



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Janne Vuorela

# KOKOONPANOSOLUN KEHITYS MODUULIASENNUKSESSA

Tekniikka

2016

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Janne Vuorela
Opinnäytetyön nimi	Kokoonpanosolun kehitys moduuliasennuksessa
Vuosi	2016
Kieli	suomi
Sivumäärä	36
Ohjaaja	Pertti Lindberg

---

Opinnäytetyö tehtiin Wärtsilän Vaasan tehtaalla, moduulitehtaan ahtoilmamoduulikokoonpanosolun kehittämistä, jossa pääpainona oli työturvallisuus, työergonomia ja laadulliset asiat.

Työ aloitettiin tekemällä esikartoitus, jossa kartoitettiin nykytilanteessa esiintyvät ongelmat ja puutteet, jotka oli mahdollista korjata nykyaikaistamalla kokoonpanosolua. Esikartoituksessa huomioitiin seuraavia asioita, kokoonpanojigien ikä joka on noin 15 vuotta ja käyttökerrat, joista ei ole selkeää tietoa. Kartoituksessa selvisi myös, että kokoonpanojigejä on käytetty mahdollisesti ylikuormalla ja ylikuormasta johtuen on ilmennyt laadullisia ongelmia. Kokoonpanojigin taipumisen vuoksi. Työergonomiassa havaittiin myös puutteita.

Uudelle järjestelmälle asetettiin tiettyjä ahtoilmamoduulin kokoonpantavuus vaatimuksia, kuten asennuskorkeuden säätömahdollisuus, koska moduulin alle asennetaan myös osia, ennen ne on pitänyt asentaa epäergonomisessa työasennossa, lattialla konttien tai kyyristyen.

Uuteen kokoonpanojärjestelmään otettiin kolme eri vaihtoehtoa, joista valittiin SWOT-analyysin ja asentajien mielipiteiden avulla yksi, jota lähdettiin kehittämään sopivaksi. Valinta kohdistui Nordlift-yksipilariautonostimeen, johon lähdettiin suunnittelemaan sopivaa adapteria, johon ahtoilmamoduuli voitaisiin kiinnittää kokoonpanon ajaksi.

Lopputuloksena saatiin tarkoitukseen sopiva kokoonpanolaitteisto, joka täyttää asetetut vaatimukset. Asentajat ovat ottaneet uuden kokoonpanojigin hyvin vastaan, eikä muutosvastarintaa ole ollut havaittavissa.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Mechanical and Production Engineering

## ABSTRACT

Author	Janne Vuorela
Title	Assembly Cell Development in Module Assembly
Year	2016
Language	finnish
Pages	36
Name of Supervisor	Pertti Lindberg

---

This thesis was made at the Wärtsilä Module Factory in Vaasa, to develop the charge air module assembly cell, with the main focus on safety, ergonomics and quality issues.

The project was started with a survey, where problems and shortcomings were studied to make it possible to correct them by modernizing the assembly cell. The purpose of the survey was take into account the age of the assembly trestles age which was about 15 years old, and the number of usage which there was no clear information. The survey also revealed that the assembly trestles have been under overload for many years and this has resulted in quality problems. Also shortcomings in ergonomics were observed.

Certain requirements were set for the new system, such as the adjustment option for the installation height, because parts are installed also under the module, and before the installations have been made in an ergonomically unsound working position.

The composition of the new system has three different options, which were selected by means of a SWOT analysis and according to the assemblers' opinions. The selected alternative was the Nordlift one pillar car hoist, for which an appropriate adapter was designed, where charge air module could be assembled for a period of assembly.

---

Keywords                      Occupational safety, ergonomics, quality, efficiency

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

1	JOHDANTO .....	7
2	YRITYS .....	8
	2.1 Wärtsilä Oyj Ab .....	8
	2.2 Vaasan toimitusyksikkö .....	8
3	KOKOONPANOSOLUN KEHITYS .....	9
	3.1 Moduuliasennus .....	9
	3.2 Ahtoilmamoduuli .....	9
	3.3 Lähtötilanne .....	10
	3.4 Havaitut puutteet nykytilanteessa .....	11
4	RATKAISUVAIHTOEHDOT .....	15
	4.1 Vaihtoehto 1 (Finnlift) .....	15
	4.2 Vaihtoehto 2 (Pema) .....	16
	4.3 Vaihtoehto 3 (Nordlift) .....	17
5	VALINTA .....	18
	5.1 SWOT-analyysi .....	18
	5.2 SWOT-analyysi (Finnlift) .....	19
	5.3 SWOT-analyysi (Pema) .....	20
	5.4 SWOT-analyysi (Nordlift) .....	21
	5.5 Vaihtoehdon valinta .....	22
6	JIGIN SUUNNITTELU .....	23
	6.1 Suunnittelun esikartoitus .....	23
	6.2 Ideointi .....	24
	6.3 Esi suunnitelma .....	24
	6.4 Luonnokset .....	25
	6.5 Lopullinen suunnitelma .....	26
	6.5.1 Adapteri .....	27
	6.5.2 Kiinnityslevy .....	27

6.5.3	Kuljetusvaunu .....	28
7	LAYOUT SUUNNITTELU.....	29
8	KÄYTTÖÖNOTTO.....	30
8.1	Valmistus .....	30
8.2	Nostimen asennus .....	30
8.3	Käyttöönotto .....	31
9	JATKOKEHITYS.....	32
9.1	Käytössä havaitut puutteet .....	32
9.2	Revisiointi .....	33
9.2.1	Kiinnityslevyn muutokset .....	33
9.2.2	Kuljetusalustan muutokset .....	34
10	YHTEENVETO .....	35
	LÄHTEET.....	36

**KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO**

<b>Kuva 1.</b>	Organisaatiokaavio	s. 8
<b>Kuva 2.</b>	Ahtoilmamoduuli + kokoonpano/kuljetusjigi	s. 10
<b>Kuva 3.</b>	Tunkki moduulin alla	s. 11
<b>Kuva 4.</b>	Kiinnityslevyn taipuma	s. 12
<b>Kuva 5.</b>	Ote piirustuksesta	s. 12
<b>Kuva 6.</b>	Työergonomia 1	s. 13
<b>Kuva 7.</b>	Työergonomia 2	s. 13
<b>Kuva 8.</b>	Vaihtoehto 1 (Finnlift)	s. 15
<b>Kuva 9.</b>	Vaihtoehto 2 (Pema)	s. 16
<b>Kuva 10.</b>	Vaihtoehto 3 (Nordlift)	s. 17
<b>Kuva 11.</b>	SWOT-Analyysi 1	s. 19
<b>Kuva 12.</b>	SWOT-Analyysi 2	s. 20
<b>Kuva 13.</b>	SWOT-Analyysi 3	s. 21
<b>Kuva 14.</b>	Lukitus periaate, luonnos 1	s. 25
<b>Kuva 15.</b>	Lukitus periaate, luonnos 2	s. 25
<b>Kuva 16.</b>	Laitteisto, 3D-malli	s. 26
<b>Kuva 17.</b>	Adapteri, 3D-malli	s. 27
<b>Kuva 18.</b>	Kiinnityslevy, 3D-malli	s. 27
<b>Kuva 19.</b>	Kuljetusvaunu, 3D-malli	s. 28
<b>Kuva 20.</b>	Testinosto	s. 31
<b>Kuva 21.</b>	Ahtoilmamoduulin asento	s. 32
<b>Kuva 22.</b>	Levyn ohjurit ja lisäreijät	s. 33
<b>Kuva 23.</b>	Vetokahvan paikka	s. 34

## 1 JOHDANTO

*Tämä opinnäytetyö tehdään Wärtsilän Module Factory (MF/Modulitehdas) organisaatiolle, Moduulitehtaalla valmistetaan moottorin apulaitemoduuleja, kuten käynnistysilmajärjestelmä, voiteluöljymoduuli jossa sijaitsee öljyn lauhdutin ja osa suodattimista, pumppukotelo, jossa sijaitsee voiteluöljypumppu, jäähdytysvesipumput ja lisäksi moduulitehtaalla kokoonpannaan ahtoilmamoduuli.*

*Tässä työssä paneudutaan tarkemmin ahtoilmamoduulikokoonpanosolun asennusjigin kehitykseen. Uudella kokoonpanosolun kokoonpanojigillä on tavoitteena parantaa työergonomiaa ja työturvallisuutta laadusta tinkimättä.*

## 2 YRITYYS

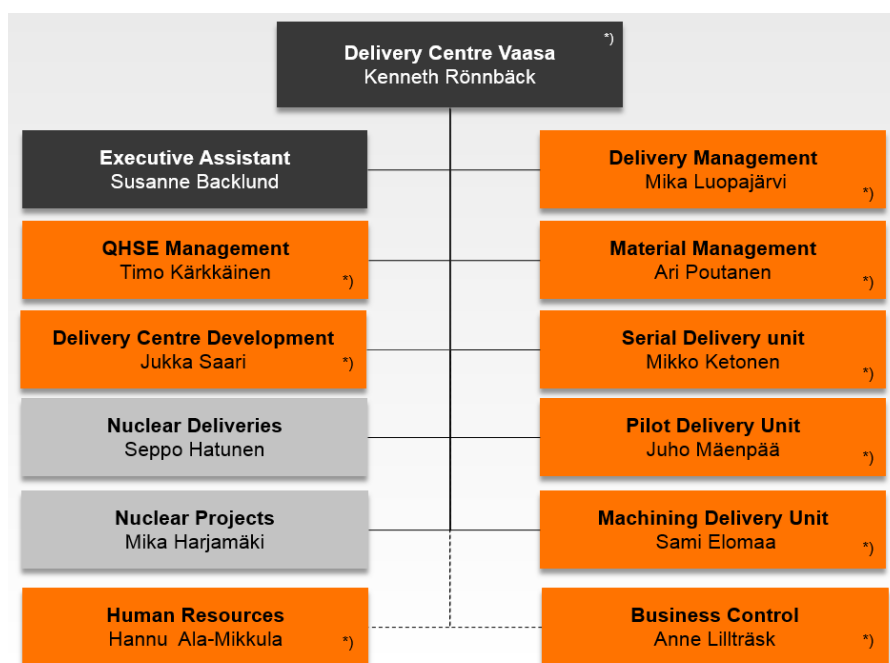
### 2.1 Wärtsilä Oyj Ab

Wärtsilä on kansainvälisesti johtava merenkulun ja energiamaarkkinoiden voimatkaisujen toimittaja, joka tukee asiakasyrityksiä tuotteiden koko elinkaaren ajan. Wärtsilä maksimoi alusten ja voimalaitosten ympäristötehokkuuden ja taloudellisuuden keskittymällä teknologisiin innovaatioihin ja kokonaishyötysuhteeseen. /1/

### 2.2 Vaasan toimitusyksikkö

Vaasan toimitusyksikkö vastaa Marine Solutions:in ja Energy Solutions:in myymien W20 ja W32/34 nelitahtimoottoreiden valmistuksesta ja toimituksesta.

Vaasan toimitusyksikkö työllistää noin 3 000 henkeä, pääasiassa tuotannon eri toiminnoissa, kuten esim tuotekehitys ja moottorivalmistus. Kuvassa 1 Vaasan toimitusyksikön organisaatiokaavio.



Kuva 1. Organisaatiokaavio



### **3 KOKOONPANOSOLUN KEHITYS**

#### **3.1 Moduuliasennus**

Moduuliasennuksessa valmistetaan moottorien apulaitteita, kuten polttoainemoduuli, pumppukotelo, voiteluöljymoduuli, multicover, multimoduuli sekä ahtoilmamoduuli, jonka kokoonpanosoluun tässä työssä on keskitytty. Ahtoilmamoduulikokoonpanosolussa valmistetaan kuusi - yhdeksän sylinteristen W32/34 rivi-moottoreiden ahtoilmamoduulit.

#### **3.2 Ahtoilmamoduuli**

Ahtoilmamoduuli koostuu kolmesta pääkomponentista; ilmantulolaatikosta, jäähdytyskennostosta ja diffuusorista, sekä mallista riipuen pienistä osakokoonpanoista, kuten hukkaportin ohjausilmajärjestelmästä.

Ahtoilmamoduuli on vastaava kuin autoteollisuudesta tuttu välijäähdytin. Eli kun ilma paineistetaan turboahtimella, sen lämpötila nousee ja happipitoisuus pienee. Ahdettu ilma kulkee tämän moduulin läpi, jolloin paineistetun ilman lämpötila laskee josta seuraa se, että kun ilman lämpötila laskee, samaan tilavuuteen mahtuu enemmän happea. Tällä menetelmällä palotapahtumaan saadaan enemmän happea ja näin ollen palotapahtuma tehostuu, polttoainemäärän pysyessä samana. Kun palotapahtuma tehostuu, moottorista saadaan suurempi teho ja pienemmät pakokaasupäästöt, jotka ovat tärkeitä myyntiargumentteja.

### 3.3 Lähtötilanne

Nykyisin ahtoilmamoduuli kokoonpannaan suoraan kuljetusjigiin (**Kuva 2.**), joka on alkujaan suunniteltu Standardi W32-moottorin ahtoilmamoduulille, joka painaa kokoonpantuna noin 800 kg. Nykyaikaisempien E- ja DF-moottoreiden ahtoilmamoduulit painavat noin 1 300 kg, jolloin nykyinen kokoonpanojigi ei ole enää asianmukainen. Pääasiassa lisäpaino on muodostunut suuremmasta ja tehokkaammasta jäähdytyskennnostosta, sekä hiukan kookkaammista valukomponenteista, kuten ilmantulolaatikko ja diffuusori.



**Kuva 2.** Ahtoilmamoduuli + kokoonpano/kuljetusjigi

### 3.4 Havaitut puutteet nykytilanteessa

Tämän päivän kokoonpanojigit eivät ole suunniteltu nykyisille ahtoilmamoduuleille kuorman keston osalta. Tästä esimerkkinä se, että moduulin alle on pakko laittaa tunkki, jotta jigissä oleva jäähdyttimen kiinnityslevy ei taipuisi (**Kuva 3.**)




**Kuva 3.** Tunkki moduulin alla

Jos kiinnityslevy pääsee taipumaan, se saattaa aiheuttaa laadullisia ongelmia. Ahtoilmamoduulin kappaleet tulee olla samassa tasossa levyyn nähden, koska niissä on vesi- ja ilmakanavia, joiden täytyy vastata moottorilohkossa olevaan tasopintaan tasaisesti. Kuvassa 4 on havainnollistettu kiinnityslevyn taipuma.



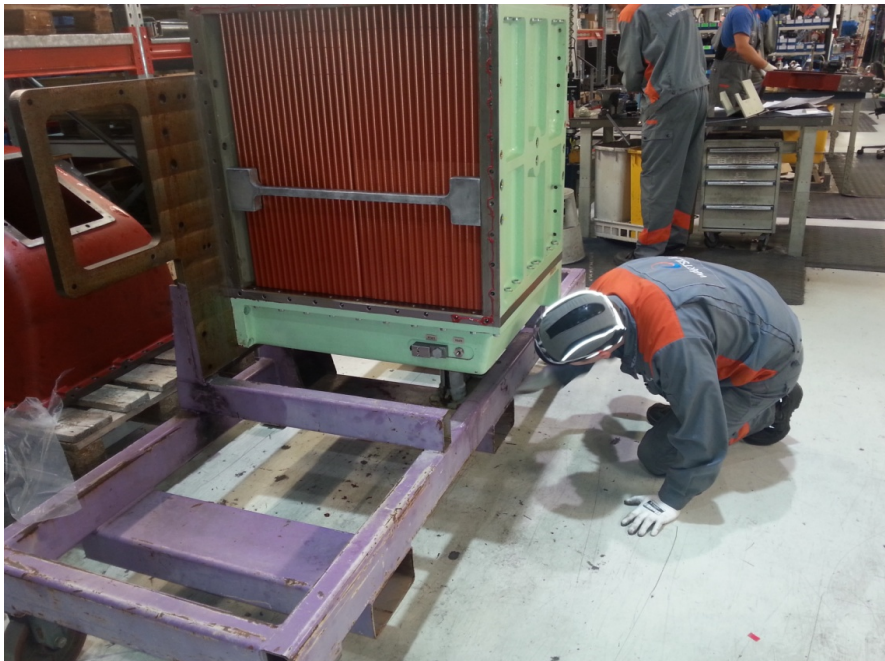
**Kuva 4.** Kiinnityslevyn taipuma

Jigit ovat iältään erittäin vanhoja, alunperin ne on suunniteltu vuonna 1997 (**Kuva 5.**) eli ei voida varmasti tietää montako kertaa kokoonpanojigiä on kuormitettu, mutta varmasti tuhansia kertoja ja näistä iso osa vielä mahdollisella ylikuormalla. Tästä saattaa aiheutua työturvallisuusriski, tämän korjaamiseksi kokoonpanojigeissä on alettu käyttää kuvassa 3 näkyvää tunkkia.

 <b>WÄRTSILÄ</b>		Product W32		TRANSPORT WAGON CHARGE AIR SYSTEM KULJETUSVAUNU AHTOILMAJÄRJESTELMÄ							
		Units	mm kg	IDE	Basic Material		Net Weight 350				
Made	02.07.1997		Scale	1:10		Size	A1	Page	1/1	Material ID	
Chkd			Design Group	15T		Drawing ID				Rev.	
Appd	08.12.2003										

**Kuva 5.** Ote piirustuksesta

Työergonomiassa havaittiin myös puutteita, koska asentajat joutuvat työskentelemään lähes lattian tasossa, jolloin polviin ja selkään aiheutuu turhaa kuormitusta, kuten kuvista 6 ja 7 voidaan havaita.



**Kuva 6.** Työergonomia 1



**Kuva 7.** Työergonomia 2

Kokoonpanojigissä havaittiin myös puutteita ahtoilamoduulin asennettavuudessa. Nykyisessä kokoonpanojigissä ei ole kaikkia tarvittavia kiinnitysreikiä, uusien ahtoilamoduulien osien, kuten ilmantulolaatikko kiinnittämiseen asianmukaisesti kokoonpanojigiin, sekä osa ilmantulolaatikon ja jäähdytyskennoston välisistä ruuveista joudutaan jättämään irti.

## 4 RATKAISUVAIHTOEHDOT

Ilmenneisiin ongelmiin lähdettiin hakemaan järkevää ratkaisua, jolla saataisiin korjattua edellä mainitut puutteet työergonomiassa, työturvallisuudessa ja mahdollisissa laadullisissa ongelmissa.

### 4.1 Vaihtoehto 1 (Finnlift)

Ensimmäisenä mietittiin jonkinlaista kääntö-/nostopöytää, jolla ahtoilمامoduuli voitaisiin nostaa ja kääntää sopivaan asentoon asennuksen eri vaiheissa. **(Kuva 8.)**



**Kuva 8.** Vaihtoehto 1 (Finnlift)

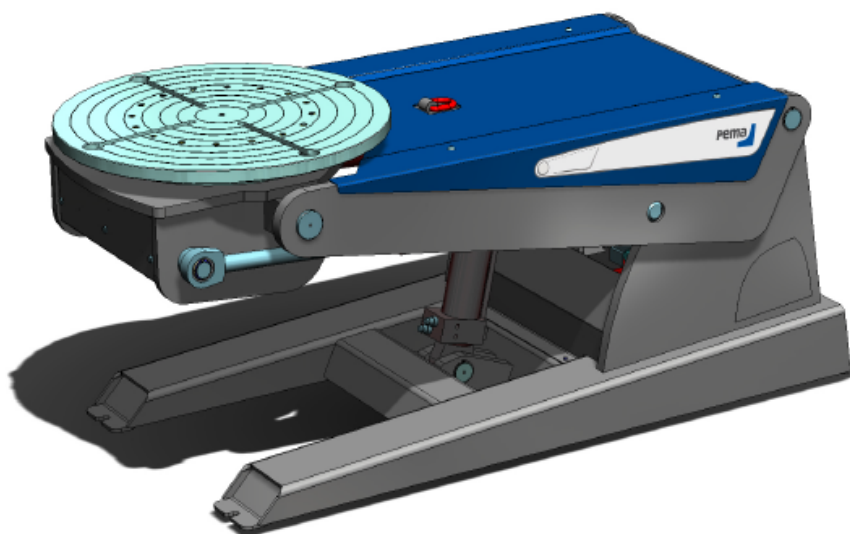
Kuvanmukaisen pöydän käyttöönotto olisi helppo, sillä siihen ei tarvitsisi minikäänlaisia adaptereita tms lisälaitteita, että ahtoilمامoduuli voitaisiin kiinnittää kokoonpanoa varten, vain tasaiseksi koneistettu pöytätaaso, jossa olisi moottorilohkoa vastaavat kiinnityspisteet ahtoilمامoduulin osille, sekä muut asennusta helpottavat aukot.

## 4.2 Vaihtoehto 2 (Pema)

Toiseksi vaihtoehdoksi valittiin Peman (**Kuva 9.**) hitsaamokäyttöön suunniteltu kappaleen kääntö-/nostopöytä, jolla kappaletta voidaan myös pyörittää pöytälevyn pyöritys mekanismin avulla.

### APS 3500

Three-axis positioner with 3500 kg capacity



**Kuva 9.** Vaihtoehto 2 (Pema)

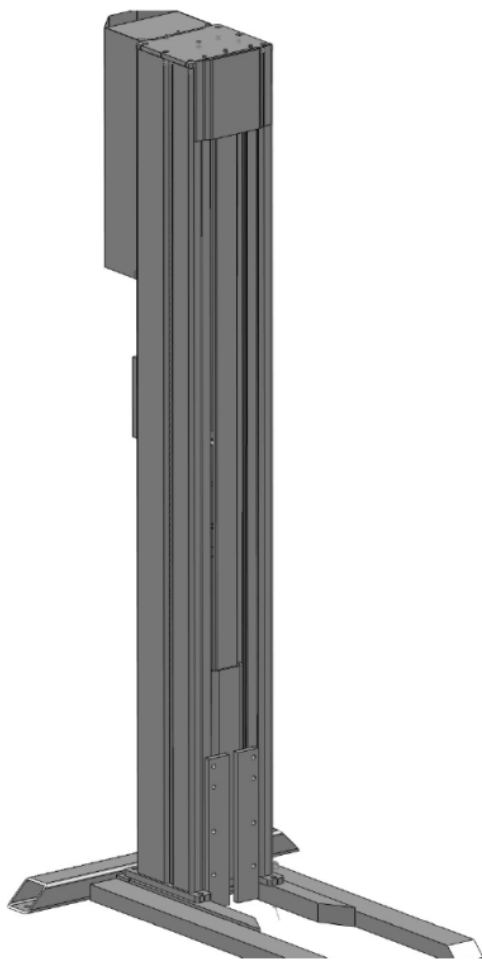
Tämän vaihtoehdon etuna on nostokapasiteetti, joka olisi riittävä 3 500 kg, mutta tähän pitäisi suunnitella adapteri ahtoilmoduulin kiinnitystä varten.

Tarkemmissa tutkimuksissa selvisi myös, että tämän pöydän rakenne, tarkemmin pyörityslevy, ei kestä ahtoilmoduulin massaa, koska painopiste on liian kaukana pyörityslevyn keskipisteestä.



### 4.3 Vaihtoehto 3 (Nordlift)

Kolmanneksi vaihtoehdoksi valittiin Nordlift autokorjaamokäyttöön tehty yksipilarinosturi (**Kuva 10.**), tällä ratkaisulla voitaisiin pelkästään nostaa ahtoilmamoduuli halutulle korkeudelle. Jolloin asentajien työergonomia nousee vaaditulle tasolle.



**Kuva 10.** Vaihtoehto 3 (Nordlift)

Tämän vaihtoehdon eduksi katsottiin koko, tyhjänä nosturi ei vie paljoakaan tilaa ja nostokapasiteetti on kuitenkin riittävä 2 500 kg. Myös tähän pitää suunnitella adapteri ahtoilmamoduulin kiinnitystä varten.

## **5 VALINTA**

### **5.1 SWOT-analyysi**

SWOT-analyysi on yleisesti käytetty menetelmä, jolla saadaan eriteltyä analyysin kohteena olevan esineen tai asian; vahvuudet, heikkoudet, uhat ja mahdollisuudet sellaiseen muotoon, että niitä on helppo tulkita.

Kaikille vaihtoehdoille tehtiin SWOT-analyysi, jolla saatiin esille kaikkien kolmen vaihtoehdon vahvuudet ja mahdolliset heikkoudet, jotka saattaisivat olla kriittisiä valintaa tehdessä.

Swot-analyysien valmistuttua ne esitettiin vielä kaikille asentajille yhteisessä palaverissa, jossa tuli hyviä huomioita esille, joiden perusteella SWOT-analyysejä vielä tarkennettiin vastaamaan paremmin todellisuutta.

## 5.2 SWOT-analyysi (Finnlift)

### Vaihtoehto 1 (Finnlift)

<u>Vahvuudet</u>	<u>Heikkoudet</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nostokapasiteetti</li> <li>Tiiltaukskapasiteetti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vie paljon tilaa (n 2m x 1m)</li> <li>Kiinteä asennus (ei liikuteltävissä)</li> <li>Valmis moduli joudutaan nostamaan kuljetusjigiin             <ul style="list-style-type: none"> <li>Vaatii mahdollisesti oman nostoraudan, joka luultavasti ei olisi kovin pieni → säilytys.</li> </ul> </li> </ul>
<u>Mahdollisuudet</u>	<u>Uhat</u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vain yksi moduli kerrallaan kok.pano.             <ul style="list-style-type: none"> <li>Jos/Kun rivimoottori kuorma suuri</li> </ul> </li> </ul>

**Kuva 13.** SWOT-Analyysi 1

Tässä vaihtoehdossa ehdottomasti suurin vahvuus oli kuormankantokyky ja toisaalta taas suurin heikkous on tilan tarve, joka on yksi rajoittava tekijä asennusso-  
lun ahtauden takia ja pitää ottaa huomioon valintaa tehdessä.

### 5.3 SWOT-analyysi (Pema)

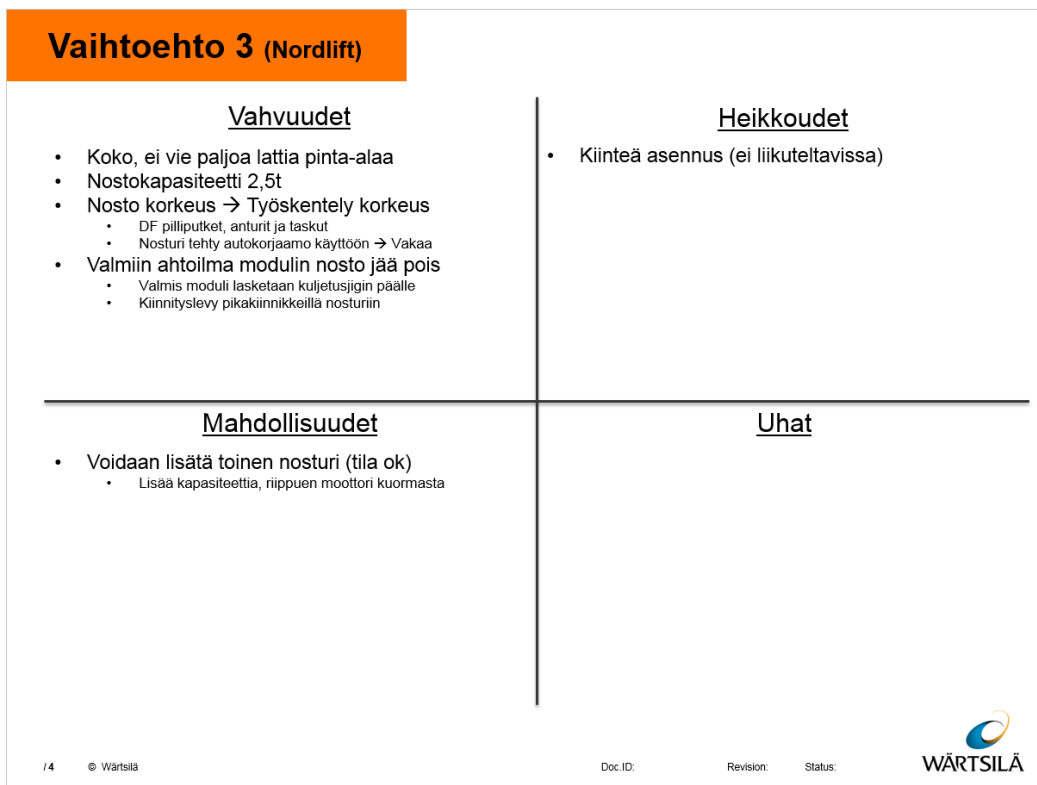
#### Vaihtoehto 2 (Pema)

<u>Vahvuudet</u>	<u>Heikkoudet</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nostokapasiteetti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vie paljon tilaa (n 2,3m x 1,0m)</li> <li>Kiinteä asennus (ei liikuteltävissä)</li> <li>Valmis moduli joudutaan nostamaan kuljetusjigiin             <ul style="list-style-type: none"> <li>Vaatii mahdollisesti oman nostoraudan, joka luultavasti ei olisi kovin pieni → säilytys.</li> </ul> </li> </ul>
<u>Mahdollisuudet</u>	<u>Uhat</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Modulin asento             <ul style="list-style-type: none"> <li>Voidaan nostaa, tilitä ja pyörittää, kapasiteetin rajoissa</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiltaus kapasiteetti rajallinen             <ul style="list-style-type: none"> <li>1500kg enintään 0,5m kiinnityslevystä → ~7300Nm → Saa olla enintään 7500Nm</li> </ul> </li> <li>Pyöritys momentti rajallinen             <ul style="list-style-type: none"> <li>Ei saa ylittyä vaikka ei pyöritettäisikään</li> </ul> </li> </ul>

#### Kuva 12. SWOT-Analyysi 2

Tässäkin vaihtoehdossa tuli esille suuri tilan tarve, sekä tiltauskapasiteetti, että pyöritys momentti, jotka eivät saa ylittyä. Varsinkaan pyöritysmomentti ei saa ylittyä vaikka kappaletta ei pyöritettäisikään, koska pyöritysmekanismin rakenne on ns. heikoin lenkki.

## 5.4 SWOT-analyysi (Nordlift)



**Kuva 13.** SWOT-Analyysi 3

Tässä vaihtoehdossa ehdottomasti suurimmat vahvuudet ovat pieni tilan tarve, etenkin kun nostolaite on tyhjä ja nostokapasiteetti joka on riittävä, myös tulevaisuutta ajatellen.

Myös se, että käytettävissä olevaan tilaan olisi mahdollista lisätä toinen samanlainen nosturi tarpeen tullen, on erittäin suuri vahvuus/mahdollisuus.

## **5.5 Vaihtoehdon valinta**

Kuten SWOT-analyysien perusteella voidaan huomata, vaihtoehdoissa yksi ja kaksi tuli ilmi yksi suuri heikkous, joka on tilan tarve, koska asennussolussa on erittäin rajallisesti tilaa. Jos tilaa haluttaisiin lisää, tulisi hyllypaikkoja vähentää, jolloin osan nostolaitteesta saisi hyllyn alle, mutta koska hyllypaikkoja ei voida järkevästi vähentää, päädyttiin vaihtoehtoon kolme, eli Nordliftin autonostimeen, johon tullaan suunnittelemaan tarvittavat komponentit ahtoilmoduulin kokoonpanoa ja nostamista varten.

## 6 JIGIN SUUNNITTELU

Wärtsilän työkalusuunnitteluosasto tulee suunnittelemaan uuden kokoonpanojigin yhteistyössä kokoonpanojigiä käyttävän osaston prosessin kehittäjän kanssa.

Wärtsilän työkalusuunnitteluosasto suunnittelee tehtaalla tarvittavat erikoistyövälineet, kuten nostoraudat, kuljetusjigit ja kokoonpanojigit. Osa suunnittelusta kuitenkin ulkoistetaan esim Citecille, joka suunnittelee työkalun Wärtsilän työkalusuunnitteluosaston kanssa yhteistyössä, koska työkalusuunnitteluosaston resurssit eivät riitä kaikkien työvälineiden suunnitteluun.

### 6.1 Suunnittelun esikartoitus

Esikartoituksessa otettiin huomioon kaikki nykyisen jigin puutteet työturvallisuudessa, työergonomiassa, laadussa ja asennettavuudessa. Niiden perusteella uusille kokoonpanojigeille asetettiin tiettyjä vaatimuksia.

Kokoonpanojigeille asetettuja vaatimuksia, kuten

- työturvallisuus
  - o kokoonpanojigin kuorman kesto
  - o nostimen käynnistymisenesto määrätyissä tilanteissa
  - o kiinnityslevyn kuormankesto
- työergonomia
  - o työskentelykorkeuden säätö
- laatu
  - o kiinnityslevyn kuormankesto (taipuma)
- asennettavuus
  - o kaikkien mallien sopivuus kokoonpanojigiin
  - o eri komponenttien kaikki ruuvit saatava kiristettyä
  - o helppo kuljetusalustaan lasku.

## 6.2 Ideointi

Asetettujen vaatimusten perusteella päädyttiin vanhan kokoonpanojigin tyyliin, mutta irroitettavalla ahtoilmamoduulin kiinnityslevyllä olevaan kokoonpanojigiin. Tässä ideana on se, että jigissä oleva kiinnityslevy voitaisiin kiinnittää nosturiin, jolloin työskentelykorkeus saadaan halutuksi ja kun ahtoilmamoduli on valmis, se voidaan laskea suoraan kuljetusalustan päälle ja kuljettaa moottorikokoonpanoon, kuten ennenkin.

## 6.3 Esi suunnitelma

Työkalusuunnittelijan kanssa käytiin läpi ideat ja vaatimukset, jonka jälkeen hän aloitti tekemään tarkempia laskelmia yms. ja oli yhteydessä väliajoin suunnittelun edetessä, jolloin siihen mennessä tehdyt piirustukset ja suunnitelmat käytiin läpi ja katsottiin, että ne vastaavat asetettuja vaatimuksia.

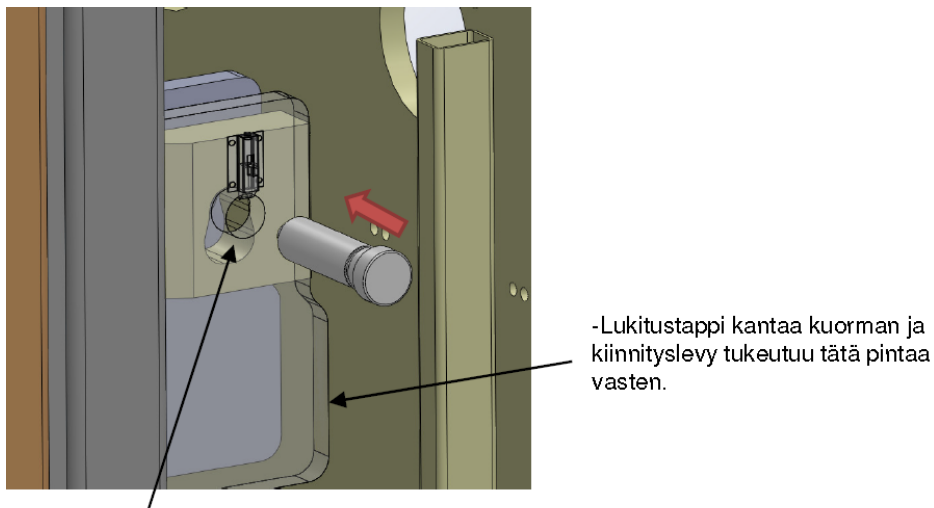
Nordlift laitevalmistajalta saatiin tarvittavat mittapiirustukset, joiden perusteella pystyttiin suunnittelemaan ja mitoittamaan nosturiin tuleva adapteri, johon kokoonpanojigin kiinnityslevy kiinnitetään kokoonpanon ajaksi. Muut tarvittavat tiedot, kuten ahtoilmamoduulien mittapiirustukset ja massat löytyvät suoraan Wärtsilän omasta järjestelmästä.

Piirustusten tekeminen ja lujuuslaskennat yms. jätettiin kokonaisuudessaan työkalusuunnitteluosaston tehtäväksi, koska heillä on siihen vuosien kokemus ja ammattitaito.



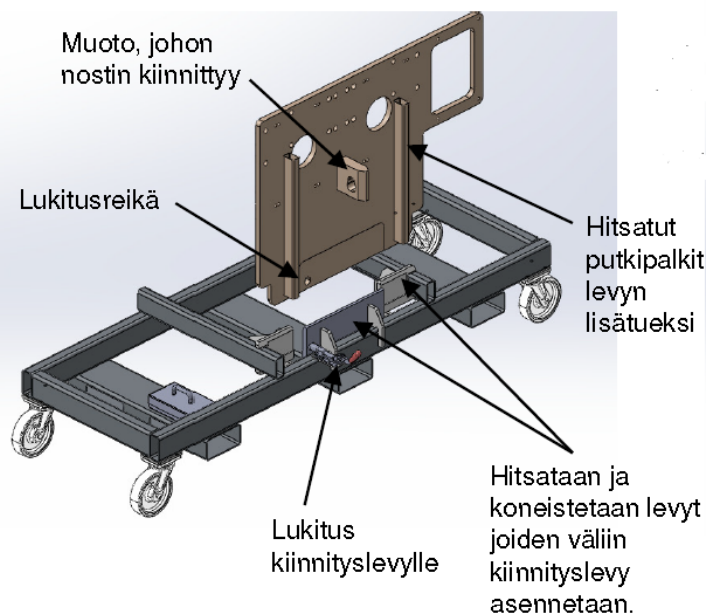
## 6.4 Luonnokset

Alla olevissa kuvissa on esitetty kiinnityslevyn lukitustapin toimintaperiaate, tapin kärjen paikkaa tullaan valvomaan anturilla, että se on varmasti tarpeeksi syvällä, ennen kuin nosturia voidaan käyttää.



- Lukitustappi työnnetään paikalleen kun kiinnityslevyssä oleva hahlo on kohdallaan
- Hahlo alhaalta leveämpi – helpottaa kiinnityslevyn kiinnitystä ja irroitusta

**Kuva 14.** Lukitus periaate, luonnos 1

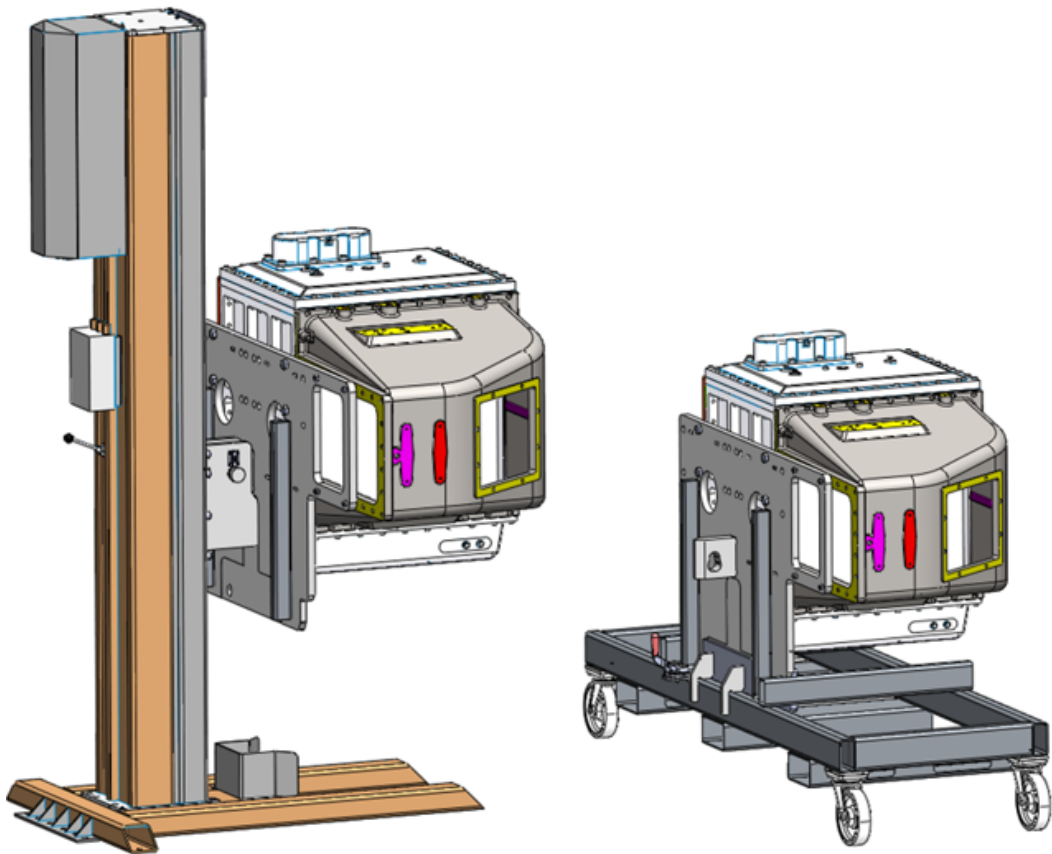


**Kuva 15.** Lukitus periaate, luonnos 2

## 6.5 Lopullinen suunnitelma

Luonnosvaiheen suunnitelmissa onnistuttiin jo niin hyvin, että sillä pystyi jatkaamaan lähes lopulliseen suunnitelmaan asti. Tietysti joitain pieniä tarkennuksia piti matkan varrella tehdä.

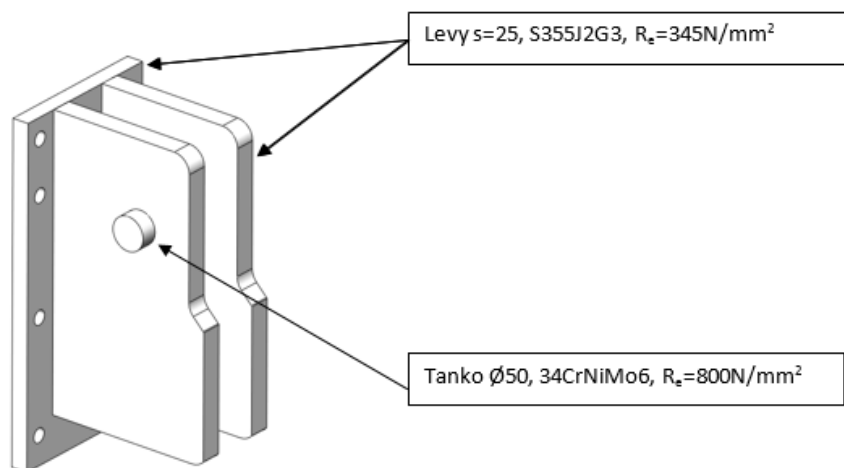
Nostimeksi valittiin Nordliftin 2 500 kg nostava autonostin, johon suunniteltiin tarvittavat komponentit, kuten adapteri, kiinnityslevy sekä kuljetuskärry (esitelty alempana), joilla kokoonpanojigi voidaan kiinnittää nosturiin. **(Kuva 16.)**



**Kuva 16.** Laitteisto, 3D-malli

### 6.5.1 Adapteri

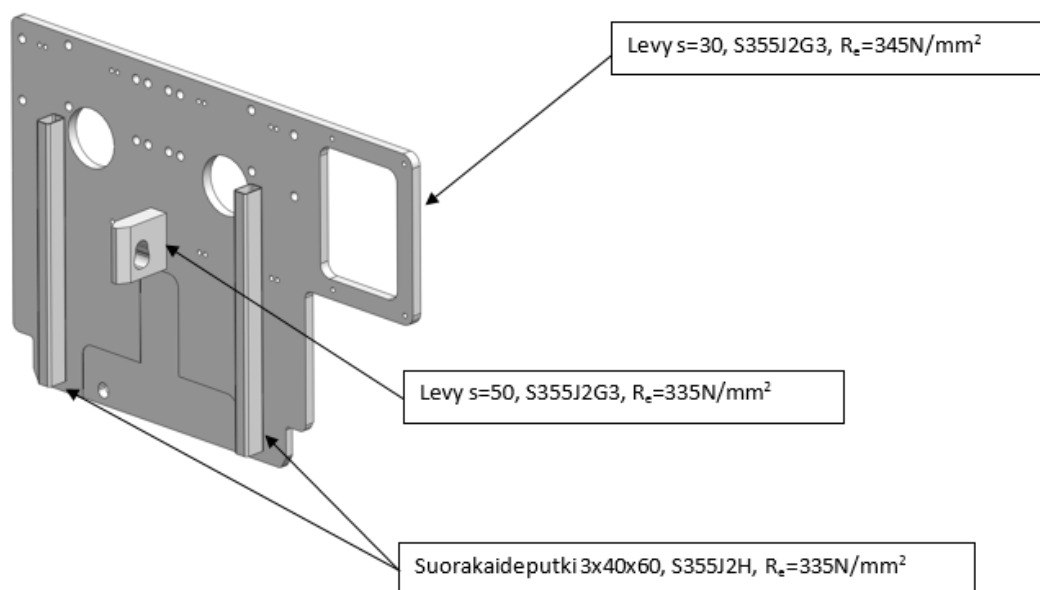
Kuvassa karkea malli adapterista, sekä valitut materiaalit.



**Kuva 17.** Adapteri, 3D-Malli

### 6.5.2 Kiinnityslevy

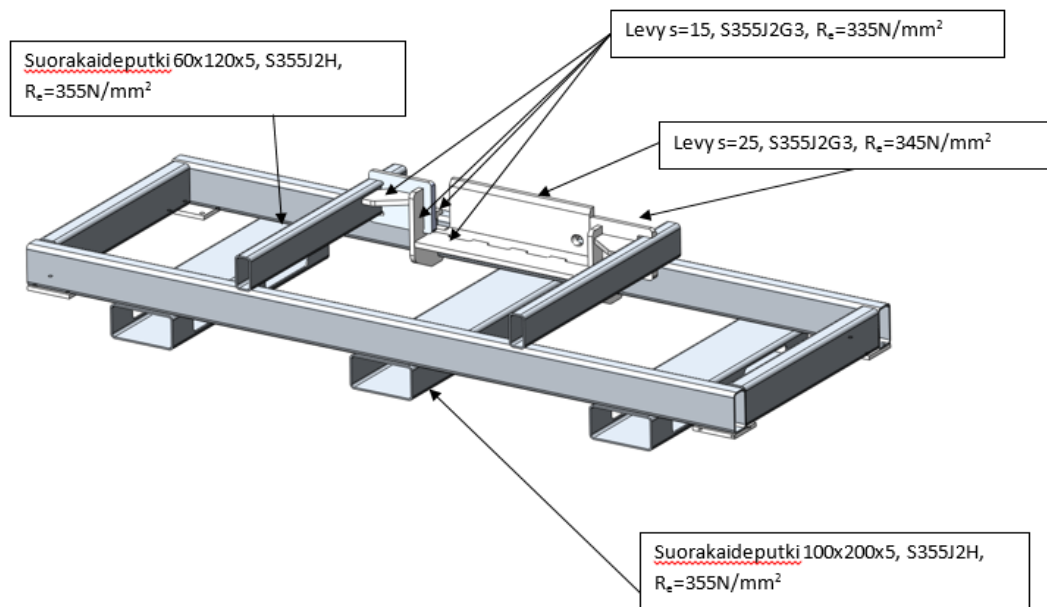
Kuvassa karkea malli kiinnityslevystä, sekä valitut materiaaleista.



**Kuva 18.** Kiinnityslevy, 3D-Malli

### 6.5.3 Kuljetusvaunu

Kuvassa karkea malli kuljetusvaunusta, sekä valitut materiaaleista.



**Kuva 19.** Kuljetusvaunu, 3D-Malli

## 7 LAYOUT SUUNNITTELU

Koska kokoonpanosolussa tila on rajallinen, nosturin sijoittelu piti miettiä tarkkaan, että tulevaisuudessa olisi vielä mahdollista lisätä toinen nosturi tarpeen vaatiessa ja ettei kokoonpanosolu menisi aivan tukkoon. Huomioon piti ottaa myös kokoonpanosolun toiminnallisuus ja materiaalivirrat.

Yleisesti ottaen materiaalivirrat olivat jo alkujaan niin hyvällä mallilla, ettei niihin tarvinnut puuttua, mutta toiminnallisuutta piti miettiä, koska nosturi tulee olemaan kiinteästi lattiassa kiinni, entisen liikuteltavan kokoonpanojigin sijaan, joka voitiin siirtää pois tarpeen vaatiessa.

## **8 KÄYTTÖÖNOTTO**

### **8.1 Valmistus**

Tässä tilanteessa, kun kyseessä on nostotyöväline, mitään tarjouskyselykierrosta ei tarvitse suorittaa, koska kaikki Wärtsilän nostotyövälineet valmistetaan UH-koneistuksella, koska heillä on tarvittavat sertifikaatit testaamiseen ja valmistukseen, joten kokoonpanojigitilaus tehtiin sinne.

UH-koneistus koneisti tarvittavat komponentit, jonka jälkeen hitsasi ja kokoonpani kokoonpanojigit, eli ne olivat testattuja ja täysin käyttövalmiita saapuessaan tehtaalle.

### **8.2 Nostimen asennus**

Nostimen asennuksesta ja käyttöönotosta vastaa Wärtsilän alihankkija. Nostin asennetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti pulttaamalla se lattiaan kiinni.

Aluksi nosturi tullaan asentamaan lattian pinnan päälle, jotta nosturia ja uutta kokoonpanojigiä päästään testaamaan käytännössä ja jos asennuskohta on hyvä ja toimiva, nosturi olisi tarkoitus upottaa lattiaan siten, että nosturin tukirakenteet saataisiin hiukan lattiapinnan alle, näin saataisiin minimoitua kompastumisriski, jonka nosturin tukirakenteet aiheuttavat. Lattiaan jäävien urien päälle tulisi suojaksi riisipelti tms. kestävä ja tukevapintainen pelti.

### 8.3 Käyttöönotto

Ennen käyttöönottoa nostimelle ja kokoonpanojigille tehtiin kuormitustesti, että voidaan varmistua kiinnitysten ja rakenteiden kestävyydestä. Kuormitustestin suoritti Wärtsilän alihankkija, he käyttivät koemassana 1 260 kg betonipainoa, 200 kg teräspainoa, sekä vielä niiden kiinnittämiseen valmistettua kokoonpanoa, jonka massa oli n.50 kg, eli yhteensä n.1 510 kg. **(Kuva 20.)**

Kuormitustestin koemassa pyrittiin asettaa niin lähelle todellista painopistettä kuin mahdollista, jolloin saatiin todellisuutta vastaava nostotilanne. Nosturi on testattu jo valmistajalla, mutta koska käyttötarkoitus on nyt täysin erilainen kuin mihin nosturi on alunperin suunniteltu, päätimme, että testi tehdään myös todellisessa tilanteessa.

Kuormitustestissä suoritettiin useita nostoja sekä alaslaskuja edellä mainitulla massalla ja siinä ei havaittu mitään puutteita tai minkäänlaista epävakautta joka saattaisi aiheuttaa nosturin irtoamisen lattiasta tai pahimmassa tapauksessa kaatumisen.



**Kuva 20.** Testinosto

## 9 JATKOKEHITYS

### 9.1 Käytössä havaitut puutteet

Nyt kun laitteisto on ollut käytössä jo jonkun aikaa, siinä on havaittu erinäisiä parannusta vaativia kohteita, suurimpana haasteena on ilmennyt se, että ahtoilmamoduuli ei pysy suorassa nosturiin nähden (**Kuva 21.**) vaan ”kellahtaa” painavemman pään suuntaan muutaman senttimetrin, mikä vaikeuttaa oleellisesti valmiin ahtoilmamoduulin laskemista kuljetuskärryyn.



**Kuva 21.** Ahtoilmamoduulin asento

Myös itse kiinnityslevyssä havaittiin puutteita, jotka osaksi estävät W32E-moottorin ilmantulolaatikon ja jäähdyttimen välisten ruuvien kirstämisen. Siitä puuttuu myös kokonaan joidenkin ahtoilmamoduulimallien ilmantulolaatikon kiinnitysreijät, joista ilmantulolaatikko kiristetään kiinnityslevyä vasten.



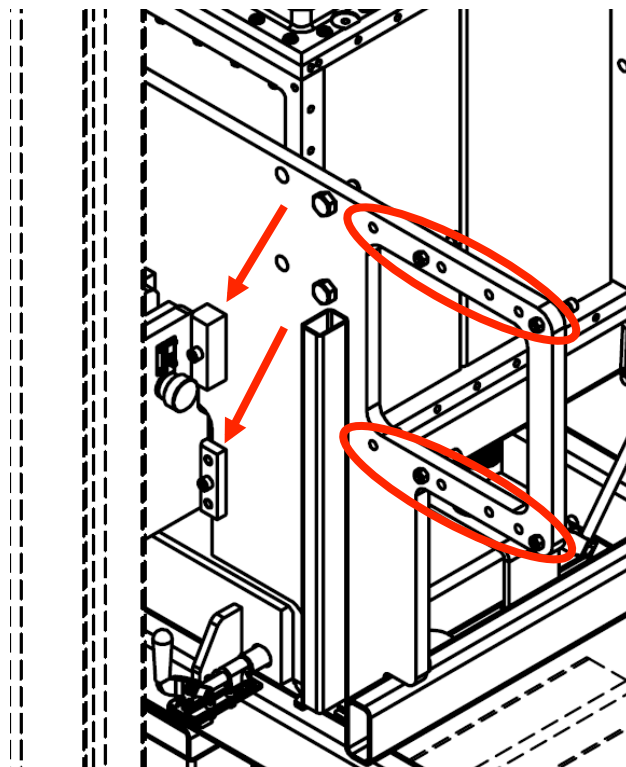
## 9.2 Revisiointi

Kokoonpanojigi otettiin uudelleen suunnittelupöydälle ja seuraavan revision suunnittelussa otettiin huomioon kaikki käytössä havaitut puutteet ja haasteet.

### 9.2.1 Kiinnityslevyn muutokset

Kiinnityslevyyn lisättiin ohjurit (**Kuva 22.**), jotka vastaavat nosturissa olevan adapterin runkoon siten, että ne pakottavat levyn suoraan ja näin ollen kuljetusalustaan laskeminen helpottui huomattavasti.

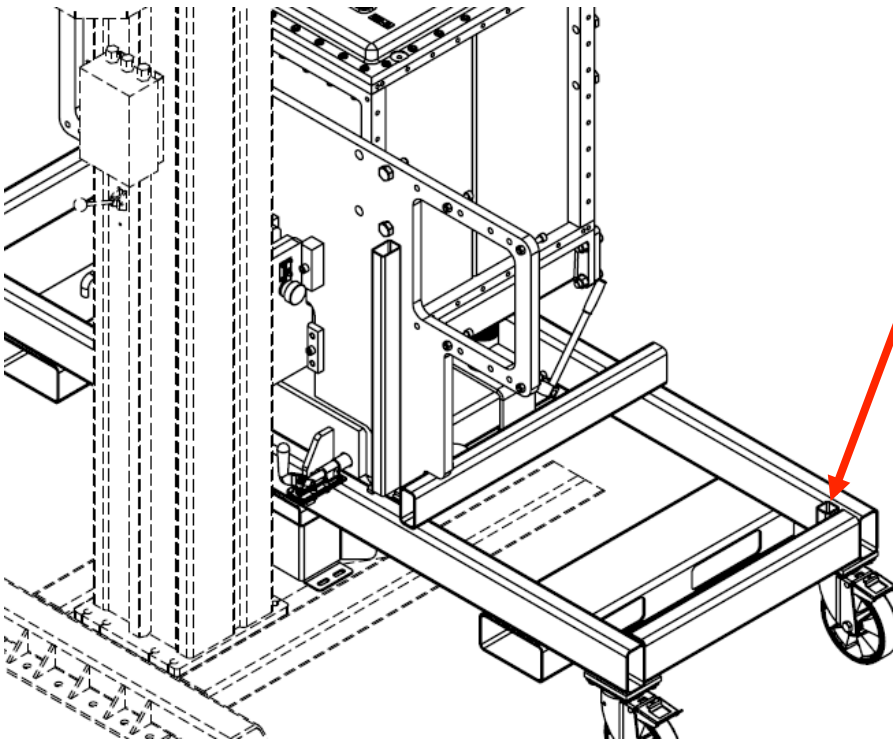
Kiinnityslevyyn lisättiin myös koneistuksia, jotka mahdollistavat kaikkien käytössä olevien ahtoilmamoduulimallien kokoonpanon. Siten, että ne saadaan asianmukaisesti kiinnitettyä.



**Kuva 22.** Levyn ohjurit ja lisäreijät

### 9.2.2 Kuljetusalustan muutokset

Kuljetuskärryyn lisättiin paikka vetokahvalle (**Kuva 23.**) kärryn molempiin ”etukulmiin”, koska valmis moduuli siirretään käsin käytävän viereen, josta logistiikka kuljettaa sen joko moottorikokoonpanoon tai välivarastoon odottamaan.



**Kuva 23.** Vetokahvan paikka

## 10 YHTEENVETO

Ergonomiatavoitteet saavutettiin, nykyisellä kokoonpanojigillä asentaja pystyy tekemään työtä seisaaltaan, koska ahtoilmamoduuli on nostettavissa sopivalle korkeudelle, asentajan pituudesta riippuen. Nykyisen kokoonpanojigin ansiosta pystyttiin eliminoimaan ylimääräiset epäergonomiset työasennot, kuten kyyristymiset ja asentamiset lähes makuultaan.

Työturvallisuustavoite saavutettiin, tavoitteena oli turvata uusien moduulien painosta ja koosta aiheutuvat työturvallisuusriskit (W32E, W34DF). Nykyisen kokoonpanojigin ansiosta asentajan ei tarvitse fyysisesti mennä raskaan taakan alle, vaan asentaminen onnistuu vieressä seisten.

Laadunvarmistuksen tavoitteena oli eliminoida asennusjigin/kiinnityslevyn taipuminen, joka aiheutti pykälän tasopintojen välille. Tämä huomioitiin uuden kiinnityslevyn mitoituksessa/lujuuslaskennassa ja teetettiin tarpeeksi kestävä kiinnityslevyt.

Asennettavuustavoitteet saavutettiin, uusimman revision mukaisessa kokoonpanojigissä on mahdollista kokoonpanna kaikki mallit jotka tällä hetkellä löytyy mallistosta.

Uusi asennusjigi sai hyvän vastaanoton jo ennen viimeisintä revisiointia, eikä muutosvastarintaa ollut havaittavissa.

Nyt kun käytössä on viimeisimmän revision mukaiset kokoonpanojigit, käyttäjät ovat olleet erittäin tyytyväisiä.

**LÄHTEET**

/1/ Tietoa Wärtsilästä. Wärtsilä lyhyesti. Viitattu 24.11.2015

<http://www.wartsila.com/fi/wartsila>