



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Hannu Saari

KOEAJON TEHOKKUUDEN LISÄÄMINEN

Wärtsilä

Tekniikka
2021

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Saari Hannu
Opinnäytetyön nimi	Koeajon tehokkuuden lisääminen
Vuosi	2021
Kieli	suomi
Sivumäärä	49 + 21 liitettä
Ohjaaja	Sami Elomaa

Tämä opinnäytetyö on kehittämishanke, jossa etsitään ratkaisu koeajon tuotannon tehostamiseen. Työn tilaaja on Wärtsilä W3X koeajo. Nykylaitteistoilla ei ole tehokasta eikä turvallista koeajaa uuden moottorityypin luovutusajaja asiakkaille. Tämä tarkoittaa sitä, että koeajon täytyy muuttua vaadittavien testiajovaatimusten suhteen tehokkaasti ja taloudellisesti, että voidaan suorittaa vaadittavat koeajot sekä validointiajot moottoreille.

Tavoitteena on kehittää monipuolisuutta, tehokkuutta sekä lyhentää koeajon läpimenoaikaa saaden näin aikaan säästöä. Koeajon kokonaistilannetta miettimällä päädyin kehittämään yhtä tiettyä työvaihetta, mikä vaikuttaa moneen asiaan samaan aikaan. Suunnittelema uudenlainen säätöalusta generaattorille, joka olisi säädettävissä tehokkaasti eri moottorityypeille. Tätä työvaihetta kehittämällä pystyn vaikuttamaan tehokkuuteen, turvallisuuteen, kustannustehokkuuteen sekä läpimenoajan lyhentymiseen. Koeajoissa juuri tämä moottoreiden rihtaus työvaihe on se eniten aikaa vievä sekä hankalin toteuttaa. Tässä suunnittelussa tullaan ottamaan huomioon turvallisuus, monipuolisuus, tehokkuus sekä uuden STH-tehtaan koeajojen tulevaisuus. Tavoitteena on saada suunniteltua alusta mitä voimme käyttää uudessa Vaskiluodon tehtaassa nopeuttamaan tuotantoa ja lisäämään koeajon tuotanto volyymia.

Wärtsilän moottoreiden tehojen kasvamisen myötä oli otettava huomioon myös generaattorin kapasiteetin kasvattaminen ja sen määrittäminen niin, että se pystyy palvelemaan tulevaisuudessa mahdollisimman kattavan moottorityypimäärän. Tämän takia aloitinkin työni generaattorin tyyppin määrittämisestä ABB:n yhdyshenkilön kanssa.

ABSTRACT

Author	Saari Hannu
Title	Increasing Test Run efficiency
Year	2021
Language	Finnish
Pages	49 + 21 Appendices
Name of Supervisor	Sami Elomaa

This thesis is a development project that seeks a solution to increase the efficiency of Test Run production. The thesis is commissioned by Wärtsilä W3X Test Run. It is neither efficient nor safe for current equipment to perform delivery runs of a new engine type to customers. This means that the Test Run must change efficiently and economically in order to meet test run requirements, so that the required test runs as well as validation runs for the engines can be performed.

The objective was to develop the versatility, efficiency and to shorten the lead time of test run and thereby provide savings. Considering the overall situation of the Test Run, one particular phase of work was developed, which affects many things at the same time. By designing a new type of adjustable platform for a generator that could be effectively adjusted for different engine types. The development of this work phase contributes to efficiency, safety, cost-effectiveness and shorter lead times. In Test Run, this step of engine alignment operation is the most time consuming and most difficult to implement. The development of higher engine output and performance means an increase in generator capacity, which had to be considered when the widest possible range of future engine types was defined. Therefore, the work was started by determining the type of generator with an ABB contact person.

This design will consider safety, versatility, efficiency and the future of test runs at the new STH plant. The aim is to have a planned adjustable platform that can be used at the new Vaskiluoto plant to speed up production and increase the production volume of the Test Run.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	10
2	WÄRTSILÄ LYHYESTI.....	11
	2.1 Historia.....	11
	2.2 Nykytilanne.....	12
	2.3 Koeajo.....	12
	2.4 Tulevaisuus.....	13
	2.5 Smart Technology Hub.....	13
3	KOEAJETTAVAT MOOTTORIMALLIT.....	15
	3.1 Wärtsilä 31.....	15
	3.2 Wärtsilä 32.....	16
	3.3 Wärtsilä 34.....	17
4	KOEAJOSELLIN TOIMINTA.....	19
	4.1 Nykyinen toimintamalli.....	19
	4.2 Työvaiheiden mittaus.....	22
	4.3 Prosessin kustannus.....	23
	4.4 Ehdotettu muutos.....	24
	4.4.1 Ratkaisuehdotus 1.....	25
	4.4.2 Ratkaisuehdotus 2.....	26
5	ALUSTAN SUUNNITTELU.....	28
	5.1 Suunnitelma alustalle.....	28
	5.2 Alustan rakenne.....	29
	5.3 Generaattori.....	31
	5.4 Hydrauliiikka.....	33
	5.4.1 Hydraulisylinterit.....	34
	5.4.2 Hydrauliikkakoneikko.....	35
	5.5 Ohjaustapa.....	36
	5.6 Mittaus.....	37

5.7 Toimittajat.....	38
6 VALMISTUS	39
6.1 Teräsrakenne	39
6.2 PLC ja Hydraulikka	41
6.3 Käyttöönotto	43
7 KUSTANNUKSET	45
7.1 Alustan valmistus.....	45
7.2 Saavutetut säästöt.....	45
8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	47
LÄHTEET.....	49

LIITTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Smart Technology Hub. /5/.....	14
Kuva 2. Wärtsilä 31-moottori. /2/.....	16
Kuva 3. Wärtsilä 32D-moottori. /5/.....	17
Kuva 4. Wärtsilä 34 DF-moottori.....	18
Kuva 5. Rihtaus.....	21
Kuva 6. Alustan 3D-kuva.....	30
Kuva 7. Vibracon SM42. /11/	31
Kuva 8. ABB MG 1120XV08 LSE.....	32
Kuva 9. Tentec M42 hydraulikkamutteri. /9/	34
Kuva 10. Hi-Force HSS2518.....	35
Kuva 11. PLC controller.	37
Kuva 12. Easy-Laser XT770. /10/.....	38
Kuva 13. Alarungon korjaus.	40
Kuva 14. Alusta.....	40
Kuva 15. Generaattorin asennus.....	42
Kuva 16. Ohjainkaappi.....	43
Kuva 17. Käyttöönotto.	44
Taulukko 1. Prosessin työvaiheiden kestot sekä työntekijöiden määrät.....	22
Taulukko 2. Työvaiheiden prosentuaalinen jakauma.	23
Taulukko 3. Prosessin vaiheiden kustannukset.	24
Taulukko 4. Päämoottorin asennuksen kustannusjakauma.	24
Taulukko 5. Työvaiheiden muutos prosentuaalisesti.....	46
Taulukko 6. Muuttunut kustannusjakauma.....	46

LIITELUETTELO

LIITE 1. Generaattorin alusta kokoonpanopiirustus.

LIITE 2. Alustan alaosa hitsauspiirustus.

LIITE 3. Alustan alaosa koneistuspiirustus.

LIITE 4. Alustan yläosa hitsauspiirustus.

LIITE 5. Alustan yläosa koneistuspiirustus.

LIITE 6. Vaarnaruuvi M42 x 415mm koneistuspiirustus.

LIITE 7. Vaarnaruuvi M42 x 565mm koneistuspiirustus.

LIITE 8. Vaarnaruuvi M42 x 750mm koneistuspiirustus.

LIITE 9. Erikoismutteri M30 koneistuspiirustus.

LIITE 10. Nostosylinterin kiinnityslaippa. Siirtosylinterin tuki.

LIITE 11. Etuasennuspala 150mm hitsaus- ja koneistuspiirustus.

LIITE 12. Etuasennuspala 165mm hitsaus- ja koneistuspiirustus.

LIITE 13. Etuasennuspala 338mm hitsaus- ja koneistuspiirustus.

LIITE 14. Taka-asennuspala 150mm hitsaus- ja koneistuspiirustus.

LIITE 15. Taka-asennuspala 165mm hitsaus- ja koneistuspiirustus.

LIITE 16. Taka-asennuspala 338mm hitsaus- ja koneistuspiirustus.

LIITE 17. Alustan jäykistepiirustus S1.

LIITE 18. Alustan jäykistepiirustus S2.

LIITE 19. Takaisinmaksulaskelma.

LIITE 20. Generaattorin tekniset tiedot.

LIITE 21. Generaattorin napa.

SANASTO

NSD	New Sulzer Diesel
STH	Smart Technology Hub
DF	Dual Fuel
SG	Spark ignited
LT	Low temperature
HT	High temperature
Rihtaus	Kahden akselin linjaus yhdensuuntaiseksi
FAT	Factory Acceptance Test
PLC	Programmable logic controller
Fundament	Koeajon konepeti
Split flow valve	Hydrauliikan säätöventtiili

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Wärtsilän koeajon W3X-osastolle. Tarkoituksena oli kehittää ja suunnitella nykyaikaisempi, tehokkaampi sekä turvallisempi tapa asentaa uusi moottorityyppi koeajo selliin päämoottori ajoissa. Tämä tarve on tullut uuden moottorityypin tullessa moottorivalikoimaan, sekä tarve ajaa moottoreita joustavaa asennustapaa käyttäen, niin sisäisiin värinämittauksiin, kuin asiakkaan vaatimuksesta. Säädetävää alustaa tullaan käyttämään koeajoselleissä 11 sekä 12. Näissä koeajoselleissä pystytään ajamaan tehokkainta W31-moottorityyppiä pääkoneena. Suunnittelussa otetaan myös huomioon siirtyminen uuteen STH-tehtaaseen ja alustan käyttö siellä. Valmiin alustan tulee olla käytettävissä eri moottorityypeille W31, W32 ja W34.

Säädetävän alustan suunnittelussa tuli ottaa huomioon vaadittu kantokyky, käytettävyys, sekä eri generaattoreiden soveltuvuus samalle alustalle, koska koeajossa on käytössä kahta eri generaattori tyyppiä. Myös tarvittavien käyttäjien määrä tulee vähentyä kolmesta kahteen.

Tässä julkisessa opinnäytetyön kirjallisessa osuudessa on jätetty pois kaikki liitteenä olleet valmistuspiirustukset, kustannuslaskennat ja ohjauskaaviot työn tilaajan pyynnöstä.

2 WÄRTSILÄ LYHYESTI

Wärtsilä on kansainvälisesti johtava älykkään teknologian ja kokonaislinkaariratkaisujen toimittaja merenkulku- ja energiamarkkinoilla. Wärtsilä maksimoi asiakkaiden alusten ja voimalaitosten ympäristötehokkuuden ja taloudellisuuden keskitymällä kestäviin innovaatioihin, data-analytiikkaan ja kokonaishyötysuhteeseen. Wärtsilän päämääränä on kehittää kestävää yhteiskuntaa älykkäällä teknologialla. Vuonna 2020 Wärtsilän liikevaihto oli 4,6 miljardia euroa ja henkilöstömäärä noin 17,800 käsittäen 139 eri kansallisuutta. Yrityksellä on yli 200 toimipistettä yli 70 maassa eri puolilla maailmaa. Wärtsilä työllistää Suomessa noin 3700 työntekijää ja lähes 50 eri kansallisuutta. Suurimmat toimitusyksiköt sijaitsevat Vaasassa sekä Triestessä, Italiassa. Wärtsilän osakkeet on listattu Nasdaq Helsingissä. /1/.

2.1 Historia

Wärtsilä perustettiin 12.4.1834 Tohmajärvellä. Alun perin Wärtsilä oli sahalaitos, joka vuonna 1908 muuttui nykyaikaiseksi sulattamoksi sekä terästehtaaksi. Dieselmootoreiden valmistus alkoi vuonna 1938 kun Wärtsilä solmi Friedrich Krupp Germania Werft AG:n kanssa lisenssisopimuksen.

Ensimmäinen moottori valmistettiin Turussa marraskuussa 1942. Vuonna 1954 aloitetaan dieselmootoreiden valmistus myös Vaasassa ja 1960 lanseerataan ensimmäiset Vaasan tehtaalla loppuun asti suunnitellut ja valmistetut moottorit. Vuonna 1988 huipputasoinen moottorilaboratorio valmistuu Vaasassa. Vuonna 1997 nimi muuttuu Wärtsilä NSD:ksi kun Wärtsilä Diesel ja New Sulzer Diesel sekä Diesel Ricerchen yhdistyvät uudeksi yhtiöksi. Tämä yhdistyminen nosti Wärtsilän maailman johtavaksi moottori valmistajaksi. Vuonna 2007 valmistuu Vaasaan uusi kokoonpanohalli sekä koeajo- ja viimeistelytiloja suurennetaan.

Vuonna 2015 Wärtsilä lanseeraa uuden moottorimallin W31, joka pääsee Guinnessin ennätystenkirjaan 26.5.2015 maailman tehokkaimpana nelitahtimoottorina.

Vuonna 2018 Smart Technology Hub päätetään rakentaa Vaskiluotoon, Vaasaan. STH:n valmistumisen jälkeen tuotanto ja muut toiminnot siirretään Vaasan keskustasta Vaskiluotoon. /2/

2.2 Nykytilanne

Wärtsilä Energy johtaa muutosta kohti tulevaisuutta, jossa energia on sataprosenttisesti uusiutuvaa. Energiajärjestelmien integraatioina suunnittelemme ja rakennamme optimaalisia energiajärjestelmiä tulevia sukupolvia varten. Wärtsilän ratkaisut ovat joustavia, mikä mahdollistaa uusiutuvien energianlähteiden käytön ja varmistaa voimajärjestelmien luotettavuuden. Tarjontaamme sisältyvät joustavat moottorikäyttöiset voimalaitokset, mukaan luettuna nestemäisten kaasujen ratkaisut, hybridiaurinkovoimalat sekä energianhallintajärjestelmät ja energian varastointi- ja integroitiratkaisut. Tuemme asiakkaiden laitoksia koko elinkaaren ajan tarjoamalla palveluja, jotka varmistavat entistä paremman tehokkuuden ja varman suorituskyvyn.

Wärtsilä Marine pystyy tarjoamaan meriteollisuudelle sekä öljy- ja kaasuteollisuudelle ylivoimaisesti laajimman valikoiman teknologisesti kehittyneitä, ympäristön kannalta kestäviä ja taloudellisesti järkeviä ratkaisuja. Johdamme alan kehitystä kohti älykästä merenkulun ekosysteemiä, jossa reaaliaikaisen tiedonsiirron ja digitalisaation hyödyntäminen luovat asiakkaillemme ja yhteistyökumppaneillemme pitkäjänteisesti lisäarvoa kaikissa merenkulku- ja satamatoiminnoissa, mukaan lukien koko logistiikkaketju. Integroitu tuotevalikoimamme käsittää myös kattavat, markkinoiden laajimman palveluverkoston tukemat elinkaaripalvelut, joten pystymme optimoimaan alusten suorituskyvyn ja varmistamaan niille mahdollisimman turvalliset, ekologiset ja tehokkaat käyttöprofiilit. /3/

2.3 Koeajo

W3X-koeajo käsittää 5 koeajosellia. Koeajosellejä ovat numerot 1–3 sekä 11–12, näissä voidaan ajaa moottoreita niin aggregaatti- kuin päämoottorikokoonpanoilla. Koeajoselleissä voidaan erikoistilanteessa ajaa myös W20- ja W46L-moottoreita.

Polttoaineena käytetään pääsääntöisesti kevyt- ja raskas polttoöljyä sekä kaasua, mutta voidaan ajaa myös maakaasu-, propaani- ja monipolttoainekäyttöisiä moottoreita. Lisäksi on myös W20-koeajo mikä käsittää kolme koeajoselliä sekä moottorilaboratorio missä on myös kolme testiselliä eri moottorivariaatioille.

Tämän opinnäytetyön kohteena on päämoottorikoeajosellit, missä tarvitaan aina koeajon oma generaattori. Näitä koeajosellejä on neljä, mihin voidaan käyttää kyseistä generaattorialustaa.

Koeajosellien olosuhteet ovat käyttäjille erittäin haasteelliset työturvallisuuden kannalta. Moottorin ympärille asennetaan paljon letkuja sekä kaapeleita, jotka aiheuttavat kompastumisen vaaran.

2.4 Tulevaisuus

Wärtsilällä on merkittävä rooli maailman kasvavan energiantarpeen tyydyttämisessä kestäväällä tavalla. Tämä muodostaa pohjan sitoutumisellemme kestäväan kehitykseen. Ilmastonmuutos ja luonnonvarojen niukkuus vaativat innovatiivisia ja luovia ratkaisuja. Teknologian edelläkävijänä Wärtsilän vastuulla on kehittää tuotteita ja ratkaisuja, joiden avulla asiakkaat pystyvät kehittämään omaa toimintaansa kestäväällä tavalla. Wärtsilän kestäväan kehityksen mukaiseen toimintaan kuuluu taloudellinen ja sosiaalinen vastuu ja ympäristövastuu. Kestäväan kehityksen alueella Wärtsilän pääpainopisteet ovat taloudellinen kannattavuus, ympäristöystävälliset tuotteet ja palvelut ja sosiaalisesta näkökulmasta vastuullinen liiketoiminta. /4/

2.5 Smart Technology Hub

Wärtsilä ilmoittaa 21.08.2018 rakentavansa Vaasan Vaskiluotoon uuden Smart Technology Hub -tutkimus-, tuotekehitys- ja tuotantokeskuksen (**Kuva 1.**). Teknologiakeskukseen siirtyvät kaikki Wärtsilän Vaasan keskustassa olevat toiminnot ja työntekijät sekä logistiikka ja huollon verstastoiminnot Runsorista. Wärtsilä investoi hankkeeseen 83 miljoonaa euroa, joka kohdistetaan keskuksen moderniin testaus- ja tuotantoteknologiaan. Elokuussa 2019 hanke on edennyt suunnitteluvaiheesta toteutukseen, kun uuden tutkimus-, tuotekehitys- ja tuotantokeskuksen rakennustyöt alkavat. Pääurakoitsijana hankkeelle toimii Lujatalo. /5/



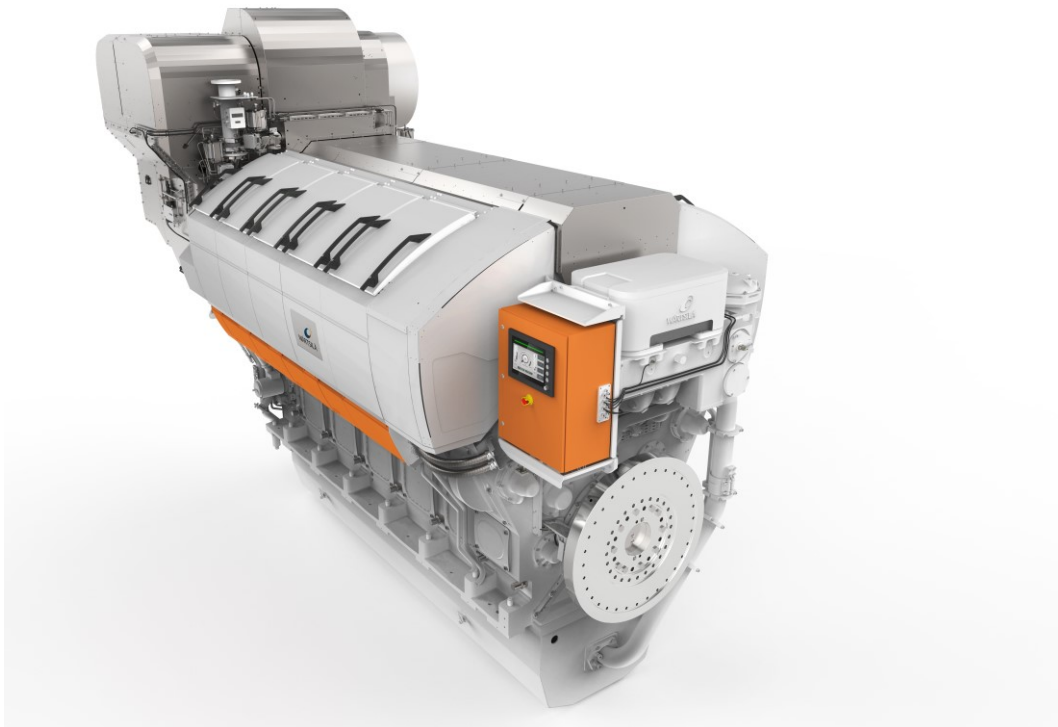
Kuva 1. Smart Technology Hub. /5/

3 KOEAJETTAVAT MOOTTORIMALLIT

Säädettävä alustaa käytetään päämoottoriajossa, joita koeajosellejä oli neljä. Näissä koeajoselleissä voidaan ajaa tällä alustalla Wärtsilä 31-, Wärtsilä 32- sekä Wärtsilä 34-moottoreita. Näistä edellä mainituista moottorimalleista tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

3.1 Wärtsilä 31

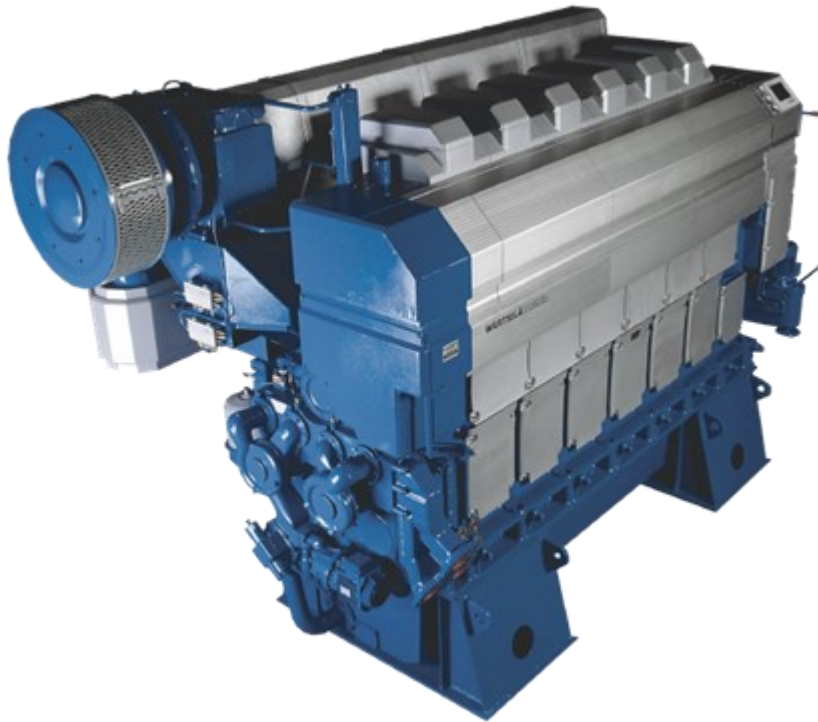
Wärtsilä 31-nelitahtimoottori on ensimmäinen uuden sukupolven keskinopeusmoottori ja edelläkävijä hyötysuhteessa, suorituskyvyssä sekä polttoainekulutuksessa (**Kuva 2.**). Wärtsilä 31DF on luokkansa tehokkain ja sitä on saatavana 8—20 sylinterikokoonpanolla. Moottoria saa vain V-mallisenä. Teho vaihtelee 4.6—12.2 MW sylinteriteho 610kW/sylinteri. Pyörimisnopeus 720 sekä 750 rpm. Suuren sylinteritehon ansiosta se on pienempi ja kustannustehokkaampi asentaa. Polttoainevaihtoehtoina on diesel, monipolttoaine (DF eli Dual Fuel) sekä kaasu (SG eli Spark ignited). W31 on suunniteltu vastaamaan asiakkaan tarpeisiin ja siinä onkin otettu huomioon niin huolto- sekä muutostyöt tehden se modulaarisesti. Sen elinkaari on pitkä ja kustannukset huolloille sekä muutoksille ovat matalat. Wärtsilä 31-moottori on suunniteltu käytettäväksi useissa eri sovelluksissa kuten päämoottorina tai apumoottorina laivoissa sekä hybridilaitoksissa. Guinness World Records on tunnustanut W31-moottorin maailman tehokkaimmaksi nelitahtimoottoriksi. /6/



Kuva 2. Wärtsilä 31-moottori. /2/

3.2 Wärtsilä 32

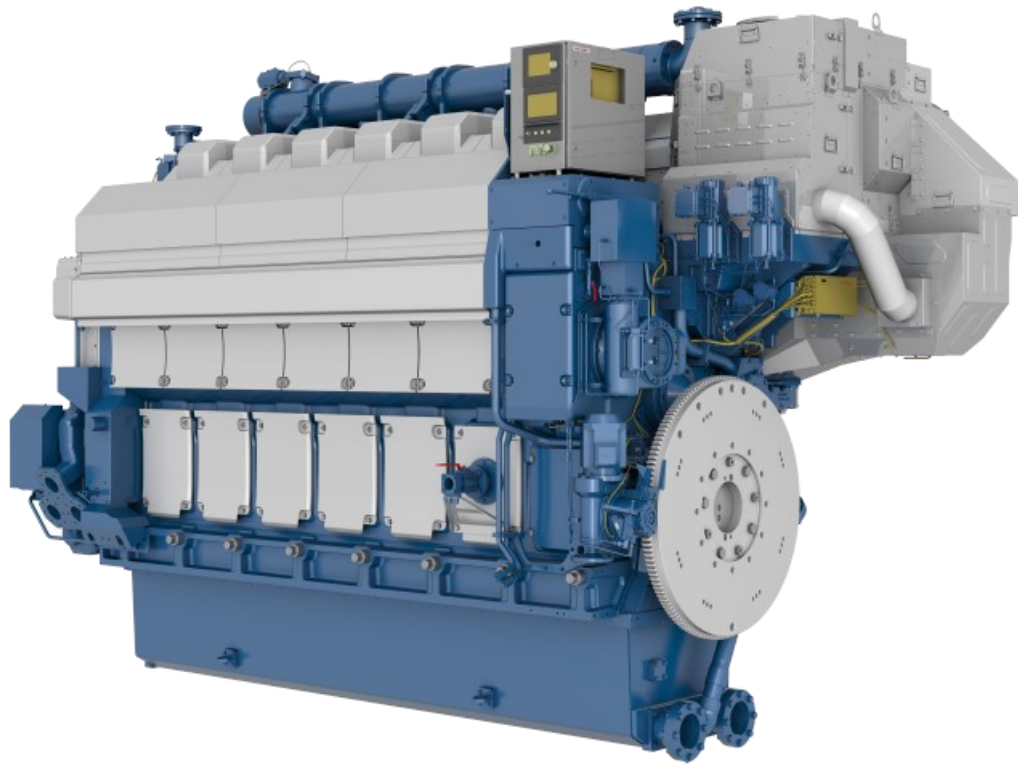
W32-moottori on dieselmoottori, jota valmistetaan sekä rivi (L)-, että v (V)-moottorisylinterikonfiguraatioilla ja sitä on saatavilla 6L–9L- ja 12V–20V-sylinterisinä (**Kuva 3.**). W32-moottorin pääasialliset käyttökohteet ovat laivoissa päämoottorina, sähköjärjestelmän tuottajana tai apumoottorina. W32-moottorissa käytetään polttoaineena raskas- että kevyttä polttoainetta. Moottorin tehoalue on 3.5-9.3 MW sylinteriteho 580kW/sylinteri. Pyörimisnopeus 720 rpm sekä 750 rpm. W32 moottori on nelitahtimoottori, joka on turboahdettu sekä välijäähdytetty. Moottoria on myyty yli 4 500 kappaletta vuodesta 1980. /7/



Kuva 3. Wärtsilä 32D-moottori. /5/

3.3 Wärtsilä 34

W34-moottori on kaasumoottori, jota valmistetaan sekä rivi (L)-, että v (V)-moottorisylinterikonfiguraatioilla ja sitä on saatavilla 6L-9L ja 12V-20V sylinterisinä (Kuva 4.). Käytettäessä kaasua sylinteriteho on 500kW/sylinteri. Pyörimisnopeus 720 rpm sekä 750 rpm. Polttoaineena voidaan käyttää maakaasua, propaania, seoskaasua, kevyt- ja raskasta polttoöljyä. Polttoaineiden vaihto voidaan tehdä nopeasti menettämättä tehoa tai nopeutta laivoissa. Kaasumoottoreita käytetään myös paljon voimalaitoksissa tuottamaan sähköä. /7/



Kuva 4. Wärtsilä 34 DF-moottori.

4 KOEAJOSELLIN TOIMINTA

4.1 Nykyinen toimintamalli

Koeajoprosessi alkaa koeajosellin valmistelulla. Tämä tarkoittaa sitä, että koeajoselli valmistellaan ajettavalle koeajotyypille, joko päämoottorikoeajolle tai aggregaattipaketille. Nyt kyseessä on päämoottorikoeajo, johon tarvitaan moottorille omat petipalkit, sekä koeajon oma generaattori. Koeajoselliin nostetaan siltanosturilla petipalkit omille paikoilleen sekä generaattori jäykällä alustallaan. Seuraavaksi asennetaan tarvittava kytkin generaattorin akseliin. Kytkimen tyyppin määrää ajettava moottorityyppi, pyörimissuunta sekä teho. Petipalkkien päälle asennetaan seuraavaksi joustavat elementit sekä niiden säädettävät kiinnitysalustat. Näiden määrä, säätö ja paikoitus määräytyy moottorin tyyppin mukaan sekä turboahtimen sijainnin perusteella.

Seuraavaksi työvaiheena on asentaa moottorin vauhtipyörään kiinnitysadapteri, johon kytkin kiinnitetään. Tämän jälkeen voidaan kiinnittää moottorin nostorauta ja nostaa moottori koeajoselliin petipalkeille siltanosturilla. Moottori kytketään kiinni kytkimeen ja lasketaan joustavien elementtien päälle petipalkeille. Varmistuttua että moottori on oikealla paikalla, voidaan nostorauta irrottaa ja ajaa siltanosturi pois koeajosellista. Kytkimen asennus suoritetaan loppuun sekä kiristetään momenttiin. Joustavista elementeistä voidaan poistaa lukitusruuvit. Jos käytetään projektin omia uusia elementtejä, täytyy niiden asettua 24 tuntia ennen rihtauksen aloitusta. Koeajon omia käytettäessä riittää 8 tuntia.

Seuraavana työvaiheena on moottorin nesteiden täyttö alkaen jäähdytysvesien täytöllä. Tämä sen takia että varmistutaan ettei ole vuotoja, sekä saadaan moottoriin esilämmitys käynnistettyä mahdollisimman nopeasti. Moottorissa on kaksi erillistä jäähdytyspiiriä LT (Low Temperature) sekä HT (High Temperature). Vesikanavien täytön ja ilmauksen jälkeen asennetaan öljyliitännät öljyaltaaseen ja täytetään öljyallas moottoriin kuuluvalla öljyllä. Koeajossa on käytössä eri öljytyypit diesel ja kaasumoottoreille. Kaikki W31-moottoreiden öljytilat huuhdellaan ennen koeajoa, että varmistutaan öljytilan puhtaudesta. Tähän käytetään suunnittelemaani huuhtelulaitteistoa, mikä puhdistaa moottorin sisällä olevan öljytilan tarvittavaan

puhtausluokkaan mikä on ISO 4406 (18/16/13). Huuhtelu tehdään kahdessa vaiheessa, öljyä myös lämmitetään 45 asteeseen erillisellä lämmittimellä tehostaaksemme prosessia.

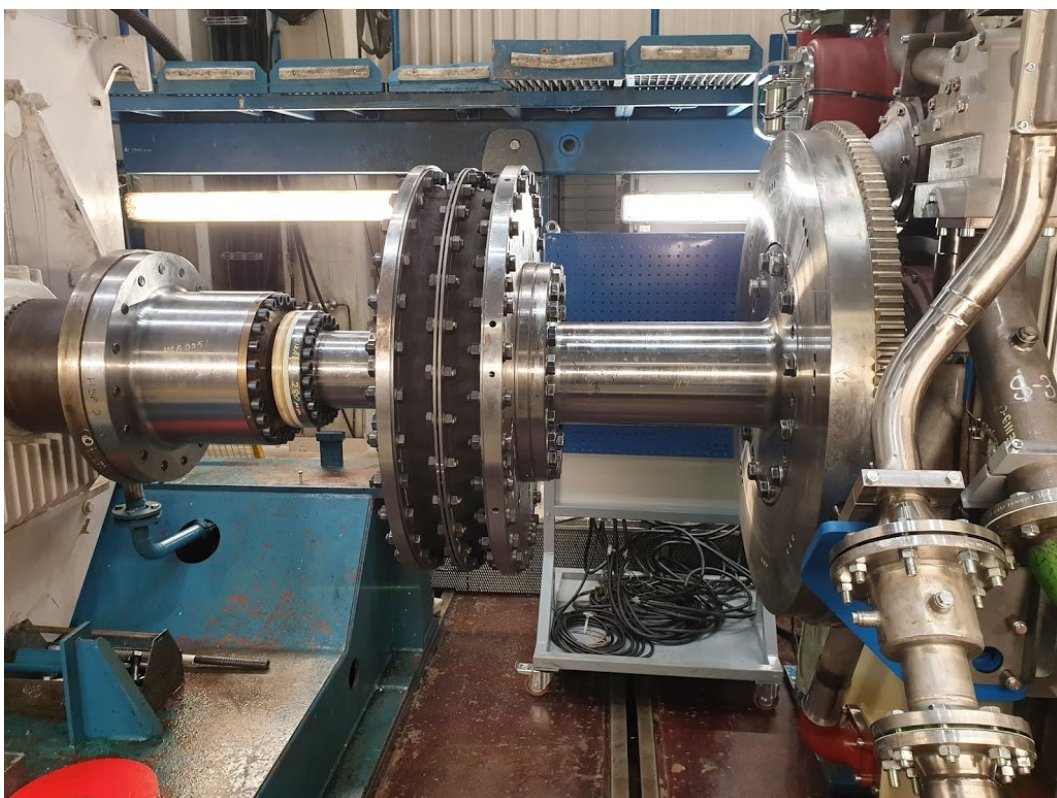
Moottoriin seuraavaksi sähköasentaja kytkee ohjauskaapelit sekä sähköistää tarvittavat sähkömoottorit, kuten esivoitelupumpun ja pyörityslaitteen. Paineanturit asennetaan sylintereihin, joilla saadaan sylinterin paineista tarkat mittaukset. Moottorin sähköjärjestelmän toiminta testataan ja varmistutaan että kaikki mittausarvot näkyvät valvomossa. Mekaaniset asentajat jatkavat samalla asennustöitä mihin kuuluu pakoputkien, imuilmasuodattimien, polttoaine- ja huohotusjärjestelmien asennusta sekä tarkastusten suorittamista.

Kun moottori on asettunut riittävän ajan joustoelementtien päälle ja saanut oikean lämpötilan voidaan se ja generaattori riidata. Rihtauksella tarkoitetaan moottorin ja generaattorin akselilinjojen linjausta kohtisuoraan toisistaan (Kuva 5). Rihtaus on tärkeä työvaihe ja se vaatii suurta tarkkuutta. Tässä ei saa tulla akseleiden epäkeskeisyyttä eikä kulmavirhettä liikaa. Liian suuret arvot vaurioittavat niin kytkintä kuin moottorin ja generaattorin laakereita sekä voivat johtaa suuriin vaurioihin. Rihtaus aloitetaan asentamalla vauhtipyörään sekä generaattorin vetolevyyn Easy-Laser XT770-lasermittalaitteet. Suoritetaan mittaus pyörittämällä moottoria, josta saadaan tulos linjauksen suoruudesta. Ensimmäiseksi säädetään vertikaali akselilinja, kun arvot ovat hyvät, kiristetään generaattori jäykkään alustaansa pulteilla. Seuraavaksi voidaan säätää horisontaalinen akselilinja. Tämä tapahtuu liikuttamalla koko alustaa ja generaattoria hydraulitunkeilla tunkkaamalla lattiapintaa pitkin. Tämä on erittäin epätarkka toteuttaa. Kun linjaus on hyväksyttävissä arvoissa, tehdään moottorille indikointi ja arvoja verrataan keskenään. Indikointi tarkoittaa moottorin kampiakselin vääntymän mittausta ja mittaus suoritetaan jokaisen sylinterin kohdalta. Usein pitää generaattorin asetusta muuttaa useasti, että saavutetaan riittävä tarkkuus rihtauksessa. Asetusten muuttaminen on työläs työvaihe.

Viimeisenä vaiheena on moottorin viimeisten tarkastusten suorittaminen sekä moottorin käynnistäminen. Jos todetaan kaiken olevan kunnossa, voidaan aloittaa moottorin sisäänajo, joka tarkoittaa moottorin kuormittamista 20 %, 50 % ja 75 %

kuormilla. Sisäänajon jälkeen alkaa luovutusajo asiakkaalle eli FAT ennalta laaditun ajo-ohjelman mukaan. Yleisesti moottorin koko ajotapahtuma kestää 6 tuntia jos poikkeamia ei havaita. Luovutusajossa on mukana koeajopäällikkö, luokituslaitoksen edustaja sekä asiakas.

Hyväksytyin luovutusajon jälkeen moottori voidaan pysäyttää ja aloittaa turboahdinten jäähditys käyttäen moottoriöljyn esivoitelua 90 min. Siinä ajassa moottoria aloitetaan purkamaan mekaanisesti sekä sähköisesti. Vesitilat tyhjennetään tarkasti sekä moottoriöljyt imetään takaisin koeajon järjestelmään. Moottorille tehdään myös koeajossa vesitilojen kuivaus korroosion estämiseksi. Tämän jälkeen moottori irrotetaan joustavista elementeistä sekä kytkimestä. Seuraavaksi asennetaan nostorauta ja moottori nostetaan kuljetuspukeille siltanosturilla, jonka jälkeen siirretään viimeistelyosastolle moottorin avaustarkistukseen asiakkaalle.



Kuva 5. Rihtaus.

4.2 Työvaiheiden mittaus

Tein mittaukset kolmelle eri moottorille W31V10, W31V12, W31V16 ja näiden keskiarvot laskemalla pystyin päättämään keskimääräisen ajankäytön prosessin työvaiheille. Alla ajat esitettyinä tunneissa sekä prosenteissa kokonaisajasta. Tästä tutkimuksesta käy selväksi prosessin aikaa vievimmät vaiheet. Työvaiheet olivat suuruus järjestyksessä, generaattorin rihtaus (22 %), moottorin öljykanavien huuhtelu (18 %) sekä koeajosellin valmistelu (18 %). Huomioon pitää ottaa myös, että generaattorin rihtaus vaatii 3 asentajaa, kun seuraavat työtehtävät tarvitsevat vain 2 asentajaa suorittamaan kyseistä prosessin vaihetta.

Taulukko 1. Prosessin työvaiheiden kestot sekä työntekijöiden määrät.

Toiminto	Aika	Miesmäärä
Koeajosellin valmistelu	5.5	2
Moottorin valmistelut	2	2
Nosto koeajoselliin	0.5	2
Asennus elementtien päälle	1.5	3
Putkiyhteiden asennus	1	3
Nesteiden täyttö	0.5	2
Öljyhuuhtelu	5.5	2
Sähköjen asennus	2	1
Pakoputkien asennus	3	2
Generaattorin rihtaus	6.5	3
Indikointi	1	1
Tarkastukset ennen starttia	1	2
Yhteensä	30	

Taulukko 2. Työvaiheiden prosentuaalinen jakauma.



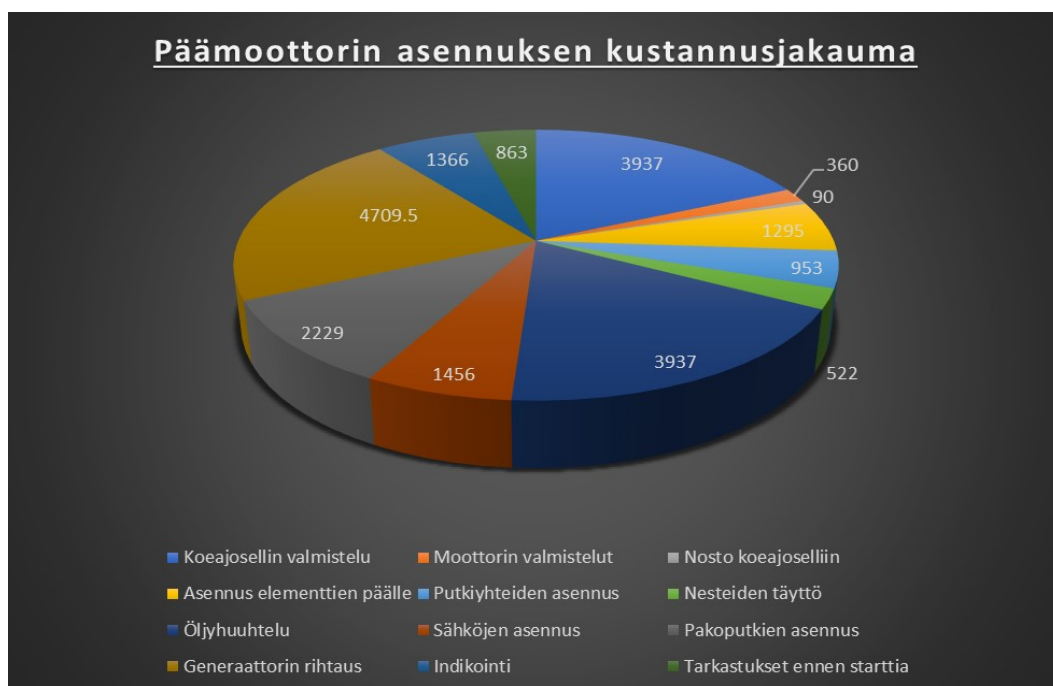
4.3 Prosessin kustannus

Koeajon henkilöstölle, asennusajalle koeajosellissä sekä moottorin luovutusajolle on määritelty omat kustannukset per tunti. Näitä arvoja käyttäen laskin jokaiselle työvaiheelle kustannuksen. Keskimääräinen kustannus päämoottorin asennukselle luovutusajoa varten oli 17 167,50 € kun otetaan huomioon, mitä töitä voidaan tehdä limittäin samanaikaisesti.

Taulukko 3. Prosessin vaiheiden kustannukset.

Toiminto	Aika	Miesmäärä	Kustannus	Tuntihinta
Koeajosellin valmistelu	5.5	2	3,937 €	683 €
Moottorin valmistelut	2	2	360 €	90 €
Nosto koeajoselliin	0.5	2	90 €	90 €
Asennus elementtien päälle	1.5	3	1,295 €	683 €
Putkiyhteiden asennus	1	3	953 €	683 €
Nesteiden täyttö	0.5	2	522 €	683 €
Öljyhuuhtelu	5.5	2	3,937 €	683 €
Sähköjen asennus	2	1	1,456.00 €	683 €
Pakoputkien asennus	3	2	2,229 €	683 €
Generaattorin rihtaus	6.5	3	4,709.50 €	683 €
Indikointi	1	1	1,366 €	683 €
Tarkastukset ennen starttia	1	2	863 €	683 €
Yhteensä	30			

Taulukko 4. Päämoottorin asennuksen kustannusjakauma.



4.4 Ehdotettu muutos

Edellä mainitun tutkimuksen mukaan generaattorin rihtaus on aikaa vievin, sekä aiheuttaa eniten kustannuksia asennuksessa. Täten keskityn tämän työvaiheen kehittämiseen. Ehdotukseni koeajon verstaapäällikölle Tommi Leppälälle olikin seuraavanlainen. Koska joudumme hankkimaan W31V20-moottoria varten isomman generaattorin suurentuneen tehon takia, enkä näe järkeväksi asentaa sitä jäykälle

alustalle. Vaan voisin suunnitella tuon alustan uudelleen. Alusta täytyy olla tarkasti säädettävä niin aksiaalis-, sivu- ja korkeussuunnassa. Tämän voisi suunnitella tehtäväksi hydraulisesti ja PLC ohjauksella. Tällöin saamme asennukseen turvallisuutta, nopeutta, tarkkuutta sekä pystymme vapauttamaan yhden asentaja muihin töihin. Tämä ehdotus hyväksyttiin ja aloin suunnittelemaan uutta hydraulisesti säätävää alustaa. Toimitan verstpäällikölle suunnitelman sekä kustannusarvion investointihakemusta varten.

4.4.1 Ratkaisuehdotus 1

Muutetaan nykyistä jäykkää generaattorialustaa toimimaan hydraulisesti. Tällä ratkaisulla pystymme nopeuttamaan käytössä olevan generaattorin käyttöä. Huonona puolena on, että isommille moottoreille tarvitsemme seuraavan teholuokan generaattorin, missä taas on pidempi runko. Tämä ratkaisu riittää W31V16-moottoriin asti eikä siis tule riittämään W31V20-moottorille. Alustaa ei ole mahdollista pidentää järkevästi.

Ehdotan siis seuraavaa. Asennetaan nykyiseen jäykkään alustaan hydraulisylinterit generaattorin nostoa varten, että pystymme säätämään akselikorkeutta eri ajotyypeille. Tämä tarvitsee muutokset runkorakenteisiin, sekä oman hydraulikkakoneikon. Ohjaus tehtäisiin mekaanisilla venttiileillä, jolloin pystymme nostamaan sylintereitä erikseenkin säätövaiheessa. Venttiileiden ohjaus voidaan toteuttaa myös PLC-ohjauksella. Rakennetaan alustaan vahvat tukirangat missä on kierteet säätöruuveja varten, jolloin voimme säätää niillä niin sivuttais- kuin pitkittäisliikettä. Asennetaan generaattorin väliin Vibracon säätöjalat, joihin merkataan laserilla mitta-asteikko säätämisen helpottamiseksi. Tämä nopeuttaa säätämistä huomattavasti, sekä mahdollistaa +/- 0.05 tarkkuuden säädön. Tällä vaihtoehdolla saadaan ajettua W31V8—W31V16-moottorityypit, sekä W32- ja W34-moottorimallien luovutusajot.

- Hinta-arvio hydraulijärjestelmälle manuaali 30 499 € Alv 0 % + asennus.
- Hinta-arvio hydraulijärjestelmälle PLC 55 279 € Alv 0 % + asennus.
- Hinta-arvio teräsrakennemuutokselle 7 500 € Alv 0 %

- Kokonaiskustannus 39 999 € Alv0% - 65 779 € Alv 0 % sisältäen asennukset.

Arvioin ajan säästön olevan asennusajasta noin 2 tuntia, käyttäen kolmea asentajaa.

4.4.2 Ratkaisuehdotus 2

Rakennetaan täysin uusi generaattorin säätöalusta, joka toimii PLC-ohjatulla hydraulikka järjestelmällä. Tällä alustalla voidaan ajaa nykyisiä generaattorimalleja, sekä uutta tehokkaampaa generaattoria. Voimme ajaa kaikkia W3X-moottorityyppejä ilman rajoituksia. Alustaa voidaan käyttää myös STH:ssa päämoottorikoejaoissa ilman mitään muutoksia. Toteutetaan alusta välirunkotyypisesti, jolloin eri akselikorkeuksien asettaminen nopeutuu. Pystymme myös tekemään generaattorin siirtoon tarkoitettujen hydraulisyntereiden sijoittelun tehokkaammin ilman että se olisi sidottu generaattorimalliin. Asennamme myös tähän Vibracon säätöjalat, jotka on lasermerkattu mitta-asteikko säätämisen helpottamiseksi. Työturvallisuutta saadaan parannettua paljon, koska pystymme ohjelmoimaan oikeanlaiset käyttömene- telmät laitteistolle, näin ollen inhimillisen virheen mahdollisuus pienenee huomattavasti. Liittäen tähän vielä lasermittalaitteen saamme reaaliaikaista mittausta, jolloin mittaus nopeutuu huomattavasti.

- Hinta-arvio hydraulijärjestelmälle PLC 112 189 € Alv 0 % + asennus.
- Hinta-arvio uuden alustan valmistukselle 55 000 € Alv 0 %.
- Hinta-arvio uuden generaattorin hankinnalle 350 000 € Alv 0 %
- Kokonaiskustannus ilman generaattoria on arviolta 197 189 € Alv 0 % sisältäen hydraulikka asennukset.

Arvioin ajan säästön olevan tällä ratkaisulla kaikkein paras. Säästö olisi noin 5 tuntia, sekä yhtenä parannuksena olisi myös yhden asentajan vapautuminen muihin asennuksen työtehtäviin. Tällöin myös muun asennuksen tehokkuus parantuu.

Edellä mainituista ehdotuksista päätettiin edetä parannusehdotuksella 2. Seuraava työvaihe oli suunnittelu ja piirustusten valmistus. Tämä työvaihe sisälsi niin alustan rakennesuunnittelun, hydraulikka suunnittelun ja sähkösuunnittelun.

Kokonaisuuden määrittämisen jälkeen aloitin toimittajien kilpailutuksen, jonka ansiosta pystyin määrittämään projektin kustannukset, alustavan projektin aikataulun sekä toimituspäivämäärän. Kustannusten selvittyä oli seuraavana investointihakemuksen valmistelu. Hakemus hyväksyttiin ja pystyin aloittamaan tilausprosessin. Projektin todellisia kustannuksia ei tässä opinnäytetyössä tuoda julkisuuteen tilaajan pyynnöstä.

5 ALUSTAN SUUNNITTELU

Kehitykselle on useita eri määrittämiä. Yksi määrittelmä on, että kehitys on toimintaa, minkä tavoitteena on kehittää uusi parannettu tuote tai ratkaisu. Kehityshanke voidaan jakaa neljään eri toimintavaiheeseen: käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Oikeiden kehityshankkeiden käynnistäminen ja yrityksen menestymisen kannalta erittäin tärkeää. Luonnosteluvaiheessa suoritetaan tehtävän laajamittainen analysointi kokonaiskuvan saamiseksi. Kehittämävaihe alkaa valitun ratkaisun kokoonpanoluonnoksen laatimisella, että havaitaan teknisesti ja taloudellisesti heikot kohdat, jotka pyritään ideoinnilla poistamaan. Kehityshankkeen viimeisessä vaiheessa suoritetaan konstruktion viimeistely. Tämä tarkoittaa valmistuspiirustusten piirtämistä sekä laaditaan osaluettelot, käyttö- ja huolto-ohjeet. Kehityshankkeita onkin tärkeä tarkastella eri näkökulmista, kuten markkinointi, talous, tuotanto, tuotekehitys sekä teknologia. /12/

Tekninen suunnitteluprosessi taas voidaan jaotella seitsemään eri vaiheeseen, jotka ovat, tekninen vaatimusmäärittely, toimintorakenteen kuvaus, ratkaisuvaihtoehtojen selvitys ja arviointi, toteutettavan ratkaisun valinta, kehittäminen sekä tuotteen viimeistely. /13/

5.1 Suunnitelma alustalle

Aloitin suunnittelun selvittämällä kaikki rajaehdot alustalle. Alustan tulisi kestää 29 000 kg - 46 000 kg generaattoreiden painon. Näillä kahdella eri generaattorimalilla on kiinnityspisteet erilaiset. Hydraulikkasäädöt tulisi soveltua kummallekin runkotyypille. Koeajosellin fundamentin kiinnityskiskojen mitoituksen selvitys oli seuraavana selvitettävänä. Kiskot olivat 1000 mm välein ja tarkoituksena oli käyttää neljää kiskoa kiinnitykseen. Generaattori oli myös saatava vähintään neljälle eri korkeudelle tarkasti, nämä määräytyvät moottorin akselikorkeuksista. Selvitettävänä oli siis itse alusta (teräsrakenne), generaattori, siirtomekanismi (hydrauliikka) sekä ohjaustapa (PLC). Näistä edellä mainituista seuraavissa kappaleissa.

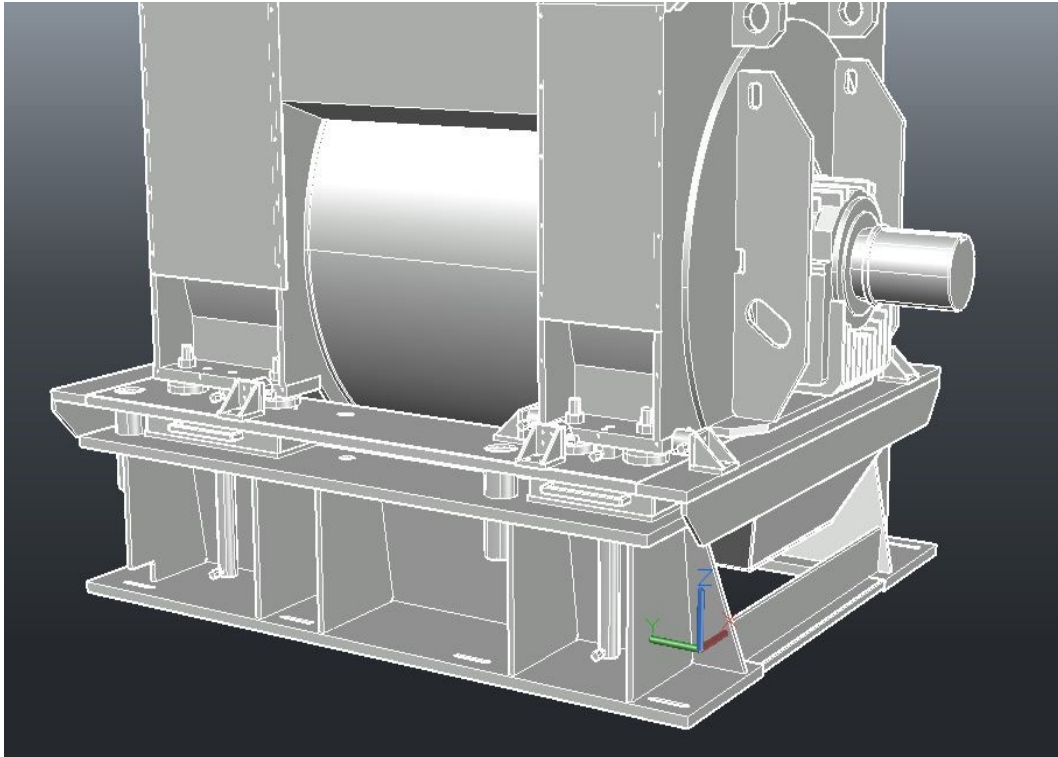
5.2 Alustan rakenne

Piirustuksia laadittaessa on kolmiulotteiset kappaleet ja laitteet osattava kuvata kaksiulotteisten tasokuvien avulla. Piirustuksia tulkittaessa on toisaalta kyettävä kaksikulotteisten tasokuvien avulla luomaan kolmiulotteinen mielikuva kappaleesta tai laitteesta /13/.

Alusta kiinnitetään koeajosellin fundamentin kiinnityskiskoihin kahdeksasta eri pisteestä. Näihin on suunniteltava pitkittäisurat, että pystytään paikoittamaan alusta paremmin fundamenttiin. Alusta muodostuu kahdesta eri osasta ala- ja ylärungosta (Kuva 6). Käytettävä materiaali on S235JRG2-rakenneteräs. S235JRG2 on yleisesti käytettävä seostamaton rakenneteräs koneenrakennuksessa, jolla on hyvät hitsattavuus ominaisuudet, sekä se sitkeää. Rungot ovat hitsattuja teräsrakenteita, joiden tuettu rakenne määritetään niin, että ne kestävät niille asetetun suuren taakan (Liite 1-4). Ylärunkoon määritetään kiinnityspaikat hydraulisille kiinnitys vaarnaruuveille, sekä siirtohydrauliikan sylintereille (Liite 6-10).

Generaattorin alle sekä ylärungon väliin asennetaan Vibracon M42-säätöalusta, joihin teetätän lasermerkkaukset korkeudensäätöä varten (Kuva 7). Näillä voidaan hienosäätää korkeutta rihtauksessa, tasaavat mahdolliset kulmavirheet. Tähän samaan väliin on myös asennettava kevennys hydraulisyylinteri säätöä varten. Ylä- ja alarunkojen väliin on myös asennettava ohjausakselit, että nostotilanteessa nosto on täysin pystysuoraa. Runkojen väliin voidaan laittaa tarvittavan akselikorkeuden määrittävä korokepala, mikä tullaan valmistamaan alumiinista EN AW-5083 käytettävyyden ja kestävyuden takia (Liite 11–16). EN AW-5083 on meriveden kestävä alumiini seos hyvällä lujuudella, korroosiokestolla lisäksi hitsattavuus on hyvä. Akselikorkeudet ovat seuraavanlaiset, 1438 mm, 1588 mm, 1603 mm sekä 1776 mm. Alarunkoon asennetaan päänostohydraulisyylinterit, jotka nostavat niin generaattoria kuin ylärunkoa samanaikaisesti. Käyttämällä välirunkotyypistä ratkaisua saatiin runkorakenteita pienemmiksi sekä yksinkertaistettiin rakennetta. Huomioon täytyi ottaa myös alustan kuljetus ja siihen suunnittelin nostopaikat alustan päätylaipioihin, näistä nostopisteistä voimme nostaa alustaa jo osastolla olemassa olevalla aggregaattipakettien nostoraudalla. Tällöin lisäkustannuksia ei tule erillisestä

nostorausasta, millä saadaan säästöä aikaan, koska erillinen nostorauta olisi maksanut 46 000 € Alv 0 %. Täytyi myös ottaa huomioon, että generaattorin etulaakerille täytyi järjestää paineellinen voitelu sekä jäähdytys. Tälle suunnittelin erillisen hydraulikkakoneikon jäähdyttimellä, jossa on mahdollisuus niin paikalliskäyttöön, sekä etäkäyttöön valvomosta. Koneikossa on mittaukset paine, lämpötila sekä pinnan korkeus arvoille, joista kaikista on hälytykset.



Kuva 6. Alustan 3D-kuva.



Kuva 7. Vibracon SM42. /11/

5.3 Generaattori

Generaattoriksi W31-moottoreille alustalle valittiin ABB MG 1120XV08 LSE (kuva 8) perustuen sen tehonkestoan, jännitteeseen ja oikeaan kierroslukualueeseen (Liite 20). Tätä räätälöitiin vielä koeajolle sopivaksi seuraavilla tavoilla, jäähdytyksen tehostaminen kolmella puhallinmoottorilla kahden sijaan sekä muutimme aksiaalista päittäsvälystä laakereilla normaalista ± 2.5 mm \rightarrow ± 5.0 mm. Tällä päittäsvällyksen lisäämisellä kompensoimme erilaisten kytkinvariaatioiden lämpölaajenemisen, ettei päittäislaakerille tule liikaa painetta lämpötilojen noustessa ja kytkimen sekä kampiakselin pidentyessä lämpötilan noustessa. Tällöin vaurion mahdollisuus pienenee huomattavasti. Generaattorin FAT-ajo tapahtui ABB:n omaa Online FAT-järjestelmän kautta, missä pystyimme seuraamaan generaattorin testipisteiden testauksen omassa toimistossa istuen.

Generaattorin nestejäähdytintä mitoittaessa piti ottaa huomioon sen kestävyys käsitellä koeajon jäähdytysvettä, minkä Ph arvo on 10. Noin emäksinen jäähdytysvesi

pitää bakteerien kasvun minimissään mutta taas toisaalta liuottaa kuparia jäähdytysveteen.

Generaattorille piti myös suunnitella akselille sopiva liitäntänäpa, mihin voidaan kiinnittää oikean malliset kytkimet, erilaisille moottoreille mitä tullaan käyttämään koeajoissa. Materiaaliksi määritin napaan taottu nuorrutusteräs 42CrMo4+QT ainestandardi EN 10250-3 (Liite 21).



Kuva 8. ABB MG 1120XV08 LSE.

5.4 Hydrauliiikka

Hydrauliiikka on fluiditekniikkaa. Fluiditekniikkaan kuuluvat hydrostatiikka, hydrauliiikka, hydrodynamiikka sekä pneumatiikka. Hydrodynamiikassa tutkitaan liikuvan nesteen dynamiikkaa. Hydrodynaaminen järjestelmä käyttää hyväkseen nesteen liike-energiaa. Hydrostatiikassa käytetään nestettä paineenalaisessa tehonsiirrossa. Työ tehdään järjestelmän paine-energian avulla. Hydrostatiikasta käytetään yleisesti nimitystä hydrauliiikka.

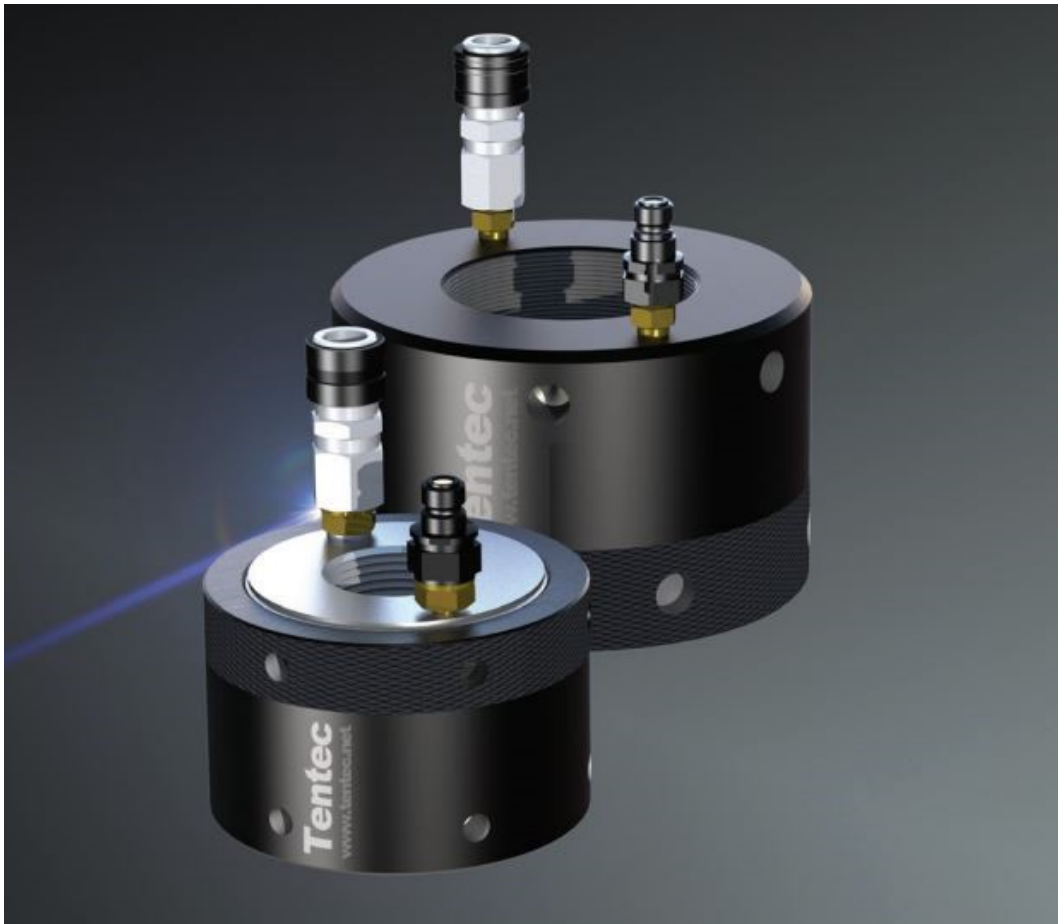
Pneumatiikassa taas käytetään kaasun painetta ja virtausta tehonsiirtoon sekä anturitietojen, ohjauskomentojen käsittelyyn ja toteuttamiseen.

Hydrauliikan etuja pneumatiikkaan on, että hydrauliikkajärjestelmillä saadaan aikaan suuria voimia ja momentteja. Hydrauliikan ohjaus voidaan toteuttaa sähköisesti ja tällöin voiman, momentin ja nopeuden muuttaminen on helppoa. Hydrauliikkajärjestelmät ovat toki herkkiä lialle ja onkin tärkeää pystyä pitämään järjestelmä puhtaana hyvällä huollolla sekä suodattimilla. Tällöin toimintavarmuus ja pitkäikäisyys pystytään toteuttamaan. Hydrauliikan komponentit ovat standardoituja, sekä niiden voitelu ja jäähdytys tapahtuu hydrauliiikkanesteen avulla. Hydrauliikan haittoja ovat pitkillä siirtomatkoilla virtaushävikki, sekä mikään hydrauliikkajärjestelmä ei ole ikinä täysin vuotamaton. /15/

Hydrauliikkajärjestelmiä on kahdenlaisia, avoimia ja suljettuja hydrauliikkajärjestelmiä. Avoimessa järjestelmässä hydrauliiikkaneste imetään pumpulla järjestelmään, josta se myös palaa takaisin vapaaseen öljysäiliöön toimilaitteilta. Suljetussa järjestelmässä hydrauliiikkaneste ei palaa öljysäiliöön vaan hydrauliikkapumpun imupuolelle. Avoimissa järjestelmissä hydrauliikkapumppu pumppaa tilavuusvirtaa vain yhteen suuntaan ja toimilaitteiden toiminta ja suunnanvaihto toteutetaan venttiileillä. Suljetuissa järjestelmissä hydrauliikkapumppu on usein kahteen suuntaan pyörivä säätötilavuuspumppu ja toimilaitteiden suunnanvaihto voidaan toteuttaa pyörimissuunnan vaihdolla. /16/

Hydrauliikkaa suunniteltaessa piti määrittää tarvittava voima generaattorin ja ylärungon nostoon sekä säätösyylintereiden käyttöön. Myös tarvittava nopeus oli tärkeä

määrittää, että saadaan liikkeistä tarkkoja. Alustaan valittiin käytettäväksi yksitoimiset sylinterit, koska palautus tapahtuu joko nostettavalla massalla tai sylinterin sisäisellä palautusjousen avulla. Generaattorin kiinnittäminen alustaan tapahtuu käyttämällä erikoisvalmistettuja vaarnaruuveja sekä hydraulikkamuttereita Tentec M42x4.5 (kuva 9). Kiristys tapahtuu vaarnaruuvia venyttämällä hydraulisesti.



Kuva 9. Tentec M42 hydraulikkamutteri. /9/

5.4.1 Hydraulisyliinterit

Sylintereiden tehtävä on muuttaa hydraulinen energia mekaaniseksi liikkeeksi. Hydraulisyliinterit jaetaan kolmeen ryhmään, yksitoimiset-, kaksitoimiset- ja erikoissyliinterit. Yksitoimisten sylintereiden toiminta tapahtuu vain yhteen suuntaan ja palautus tapahtuu ulkoisen voiman tai palautusjousen avulla. Kaksitoiminen taas pystyy siirtämään molemmissa suunnissa veto- ja puristusvoimaa. Kaksitoimisia sylintereitä on differentiaali- ja symmetrisia

sylintereitä. Erikoissylintereitä on teleskooppisylinterit, uppomäntäsylinterit, differentiaalisylinterit sekä asentoanturilla varustetut sylinterit, joita tähän projektiin valittiinkin. Sylintereiksi valittiin Hi-Force HSS2518 (päänostosylinteri), HPS300 (kevennyssylinteri) sekä HLS201 (säätösylinteri). Nämä ovat asentotunnistimilla, yksitoimisia sekä jousipalautteisia (Kuva 10).



Kuva 10. Hi-Force HSS2518.

5.4.2 Hydraulikkakoneikko

Hydraulikkakoneikoksi valittiin tähän tarkoitukseen räätälöity koneikko. Tarkoituksessa oli saada ohjattua sylintereitä missä on raskas kuorma ohjattua tarkasti ja pienellä nopeudella. Koneikko oli taajuusmuuntaja ohjattu, 16-lohkoinen sekä jäähdytys/suodatusyksiköllä varustettu. Taajuusmuuttajan avulla saadaan laajempi käyntialue hydraulikkapumpulle ja täten pystymme säätämään virtausta mahdollisimman pieneksi tarpeen mukaan, mutta ongelmaksi tuli hienosäätösylintereiden

ohjaus. Näiden sylintereiden ohjaukseen tarvittiin todella pieni virtaus tarkkuuden saavuttamiseksi, tätä varten olisi tarvittu käyttää pienempi tehoista koneikkoa. Tämä olisi tuonut kustannuksia lisää mikä ei ollut suotavaa. Tämän seurauksena mietinkin, että voidaanko nykyistä koneikkoa muuttaa siten, ettei tarvitse toista hydraulikkapumppua liittää ohjaukseen. Ratkaisin tämän muuttamalla öljyn virtausta hienosäätösylintereitä ohjattaessa seuraavalla tavalla. Hienosäätösylintereiden käytön ollessa aktiivisena aktivoituu sen linjan erillinen (split flow valve) sähkösolenoidin avulla, joka puolittaa virtauksen hienosäätösylintereiden käytössä, ohjaten puolet virtauksesta takaisin säiliöön paineen pysyessä muuttumattomana. Tätä muutosta toimittaja ei aluksi ollut valmis tekemään, mutta lopulta suostui sen toteuttamaan. Tämä muutos toimi hyvin ja saimme tiputettua hienosäädön tarkkuutta tuon muutoksen avulla todella hyvin. Muutos oli niin hyvä, että valmistaja otti sen myösi omiin tuotevalikoimiinsa ja tämä säätöominaisuus on liitettävissä heidän tuotteisiinsa.

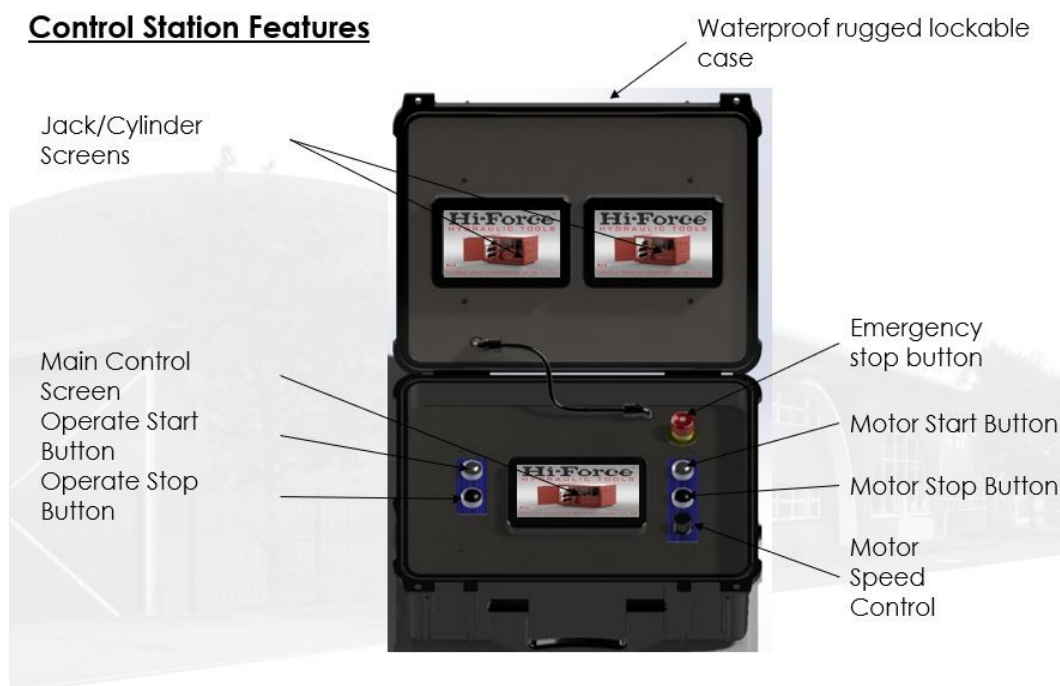
Suodattimena hydraulikkajärjestelmässä on kerrossuodatin järjestelmän imupuolella, millä on paremmat suodatuskyvyt, kuin normaalilla pintasuodattimella. Komponentit tähän toimitti Fintos Oy. Tarve oli säätää nopeutta 0.14 l/min (200 rpm) – 1.2 l/min (1 800 rpm) välillä riippuen käyttövaiheesta. Maksimi paine oli koneikolla 700 bar. Laskennalliset nopeudet sylintereille olivat seuraavanlaiset.

- Päänostosylinterit 4 x HSS2518 max 5.7 mm/s (1 800 rpm) – min 0.64 mm/s (200 rpm).
- Kevennyssylinterit 4 x HPS300 max 4.4 mm/s (1 800 rpm) – min 0.49 mm/s (200 rpm).
- Säätösylinterit 4 x HSS252 max 5.7 mm/s (1 800 rpm) – min 0.64 mm/s (200 rpm).

5.5 Ohjaustapa

Alustan ohjaustavaksi valitsin PLC (programmable logic controller)-ohjauksen. Tällä saavutamme suhteellisen paljon hyötyä ja saamme pois suljettua inhimillisen virheen tekijöitä, jos verrataan esimerkiksi normaaliin venttiilikäyttöohjaukseen. Saamme ohjelmoitua hyväksyttävät liikkeet tiettyyn vaiheeseen, sekä tarkoituksena

oli saada lasermittalaite kytkettyä ohjaukseen mittausvaiheessa. Tämä vaihe piti jättää tästä opinnäytetyöstä pois kustannusten ja ajansäästön vuoksi. Ohjauksen toimitti Hi-Force UK (Kuva 11).



Kuva 11. PLC controller.

5.6 Mittaus

Rihtauksessa käytetään lasermittalaitetta Easy-Laser XT770 (Kuva 12). Tällä pystytään mittaus suorittamaan tarkasti ja luotettavasti. Reaaliaikainen mittaus on erittäin tärkeä rihtausprosessissa. Tarkoituksena oli saada mittalaite yhdistettyä generaattorin säätökoneikkoon, mutta tälle ei aika projektissa riittänyt. Tämä parannus tehdään myöhemmin laitteistoon.



Kuva 12. Easy-Laser XT770. /10/

5.7 Toimittajat

Toimittajiksi valittiin alustan teräsrakenteen valmistukseen Wärtsilän pitkäaikainen yhteistyökumppani UH-Koneistus Oy, tarjoukset pyydettiin kolmelta eri toimittajalta. Kilpailutusprosessissa heidän tarjouksensa oli kilpailukykyisin, sekä kattavin. Toimittajan monipuolisuus oli yksi valintakriteeri, UH-Koneistus pystyy tarjoamaan niin hitsaus-, koneistus-, asennustyöt sekä maalauksen kokonaisuudessaan.

Hydrauliikan komponenttien ja alustan ohjaukseen valittiin myös Wärtsilän pitkäaikainen yhteistyökumppani Fintos Oy. Heidän kanssaan on ollut jo pitkä historia erilaisten projektien läpiviemisessä onnistuneesti.

6 VALMISTUS

6.1 Teräsrakenne

Toimittaja oli tarjouksessaan määrittänyt toimitusajaksi 10 viikkoa tilauksesta. Tilauksen tehtyä kävimme aloituspalaverissa läpi kaikki keskeisemmät asiat kuten, piirustusten tarkastus, viikoittaisten seurantalaverien ajankohta, ongelmatilanteissa toimimisen sekä toimituspäivämäärän.

Alustan valmistus oli haasteellinen. Alarungon valmistuttua kävikin ilmi, että nostotilanteessa koneistuskeskukselle runkorakenne vääntyy arvioitua enemmän (kuva 13). Päädyin lisäämään alarunkoon lisävahvikkeita alapohjaan välilaipioiden väliin, sekä kolmiovahvikepalat, mikä jäykisti rakennetta tarpeeksi, että runko saatiin koneistettua. Tämä havaittu ongelma saatiin hyvin hallintaan ja pystyttiin jatkamaan alarungon valmistusta (liite 17-18).

Ylärungon valmistuksessa oli haasteellisinta saada ohjausakselit täysin kohtisuoraan alustan alapinnasta. Tämä vaati ohjureiden uudelleen hitsauksen. Koneistuksen jälkeen saatiin ylä- ja alarungot sopimaan toisiinsa täydellisesti (Kuva 14).

Ongelmatilanteisiin olin laskenut 2 viikkoa puskuria toimitusaikaan ja se juuri riitti tässä alustan valmistuksessa, mikä oli todella haastava koska tällaista ei ole ennen tehty.



Kuva 13. Alarungon korjaus.



Kuva 14. Alusta.

6.2 PLC ja hydraulikka

Toimittaja oli tarjouksessaan määrittänyt tarvikkeiden toimitusajaksi 12 viikkoa toimituksesta sekä 2 viikkoa asennusaikaa laitteistolle. Tämän suhteen oli haasteita koska tilattavat osat tulivat Englannista. Toimitusviivästyksiin vaikutti niin korona, kuin Englannin eroaminen EU:sta. Kokonaisviivästyminen oli 6 viikkoa, mikä lyhensi testausaikaani huomattavasti, mutta pystyimme saamaan menetetyn ajan kiinni nopeuttamalla asennusta sekä testausta.

Asennus aloitettiin hydraulisyntereiden asennuksella sekä niiden putkitusten vetämisellä. Nostosylintereiden ollessa paikalla voitiin nostaa siltanosturilla generaattori paikoilleen (Kuva 15). Seuraavaksi asennettiin ylärungon hienosäätöhydraulisynterit paikoilleen. Laitteiston säätöyksikkö oli suunniteltua kookkaampi ja se tuo tilaongelmia koeajossa. Tämän takia suunnittelin uuden rakenteen laitteistolle, että saamme laitteistosta kompaktimman (kuva 16).

Seuraavaksi aloitimme laitteiston testauksen. Alussa ongelmia nostossa aiheutti letkuihin jäänyt ilma, vaikka täytimmekin ne ennen asennusta mahdollisimman hyvin. Lopuksi saimme koneikon toimimaan sujuvasti ja säätöliikkeet tarkoiksi. PLC:n kalibroinnissa oli aluksi vaikeuksia, kun asetettu korkeus ei toiminut halutulla tavalla. Jokaisessa päänostosylinterissä on oma korkeusanturi ja näiden eriarvoisuus esti laitteiston tasaisen noston. Tähän saimme ohjelmaan muutoksen ja pystyimme nollaamaan laskennallisen nollapisteen haluamaamme paikkaan. Aksiaaliliikettä testatessamme kävi ilmi, että generaattori osuu alustan välilevyyn siirrossa. Generaattorin päätylaipan kiinnityspultin kanta osui suoraan alimmassa tasossa vaakalevyyn. Tämän takia nostimme generaattorin pois ja teimme loven pulttien kohdalle, jolla saimme ongelman ratkaistua ilman rakenteen heikkenemistä.



Kuva 15. Generaattorin asennus.

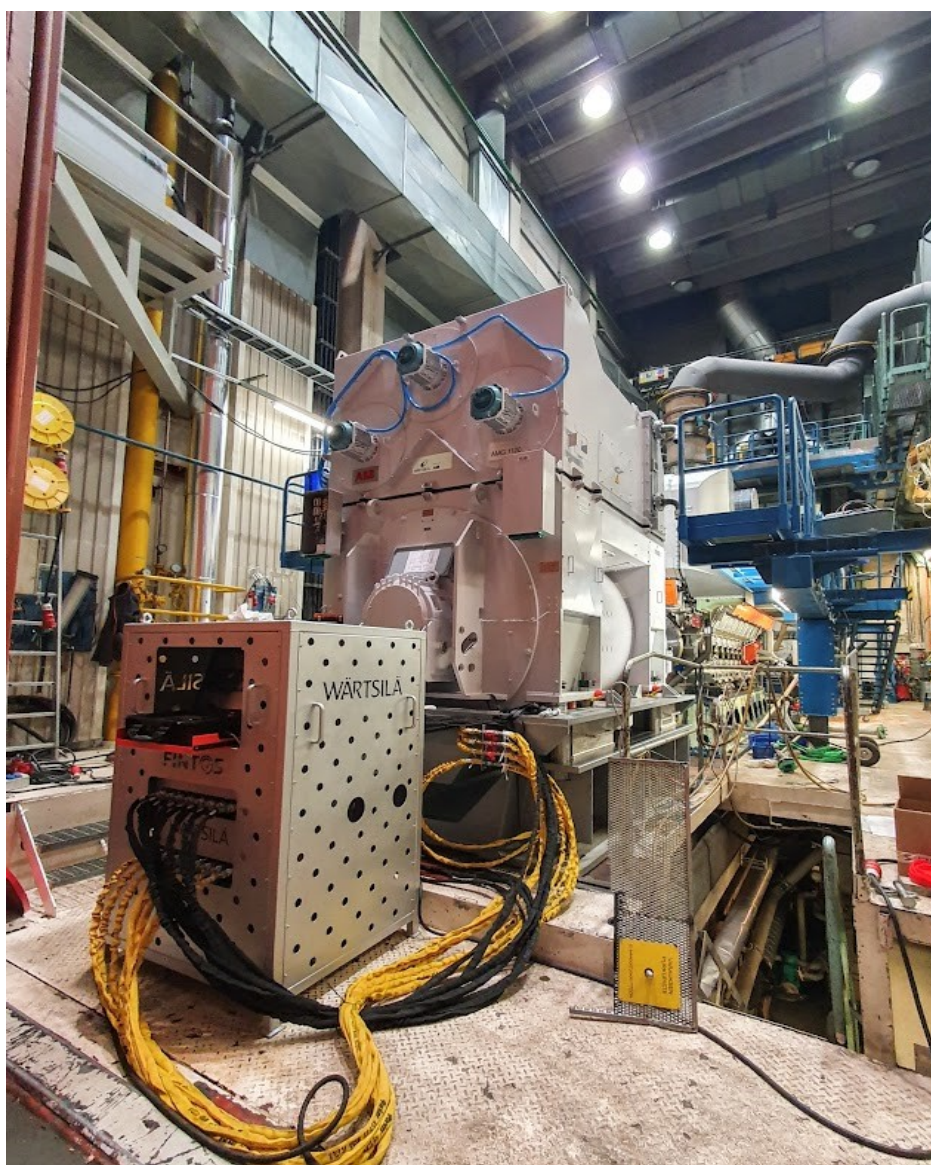


Kuva 16. Ohjainkaappi.

6.3 Käyttöönotto

Alusta valmistui aikataulun mukaan sille varatulle kestotestimoottorille, mitä tul-
laan ajamaan yhtäjaksoisesti 444 tuntia (kuva 17). Tätä ajoa ennen tehdään moot-
torille testejä, missä saadaan myös testattua alustan toiminta.

Käyttöönnotossa havaittiin prosessin nopeutuminen huomattavasti. Työvaiheen pystyi suorittamaan kaksi asentajaa, kun ennen siihen tarvittiin kolme asentajaa. Työvaihe oli asentaja ystävällinen ja saikin hyvää palautetta tästä. Työvaiheesta koeajon valmistelu vähentyi aikaa 2 tuntia, sekä työvaiheesta rihtaus 5 tuntia. Käyttöönnotossa teimme yhden muutoksen generaattorin voitelujärjestelmään. Paluuletku oli hieman liian pientä rajoittaen takaisinvirtausta säiliöön. Generaattorin etulaakerin pesä täyttyi hiljalleen ylärajaan, joka ei ollut suotavaa. Suuremman paluuletkun asennettua sekä jäähdytyskierron muutoksen jälkeen voitelujärjestelmä toimi hyvin.



Kuva 17. Käyttöönnotto.

7 KUSTANNUKSET

7.1 Alustan valmistus

Alustan valmistuskustannukset kasvoivat noin 10 % alarungon lisätukien valmistuksista sekä asennusvaiheen lisätöiden takia. Säästöä saatiin suunnittelemalla alustan nosto jo valmiille nostoraudalle ja täten säästyttiin tilaamasta generaattorille erillistä nostorautaa.

Hydrauliikka töiden suunniteltu budjetti toteutui ilman muutoksia.

Generaattorin suunniteltu budjetti ylittyi hieman koneistettavan liitäntänavan takia. Valmistuskustannuksia ei tässä opinnäytetyössä ilmoiteta, opinnäytetyön tilaajan pyynnöstä.

7.2 Saavutetut säästöt

Kaksi prosessin vaihetta mitä säädettävä alusta tehostaa ovat, koeajosellin valmistelu ja rihtaus. Koeajosellin valmistelusta sain vähennettyä työaika 2 tuntia ja sen kustannus muuttui 39 37 € → 2 571 €. Rihtaustyövaiheesta sain vähennettyä 5 tuntia ja sen kustannus muuttui 4 709,50 € → 1 294,50 €. Kokonaisasennusaika vähentyi 7 tuntia 30 tunnista → 23 tuntiin (kuva 12).

Ennen keskimääräinen kustannus päämoottorin asennukselle luovutusajoa varten oli 17 167,50 €. Nyt kustannus putosi lukemaan 12 386,50 €. Säästöä kertyi jokaista päämoottorikoeajoa varten 4 781 € (kuva 13). Lisäksi koeajon tehokkuus kasvoi monipuolisuuden takia 50 % W31-päämoottori sekä erikoisasennuksen tarvittaville asennuksille. Tämä alusta käy nyt kaikille W3X-moottoreille ja mahdollistaa joustavammat luovutusajot asiakkaille. Takaisinmaksuaika on noin kaksi vuotta mikä käy ilmi (Liite 19) laskelmasta.

Taulukko 5. Työvaiheiden muutos prosentuaalisesti.**Taulukko 6.** Muuttunut kustannusjakauma.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tärkein tavoite oli parantaa koeajon tehokkuutta. Tehdyt työvaiheiden mittaukset, sekä laskennat selvittivät parannettavan työvaiheen. Uuden säädetävän generaattorialustan valmistamiseen päädyttiin tehokkuuden kuin tulevaisuuden näkymänkin takia. Työ saatiin valmiiksi aikataulussa ja saavutti sille annetut odotukset loistavasti. Kokonaisbudjetti ei ylittynyt, koska emme tarvinneet uutta nostorautaa alustan nostolle ja se säästi kustannuksia merkittävästi. Pystyin myös säästämään hydraulikkakoneikon suunnittelussa kustannuksia muuttamalla sen toimintaa, yksinkertaistamalla sitä pienillä lisäyksillä ilman, että tarvitsi lisätä sinne kallista pumppuyksikköä lisää. Tästä toki valmistaja sai ilmaisen idean omiin valikoimiinsa ja hyötyi siitä. Tämä opinnäytetyö sisälsi projektihallintaa, investointilaskentaa, toimittajien kilpailutusta, suunnittelua, mekaniikan, hydraulikan sekä sähkötekniikan tuntemusta. Pystyin ratkaisemaan eteen tulleet ongelmat tehokkaasti, sekä kehittämään jotain uutta mitä ei vielä kilpailijoilla ole. Käytin tässä projektissa Wärtsilän yhteistyökumppaneita ja sain kaikki toimimaan sujuvasti yhdessä. Onnistuimmekin saamaan toimivan ja kehittyneen laitteen Vaasan Wärtsilän koeajoon. Haastavinta itselle oli ohjelmiston suunnittelu Hi-Forcen kanssa englanniksi, tämä opetti paljon yhteistyöstä eri kansallisuuksien kanssa, sekä erilaisista toimintatavoista. Itse työnä tämä oli erittäin haastava ja mielestäni hieman liian laaja kokonaisuus opinnäytetyöksi, mutta mielestäni suoriuduin siitä hyvin. Ainoana isompana ongelmana tuli eteen alustan alarungon vääntymisen koneistuskeskukselle nostettaessa. Tätä en ollut ottanut huomioon, vaan olin käsitellyt asiaa niin, että päälle asetettava generaattori jäykistää lopulta rakenteen lopulliseen jäykkyyteen. Alarungossa pyrin käyttämään kustannussääton takia vain tarvittavan määrän jäykisteitä. Lisäämällä alarungon laipioiden väliin jäykistelevyt saatiin ongelma ratkaistua. Tästä opinkin, että täytyy miettiä valmistusmenetelmiä tarkemmin, kun suunnittelee uusia tuotteita tuotantoon.

Yhtenä isompana asiana pohdin erilaisia ajotapoja millä voisimme toteuttaa tehokkaasti luovutus ja testausajot asiakkaalle. Tehokkainta olisi, jos voisimme tehdä asennustyöt muualla kuin koeajosellissä. Tällöin emme kuluttaisi koeajosellin kapasiteettia vaan käyttäisimme sitä siihen mihin se on tarkoitettu, moottoreiden

ajamiseen ja testaukseen. Kaikki moottorit voisi ajaa käyttämällä yhteistä alustaa mihin asennukset voisi tehdä jo asennussolussa, eikä koeajosellissä. Tämä tehostaisi koeajosellin käyttökapasiteettia huomattavasti. Tämän opinnäytetyön säädetävän generaattorialustan tekniikka pystyttäisiin käyttämään juuri tuossa uudessa ajotavassa.

Tutkiessani koeajon nykytilannetta löysin paljon asioita mitä voitaisiin tehostaa jo pienilläkin muutoksilla ja näin saaden paljon nostettua tehokkuutta, sekä saaden kustannussäästöjä aikaa. Jo pienet laatuongelmat saivat koeajoprosessin pysähtymään ja näin ollen nostivat kustannuksia, sekä pienensivät koeajon tehokkuutta radikaalisesti. Tämä on yksi asia mihin pitää kiinnittää tulevaisuudessa huomiota. Lisäksi osa koeajoprosessin vaiheista pystyttäisiin nopeuttamaan investoimalla työkaluihin mitä osastolla oli vain yksi kappale ja näin ollen välttyttäisiin odotusajoilta. Tämän opinnäytetyön parannuksen jälkeen seuraavaksi parannettavaksi prosessin työvaiheeksi jäi moottorin öljyhuuhtelu. Tämän työvaiheen suorittaminen koeajosellin ulkopuolella toisi aikasäästöä paljon. Pystyttäisiin havainnoimaan mahdolliset laatuongelmat, kuten öljyvuodot mitä ilmeni koeajossa usein ja näiden korjaaminen vei aikaa koeajosellin kapasiteetista. Tällöin olisi tilanne missä öljyvuodot poistuisivat koeajosta, ja luovutusajo asiakkaalle olisi tehokas sekä laadukas.

Kokonaisprojektin hallinta oli haasteellinen toteuttaa, koska muuttuvia tekijöitä oli projektissa paljon. Alustan valmistumisen toimituspäivämäärä ei saanut poiketa suunnitellusta, koska generaattori sekä hydrauliiikan komponenttien saapuminen oli saatava samalle päivälle sovittua, että asennus voitiin suorittaa tehokkaasti aikaa hukkaamatta. Tässä onnistuin mielestäni hyvin, vaikka haasteita oli useita, joista isoimpana oli logistiset ongelmat. Ongelmanratkaisukykyä vaadittiin paljon ja päätökset oli usein tehtävä heti. Loppujen lopuksi kaikki saatiin toimitettua koeajoon oikeaan aikaan ja opinnäytetyö onnistui.

LÄHTEET

- /1/ Wärtsilä lyhyesti. Viitattu 23.2.2021. <https://www.wartsila.com/fi/media-fi/lii-ketoiminnat-lyhyesti>
- /2/ Historia. Viitattu 23.2.2021. [History \(wartsila.com\)](https://www.wartsila.com/fi/history)
- /3/ Nykytilanne. Viitattu 12.4.2021. <https://www.wartsila.com/fin>
- /4/ Tulevaisuus. Viitattu 12.4.2021. <https://www.wartsila.com/fi/kestava-kehitys>
- /5/ Smart Technology Hub. Viitattu 13.04.2021. <https://www.smarttechnology-hub.com/fi/etusivu/>
- /6/ Wärtsilä 31. Viitattu 12.4.2021. <https://www.wartsila.com/marine/build/engines-and-generating-sets/dual-fuel-engines/wartsila-31df>
- /7/ Wärtsilä 32. Viitattu 12.4.2021. <https://www.wartsila.com/marine/build/engines-and-generating-sets/diesel-engines/wartsila-32>
- /8/ Wärtsilä 34. Viitattu 12.4.2021. <https://www.wartsila.com/marine/build/engines-and-generating-sets/dual-fuel-engines/wartsila-34df>
- /9/ Tentec M42. Viitattu 21.04.2021. <https://www.hytorc.nl/en/hydraulic-tensioners/hydraulic-nut/>
- /10/ Easy-Laser XT770. Viitattu 22.04.2021. <https://easylaser.com/en-us/products/shaft-alignment/xt770-dot-laser>
- /11/ Vibracon SM 42. Viitattu 22.04.2021. <https://www.tequipment.net/SKF/SM-42-SS/General-Accessories/>
- /12/ Jokinen, T. 2010. Tuotekehitys 6. painos. Otaniemi. Aalto-yliopisto.
- /13/ Pere, A. 2016. Koneenpiirustus 1 & 2. Espoo. Kirpe Oy
- /14/ Hi-Force sylinterit. Viitattu 23.04.2021. <https://www.hi-force.com/en-uk/product-details/4/hss-range>
- /15/ Keinänen, T. Kärkkäinen, P. 2005. Automaatiojärjestelmien hydrauliiikka ja pneumatiikka. Helsinki. WSOY
- /16/ Keinänen, T. Kärkkäinen, P. Lähetkangas, M. Sumujärvi, M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki. WSOY