

Opinnäytetyö (AMK)  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Koneautomaatio  
2015

Jani Luukkainen

# ILMASTOINTIHUONEIDEN VARUSTELUASTEEN KEHITTÄMINEN LAIVANRAKENTAMISESSA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Koneautomaatio

2015 | 37

Ohjaajat: Timo Vaskikari, Tuomo Etäniemi, Juhani Rainio

Jani Luukkainen

## ILMASTOINTIHUONEIDEN VARUSTELUASTEEN KEHITTÄMINEN LAIVANRAKENTAMISESSA

Tämän insinööriyön tavoite oli kehittää ilmastointihuoneiden varusteluastetta laivanrakentamisessa. Työn toimeksiantajana oli Meyer Turku Oy, ja työssä tarkoituksena oli tutkia ratkaisuja, joilla varusteluastetta saataisiin nostettua. Tarkoitus oli löytää mahdollisuuksia, joilla työtunteja saataisiin pois laivasta. Tämä tarkoittaa mahdollisimman paljon esivalmisteluja mm. lohkovarustelussa ja moduloinnin avulla.

Aluksi kartoitettiin varusteluasteen nykytilannetta lohkovarustelussa, moduulivarustelussa, aluevarustelussa ja myös sähkövarustelussa. Tarkoitus oli tutkia varustelun eri vaiheita ja selvittää, löytyikö niistä kehitettävää. Työtä tehdessä apuna käytettiin perus- ja valmistussuunnittelun piirustuksia liittyen ilmastointihuoneisiin, valokuvia ja eri ammattiryhmien haastatteluja. Työssä otettiin huomioon ilmastointihuoneiden modulointi Mein Schiff 4 -risteilijässä ja tulevassa Tallink-Silja-autolautassa.

Työssä tuloksena saatiin laivanrakennuksen ilmastointihuoneita koskeva raportti, jossa keskityttiin sähkövarustelun lisäämiseen ennen aluevaihetta, ja yleisesti moduloinnin avulla saatuihin tuntisäästöihin.

ASIASANAT:

Laivanrakennus, lohkovarustelu, aluevarustelu, modulointi, sähkövarustelu

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Machine Automation

2015 | 37

Instructors: Timo Vaskikari, Tuomo Etäniemi and Juhani Rainio

Jani Luukkainen

# IMPROVING THE OUTFITTING READINESS OF THE AIR CONDITIONING ROOMS IN SHIPBUILDING

The aim of this thesis was to improve the outfitting readiness of the air conditioning rooms in the shipbuilding process. The commissioner for this thesis was Meyer Turku Oy and the purpose of this work was to study resources that could improve the outfitting readiness. The goal was to find possibilities to reduce working hours in the ship itself, and instead utilize as much prefabricated work as possible for example in block outfitting and in module work.

At the beginning of the work the current state of the outfitting process was surveyed in block outfitting, module outfitting, area outfitting and electrical outfitting. The purpose was to research different aspects of the outfitting processes to see if there were possibilities for improvements. During the work basic design drawings, detail design drawings and pictures of air conditioning rooms, as well as interviews of several professional groups were used as assistance. In this work the modularity of air conditioning rooms in Mein Schiff 4 cruiser and in upcoming Tallink-Silja car ferry were taken into account.

The outcome of the work was a report on air conditioning rooms in shipbuilding. The thesis focused on increasing the readiness of the electrical outfitting before the area outfitting, and in general, on hour savings obtained by module work.

## KEYWORDS:

Shipbuilding, block outfitting, area outfitting, modularity, electrical outfitting

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 VARUSTELUASTEEN NYKYTILANNE</b>	<b>8</b>
2.1 Esivalmistus	11
2.2 Moduulivarustelu	11
2.3 Lohkovarustelu	12
2.4 Aluevarustelu	13
2.5 Sähkövarustelu	15
<b>3 ILMASTOINTIHUONEIDEN MODULOINTI VARUSTELUSSA</b>	<b>16</b>
3.1 Modulointi TUI Mein Schiff 4 –risteilyaluksessa	17
3.2 Tallink-Silja-autolautan ilmastointihuoneet	20
<b>4 SÄÄSTÖTAVOITTEET</b>	<b>21</b>
4.1 Työtunnit AC-huoneelle Mein Schiff 4 -risteilijässä moduloinnin avulla.	21
4.2 Työtunnit AC-huoneelle L-1346 -risteilyaluksessa normaaliin tapaan rakennettuna	23
4.3 Yhteenveto tuntisäästöistä	24
<b>5 HAASTATTELUJEN YHTEENVEDOT</b>	<b>25</b>
5.1 Asentajat	25
5.2 Suunnittelijat	26
5.3 Työnjohto ja työsuunnittelu	27
<b>6 KEHITYSKOhteet</b>	<b>29</b>
6.1 Asennustyöt ennen aluevaihetta	29
6.2 Asennustyöt aluevaiheessa	31
<b>7 PÄÄTELMÄT</b>	<b>33</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>36</b>

## KUVAT

Kuva 1. Mein Schiff 4 -risteilyaluksen moduulipuhallinhuoneet (Meyer Turku Oy 2015).	17
Kuva 2. Mein Schiff 4 -risteilyaluksen ilmastointihuoneiden pinta-alat (Meyer Turku Oy 2015).	17
Kuva 3. Kombi 3-halli. Valmis moduuli (Meyer Turku Oy 2015).	18
Kuva 4. 065A-moduulin nosto (Meyer Turku Oy 2015).	18
Kuva 5. 063A-moduuli tuotuna suurlohkoon.	19
Kuva 6. Rakenteilla oleva Tallink-Silja-autolautta (Meyer Turku Oy 2015).	20
Kuva 7. Tallink-Silja-autolautan ilmastointihuoneiden pinta-alat (Meyer Turku Oy 2015).	20
Kuva 8. Valmiiksi tehdyn AC-huoneen valaisin (Meyer Turku Oy 2015).	29
Kuva 9. 063A-moduulin sähkölaitteita ja kaapeliratoja (Meyer Turku Oy 2015).	30
Kuva 10. HVAC-automaatiokaappi asennettuna asennuslevylle (Meyer Turku Oy 2015).	31
Kuva 11. 063A-moduulin automaatiokaappi (Meyer Turku Oy 2015).	32

## KUVIOT

Kuvio 1. AC-moduulihuoneen rakennusjärjestys.	8
Kuvio 2. Ilmastointihuonemoduulien nostojärjestys MS4-laivassa.	16
Kuvio 3. Työtuntien jakautuminen 063A AC-huoneessa, Mein Schiff 4.	22
Kuvio 4. Työtuntien jakautuminen AC-huoneessa L-1346-laivaprojektissa.	23

## LIITTEET

Liite 1. Kysely työntekijöille	
--------------------------------	--

## KÄYTETYT LYHENTEET

Moduulipuhallinhuone	Moduulina valmistettu AC-huone
Suurlohko	Useista lohkoista koottu lohko
Valvontapiste VP	Alueen tarkistusajanjakso
MS4	Mein Schiff 4
PA-system	Public Address system
AC	Air Conditioning
TUI	TUI Cruises-laivanvarustamo
Safran	Telakan tietojärjestelmä aikataulutukseen
Spirokanava	Kierresaumakanava
JMS	Jälkeen maalauksen suurlohko –vaihe
Bruttovetoisuus	Luku, joka kuvaa koko laivan tilavuutta

# 1 JOHDANTO

Laivanrakennuksessa on tärkeää ottaa huomioon varusteluaste ja siihen liittyvät esivalmistelut. Perussuunnittelu antaa hyvän pohjan varustelun rakennustavalle, jonka perusteella voidaan tehdä aikataulutukset ja materiaalien hankinta jo hyvissä ajoin.

Ilmastointihuoneissa rakennus tapahtuu joko perinteisellä tavalla tai sitten työtunteja säästävällä moduloinnilla. Aina modulointi ei ole mahdollista, mikä johtuu laivan suurlohkojaosta tai yleisesti ilmastointihuoneen suunnittelusta.

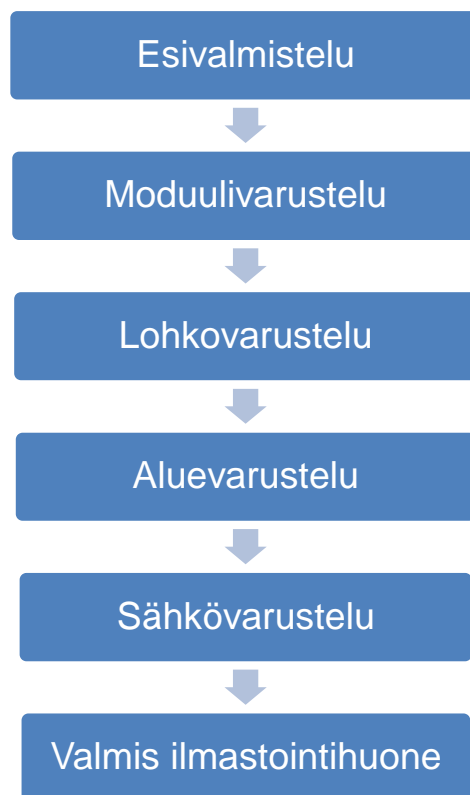
Tässä insinööriyössä on mietitty keinoja, joilla voisi vähentää työtunteja laivassa ja saada mahdollisimman paljon esivalmisteluja tehtyä jo ennen lohkojen nostoja laivaan. Varusteluastetta voidaan parantaa sillä, että itse varustelutyö voidaan aloittaa mahdollisimman aikaisin. Tämän vuoksi on hyödyllistä tehdä varustelutyötä halleissa mahdollisimman paljon.

Varusteluasteen kehittämiseen liittyy suunnittelumenetelmät, joiden avulla saadaan valmistuspiirustukset nopeasti käyttöön. Työssä on otettu huomioon eri ammattiryhmät ja heidän näkemyksensä kehittämisideoista.

Puhallinkoneen valmistajan on vastattava telakan asettamiin vaatimuksiin ja esimerkiksi laitteen tarkat tekniset tiedot on saatava nopeasti. Tiivis yhteistyö valmistajan kanssa kehittää varusteluastetta. Koneet saadaan ajoissa, ja ne on mitoitettu tarkasti laivan asettamiin ahtaisiin tiloihin.

## 2 VARUSTELUASTEEN NYKYTILANNE

Laivanrakennuksessa ilmastointihuoneiden rakennus alkaa esivalmisteiden tekemisellä (Kuvio 1). Eri systeemien putkistot ja kappaletavarat yleensä tilataan ulkopuolisilta toimittajilta. Esivalmisteiden asennuskuvat tekee valmistussuunnittelu, jossa myös numeroidaan kuvat. Esivalmisteiden tarkoitus on säästää aikaa moduulivarustelussa. Mitä isompia esivalmistekokonaisuuksia voidaan tehdä, sitä enemmän aikaa saadaan säästettyä. Esivalmisteiden kokoon vaikuttaa AC-huonemoduulissa käytettävissä oleva tila, joten liian isoja esivalmisteita ei kannata suunnitella. Isoimmat valmiit esivalmisteet kiinnitetään moduuliin nosturien avulla. Yleisimmät moduuliin tulevat esivalmisteet ovat suuret putki- tai kanava-paketit. Esivalmistustuotannon aikana esivalmisteet yleensä jaetaan pakkauseriin, joita työnjohtaja voi tilata yhden kerrallaan asennettavaksi moduuliin. Tätä tapaa käytetään, jotta asennustyöt etenevät hyvässä järjestyksessä ja materiaalia ei kasaannu liikaa yhteen paikkaan.



Kuvio 1. AC-moduulihuoneen rakennusjärjestys.



Esivalmistelujen jälkeen seuraava vaihe AC-huoneen rakentamisessa on moduulivarustelun aloittaminen hallissa. Esivalmisteena tavaratoimittajalta saatuun moduulirunkoon aletaan asentamaan ensimmäisenä konepetejä ja ilmastointikoneet nostetaan näihin peteihin. Moduulirunko sisältää ala- ja yläkannen, joihin molempiin asennetaan ilmastointikoneet. Nämä moduuliin kiinnitettävät koneet on käyttövalmiita heti, kun niihin tulevat kanavat on asennettu ja virta kytketty päälle. Ilmastointikoneissa on sähköpuoli tehty jo valmiiksi tehtaalla, joten ne sisältävät tarvittavat taajuusmuuntajat ja käynnistimet. Moduulivarustelussa tavoite on saada kaikki moduuliin rakennettavat kanavistot ja putkistot mahdollisimman pitkälle. Myöhemmässä rakennusvaiheessa koko moduulin ympärille tulee suurlohko, joten aikaa säästyy, kun työt on tehty mahdollisimman pitkälle koko prosessin alkuvaiheessa. Moduulivarustelun alkuvaiheessa ensimmäisenä on kannattavaa asentaa painavimmat komponentit, esimerkiksi valmiit esivalmisteputket ja paksulevykanavat. Tämän jälkeen moduuliin on helpompaa asentaa putki- ja kanavapaketteja, jotka kulkevat moduulin kansitason lävitse.

Lohkovarustelussa asennukset lohkoon aloitetaan painavimpien ja tärkeiden komponenttien asennuksilla. Nämä asennukset tehdään, kun lohko on työmaalla jalkoasennossa eli väärinpäin käännettynä. Jalkoasennossa ei tarvita telineitä, joten moduloinnin tehokkaan etenemisen kannalta on kriittistä, että lohkoon pystytään tekemään tarvittavat asennukset, raskaat esivalmisteet, sekä läpiviennit esimerkiksi putkille ja sähkökaapeleille. Ennen lohkon kääntöä asennetaan myös ilmastointiin liittyviä ohutlevyosia, kuten spirokanavia ja ohutlevykanavia. Lohkon käännön jälkeen voidaan vielä tehdä asennuksia, jos niitä on jäänyt kesken. Telineiden käyttö on yleensä tarpeen, joten tärkeintä olisi saada suurimmat asennustyöt tehtyä jalkoasennossa tämän vuoksi. Asennustöiden valmistuttua suurlohko kuljetetaan maalattavaksi. Maalauksen jälkeen suurlohkoon asennetaan moduuli. Tämä vaihe yleensä suoritetaan kahdella tavalla, joko moduuli nostetaan pukkinosturilla suurlohkoon tai suurlohko nostetaan moduulin päälle piha-alueella. Moduulin asennuksen jälkeen alkaa sovitetyön tekeminen moduulin ja lohkon välille.

Viimeinen rakennusvaihe eli aluevaihe alkaa, kun suurlohko nostetaan laivaan rakennusaltaaseen toisen lohkon päälle. Ensimmäisenä alla olevaan lohkon kanteen asennetaan konepeti, johon moduulin alempi kone tulee kiinni. Tämän jälkeen moduulin ylimääräiset tukikehikot voidaan purkaa. Alemman koneen sen petiin asennuksen jälkeen aloitetaan sovitetyö, jossa putkistot ja ilmakana-  
navistot tehdään valmiiksi tähän koneeseen. Aluevaiheessa tehdään loppuun myös muut työvaiheet, jos niitä on jäänyt kesken aiemmin. Tärkeimmät työvaiheet aluevaiheessa ovat sovitetöiden tekeminen ilmakana-  
navistojen sekä muiden moduulin systeemien osalta. Aluevaiheen lopussa tehdään eristyksiä paikkoihin, jossa eristys on tarpeen.

Aluevaiheessa tehdään myös sähkövarustelua, jossa ilmastointihuoneeseen liitettävät sähkökomponentit sähköistetään käyttöönottoa varten. Ennen käyttöönottoa ilmastointihuonetilat tarkastetaan, ja sen jälkeen tehdään tilan myynti.

Käyttöönotossa ensimmäisenä koneet liitetään tietoliikenne- ja sähköverkkoon. Tämän jälkeen koneita voidaan ohjata ja säätää etäisesti konevalvontahuoneesta. Säädot vaativat, että ilmastointihuone, kanavat ja putkistot ovat täysin valmiita. Ennen ilmastointihuoneen lopullista valmistumista tehdään vielä huonekohtaisia maalauksia, siivoukset ja lopuksi koko tilan myynti varustamolle.

Lukujen 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 ja 2.5 rakennustapaselosteessa (Mein Schiff 4 Rakennustapa Moduuli AC-Huone 062A 063A 064A 065A 066A) on käyty tarkemmin läpi eri varusteluvaiheet ja mitä asioita niihin sisältyy. Valvontapisteet on merkattu tiettyihin jaksoihin, ja niissä työnjohto tarkistaa, että työ edistyy oikein.

## 2.1 Esivalmistus

Esivalmistus koostuu putkiesivalmistuksesta, kappaletavaravalmistuksesta ja ohutlevyvalmistuksesta. Esivalmisteet ovat moduulin myöhemmin asennettavat kokonaisuudet.

### Putkiesivalmistus

- Etukäteisputket

### Kappaletavaravalmistus

- Alustat
- Ilmakanavien läpiviennit
- Luukut, ritilät, säleiköt
- Alustat AC-koneille
- Tasot, portaat, kaiteet
- Erikoisläpiviennit esim. valumiskaivot

### Ohutlevyvalmistus

- Ohutlevykanavat

## 2.2 Moduulivarustelu

Moduulivarustelu alkaa Kombi 3-hallissa. AC-moduulin asennetaan listassa olevat komponentit.

AC-moduulien valmistuksessa asennettavat komponentit ovat

- Ohutlevykanavat
- AC-laitteiden asennus
- Sovite- ja etukäteisputket
- Paksulevykanavat
- Kaapeliradat
- Tasot, portaat, kaiteet
- Eristystyöt
- Kaapelointi, kytkennät

### 2.3 Lohkovarustelu

Lohkovarustelua tehdään ensiksi jalkoasennossa, jonka jälkeen lohko käännetään suurlohkoksi. Tämä tarkoittaa suurlokovarustelun alkua.

Ilmastointihuoneiden rakennustapa lohkovaiheessa ennen lohkomalausta:

- Etukäteisputket
- Nostolenkit ja palkit
- Alustat ja kiinnikkeet laipioihin
- Tikkaat
- Kaapeliradat ja läpiviennit
- Ohutlevykanavat
- Taustojen maalaus ja tarvittaessa eristys

Suurlokovarustelussa tehtävät asennukset ennen malausta:

- Alustat ja kiinnikkeet kanteen
- Hikivesikourut
- Valumiskaivot
- Paksulevykanavat
- AC-moduulin nosto

Suurlokovarustelussa tehtävät asennukset malauksen jälkeen:

- Ohutlevykanavat
- Palo-ovet
- Sovite- ja etukäteisputket
- Eristys
- Putkien ja kanavien eristys

## 2.4 Aluevarustelu

Aluevarustelun rakennustapa. Työt alkavat kun ilmastointihuonemuodi on nostettu laivaan.

- Kaikki nostot ennen kattavaa suurlohkoa

### Lohkorajavarustelu

- Alueen terästyö valmis (valvontapiste)

### Eristys

- Tilaeristys
- Putkistojen ja läpivientien eristys
- Ilmakanavien eristys

### Levytyöt

- Alustat laitteille ja sähkökaapeille
- Kaapeliradat ja läpiviennit
- Pääkaapeliradat asennettu (valvontapiste)
- Paksulevykanavat
- Turkit, tasot, tikkaat, portaat, kaiteet
- Turkkien ja tasojen viimeistely
- Palo-ovet ja luukut
- Palo-ovet asennettu (valvontapiste)

## Putkistot, työnä

- Etukäteisputkien asennus
- Etu- ja jälkilämmitysputkien asennus
- Etu- ja jälkilämmitysputkien koeponnistus
- Vesipalosalmutusputket koeponnistettavissa (valvontapiste)
- Muiden putkistojen koeponnistukset
- Putkistojen kytkennät (koneet ja laitteet)
- Muut putket asennettu ja koeponnistettavissa (valvontapiste)

## Kone- ja laiteasennus

- Laiteasennukset
- Instrumentointi
- Palovarusteiden asennukset
- Palo-ovet toimintakunnossa (valvontapiste)
- Palovarusteet asennettu (valvontapiste)

## Ilmastointi

- Ohutlevykanavat
- Spirokanavat
- Ilmastointi säädettävissä, kanavien rakenne tarkistettu (valvontapiste)

## Viimeistely ja myynnit

- Viimeistely
- Loppusiivous
- Huomautusten hoito
- Finaalimyynni (valvontapiste)
- Alueen luovutus (valvontapiste)

## Pintakäsittely

- Alueen tarvittavat maalaukset

## 2.5 Sähkövarustelu

Sähkövarustelun asennustöitä laivassa.

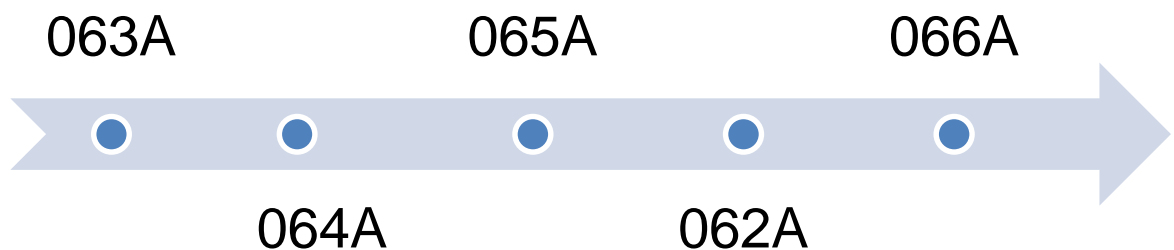
- Sähkökotelot, sähkökeskukset ja laitteiden asennus

## Sähkötyöt

- Aluekaapelointi
- Laitekohtaiset kaapeliradat ja kaapelireitit
- Sähkön jakeluverkon kytkennät
- Muut sähkökytkennät
- Sähkön viimeistely, ylläpito ja myynnit
- Valaistus, sähkökalusteet
- Kaapelien klemmaus, suojaus ja läpivientien pakkaus
- PA-systeemi toimintakunnossa (valvontapiste)
- Hätävalaistus toimintakunnossa (valvontapiste)
- Palohälytys toimintakunnossa (valvontapiste)

### 3 ILMASTOINTIHUONEIDEN MODULOINTI VARUSTELUSSA

Laivanrakennus telakalla aloitetaan yleensä keskeltä laivaa, joten rungonkoonti tapahtuu sen mukaan. Mein Schiff 4 risteilyalusten moduulit tuodaan rakennusaltaaseen kuvion 2 mukaisessa järjestyksessä.



Kuvio 2. Ilmastointihuonemoduulien nostojärjestys MS4-laivassa.

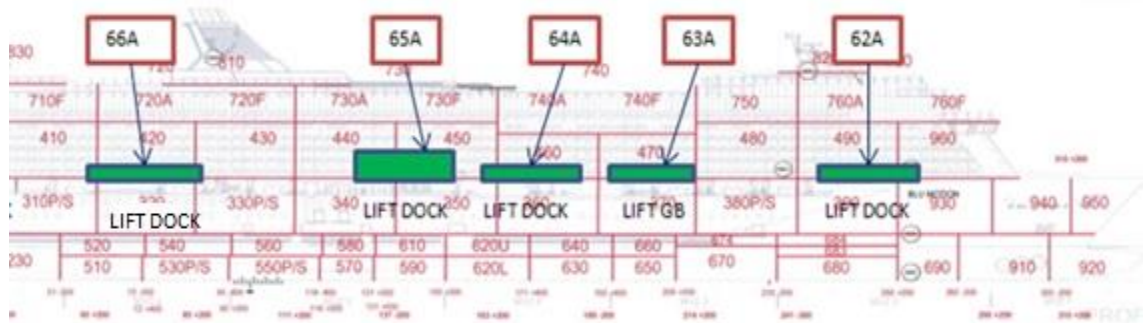
Ensimmäisenä rakennusaltaaseen siirtyy moduuli 063A, joka nostetaan yhdessä suurlohkon mukana. Seuraavaksi tulevat 064A ja 065A, koska ne myös sijaitsevat keskellä laivaa. Laivanrakennus etenee keulaan ja perään päin, ja siksi moduulit 062A ja 066A nostetaan altaaseen viimeisenä. Ensimmäisen ja viimeisen moduulin välillä kuluu aikaa 18 viikkoa.

Moduuleiden rakennus Kombi 3-hallissa tapahtuu suunnilleen samassa järjestyksessä.



### 3.1 Modulointi TUI Mein Schiff 4 –risteilyaluksessa

Mein Schiff 4 –risteilyaluksessa rakennetaan yhteensä viisi modulipuhallinhuonetta (Kuva 1). Nämä huoneet ovat suunniteltu laivan yleisjärjestelyn mukaisesti (Mein Schiff 4 Yleisjärjestely D.384.1110.100.051). Huoneiden pinta-alat on esitetty kuvassa 2.



Kuva 1. Mein Schiff 4 -risteilyaluksen modulipuhallinhuoneet (Meyer Turku Oy 2015).

Kahden kerroksen moduulit:

- 062A
- 063A
- 064A
- 066A

ALUE	MEYER/TK	Area Type	Area Group	Area Name	m2
062A	MEYER	55 Modulipuhallinhuoneet	05 TEKNISET ALUEET	AC Room M	281
063A	MEYER	55 Modulipuhallinhuoneet	05 TEKNISET ALUEET	AC Room M	249
064A	MEYER	55 Modulipuhallinhuoneet	05 TEKNISET ALUEET	AC Room M	300
065A	MEYER	55 Modulipuhallinhuoneet	05 TEKNISET ALUEET	AC Room M	399
066A	MEYER	55 Modulipuhallinhuoneet	05 TEKNISET ALUEET	AC Room M	287

Kuva 2. Mein Schiff 4 -risteilyaluksen ilmastointihuoneiden pinta-alat (Meyer Turku Oy 2015).

Moduulien rakennus tapahtuu Kombi 3-hallissa, jossa on hyvät olosuhteet ja työnvalvonta on helppoa (Kuva 3).



Kuva 3. Kombi 3-halli. Valmis moduuli (Meyer Turku Oy 2015).

Neljän kerroksen moduulit:

- 065A



Kuva 4. 065A-moduulin nosto (Meyer Turku Oy 2015).

Kombi 3-hallissa rakennettu 063A-moduuli tuodaan suurlohkoon ja hitsataan kiinni. Tämä paikka sijaitsee lähellä telakan rakennusallasta (Kuva 5).



Kuva 5. 063A-moduuli tuotuna suurlohkoon.

### 3.2 Tallink-Silja-autolautan ilmastointihuoneet

Kaikki laivan ilmastointihuoneet 101A, 102A, 103A ja 104A ovat normaaliin tapaan rakennettuja (Tallink-Silja-autolautan Yleisjärjestely D.391.1110.100.051). Alun perin yhtä AC-huonetta suunniteltiin moduulihuoneeksi. Modulointi ei kuitenkaan toteutunut, koska Tallink-Silja-autolautan lohkojako ei tue modulointia kovin hyvin, joten moduloinnin toteutus oli liian hankalaa. Kuvassa 7 on esitetty ilmastointihuoneiden pinta-alat.



Kuva 6. Rakenteilla oleva Tallink-Silja-autolautta (Meyer Turku Oy 2015).

ALUENIMI	ALUENUMERO	T-TAPA	M2
AC Room	101A	MEYER	181
AC Room	102A	MEYER	241
AC Room	103A	MEYER	181
AC Room	104A	MEYER	110

Kuva 7. Tallink-Silja-autolautan ilmastointihuoneiden pinta-alat (Meyer Turku Oy 2015).

## 4 SÄÄSTÖTAVOITTEET

Moduulihuoneiden tarkoitus on saada tuntisäästöjä verrattuna tavalliseen AC-huoneeseen. Suurin vaikutus tuntisäästöihin on logistiikan helppous ja hyvät työolosuhteet. Moduulirakentamista varten hankittavat tavarat täytyy olla saatavilla, jotta tavaravirta pysyy hyvänä.

Luvussa 4.1 on vertailtu työtunteja AC-huoneen rakentamiseen moduloinnin avulla ja tavalliseen tapaan rakennettuna.

### 4.1 Työtunnit AC-huoneelle Mein Schiff 4 -risteilijässä moduloinnin avulla.

Safranista saadut toteutuneet työtunnit Mein Schiff 4 -risteilijän 063A AC-huoneelle ovat.

Moduulivaihe:

- Moduulin koonti hallissa 917 tuntia

Lohkovaihe:

- Suurlohkovarustelu, kun moduuli on siirretty lohkoon
- Suurlohkon nosto ennen kattavaa kantta
- Yhteensä 559 tuntia

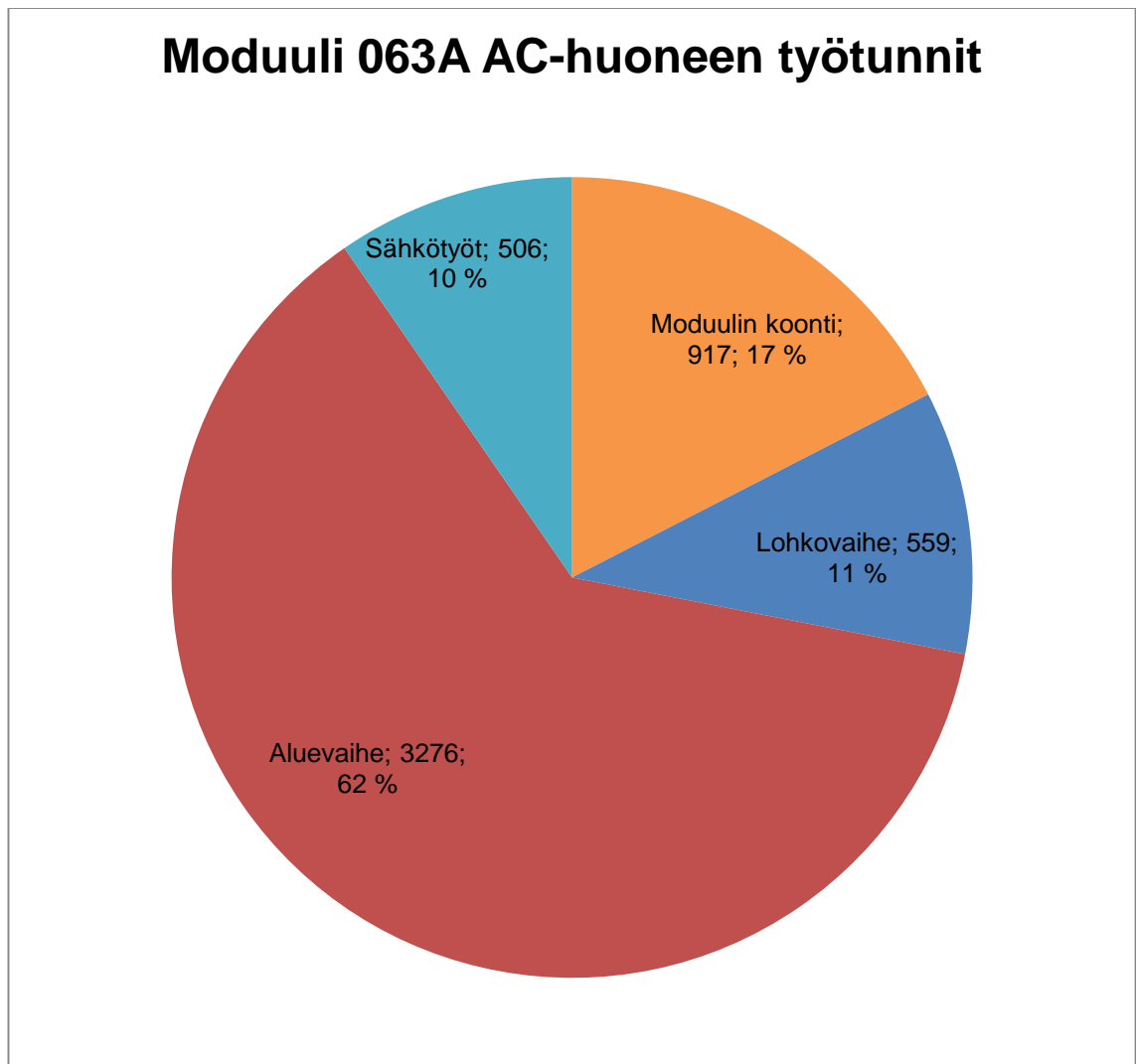
Aluevaihe:

- Putkistojen asennus laivassa
- Eristysten tekeminen
- Ilmakanavien asennus
- Levytöiden tekeminen
- Kone- ja laiteasennukset
- Pintakäsittely
- Viimeistely ja alueen loppumyynti
- Yhteensä 3276 tuntia

Sähkö:

- Sähkötyöt 506 tuntia

Moduulin 063A tekemiseen ja koko AC-huoneen valmistumiseen kuluu yhteensä 5 258 tuntia. Nämä tunnit ovat melko tarkkoja, koska projekti on juuri valmistunut ja vertailukohtaa löytyy myös protolaivasta.

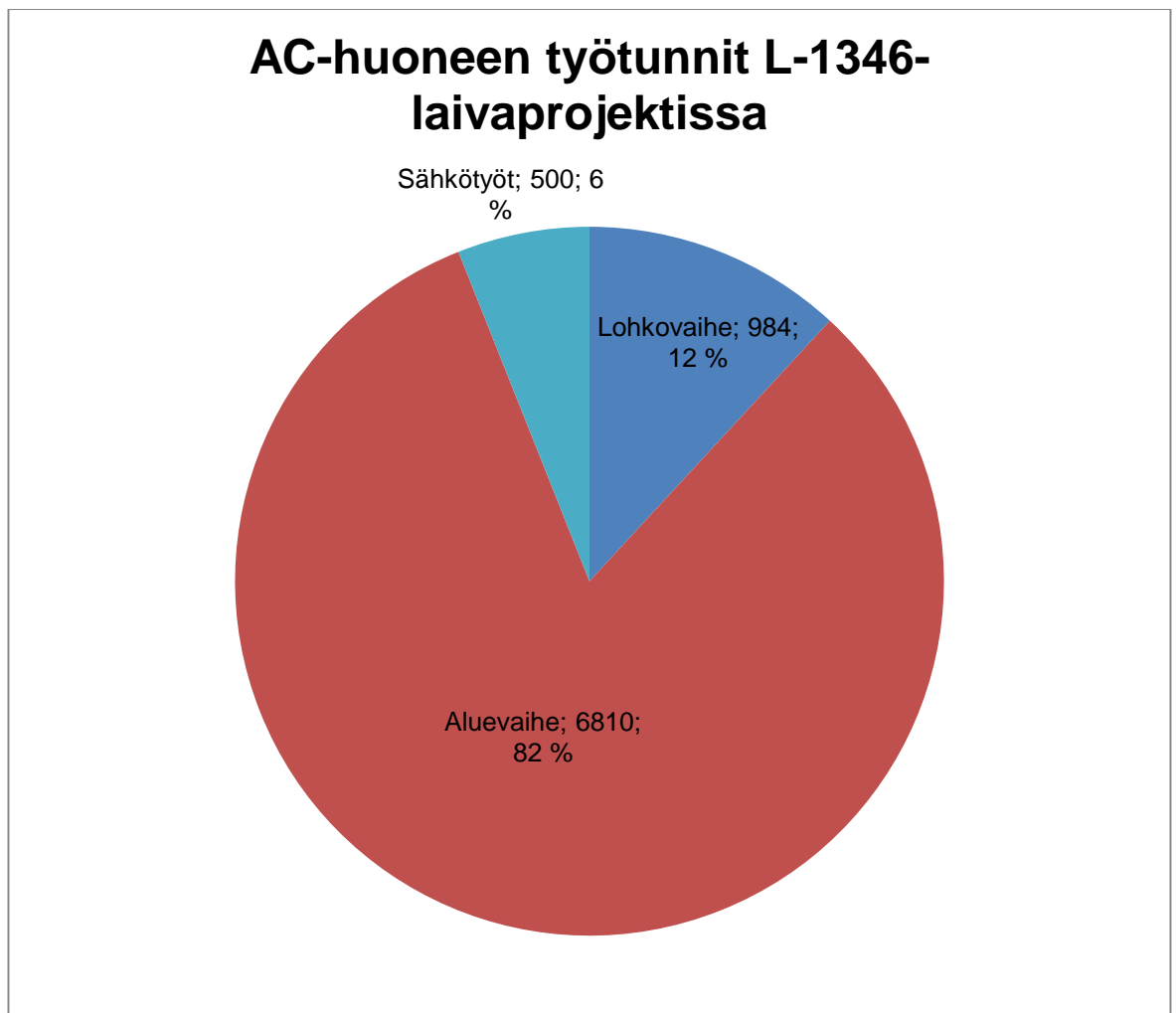


Kuvio 3. Työtuntien jakautuminen 063A AC-huoneessa, Mein Schiff 4.

#### 4.2 Työtunnit AC-huoneelle L-1346 -risteilyaluksessa normaaliin tapaan rakennettuna

Työtunnit telakan vanhemmassa laivaprojektissa L-1346 (Adventure of the Seas, valm. 2001). Vertailuun on otettu samaa pinta-alaa oleva AC-huone (249 m<sup>2</sup>).

- Lohkovaihe 984 tuntia
- Aluevaihe 6810 tuntia
- Sähkötyöt 500 tuntia
- Yhteensä 8294 tuntia



Kuvio 4. Työtuntien jakautuminen AC-huoneessa L-1346-laivaprojektissa.

### 4.3 Yhteenveto tuntisäästöistä

Jos huone tehtäisiin tavalliseen tapaan eli rakennustapa sisältäisi lohkovarustelua, ennen ja jälkeen maalauksen suurlohkovarustelua ja suuren osan laivassa tehtävää aluevarustelua. On arvioitu että tuntisäästö olisi noin 20-30 % luokkaa moduloinnin avulla (Lahderanta, J. 2011. Laivojen ilmastointihuoneiden modulointi).

Tämän perusteella tuntimäärä ilmastointihuoneessa normaaliin tapaan rakennettuna olisi  $5258 \cdot 1,30 = 6835,4$  tuntia. Ero olisi siis 1557,4 tuntia vähemmän moduloinnin avulla.

Näiden kahden laivaprojektien työtuntien vertailusta voidaan sanoa, että tuntisäästö on yli 30 prosentin luokkaa samaa pinta-alaa olevassa AC-huoneessa.

$$1 - (5258/8294) = 0,366, \text{ eli noin } 37 \%$$

Tuloksissa täytyy ottaa huomioon, että kehitystä on tullut kaikilla osa-alueilla, joten suunta on ollut oikea valmistusasteen osalta. On otettava huomioon myös että Adventure of the Seas oli laadultaan korkeampi verrattuna Mein Schiff 4:ään ja että laiva oli bruttovetoisuudeltaan (GT) 27,5 % suurempi.

Tärkein kehitys moduloinnin avulla on ollut töiden siirtyminen pois laivasta eli aluevaiheelta. Tuloksista huomataan, että aluevaiheen tunnit ovat pienentyneet merkittävästi ja työ on helpottunut, kun sitä on voitu tehdä paremmin hyvissä olosuhteissa hallissa moduulirakentamisena ja lohkovarusteluna esimerkiksi pihalla.



## 5 HAASTATTELUJEN YHTEENVEDOT

Haastatteluissa oli viisi eri kysymystä (Liite 1), jotka esitettiin eri ammattiryhmillle. Kyselyn idea oli saada parannusehdotuksia eri näkökulmista.

Kombi 3-hallissa työskentelevät asentajat, kuten myös suunnittelijat ja työnjohtoa.

### 5.1 Asentajat

Asentajille esitettiin kysymykset Kombi 3-hallilla. Heidän näkemykset olivat keskenään samanlaisia.

Ilmastointihuonemuodulien kehittäminen:

- Valmiusastetta pitäisi kehittää. Hallilla hyvissä olosuhteissa tehtävät työt jäävät nyt turhan vajaiksi. Esimerkiksi siten että kanavistot törmäävät tukirakenteisiin, jotka puretaan myöhemmin.

Asioita, jotka voisi tehdä eri tavalla:

- Pitäisi päästä rakentamaan suurlohkoissa. Tämän avulla saadaan AC-huoneet varusteltua pidemmälle, eli lähes valmiiksi käyttöönottoon.

Ongelmakohtia:

- Liian vähän kuvia ja voisivat olla vielä tarkempia. Asentajan on helpompi tehdä työnsä, kun voi rakentaa suoraan kuvan mukaan. Esimerkiksi kaikkia kanavia, jotka ovat moduulivaiheen kuvissa, ei pystytä vielä asentamaan hallissa.

Nykyisen rakennustavan ja moduloinnin tilanne:

- Jonkin verran komponenttien suojaamista ja siirtelyä edestakaisin.
- AC-koneiden kuljetusaikaiset kannakoinnit.

- Modulointi toimii parhaimmillaan hyvin, muttei kuitenkaan aina. Toimimattomuus johtuu joskus moduulin tukipalkeista, jotka ovat isojen kanavien asennuksen tiellä.

Mahdolliset investoinnit tulevaisuudessa:

- Vastapainotrukista voisi olla välillä hyötyä, mutta kombi 3 hallissa on hyvä 2x 20 tonnin siltanosturi, joka on riittävä kaikkiin nostoihin.

## 5.2 Suunnittelijat

Suunnittelijoiden näkemykset kehityskohteista olivat yksimielisiä ja he toivat seuraavia asioita esille.

Ilmastohuonemuodulien kehittämistä:

- Moduulin irrotettavien tukijalkojen paikat. Tällä hetkellä ovat osassa moduuleissa tiellä, mikä hankaloittaa suunnittelua.
- Rungon kehittämistä kevyemmäksi, mutta nykyinen paino ei ole ongelma.
- Lohkorajat mahdollisimman sopiviksi laivaprojekteissa, jolloin modulointia voisi hyödyntää tehokkaasti.

Asioita, joita voisi tehdä eri tavalla:

- Moduuleissa voisi kokeilla seinälaipioiden asennusta jo pajavaiheessa. Tämä tapa tosin ei ole tällä hetkellä toimiva ja JMS-vaiheessa saadaan tehtyä myös sovitetyötä helposti.

Ongelmakohtat ovat olleet:

- Moduuleissa olevat vinotuet ovat olleet tiellä, mikä on vaikuttanut moduulin suunnitteluun.

- Alustava moduulirunko mukaan jo malliin perussuunnittelussa. Tämän avulla runko on helpompi ottaa huomioon reititysten ja läpivientien paikoissa.

Nykyisen rakennustavan ja moduloinnin tilanne:

- Yleisesti nykytilanne on hyvä. Edellä mainitut asiat ovat suurimmat kehityskohteet. Pääasiassa rungonkehitys edistäisi tehokkaampaan suunnitteluun.

Mahdolliset investoinnit tulevaisuudessa:

- Ei merkittäviä investointeja.

### 5.3 Työnjohto ja työnsuunnittelu

Työnjohdon ja työnsuunnittelun kehitysideat olivat samanlaisia, joten heidän näkemykset voitiin esittää samassa ryhmässä.

Ilmastointihuonemoduulien kehittämisen suhteen tuli esille:

- Työtä tehdään mahdollisimman paljon pajassa, mutta sitä voisi vielä lisätä.
- Sähkötyötä voisi tehdä enemmän. Tarvitaan aikataulutusta sitä varten.
- Valmiit työpaketit, jotka tulevat nyt käyttöön.
- Mahdollisuus kehittää moduulin runkoa pidemmälle.

Asioita, joita voisi tehdä eri tavalla:

- Jälkilämmitysputket halvemmiksi. Nämä on nyt vaihdettu Sanipexin valmistamiin jälkilämmitysputkiin. Sanipex-putket voidaan esivalmistella pitkälle moduulivaiheessa.

Ongelmakohtista esille tuli:

- Aikataulutuksen puolesta moduulit voisi koota niin, etteivät moduulit kasaantuisi kovin usein samaan aikaan hallille. Tässä kuitenkin eletään rungonkoonnin aikataulutuksen mukaan.
- Materiaalin toimitus on joskus ollut myöhässä verrattuna koontiaikataulussa mainittuun toimitusajankohtaan, esimerkiksi valmistajan puhallinkoneet tai moduulin runko.

Nykyinen rakennustapa ja modulointi:

- Modulointi säästää työtunteja ja on kustannustehokasta.
- Rakennustapa toimii hyvin hallissa ja materiaalit koontia varten lähellä.

Mahdollisia investointeja tulevaisuutta varten:

- Moduulit pois helpommin hallista, ilman että joutuu kokoamaan korkeita moduuleita uudelleen hallin ulkopuolella. Tätä rajoittaa tällä hetkellä liian matala hallin ovi useamman kerroksen moduuleille.
- Valaistusta moduulihuoneessa paremmaksi.

## 6 KEHITYSKOhteet

063A-ilmastointihuonemoduuli tuodaan muista moduuleista poiketen suoraan suurlohkoon, joten se antaa paremman mahdollisuuden varustelutöiden tekemiseen verrattuna muihin AC-huonemoduuleihin. 063A-moduulia on käytetty kehityskohteissa esimerkkinä.

### 6.1 Asennustyöt ennen aluevaihetta

Työn optimointia voitaisiin tehdä lohkovarustelussa esimerkiksi laitekohtaisia kaapeliratoja asentamalla. Suurlohkon tai AC-moduulin sisälle kiinnitettävät kaapeliradat voitaisiin asentaa työmaalla, joten tämä mahdollistaa myös valaisimien kiinnittämisen jos niin halutaan. Valaisimet, jotka tulevat 063A-moduulihuoneeseen voisivat olla asennettuina kaapeliratoihin valmiiksi. Valaisimet olisivat käytössä sitten aluevaiheen töissä, kunhan ne kytketään väliaikaiseen sähköverkkoon. Näiden valoteho on paljon parempi kuin nykyisten väliaikaisena käytettävien aluevaiheen valaisimien, mikä helpottaisi työtä laivassa paljon.



Kuva 8. Valmiiksi tehdyn AC-huoneen valaisin (Meyer Turku Oy 2015).

Muut pienet sähkölaitteet, kuten anturit, voidaan asentaa niille varatuille paikoille, mutta tämä voidaan tehdä helposti myös aluevaiheessa.



Kuva 9. 063A-moduulin sähkölaitteita ja kaapeliratoja (Meyer Turku Oy 2015).

Kuvien asennustyöt on pois aluevaiheen työstä ja työ laivassa helpottuu esimerkiksi sähkölaitteiden johdottamisella sähkökaappeihin ja aluekaapeloinnin tekemisellä jo valmiina oleviin kaapeliratoihin. Kaapeliradat, jotka sijoittuvat laipioseinän ja isomman komponentin väliin, on kannattavaa tehdä ennen aluevaihetta tilanpuutteen takia ilmastointihuoneessa.

Sähkö- ja automaatiokaapit asennetaan niille tehdyille asennuslevyille. Nämä levyt voidaan hyvin tehdä lohkovarustuksessa. Aluevaiheessa voidaan sitten asentaa sähkökaapit helpommin laipioseiniin, kun asennuslevyt ovat jo kiinnitetyinä laipiossa.



Kuva 10. HVAC-automatiikka-kaappi asennettuna asennuslevylle (Meyer Turku Oy 2015).

## 6.2 Asennustyöt aluevaiheessa

Toinen kehityskohde sähkö- ja automatiikka-kaapeille olisi että kaikki AC-huoneeseen tulevat kaapit otettaisiin moduulin mukaan ennen sen nostoa rakennusaltaseen. Kaapit voitaisiin kiinnittää väliaikaisesti moduuliin esimerkiksi tukirautakehikkojen avulla, mutta kuitenkin niin, että tämä kiinnitystapa voidaan purkaa helposti ennen aluevaiheen asennustöiden aloitusta.

063A-huoneen automatiikka-kaappi (Kuva 11) kiinnitetään laipioon, joten se voitaisiin asentaa paikalleen jo ennen huoneen alueasennustöiden aloittamista.



Kuva 11. 063A-moduulin automaatiokaappi (Meyer Turku Oy 2015).



## 7 PÄÄTELMÄT

Materiaalin hankinta-ajotukset ovat tärkeitä pitkien toimitusaikojen takia. Materiaalin varastointipaikat on valittava lähelle asennuspajaa. Pienten puuttuvien osien takia kuluu paljon aikaa, jos ne eivät ole lähistöllä saatavilla. Tätä varten voisi ottaa käyttöön telakan oman lähettipalvelun, joka toisi puuttuvan materiaalin pajalle ilman, että asentajan tarvitsee lähteä hakemaan sitä erikseen.

Mahdollista tuoda sähkövarustelua mukaan kuten sähkökaapit ja kaapeliradat asennettuina lohkoihin esivalmisteina. Kaikki sisäiset sähkökytkennät on kannattavaa tehdä valmiiksi mahdollisimman pitkälle moduulivarustelussa.

Lohkovarustelussa huomioitava asennusajankohta kuten että maalaus saadaan tehtyä ennen isompien komponenttien asennusta. Varustelutöitä varten on varattava sopiva asennusjakso maalauksen jälkeen. Varustelua ei voi tehdä liian lähelle lohkorajoja hitsausta ajatellen.

Aluevaiheen ohutlevy- ja spirokanavien asennus helpottuisi, jos saataisiin niille välivarastopaikkoja esimerkiksi hyttikäytäviltä tai muualta, joihin ne mahtuisivat säilytykseen. Tällä säästettäisiin ylimääräisiä nostoja, kun kanavia olisi mahdollisimman paljon laivassa odottamassa asennusta. Tästä on sovittava kyseisten alueiden vastaavien kanssa, jos tarvittavaa tilaa olisi mahdollista käyttää väliaikaista varastointia varten. Telakalla tehdään nyt härkejä, joihin putkiosat saadaan siististi odottamaan asennusta laivassa.

Ilmastointihuoneiden anturit voisivat olla asennettuna jo pajavaiheessa mahdollisimman pitkälle, mutta silloin on otettava huomioon myös mahdollisuus rikkoontumiseen. Antureille tarvitaan hyvä suojaus muun muassa pölyä ja kipinöitä vastaan. Sarjalaivoissa on helpompi asentaa ilmastointihuonemoduuliin esimerkiksi kaapeliratoja ja valaisimia huoneen kattoon. Tulevaisuutta ajatellen olisi hyvä saada moduuleja suunniteltua niin, että löytyisi paremmin tilaa sähkö- ja automaatiokaapeille. Tämä mahdollistaisi sähkökytkentöjen tekemistä pidemmälle ennen aluevaiheen alkamista. Aluevaiheessa olisi sitten suurin osa sähköpuolesta valmiina aikaisemmin. Automaatiokaappiin saadaan myös I/O-

portteja, joiden avulla sarjaliikennettä saadaan varusteltua pidemmälle ennen aluevaihetta.

Telakalla on nyt omat sähköasentajat, joten tätä voisi hyödyntää esimerkiksi Kombi 3 -hallilla ilmastointihuonemoduulin sähkötöissä. Näin saadaan myös säästöjä talolle, kun ei tarvitse palkata alihankkijan sähkömiehiä. Muutenkin pienemmät työt onnistuvat omilla sähköasentajilla helpommin. Jos sähköasennuksia tarvitaan ilmastointihuonemoduuleissa niiden vielä ollessa pajalla, tarvitaan myös sopiva aikataulutus töitä varten ennen kuin moduuli lähtee hallilta pois. Sähköasentajien käyttäminen riippuu myös heidän sen hetkisestä työkuormituksesta, joten aina tämä ei välttämättä onnistu. Sähkötyöt tehdään joka tapauksessa viimeistään aluevaiheessa ja tästä johtuen kiinteä kokonaisurakka voisi silti olla halvempi ja helpompi vaihtoehto toteuttaa.

Kun ilmastointihuoneet tehdään moduulivarusteluna, saavutetaan seuraavia etuja:

- Läpimenoaika lyhenee.
- Töitä pois laivasta, tulitöitä vähemmän.
- Työnlaatu paranee, hallissa helppo tehdä työtä hyvissä olosuhteissa.
- Työn valvonta helppoa Kombi 3-hallissa.
- Voi tehdä sarjatyötä.
- Moduuli helppo tuoda lohkoon.
- Ilmastoinnin käyttöönoton aloittaminen nopeutuu.
- Materiaalit helppo hallita.

Tavallista rakennustapaa käytetään, jos laivan lohkorajat eivät mahdollista moduloinnin hyötyjä tai moduloinnin avulla ei saada tarpeeksi kustannussäästöjä. Rakenteilla olevissa TUI-risteilijöissä modulointia voidaan hyödyntää hyvin, kun taas Tallink-autolautassa modulointi on vaikeaa lohkorajojen takia.

Työssä aluksi lähdettiin tutkimaan ilmastointihuoneiden nykyistä varusteluastetta rakennustapaselosteen perusteella. Sen avulla sai hyvän käsityksen eri vaiheista kuten varustelutyön etenemisen vaiheista ja valvontapisteistä. Laivakuvista ja teknisistä piirustuksista oli myös paljon apua työn tarkoituksen hahmottamisessa. Nämä aineistot olivat suurimmaksi osaksi MS4-risteilijän piirustuksia ja kuvia. Työssä tehtiin haastatteluja eri ammattiryhmille. Haastattelujen tarkoitus oli tuoda esille eri työtehtäviä tekevien mielipiteet kehityskohteista. Työn päätelmät muodostettiin kirjallisten ja suullisten haastattelujen perusteella. Tarkoitus oli kerätä paljon tietoa monen eri ammattilaisen tiedonannon avulla ja näiden perusteella luotiin yhtenäinen kokonaisuus kehityskohteista ja ideoista tulevaisuutta ajatellen.

Yksi kehityskohteista on sähkövarustelun lisääminen moduulivaiheeseen. Tämän toteutus nostaisi varusteluastetta korkeammaksi, vaikka nykyinenkin varusteluaste on jo hyvällä mallilla. Tehokas muutos olisi sähkökytkentöjen lisääminen ilmastointihuonemoduuliin. Tämän avulla ilmastoinnin käyttöönotto olisi helpompaa, kun kaikki anturit ja muut sähkölaitteet olisivat valmiiksi asennettuina valmiina käyttöönottoon. Automaatiokaapin asennus moduuliin mahdollistaisi myös sarjaliikenteen kytkemistä pidemmälle ennen aluevaihetta. Näiden muutosten toteutus ei välttämättä onnistu heti, vaan vaatisi uudelleen suunnittelua moduuliin, koska esimerkiksi suurille sähkökaapeille on huonosti tilaa tällä hetkellä.

## LÄHTEET

Mein Schiff 4 Rakennustapa Moduuli AC-Huone 062A 063A 064A 065A 066A [Meyer Turku Oy 2015]

Mein Schiff 4 Yleisjärjestely D.384.1110.100.051 [Meyer Turku Oy 2015]

Lahderanta, J. 2011. Laivojen ilmastointihuoneiden modulointi

Tallink-Silja-autolautan Yleisjärjestely D.391.1110.100.051 [Meyer Turku Oy 2015]

## Kysely työntekijöille

- Mitä ilmastointihuonemuodureissa voisi mielestäsi kehittää?
- Mitä haluaisit tehdä eri tavalla?
- Mitkä asiat ovat olleet ongelmakohtia?
- Mitä mieltä olet nykyisestä rakennustavasta ja moduloinnista?
- Millaisia investointeja näkisit tarpeelliseksi?