

<sup>37</sup> Engine Control



**Kuva 10.** Sylinterin turvamuoduuli CCM.<sup>38</sup>

#### 4.1.6 Moottorin turvamuoduuli ESM

Moottorin turvamuoduuli ESM (Engine Safety Module) käsittelee moottorin perusturvallisuuden (kuva 11). Moduuli havaitsee viat sensoreissa, solenoideissa ja johtimissa. ESM tarjoaa turvatoimintoja, kuten moottorin sammutuksen ylinopeuden tai alhaisen voiteluöljyn paineen vuoksi. ESM sijaitsee tyypillisesti moottorin pääkeskuksessa.<sup>39 40</sup>



**Kuva 11.** Moottorin turvamuoduuli ESM.<sup>41</sup>

#### 4.2 Elektroninen moduulikotelo

Wärtsilän W31-moottorissa on uusi elektroniikkamoduulikotelo WTB-20, joka kehitettiin kyseiselle moottorille (kuva 12). WTB-20-moduulikotelossa on

---

<sup>38</sup> Engine Control

<sup>39</sup> Product guide

<sup>40</sup> Engine Control

<sup>41</sup> Engine Control

kunnollinen IP-suojaus ja se on myös suunniteltu mekaaniseksi helposti asennettavaksi moottoriin sekä helppokäyttöiseksi huoltaa ja ylläpitää.<sup>42</sup>



**Kuva 12.** WTB-20-moduulikotelo.<sup>43</sup>

### **4.3 Voimayksikkö**

Voimayksikkö toimitetaan jokaisen moottorin mukana. Voimayksikkö syöttää tasavirtaa moottorin automaatiojärjestelmään ja eristää sen muista aluksen virtalähteistä. Yksikkö sisältää ylimääräisiä tehomuuntimia, joista jokainen on sata prosenttisesti ladattavia.<sup>44</sup>

### **4.4 Anturit**

Anturi on mittalaitteen osa, joka reagoi ympäristön kanssa ja keräävää tietoa prosessista tai koneen tilasta<sup>45</sup>. Moottorissa on erilaisia antureita, joista yleisimpiä ovat paineanturit ja lämpötila-anturit. Moottoreihin on saatavilla myös optioantureita, jotka ovat asiakkaan valinnainen lisävaruste.

#### **4.4.1 Paineanturi**

Paineanturit mittaavat järjestelmäpaineita ja muuntavat paineen signaaliksi. Paineantureiden toiminta perustuu resistanssin muutokseen. Paineanturissa on

---

<sup>42</sup> UNIC

<sup>43</sup> UNIC

<sup>44</sup> Product guide

<sup>45</sup> Mäkinen M.

piikalvo, jonka pinnassa on puolijohdevastuksia. Paineantureita on saatavilla painealueille 0,05 baarista 15 000 baariin 0,05 % tarkkuudella.<sup>46 47</sup>

#### 4.4.2 Lämpötila-anturi

Lämpötilojen mittaus on yleisin prosessiteollisuuden mittauksista. Lämpötila-anturit mittaavat järjestelmän lämpötiloja ja niiden toiminta perustuu lämpötilojen mittaamiseen vastusanturin avulla. Lämpötila-anturiin on sisäänrakennettu anturielementti, joka muuntaa sen aistiman lämpötilan sähköiseksi signaaliksi. Termoelementti lämpötila-antureita voidaan käyttää korkeiden lämpötilojen mittaukseen. Sen ohut pinnoitus mahdollistaa nopeimman mahdollisen ajan vastuslämpömittarille. Termoelementti koostuu kahdesta eri metallista, jotka ovat liitetty yhteen muodostaen termoparin. Vastus lämpötila-anturia käytetään matalilla ja keskisuurilla lämpötila-alueilla. Teollisuuden yleisimmät vastus lämpötila-anturit ovat Pt100- ja Pt1000-mittausvastukset. Anturin anturielementti havaitsee lämpötilan nousun, jolloin sen vastus myös nousee. Vastukset voidaan jakaa kahteen luokkaan, ohutkalvoiset mittausvastukset ja wire-wound-mittausvastukset.<sup>48 49 50</sup>

#### 4.5 Kaapelit

Hajautetut moduulit kommunikoivat kaapeleiden avulla. Kaapelit välittävät signaaleja tai sähkötehoa<sup>51</sup>. Kaapeleiden tyypillinen määrä moottorissa nähdään kuvasta 13<sup>52</sup>.

---

<sup>46</sup> Keinänen, T.

<sup>47</sup> Paineanturit

<sup>48</sup> Kippo, A.K

<sup>49</sup> Lämpöanturit

<sup>50</sup> Mäkinen M

<sup>51</sup> Encyclopedia

<sup>52</sup> Product guide

Cable	From <=> To	Cable types (typical)
A	Engine <=> Power Unit	2 x 4 mm <sup>2</sup> (power supply) * 2 x 4 mm <sup>2</sup> (power supply) * 2 x 4 mm <sup>2</sup> (power supply) * 2 x 4 mm <sup>2</sup> (power supply) * 2 x 4 mm <sup>2</sup> (power supply) * 2 x 4 mm <sup>2</sup> (power supply) * 2 x 4 mm <sup>2</sup> (power supply) * 2 x 4 mm <sup>2</sup> (power supply) *
B	Power unit => Communication interface unit	2 x 2.5 mm <sup>2</sup> (power supply) *
C	Engine <=> Propulsion Control System Engine <=> Power Management System / Main Switch-board	1 x 2 x 0.75 mm <sup>2</sup> 1 x 2 x 0.75 mm <sup>2</sup> 1 x 2 x 0.75 mm <sup>2</sup> 24 x 0.75 mm <sup>2</sup> 24 x 0.75 mm <sup>2</sup>
D	Power unit <=> Integrated Automation System	2 x 0.75 mm <sup>2</sup>
E	Engine <=> Integrated Automation System	3 x 2 x 0.75 mm <sup>2</sup>
F	Engine => Communication interface unit	1 x Ethernet CAT 5
G	Communication interface unit => Integrated automation system	1 x Ethernet CAT 5
H	Engine => Pre-lubrication pump starter	2 x 0.75 mm <sup>2</sup>
I	Engine => Turning gear starter	1 x CAN bus (120 ohm)

**Kuva 13.** Tyypillinen määrä kaapeleita moottorissa.<sup>53</sup>

CAN-väyläkaapeli on automaatioväylä, jonka avulla kaikki liikenne välitetään kaikille moduuleille. CAN-väylän toiminta perustuu johdinten väliseen jänniteeroon<sup>54</sup>. Ethernet CAT5-kaapeli on verkkokaapeli, joka välittää sähkövirtaa yhdessä datan kanssa<sup>55</sup>.

<sup>53</sup> Product guide

<sup>54</sup> CAN-väylä

<sup>55</sup> Encyclopia

## **5 W31 AUTOMAATION OSAKOKOONPANO**

Osakokoonpanolla pyritään, että moottorin automaatiosta suurin osa valmistettaisiin etukäteen ja asennettaisiin kokonaisuudessaan moottorin lohkon valmiina, joka huomattavasti nopeuttaa moottorin läpimenoaikaa ja säästää yritykselle rahaa. Osakokoonpanossa voidaan myös testata moottorin sähköistys etukäteen ennen kuin se siirretään moottoriin. Etukäteen testaus nopeuttaa rikkiäisten antureiden vaihtoa sekä muiden sähköisten osien vaihtoa.

### **5.1 Osakokoonpanoprosessi**

W31-moottorin automaation osakokoonpanovaiheet voidaan jakaa neljään osaan. Alihankinta valmistaa ja toimittaa sähkösiluukut ja pääkeskuksen valmiina tehtaalle. Turbosolussa kytketään mahdollisimman paljon kaapeleita valmiiksi turboon. Turbosolu on alikokoonpano, joka sisältää moottorin ahtimet sekä niihin liittyviä mekaanisia - sekä automaatiokomponentteja. Joitakin sähkökaapeleita kytketään turbolle vasta pääkokoonpanossa. Tällaisia sähkökaapeleita ovat esimerkiksi semmoiset kaapelit, jotka ovat kytketty jo valmiiksi siluukkuihin tai keskukselle. Jigillä sähköasentajat suorittavat itse osakokoonpanon sekä suorittavat myös osakokoonpanon testauksen. Pääkokoonpanossa jigillä suoritettu osakokoonpano asennetaan moottoriin sekä lisätään moottorin muu sähköistys, joita ei muissa vaiheissa ole pystytty suorittamaan.

### **5.2 Linjakokoonpano**

Wärtsilä W31 -moottori rakennetaan linjakokoonpanossa. Linjakokoonpanossa moottoria kuljetetaan vaiheelta seuraavalle, kunnes moottori on valmis. Moottori kuljetetaan 7 vaiheen välillä. 1 vaiheella automaatio suoritetaan jigillä. 1 ja 2 vaiheen välillä jigillä suoritettu osakokoonpano on nostettu moottorin päälle. 2–7 vaiheella rakennetaan moottorin automaatiota sen mukaan mitä milläkin

vaiheella pystytään suorittamaan mekaanisen työn ohella. 7 vaiheella suoritetaan vielä automaation lopputestaus ennen kuin moottori siirretään koeajoon.

### 5.3 Jigirakennelma

Jigi on rakennelma, jossa sähköasentajat suorittavat itse osankokoonpanon (kuva 14). Jigi vastaa mitoitukseltaan moottorilohkoa, johon automaatiomoduuli asennetaan. Tämä mahdollistaa komponenttien sopivuuden varmistamisen ja kaapeleiden oikean mitoituksen sekä reitityksen jo alikokoonpanovaiheessa. Jigi myös nopeuttaa työskentelyä sekä parantaa työergonomiaa sekä turvallisuutta, kun ei tarvitse työskennellä moottorin päällä vaan kaikki pystytään tekemään lattialla.

Jigille asennetaan alihankinnasta tulleet sähkösivuluukut ja pääkeskus, jonka jälkeen suoritetaan itse osakokoonpano. Jigillä sähköasentajat kytkevät optioantureita sivuluukkuihin ja kytkevät pääkeskukselle sivuluukuista tulevat kaapelit sekä optioanturit. Lopuksi suoritetaan jigillä testaus ennen pääkokoonpanoon siirtämistä.



**Kuva 14.** Jigi.

## **6 TYÖN MENETELMÄT**

Opinnäytetyön menetelminä käytin haastatteluja, omakohtaista havainnointia sekä moottorituoterakenteen tutkimista.

### **6.1 Haastattelut**

Opinnäytetyötä varten haastattelin Wärtsilän W31-moottorin sähköasentajia ja kehitysinsinööriä.

Sähköasentajien haastattelut suoritin avoimena haastatteluna. Haastatteluissa käytiin läpi vanhempien sähköasentajien ideoita automaatiokokoonpanon optimoinnista.

Haastatteluissa tuli ilmi joitain samoja asioita, joita olin itsekin jo havainnoinut, mutta myös uusia ehdotuksia annettiin. Haastatteluiden vastaukset tarkensivat omia havaintojani, jotka auttoivat tutkielman etenemisessä ja johtopäätöksissä.

Haastattelin myös Wärtsilän kehitysinsinööriä, joka on suunnitellut moottorin nykyisen automaation asennusjärjestelmän optimoinnin sekä suunnitellut jigin kyseiselle moottorille. Haastattelun suoritin teemahaastatteluna.

Haastattelussa kysyin kehitysinsinööriltä, mitä omat ja sähköasentajien ehdotukset automaation asennusjärjestelmän optimoinnista vaativat. Kävimme ehdotukset läpi yksitellen ja keskustelimme mitkä ehdotukset olisivat eteenpäin vietäviä ja käyttökelpoisia.

### **6.2 Omakohtaiset kokemukset ja moottorituoterakenteen tutkiminen**

Opinnäytetyössä hyödynsin myös omakohtaisia havaintoja. Olin Wärtsilässä kesätöissä 2021 W31-moottorin sähköasentajana. Tänä aikana sain kerättyä tietoa ja havaintoja moottorin automaatiosta. Tietojen ja havainnointieni myötä sain ideoita, miten moottorin automaatiota asennusjärjestelmää pystyttäisiin

optimoimaan. Opinnäytetyön teon alkuvaiheilla tutkin myös moottorin tuoterakennetta. Tuoterakenteen tutkiminen ei tuottanut lisää ideoita optimointiin.

Olen myös työskennellyt Wärtsilän alihankkijalla OY Escarmat Ltd:llä 9 vuotta mistä oli myös apua ehdotuksia laatiessa. Escarmatilla työskennellessä työnkuvaani kuului Wärtsilän moottoreiden pääkeskuksien ja sähkösisivuluukkujen automaatio.

## 7 EHDOTUKSET AUTOMAATION OPTIMOINNIN PARANTAMISEKSI

Optimoinnilla tarkoitetaan parhaimman tai optimaalisimman ratkaisun löytämistä tai etsimistä. Optimoinnin avulla pyritään suunnittelemaan resurssit mahdollisimman toimivaksi ja kustannustehokkaaksi.

Alla on esiteltynä ehdotukset W31-moottorin automaation asennusjärjestelmän optimoinnin parantamiseksi. Ehdotuksissa on hyödynnetty omakohtaisia havaintoja sekä Wärtsilän W31-moottorin sähköasentajien haastatteluissa antamia ehdotuksia.

### 7.1 Optioanturit

Opinnäytetyön ehdotuksena on optioantureiden kytkeminen sähkösivuluukkujen moduulikoteloihin ja pääkeskukselle alihankinnassa. Nykyisin optioanturit kytketään jigillä ja pääkokoontelossa. Optioantureita ovat jäähdytysvedenoptioanturit, öljypintaoptioanturit (kuva 15) ja tasapainoakselien laakereiden lämpötila-anturit (kuva 16).



**Kuva 15.** Öljypintaoptioanturit.



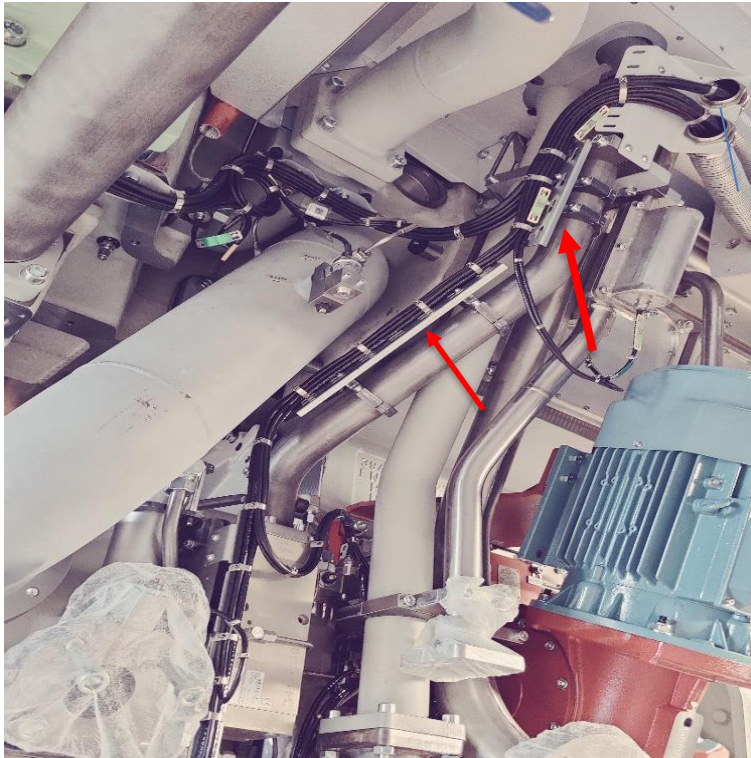
**Kuva 16.** Tasapainoakselien laakerien lämpötila-anturit.

Ehdotuksen hyötynä on nopeampi läpimenoaika jigillä ja pääkoonpanossa, jos optioanturit kytkettäisiin valmiiksi alihankinnassa sähkösivuluukkujen moduulikoteloihin ja pääkeskukseen. Nykyisellä työmenetelmällä kuluu aikaa jigillä selvittää, mitkä anturit ovat vielä kytkemättä sekä niiden kytkemiseen.

Optioantureiden kytkeminen alihankinnassa vaatii kuvamuutokset ja kuvien kunnossa olon. Optioantureille tarvitaan myös omat materiaalinumerot, jotta osto voisi asettaa hinnan antureille.

## **7.2 A-puolen kaapeliarina**

Ehdotuksena on A-puolen kaapeliarinan (kuva 17) kaapeleiden niputus valmiiksi jigillä. Nykyisin kaapeleiden niputus suoritetaan pääkoonpanossa huonossa asennossa ja kaapeleiden niputus vie aikaa, koska ne tulevat kaapeliputkesta väärässä järjestyksessä.



**Kuva 17.** A-puolen kaapeliarina.

Ehdotuksen hyötynä on nopeampi läpimenoaika pääkokoönpanossa, jos kaapeliarinan kaapelit niputettaisiin valmiiksi jigillä. Jigillä kaapeleiden niputus saadaan myös suoritettua ergonomisemmassa asennossa.

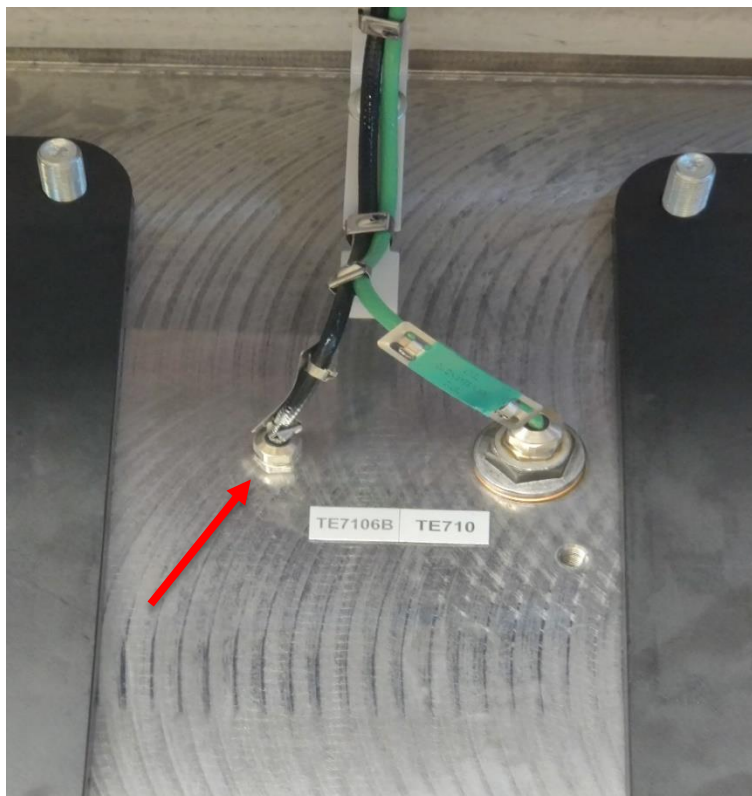
Kaapeliarinan niputus jigillä vaatii jigiiin muutoksen. Kehitysinsinöörin haastattelun yhteydessä sain tietooni, että kyseisen arinan muutos on jo tehty.

### **7.3 BEB-anturit**

Ehdotuksena on kierokangen laakerin lämpötilamittaus eli Big end Bearing-antureiden (kuva 18) kytkentä sähkösivuluukun moduulikoteloon alihankinnassa. Nykyisin BEB-anturit asennetaan lohkon lohkopäässä ja kytketään sivuluukkuun pääkokoönpanossa. Lohkopäässä BEB-anturit merkitään tussilla. Pääkokoönpanossa anturit niputetaan panduiteilla sivuluukun päästä toiseen päähän sivuluukun purkille. Antureita kytkiessä monesti huomataan tussimerkintöjen kuluminen ja joudutaan purkamaan koko sivuluukun niputus.

Tussien kuluminen antureista vie pääkokoontyössä paljon aikaa. Jotkut asentajat merkkäavat anturit myös tekemällä sivuleikkureilla viivoja anturiin. Kyseinen tapa on parempi, kuin tussilla merkitseminen, mutta vie aikaa laskea viivoja mustasta anturista.

Ehdotuksen hyötynä saadaan pääkokoontyön nopeampi läpimenoaika, jos BEB-anturit kytkettäisiin alihankinnassa sähkösiluukun moduulikoteloon.



**Kuva 18.** BEB-anturi.

BEB-antureiden kytkeminen alihankinnassa vaatii moottorin lohkon suuremmat reiät, jotta antureiden sensorit saadaan pujotettu lohkon ulkopuolelta lohkon sisäpuolelle.

#### **7.4 Öljypohjan öljynkorkeuden alaraja-anturi**

Ehdotuksena on siirtää öljynpohjan öljynkorkeuden alaraja-anturi/anturit kytkettäväksi sähkösiluukun moduulikoteloon alihankinnassa. Nykyisin kytkentä

tapahtuu pääkokoonpanossa. Kyseisiä antureita ovat LS204 (kuva 20) ja optiona LS205, LS214 ja LS215 (kuva 19).

Ehdotuksen hyötynä on pääkokoonpanon nopeampi läpimenoaika, jos öljynpohjan öljynkorkeuden alaraja-anturi/ anturit kytketään alihankinnassa sähkösivuluukun moduulikoteloon.



**Kuva 19.** Öljynpohjan öljyn korkeuden anturit LS204, LS205, LS214 ja LS215.



**Kuva 20.** Öljypohjan öljyn korkeuden anturi LS204.

Öljypohjan öljynkorkeuden anturin tai anturien kytkeminen sähkösisivuluukkujen moduulikoteloon alihankinnassa vaatii öljypohjan laippakiinnitykseen piirustusmuutoksen (kuva 21).

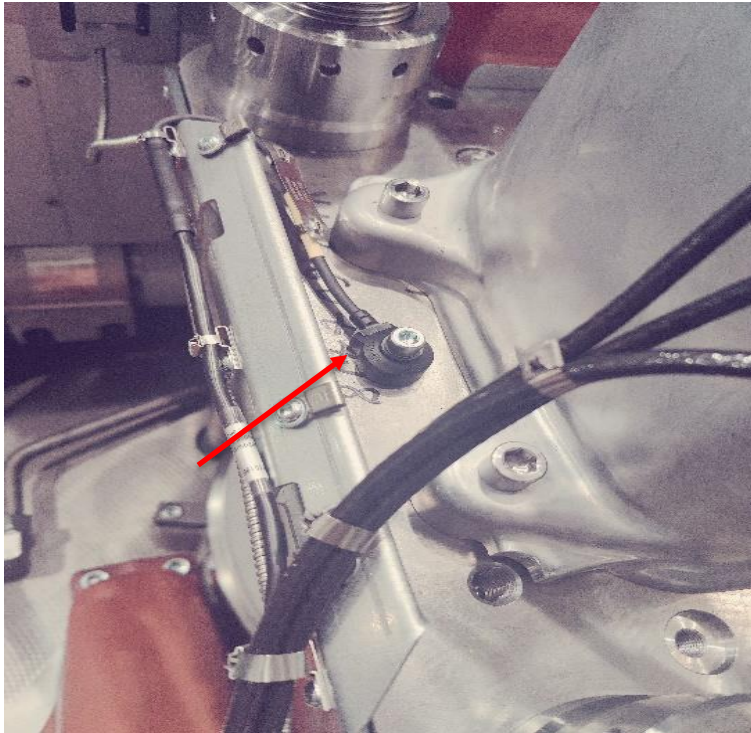


**Kuva 21.** Öljynpohjan öljynkorkeuden laippakiinnitys.

### 7.5 Nakutusanturit

Ehdotuksena on nakutusantureiden (kuva 22) kytkeminen sähkösilvuluukkujen moduulikoteloihin alihankinnassa. Nykyisin nakutusanturit kytketään jigillä sähkösilvuluukkuihin moduulikoteloihin. Nakutusanturit ovat käytössä SG- ja DF -malleissa.

Ehdotuksen hyötynä on nopeampi läpimenoaika jigillä, jos nakutusanturit kytkettäisiin sähkösilvuluukkujen moduulikoteloihin valmiiksi alihankinnassa.



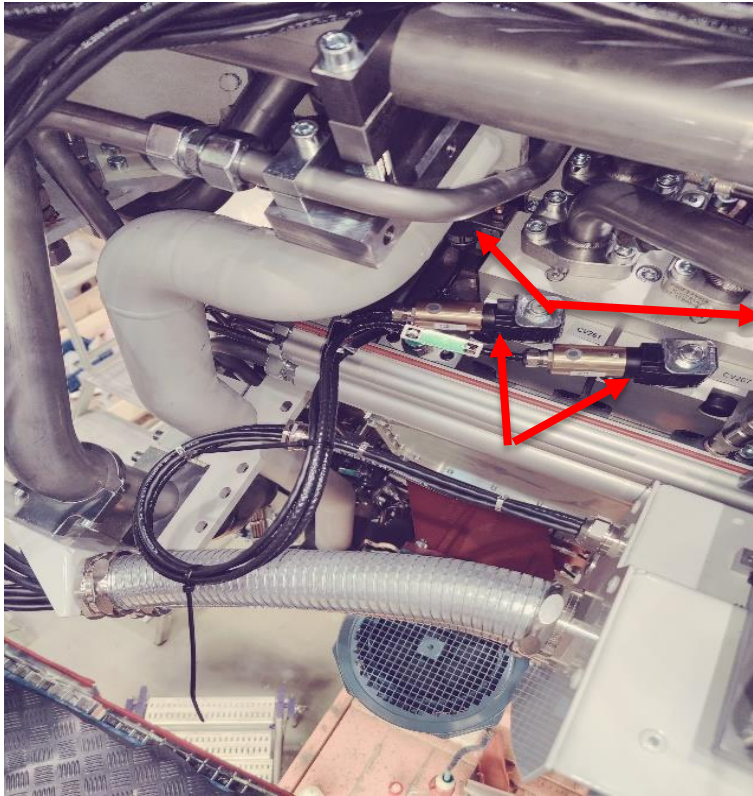
**Kuva 22.** Nakutusanturi.

Nakutusantureiden kytkeminen alihankinnassa sähkösivuluukkujen moduulikoteloihin vaatii kuvamuutoksen. Kehitysinsinööriä haastatellessani kävi ilmi, että kyseiset kuvamuutokset on jo tehty.

### **7.6 VIC ja VEC venttiilit sekä paineanturit**

Ehdotuksena on VIC- ja VEC-venttiilien ohjaus sekä paineanturit (kuva 23) sylinterikohtaiseksi. Nykyisin VIC- ja VEC-venttiilit sekä paineanturit tulevat sivuluukun päistä ja menevät suojapeltien läpi.

VIC- ja VEC-venttiilien ja paineantureiden saanti sylinterikohtaiseksi vaatii piirustusmuutoksen.



**Kuva 23.** VIC-ja VEC-venttiilit ja paineanturit.

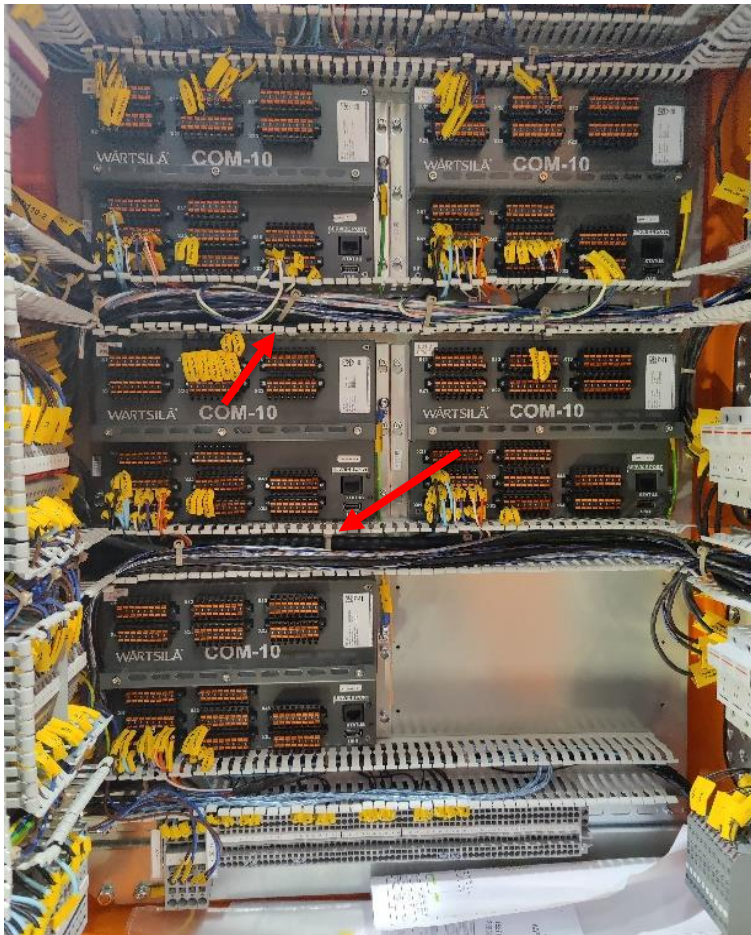
### **7.7 Pääkeskuksen nippusiteet**

Ehdotuksena on vaihtaa alihankinnassa pääkeskuksella (kuva 24) käytettävät HellermannTyton Peek-materiaalin nippusiteet (kuva 26) HellermannTyton Nylon-nippusiteisiin (kuva 27)

Ehdotuksena on myös, että alihankinnassa ei laitettaisi pääkeskuksen johdinkourujen (kuva 25) nippusideankkureihin (kuva 28) nippusiteitä kiinni, vaan voitaisiin laittaa valmiiksi Peek-materiaalista valmistetut nippusiteet roikkumaan nippusideankkureihin.



**Kuva 24.** Pääkeskus.



**Kuva 25.** Pääkeskus sisäpuolelta.

Ehdotuksen hyötynä saadaan taloudellista säästöä, koska HellermannTyton Peek-materiaalin nippusiteet ovat huomattavasti kalliimpia, kuin HellermannTyton Nylon-nippusiteet. Johdinkourujen nippusideankkureiden nippusiteiden auki jättäminen helpottaa taas sähköasentajien työtä jigillä.

Nippusiteiden vaihto alihankinnassa HellermannTyton Peek-nippusiteistä HellermannTyton Nylon-nippusiteisiin vaatii ohjeistuksen alihankintaan. Nippusideankkureiden nippusiteiden auki jättäminen vaatii myös ohjeistuksen alihankkijalle.



**Kuva 26.** HellermannTyton Peek-nippuside.<sup>56</sup>



**Kuva 27.** HellermannTyton Nylon-nippuside.<sup>57</sup>



**Kuva 28.** Nippusideankkuri.

## **7.8 Sähkösisivuluukkujen nippusiteet**

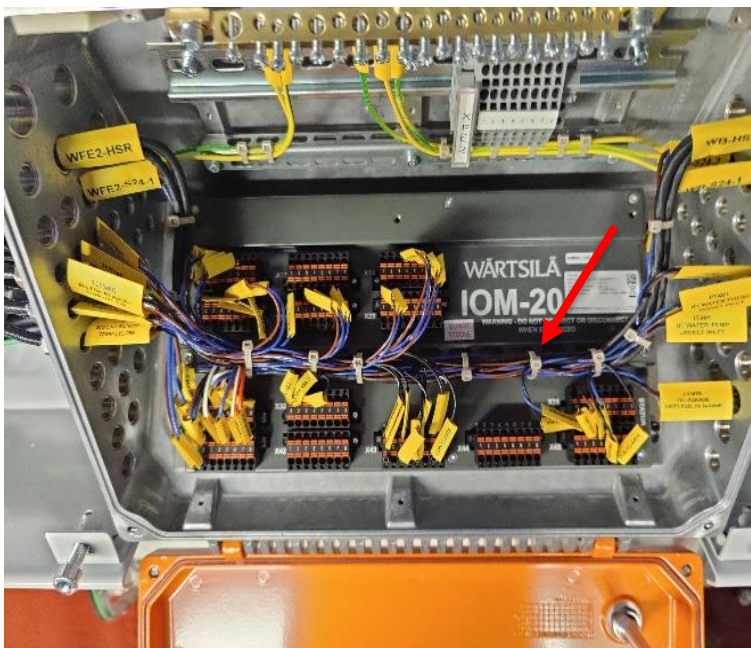
Ehdotuksena on HellermannTyton Peek-materiaalin nippusiteiden vaihto halvempiin HellermannTyton Nylon-nippusiteisiin (kuva 27) alihankinnassa sähkösiluukkujen moduulikoteloiden johdotuksen niputuksessa. Nykyisin alihankinnassa käytetään kalliita HellermannTyton Peek-materiaalista valmistettuja nippusiteitä (kuva 26) sähkösiluukkujen moduulikoteloiden johdotuksen niputuksessa (kuva 29, 30). Jigillä ja pääkoonpanossa kalliit HellermannTyton Peek-materiaalin nippusiteet poikkaistaan ja laitetaan kuitenkin uudet Peek-materiaalista valmistetut nippusiteet.

Ehdotuksen hyötynä saadaan taloudellista säästöä, koska kyseiset HellermannTyton Peek-materiaalista valmistetut nippusiteet ovat huomattavasti kalliimpia, kuin HellermannTyton Nylon-nippusiteet.

Kyseinen nippusiteiden materiaalin vaihto sähkösiluukkujen moduulikoteloiden johdotuksen niputuksessa vaatii ohjeistuksen alihankkijalle.



**Kuva 29.** W31-moottorin sivuluukku.



**Kuva 30.** Sivuluukun purkki.

### 7.9 Alikokoonpanossa käytettävät nippusiteet

Ehdotuksena on HellermannTyton Peek-materiaalista (kuva 26) valmistetut nippusiteet korvattaisiin HellermannTyton Nylon-materiaaliin nippusiteillä (kuva 27) alikokoonpanossa turbon moduulikoteloiden johdotuksen niputuksessa. Nykyisin pääkokoonpanossa leikataan nippusiteet pois kytkiessä lisää kaapeleita turbon moduulikoteloihin (kuva 31).



**Kuva 31.** Turbon moduulikotelot.

Ehdotuksen hyötynä saadaan taloudellinen säästöä, koska kun lisätään turbon moduulikoteloihin kaapeleita, joudutaan leikkaamaan poikki kalliit Peek-materiaalin nippusiteet.

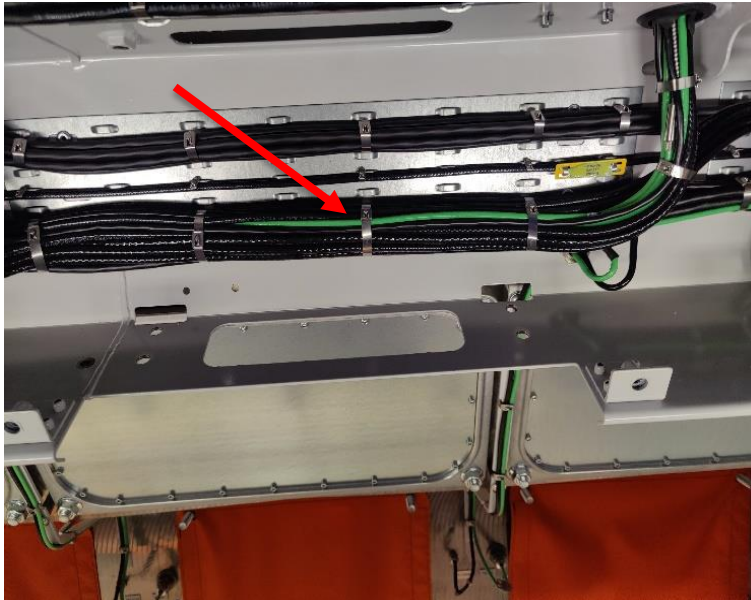
Alikokoonpanon nippusiteiden materiaalin vaihto vaatii ohjeistuksen alikokoonpanoon.

### **7.10 Panduitit sähkösivuluukussa**

Ehdotuksena on sähkösivuluukkujen kaapelikiskossa käytettävien teräsnippusiteiden eli panduittien (kuva 33) vaihto Hella-Tyton Nylon-nippusiteisiin (kuva 27). Nykyisin alihankinnassa sivuluukkujen kaapelit niputetaan panduiteilla sivuluukkujen kaapelireittiin (kuva 32). Jigillä sekä pääkokoonpanossa joudutaan leikkaamaan panduitit pois, kun lisätään kaapeleita sivuluukkujen moduulikoteloihin.

Ehdotuksen hyötynä on työkalujen pitempi kestäminen, kun panduitit eivät hajota niitä mikä taas tuo taloudellista säästöä. Panduittien pois leikkaaminen myös vie paljon aikaa jigillä ja pääkokoonpanossa, koska jotkin panduiteista on sähkösivuluukkujen moduulikoteloiden tai kaapeleiden takana, mihin on vaikea pääsy. Panduittien vaihto Hella-Tyton Nylon-nippusiteisiin parantaa myös

työturvallisuutta, koska muovisessa nippusiteessä ei ole teräviä viiltohaavariskin aiheuttavia reunoja kuten metallisessa.



**Kuva 32.** Sivuluukun panduitit.



**Kuva 33.** Teräsnippuside panduit.<sup>58</sup>

Teräsnippusiteiden eli panduittien vaihtaminen sähkösisuluukun kaapelikiskossa HellermannTyton Nylon-nippusiteisiin vaatii ohjeistuksen alihankintaan.

---

<sup>58</sup> TME

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli antaa ehdotuksia Wärtsilän W31-moottorin linjakokoonpanolle automaation asennusjärjestelmän optimoinnin parantamiseksi. Työn haasteeksi muodostui jo käytössä oleva optimointi. Optimointi oli jo tehty niin hyvin, etten saanut W31-moottorin sähköasentajilta kovin montaa ehdotusta optimoinnin parantamiseksi, jota olisin pystynyt hyödyntämään työssäni. Myöskään oman kesätyöni aikana en itse havainnoinut montakaan sellaista asiaa, joita olisi voinut optimoida. Tuoterakenteen tutkimisesta ei ollut myöskään hyötyä työssä.

Löysimme yhdessä sähköasentajien kanssa kuitenkin muutamia ehdotuksia, joita sain annettua Wärtsilä Finland Oy:n W31-moottorin linjakokoonpanolle. Jotkin ehdotuksista on haastavampia toteuttaa ja näitä ehdotuksia pitää vielä tutkia lisää, että onko niitä edes mahdollista toteuttaa. Tämmöisiä ehdotuksia on esimerkiksi BEB-anturien kytkeminen sähkösivuluukkujen moduulikoteloihin alihankinnassa. Haasteeksi ehdotuksessa voi syntyä moottorilohkon isommat reiät antureille, koska isommat reiät moottorilohkossa voivat heikentää lohkoa liikaa. Jotkin ehdotukset on taas helposti toteutettavissa pelkällä ohjeistuksella alihankintaan tai alikokoonpanoon, kuten HellermannTyton Peek-nippusiteiden vaihtaminen HellermannTyton Nylon-nippusiteisiin.

W31-moottorin automaation asennusjärjestelmän optimointi tulee jatkumaan tämän opinnäytetyön jälkeenkin. Moottorin sivuluukkujen rakennetta tullaan lähiaikoina muuttamaan ja näin ollen myös jiggiä pitää kehittää vastaamaan uusien sivuluukkujen rakennetta. Muutosten myötä voidaan löytää vielä lisää ehdotuksia W31-moottorin automaation asennusjärjestelmän optimointiin.

## LÄHTEET

Elfadistrelec. Muoviset kaapelisiteet. Viitattu 4.11.2021.  
<https://www.elfadistrelec.fi/fi/nippuside-250-65mm-polyeetterieetteriketoni-300n-beige-hellermanntyton-pt3b-peek-bge/p/30076208>

Kehitysinsinööri. Wärtsilä Finland Oy. Haastattelu 6.10.2021

Keinänen, T. Kärkkäinen, P. Lähetkangas, M.& Sumujärvi, M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. 1. painos. Helsinki. WSOY Oppimateriaalit Oy. Viitattu 15.11.2021

Kippo, A. K. & Tikka, A. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki. Edita Prima Oy. Viitattu 15.11.2021

Lujatalo. Wärtsilä. Viitattu 18.10.2021. <https://lujatalo.fi/wartsila/smart-technology-hub/gt5t3>

Mäkinen, M. J.J., Kallio, R. & Tantarimäki. R. 2009. Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioasennukset. Helsinki. Kustannusosakeyhtiö Otava. Viitattu 18.11.2021

Smart Technololy Hub. Viitattu 20.10.2021  
<https://www.smarttechnologyhub.com/fi/milestones/>

Sähköasentajat. Wärtsilä Finland Oy. Haastattelut 4.10.2021

Sähköliike24. Nippusiteet. Viitattu 4.11.2021. <https://www.xn--shkliike24-q5a2t.fi/osasto/nippusiteet/>

TME. Nippusiteet – metalliset. viitattu 4.11.2021  
<https://www.tme.eu/fi/details/mlt2h-lp/nippusiteet-metalliset/panduit/>

WIKA Finland. Lämpötila-anturi. Viitattu 18.11.2021.  
[https://www.wika.fi/landingpage\\_temperature\\_sensor\\_fi\\_fi.WIKA](https://www.wika.fi/landingpage_temperature_sensor_fi_fi.WIKA)

WIKA Finland. Paineanturit. Viitattu 18.11.2021.  
[https://www.wika.fi/products\\_pressure\\_sensors\\_fi\\_fi.WIKA](https://www.wika.fi/products_pressure_sensors_fi_fi.WIKA)

Wikipedia. Anturi. Viitattu 18.11.2021. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Anturi>

Wikipedia. CAN-väylä. Viitattu 30.11.2021. <https://fi.wikipedia.org/wiki/CAN-v%C3%A4yl%C3%A4>

Wärtsilä. Encyclopedia. Viitattu 29.11.2021.  
<https://www.wartsila.com/encyclopedia/letter/c>

Wärtsilä Engine Control System Overview. PDF dokumentti. Viitattu 1.11.2021. Saatavilla Wärtsilän kotisivuilta.

[https://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/brochure-o-e-unic-ms.pdf?sfvrsn=7ab39545\\_4](https://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/brochure-o-e-unic-ms.pdf?sfvrsn=7ab39545_4)

Wärtsilä Oyj Abp. Liiketoiminnat lyhyesti. Viitattu 4.10.2021.

<https://www.wartsila.com/fi/media-fi/liiketoiminnat-lyhyesti>

Wärtsilä. Media 21.8.2018. Viitattu 20.10.2021

<https://www.wartsila.com/fi/media-fi/uutinen/21-08-2018-wartsilalta-merkittava-investointi-suomeen---uuden-sukupolven-innovaatio--ja-tuotantokeskus-smart-technology-hub-vaasaan-2251771>

Wärtsilä. Next generation UNIC automation system. Viitattu 28.10.2021

<https://www.wartsila.com/insights/article/next-generation-unic-automation-system-enables-wartsila-31-performance>

Wärtsilä. PDF Vuosikertomus 2020. Viitattu 18.11.2021.

<https://mb.cision.com/Main/15003/3283474/1370528.pdf>

Wärtsilä Oyj Abp. Wärtsilä historia. Viitattu 4.10.2021.

<https://www.wartsila.com/fi/suomi-100/historia/jo-sata-vuotta-yhdessa>

Wärtsilä Oyj Abp. Wärtsilä Suomessa. Viitattu 4.10.2021.

<https://www.wartsila.com/fin>

Wärtsilä. Wärtsilä. Viitattu 18.11.2021. <https://www.wartsila.com/fi/wartsila>

Wärtsilä Oyj Abp. Wärtsilä W31-moottori. Viitattu 4.10.2021.

<https://www.wartsila.com/fi/media-fi/uutinen/02-06-2015-wartsila-tuomarkkinoille-uuden-ennennakemattoman-tehokkaan-wartsila-31--moottorin>

Wärtsilä W31. PDF dokumentti. Viitattu 1.11.2021. Saatavilla Wärtsilän kotisivuilta.

[https://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/ms-engine/brochure-o-e-w31.pdf?utm\\_source=engines&utm\\_medium=dieselenigines&utm\\_term=w31&utm\\_content=brochure&utm\\_campaign=msleadscoring](https://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/ms-engine/brochure-o-e-w31.pdf?utm_source=engines&utm_medium=dieselenigines&utm_term=w31&utm_content=brochure&utm_campaign=msleadscoring)

Wärtsilä. W31 Product guide. Viitattu 1.11.2021. Saatavilla Wärtsilän kotisivuilta. [https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/ms-engine/product-guide-o-e-w31.pdf?utm\\_source=engines&utm\\_medium=dieselengines&utm\\_term=w31&utm\\_content=productguide&utm\\_campaign=msleadscoring](https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/ms-engine/product-guide-o-e-w31.pdf?utm_source=engines&utm_medium=dieselengines&utm_term=w31&utm_content=productguide&utm_campaign=msleadscoring)