

Mika Lahtinen

## IV-KUILUN ASENNUSKUVIEN UUDISTAMINEN

Merenkulun insinöörin koulutusohjelma  
2019

## IV-KUILUN ASENNUSKUVIEN UUDISTAMINEN

Lahtinen, Mika  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Merenkulun insinöörin koulutusohjelma  
Joulukuu 2019  
Sivumäärä: 24  
Liitteitä: 9

Asiasanat: laivanrakennus, tekninen suunnittelu, ilmastointi, ilmanvaihto

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää uudenlainen esitystapa IV-kuilun asennuskuville. Telakan tuotanto oli toivonut IV-kuiluille selkeämpiä asennuskuvia. Projekti aloitettiin selvittämällä nykyisten asennuskuvien ongelmakohdat. Näin saatiin kartoitettua asennuskuvien kehityskohteet sekä tuotannon tarpeet.

Työssä käsitellään asioita, joita varustelun valmistussuunnittelijan täytyy asennuskuvia luodessa huomioida. Tehdään katsaus laivan rakennustapaan, laivan varusteluun, tekniseen suunnitteluun ja IV-kuiluihin. Lopuksi tarkastellaan asennuspiirustusten perusominaisuuksia sekä uusien asennuskuvien logiikkaa.

Projektin toisessa osiossa luotiin uudenlaisten asennuskuvien suunnitteluohje. Suunnitteluohje on tarkoitettu suunnittelijoille, jotka hallitsevat suunnitteluohjelmiston käytön.

Opinnäytetyöstä on hyötyä etenkin varustelun valmistussuunnittelijoille, mutta siitä voi hyötyä kuka tahansa laivanrakennuksen parissa työskentelevä tai alaa opiskeleva henkilö.

## RENEWING OF AC-TRUNK ASSEMBLY DRAWINGS

Lahtinen, Mika

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Marine Engineering

December 2019

Number of pages: 24

Appendices: 9

Keywords: shipbuilding, technical design, air conditioning, ventilation

---

The purpose of this thesis was to develop a new way of presenting the assembly drawings of AC-trunk. The shipyard's production had hoped for clearer assembly drawings. The project started by clarifying the problems with the current assembly drawings. This way, the development targets of assembly drawings and the needs of production were identified.

This thesis deals with question of what the outfitting detail designer must take into account when creating assembly drawings. The thesis holds information on building method, ship outfitting, technical design and AC-trunks. Finally, a brief view into the basic features of assembly drawings and the logic of the newly developed assembly drawings.

In the second part of the project, a design guide for new assembly drawings was created. The design guide is targeted for designers who are familiar with design software.

This thesis is especially useful for outfitting detail designers, but it can be useful to anyone working in the shipbuilding industry or studying it.

# SISÄLLYS

KÄSITTEITÄ.....	5
1 JOHDANTO .....	6
1.1 Meyer Turku .....	7
1.2 ENG'nD.....	7
1.3 Cadmatic.....	7
2 VARUSTELU.....	8
2.1 Varustelusuunnittelu.....	8
2.1.1 Perussuunnittelu .....	9
2.1.2 Valmistussuunnittelu.....	9
3 IV-KUILUT .....	10
4 ASENNUSKUVAT .....	11
4.1 Laivan rakennustapa.....	12
4.2 IV-kuilujen asennuskuvat .....	13
4.3 Materiaalinhallinta .....	13
4.4 Esivalmisteet.....	14
4.5 Rakenneyksiköt.....	15
5 ASENNUSKUVIEN KEHITYSTYÖ.....	16
5.1 Piirustusryhmät ja linjanumerot.....	17
6 KOKOONPANOKUVAT .....	18
6.1 Värikoodi.....	22
6.2 Vaihtoehtoinen prosessi.....	22
7 YHTEENVETO .....	23
LÄHTEET .....	24

## KÄSITTEITÄ

IV-kuilu	Laivan runkoon rakennettu pystysuuntainen tila ilmanvaihtokanavia ja muuta LVI-tekniikkaa varten.
IV-konehuone	Ilmanvaihtokoneikkoa ja sen lähtöjä varten rakennettu tila.
Lohko	Teräslevyistä rakennettu laivan rungon osa.
Suurlohko	Usean lohkon yhdistelmä.
Rakennustapa	Tapa, jota noudattaen laiva rakennetaan. Rakennustapa riippuu telakan tekniikasta ja toimintatavoista.
Jaksotus	Laivanrakennus on jaksotettu eri vaiheisiin ja vaiheet on nimetty.
Lohkovaihe	Levyistä tehtävä lohkon koontivaihe. Myös varustelun ensimmäinen vaihe. Lohko koostaan ylösalaisin.
Suurlohkovaihe	Vaihe, jossa lohko on oikein päin ja osana suurlohkoa.
Aluevaihe	Varustelun viimeinen vaihe, suurlohkot yhdistetty.
Tasoprojektio	Perinteinen kappaleen mitoituksessa käytetty yhdensuuntainen projisointitapa.
Aksonometrinen projektio	Kolmiulotteisen vaikutelman tekevä projisointitapa.

## 1 JOHDANTO

Risteilymatkailijoiden vuosittainen määrä jatkaa vakaata kasvuaan ja tämä vaikuttaa positiivisesti myös telakkatoimintaan (CLIA 2019). Meyer Turun telakan tilauskanta ulottuu jopa vuoteen 2025 (Mylly 2019). Telakan tulee kuitenkin pyrkiä jatkuvasti tehostamaan toimintaansa pysyäkseen kansainvälisillä markkinoilla kilpailukykyisenä toimijana. Kilpailupainetta tulee esimerkiksi Kiinasta, jossa telakoiden tiedetään olevan halukkaita lähtemään risteilybisnekseen mukaan. Tämä opinnäytetyö on yksi esimerkki siitä, kuinka telakkatoimintaa ja laivan varustelua voidaan edelleen tehostaa varsin yksinkertaisin keinon hyödyntäen nykyaikaista suunnitteluohjelmistoa.

Nykyisissä Turun telakalla rakennettavissa valtameriristeilijöissä on useita IV-kuiluja, jotka ovat ääriään myöten täynnä ilmanvaihtokanavia, putkia, putkipaketteja sekä niihin liittyviä laitteita. Asentajilla on ollut ongelmia saada kuilujen asennuspiirustuksista selvää, koska asennettavaa tavaraa on esitetty piirustuksissa valtava määrä. Opinnäytetyön tavoite oli kehittää uudenlainen esitystapa IV-kuilujen asennuskuville. Työ on projektiluontoinen tuotekehitysprojekti.

Meyer Turun ja sen tytäryhtiöiden kasvun myötä yksi suurimpia tämän hetkisiä haasteita on uuden henkilöstön perehdytys työhön. Jotta suunnittelija pääsisi nopeasti tekemään tuottavaa työtä, tarvitsee hän paljon opastusta. Pätevät työhjeet ovat siihen hyvä apukeino. Tässä opinnäytetyössä kehitetyille asennuskuville tehtiin myös piirustusdokumentin mukainen suunnitteluohje.

Työn tilaaja on Meyer Turun tytäryhtiö – insinööritoimisto ENG'nD.

## 1.1 Meyer Turku

Meyer Turku on yksi Euroopan johtavista laivanrakennusyriyksistä ja suuri työllistäjä Suomessa. Telakan tämän hetkistä erikoisalaa ovat valtameriristeilijät ja autolautat. Vuosien saatossa on telakalla rakennettu myös rahtialuksia, erikoisaluksia ja offshore-rakenteita. Kaiken kaikkiaan telakka on toimittanut yli 1300 alusta ympäri maailman. (Meyer Turku www-sivut 2019.)

## 1.2 ENG'nD

ENG'nD on Meyer Turun omistuksessa oleva Raumlainen insinööri- ja suunnittelu-toimisto. Yhtiö on tehnyt vaativia offshore-, laiva-, laitossuunnitteluprojekteja yli 30 vuoden ajan (ENG'nD www-sivut 2019). Nykyisen omistajan myötä yhtiön pääasiallinen tuote on laivojen valmistussuunnittelu.

## 1.3 Cadmatic

Cadmatic on suunnittelutoimisto Elomaticin kehittäämä 3D-mallinnusohjelmisto, jota hyödynnetään kaikenlaisissa laiva-, offshore- ja prosessiteollisuuden projekteissa (Cadmatic www-sivut 2019). Cadmaticia käytetään muun muassa Turun telakan varustelusuunnittelussa 3D-mallin luomiseen, sekä malliin pohjautuvien 2D-piirustusten luontiin.

## 2 VARUSTELU

Erään määritelmän mukaan voidaan laivanrakennus jakaa kahteen osaan: rungon rakentamiseen ja varusteluun (Holmström 2000 39-1). Varustelu voidaan edelleen jakaa varustelun tuotannon suunnitteluun, lohkovarusteluun, konevarusteluun, sisustusvarusteluun ja sähkövarusteluun (Holmström 2000, 39-3). Osastojaon lisäksi on laivanrakennuksessa käytössä aluejakoperiaate. Esimerkiksi yksi IV-kuilu on oma alueensa, jonka varustelu alkaa lohkovarustelusta ja liittyy niin kone-, sisustus-, kuin sähkövarusteluunkin.

Nykyään laivan varustelussa suositaan ulkopuolisia kokonaistoimittajia, jotka hoitavat oman vastualueensa alusta loppuun “avaimet käteen” -periaatteella. Telakan oma organisaatio puolestaan on erikoistunut projektin kokonaisvaltaiseen hallintaan (Holmström 2000, 39-2).

Kokonaistoimittajat käyttävät edelleen alihankkijoita, jotta he pystyvät varustelemaan alueensa niin sisustuksen kuin sähkövarustelunkin osalta. Telakka tarjoaa toimittajille telakka-alueen palveluita esimerkiksi juoksevan veden, sähkön, työkaasut sekä nostureiden käytöt.

### 2.1 Varustelusuunnittelu

Jotta laiva voitaisiin varustella, täytyy se ensin suunnitella. Laivan tekninen suunnittelu alkaa jo myyntivaiheessa ennen laivan tilausta eli laivasopimusta. Myyntivaiheen suunnittelu tähtää laivasopimuksen syntymiseen. Telakka määrittelee asiakaslähtöisesti laivan perusominaisuudet, teknisen erittelyn, yleisjärjestelyn, kustannukset ja aikataulun. Laivasopimuksen allekirjoittamisen jälkeinen suunnittelu voidaan jakaa perussuunnitteluun ja valmistussuunnitteluun. (Nurmi 2017.)



### 2.1.1 Perussuunnittelu

Perussuunnittelu aloitetaan usein heti kun laivasopimus on allekirjoitettu. Perussuunnittelun lähtöaineistona ovat muun muassa laivasopimuksen tekninen erittely, luokitus- ja viranomaisvaatimukset, laivan rakennustapa sekä laite- ja materiaalitoimittajien tekniset aineistot. Laivan LVI-varustelun osalta perussuunnittelu luo LVI-järjestelmien periaatekaaviot sekä systeemien virtaus-, paine- ja ilmamäärälaskelmat. Näistä järjestelmistä luodaan yleisjärjestelyt, tehdään tilavaraukset sekä alustavat 3D-mallin reititykset. Perussuunnittelu tekee laitehankinnat sekä luo materiaalitiedot telakan materiaalinhallintajärjestelmään. (Nurmi 2017.)

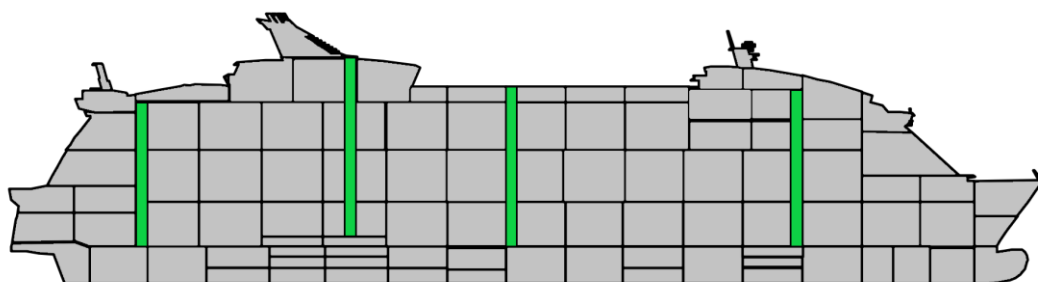
Tärkeä osa perussuunnittelua on myös hyväksyttää perussuunnittelun luomat suunnittelumateriaalit niitä vaativilla sidosryhmillä. Suunnittelumateriaaleja voi vaatia hyväksyttäväksi laivan tilaaja eli asiakas, luokituslaitokset, viranomaiset tai laitetoimittajat. (Nurmi 2017.)

### 2.1.2 Valmistussuunnittelu

Valmistussuunnittelu alkaa muutamia kuukausia perussuunnittelun aloituksen jälkeen. Valmistussuunnittelun lähtöaineistona on hyväksytty perussuunnitteluaineisto. Valmistussuunnittelussa tehdään telakan rakennustavan ja toimintamallien mukaisesti laivan rakentamisen mahdollistava dokumentaatio. Valmistussuunnittelun pääasiallinen tehtävä on siis luoda työpiirustukset, eli asennuspiirustukset sekä muut tuotannon tarvitsemat dokumentit. LVI-varustelun osalta näitä dokumentteja on muun muassa aukkotiedot, alueiden rajapintasopimukset, esivalmiste-, koneikko-, rakenneyksikköpiirustukset sekä asennuspiirustukset. Näille piirustuksille luodaan myös osaluettelot sekä tarkastusdokumentit. (Kuusinen 2017.)

### 3 IV-KUILUT

IV-kuilut ovat osa laivan runkoa. IV-kuilujen tarkoitus on toimia pystysuuntaisena kulkureittinä ilmanvaihtokanaville ja putkille. Nykyisissä Turun telakalla rakennettavissa risteilijöissä on noin 20 erikokoista IV-kuilua. IV-kuiluihin on liitetty IV-konehuoneita, joista puhaltimien lähdöt saadaan reititettyä kuilujen kautta kohdealueelle ja takaisin.



*Kuva 1. IV-Kuilut*

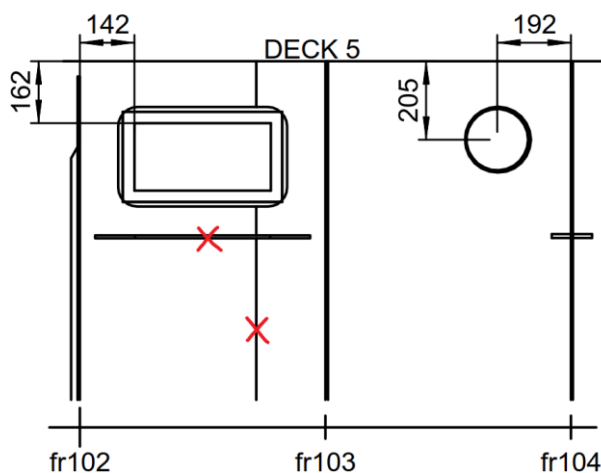
Koska IV-kuilut eivät ole niin sanottua ”tuottavaa lastitilaa”, on niissä vapaa tila hyvin vähissä. Valmistussuunnittelijan vastuulla on reitittää kuiluun asennettavat tavarat kustannustehokkaasti, kaavioiden ja säännösten mukaisesti mahdollisimman pieneen tilaan. Suunnittelijan on tärkeää myös huomioida kanavien, putkien ja laitteiden fyysinen asennettavuus. Suunnittelija käy asennustavoista ja ongelmakohtista jatkuvaa keskustelua telakan asentajien kanssa.

Lähtökohtaisesti IV-kuiluissa tulisi fyysisesti päästä kulkemaan joka paikkaan. Käytännössä tämä on vaikeaa, joskus mahdotonta toteuttaa. Vähintään kuitenkin niin, että kaikille laitteille on kulku. Kanavien sulkupeltejä, CO<sub>2</sub> suuttimia, äänenvaimentimia, venttiilejä tai muita komponentteja täytyy aika ajoin päästä säätämään, tarkistamaan ja huoltamaan. Kuiluun on tätä varten asennettava huoltoluukkuja, tikkaita ja kulkutasoja. Myös näiden järjestely on suunnittelijan vastuulla.

## 4 ASENNUSKUVAT

Asennuspiirustus tai asennuskuva on suunnittelijan luoma työpiirustus, jonka perusteella asentaja pystyy asentamaan oikeat tavarat niiden kuuluville paikoille. Asennuskuvat on merkitty ja mitoitettu niin, että asentaja tietää tarkalleen, mitä asennetaan ja mihin, sekä miten asennus tulee tehdä. Asennuskuva sisältää siis mittojen lisäksi usein muutakin teknistä tietoa, jota onnistunut asennus edellyttää.

Laivassa mitoitus tapahtuu asennettavasta kappaleesta laivan runkoon. Mitä tahansa rungon kohtaa ei kuitenkaan mitoitus voi käyttää. Esimerkiksi pienimmät vahvikkeet tai läpivientien aukot eivät välttämättä ole tarkalleen niiden oikeilla paikoilla. Nämä ovat niin kutsuttuja huonoja mittapisteitä. Huonoja mittapisteitä ovat myös runkolevyjen suorat rajasaumat sekä muototankojen kärjet. Hyviä mittapisteitä ovat puolestaan kannet, laipiot, poikittaiskaaret, pituuskaaret, T-palkin uumalevy ja L-tangon selkäpuoli.



Kuva 1. Mitoitus (Cadmatic)

Eri tapoja asennuskuvien luontiin on niin paljon kuin on suunnittelijoitakin, mutta lopputulosten tulisi noudattaa yhdenmukaista linjaa. Asentajat kokevat ongelmalliseksi työpiirustusten poikkeavuudet. Poikkeavuuksien haitallisuus korostuu etenkin mitoitusavoissa sekä asennettavien nimikkeiden merkintätavoissa. Valmistussuunnittelijan tulee ymmärtää se tosiasia, että työpiirustukset ovat tuotantoa varten. Kokenut suunnittelija osaakin asettua tuotannon asentajan rooliin ja luoda tälle helppolukuiset kuvat.

Helppolukuinen kuva noudattaa standardien mukaista linjaa, josta saa kaiken tarvittavan tiedon vaivatta. Turhaa tietoa asennuskuvissa pyritään välttämään.

#### 4.1 Laivan rakennustapa

Laivanrakennus on ositettu useaan työvaiheeseen jaksokäsitteen mukaisesti. Asennuskuvia luodessa on valmistussuunnittelijan oltava tietoinen hänen vastuullaan olevan alueen ja lohkojen rakennustavasta, sekä siitä, että missä rakennusvaiheessa mikäkin tavara on järkevää tai mahdollista asentaa. Jokaiselle rakennusvaiheelle tehdään siis omat asennuskuvat. Samasta alueesta luodaan näin useita asennuskuvia.

Lohkovarustelun pääjaksot:

EMO - Ennen maalausta osalohkovarustelu, terästyön aikana

EML - Ennen maalausta lohkovarustelu, terästyön aikana \*

EMV - Ennen maalausta varustelu lohkoon, erillinen varusteluvaihe \*

JML - Jälkeen maalauksen lohkovarustelu \*

EMS - Ennen maalausta suurlohkovarustelu, terästyön aikana \*\*

JMS - Jälkeen maalauksen suurlohkovarustelu \*\*

\* Lohko ylösalaisin

\*\* Lohko oikeinpäin

Lohkovarustelun pääjaksojen jälkeen alkaa aluevaiheet. Aluevaiheissa suurlohkot ovat yhdistetty, eli varustelu tapahtuu laivan runkoon.

IV-kuiluja on tavoiteltavaa saada varusteltua mahdollisimman paljon jo lohkovaiheessa. Käytännössä kuitenkin suurin osa asennettavista tavaroista asennetaan vasta

suurlohko- ja aluevaiheessa. Osittain tämä johtuu rakenneyksiköistä. Esimerkiksi kanavapaketit pyritään rakentamaan usean kansivälin korkuisiksi, ja siksi ne voidaan asentaa vasta suurlohkovaiheessa. Lohkovaiheeseen tulisi kuitenkin saada sisällytettyä vähintään suurimmat laipioläpiviennit, raskaimmat paksulevykanavat ja putket, tikkaat sekä kaapeliradat.

#### 4.2 IV-kuilujen asennuskuvat

IV-kuilujen asennuskuvat ovat jaksotuseriaatteen mukaisesti jaettu viiteen eri vaiheeseen. Pääjaksoista käytetään EML, EMS ja JMS, joiden lisäksi ovat aluevaihe ja erillinen rakenneyksikkövaihe. Suurlohko-, sekä aluevaiheen asennuskuvat ovat usein kaikista haastavimpia, niin tuotannon, kuin suunnittelunkin kannalta. Näissä vaiheissa on esitetty kaikista eniten tavaraa, ei pelkästään kyseisen vaiheen tavaraa, vaan myös jo aikaisemmissa vaiheissa esitetyt tavarat. Tyypillisiä suurlohko-, ja aluevaiheessa IV-kuiluun asennettavia tavaroita ovat kierresaumakanavat, suorakulmaiset ohutlevykanavat ja niiden eristeet, ohutseinäputket, muoviputket, sekä sähköiset laitteet esim. kanavien sulkupellit. Aluevaiheen kuvissa esitetään myös suurlohkorajojen sovitepala. Sovitepala on standardien mukaisesti 500 mm pitkä putki-, tai kanavalinjan pätkä, jolla yhdistetään suurlohkojen linjat vasta kun suurlohkot ovat yhdistetty. Näin voidaan välttää mahdolliset yhteentörmäykset rungon koonnin aikana.

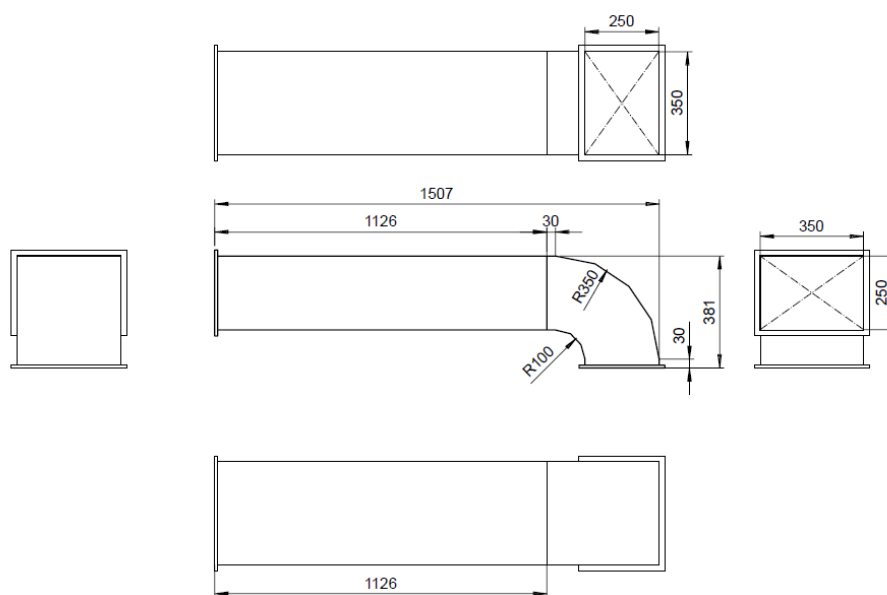
#### 4.3 Materiaalinhallinta

Jokaiselle asennuspiirustukselle luodaan osaluettelo telakan materiaalinhallintajärjestelmään. Osaluettelolla on sama tunnus kuin piirustuksella ja sinne on listattu kaikki asentajan tarvitsemat materiaalit, esivalmisteet, komponentit ja laitteet.

Materiaalinhallintaa helpottaa litterajärjestelmä. Laivan tekniset järjestelmät on numeroitu systeemeittäin ja jokaiselle komponentille, laitteelle ja esivalmisteelle annetaan nelinumeroinen koodi eli littera. Litterasta siis selviää mihin laivan systeemiin nimike kuuluu.

#### 4.4 Esivalmisteet

Esivalmisteet ovat etukäteen joko telakan omilla työpajoilla tai ulkopuolisilla työpajoilla valmistettua kalustoa. IV-kuilun valmistussuunnittelijan vastuulla on tehdä esivalmisteista tarvittavat esivalmistekuvat, joiden perusteella työpajat pystyvät valmistamaan ne.



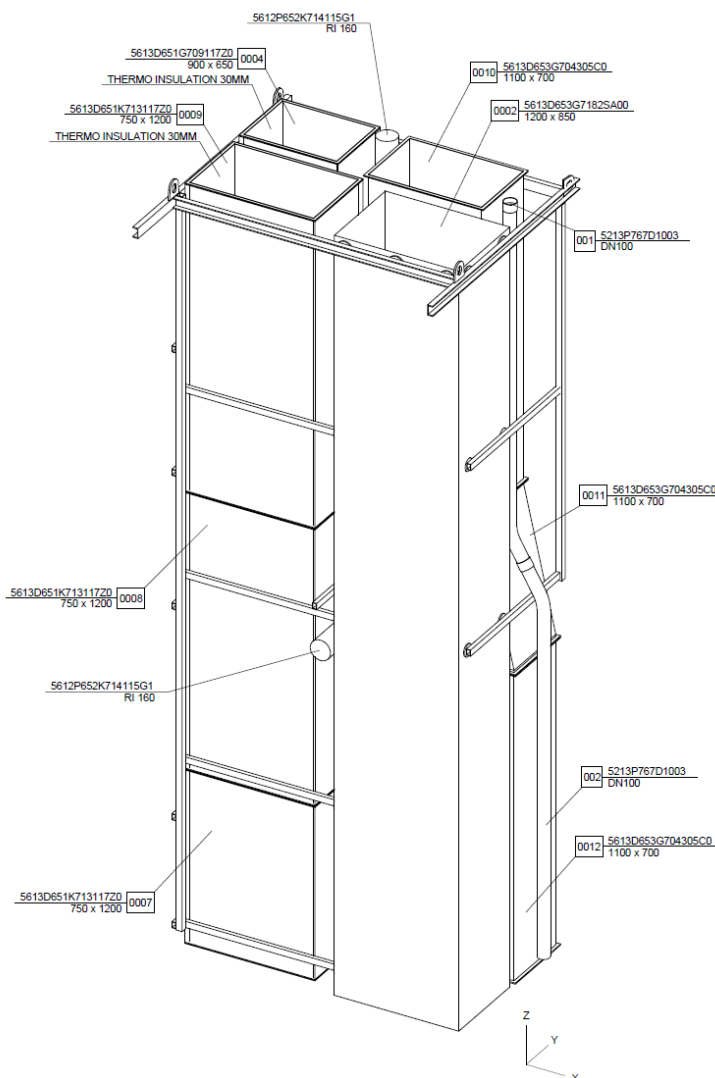
*Kuva 2. Esivalmistekanava (Cadmatic)*

Suurin osa IV-kuiluun asennettavasta tavarasta on nimenomaan esivalmisteita. Esivalmisteita tehdään suorakulmaisista ohut- ja paksulevykanavista, teräs- ja komposiittiputkista, teräsrakenteista sekä muista osista joita ei ole käytännöllistä tai edes mahdollista valmistaa paikan päällä asennusvaiheessa.

Valmistussuunnittelija vaiheistaa esivalmisteet ja antaa niille materiaali-, käsittely- ja koepainetiedot sekä esimerkiksi liitostavan edellyttämät lisätiedot. Jokaisella esivalmisteella on myös oma tunnuksensa, joka koostuu linjanumerosta sekä esivalmisteen järjestysnumerosta. Nämä esivalmistetunnukset on luonnollisesti esitetty myös asennuskuvissa, jotta asentaja pystyy keräilemään ja asentamaan oikeat tavarat niiden kuuluville paikoille.

## 4.5 Rakenneyksiköt

Laivanrakennuksessa käytetään rakenneyksiköitä. Rakenneyksiköiden käyttö tuo nykyiseen Turun telakan rakennustapaan useita hyötyjä, joista ehkä merkittävin on ajan säästö. Myös IV-kuiluissa käytetään rakenneyksiköitä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi kanavat kootaan teräskehikon sisään ja lopulta nämä lasketaan valmiina pakettina kuiluun. Näin ollen asennettavaksi jää vain kanavapaketin kehikon tuenta, kanavien päiden liitännät sekä mahdollisten laitteiden kytkennät. Rakenneyksiköille tehdään omat esivalmiste- ja asennuskuvat, joiden mukaisesti ne voidaan vers- taalla valmistaa.



Kuva 3. Rakenneyksikkö (Cadmatic)

## 5 ASENNUSKUVIEN KEHITYSTYÖ

IV-kuilujen asennuskuviin on yleensä liitetty perinteisten tasoprojektioiden lisäksi aksonometrisiä projektioita. Tasoprojektioilla luodaan perinteiset mittakuvat ja aksonometriset projektiot ovat ainoastaan helpottamassa kuilupaketin hahmottamista. IV-kuilut ovat kuitenkin niin täynnä tavaraa, että edes aksonometrisillä kuvannoilla ei ole onnistuttu visualisoimaan kuilupakettia tarpeeksi selkeästi. Tämä on suunnittelun haaste, josta tuotanto kärsii.

Tuotannon ja suunnittelun välisessä kehityspalaverissa kävi ilmi, että varustelun viimeisimpien vaiheiden, eli suurlohko-, ja aluevaiheiden kuvat ovat kaikista sekavimpia. IV-kuilujen esimerkkipiirustuksista huomattiin, että kanava-, tai putkilinjojen reittejä oli välillä hyvin vaikea hahmottaa. 15 sivuisesta asennuskuvasta joutui käymään läpi lähes kaikki sivut, jotta reitti kunnolla selvisi. Asentajilla onkin voinut kulua iso osa työpäivästä ainoastaan epäselvien piirustusten lukemiseen. Näitä asennuskuvia tulisi kehittää niin, että asennustyön ergonomia ja sujuvuus paranisivat.

Yhdessä tuotannon IV-kuilujen aluepäällikön kanssa selvitettiin, että miten asennuskuvia voisi selkeyttää. Päädyttiin tutkimaan kokoonpanopiirustusten kaltaista esitystapaa. Tavallisesti kokoonpanopiirustuksissa on esitetty esimerkiksi jonkun koneen tai kappaleen osat räjäytyskuvassa ja annettu osille asennusjärjestys. Todettiin, että tätä logiikkaa voisi mahdollisesti hyödyntää tavalla tai toisella IV-kuilujen asennuskuvissa.

Kokoonpanokuvien logiikkaa lähdettiin työstämään erään IV-kuilun suurlohkovaiheen asennuskuvaan. Päädyttiin luopua osien asennusjärjestyksestä. Asentaja saisi itse päättää, missä järjestyksessä tavarat asennetaan, noudattaen kuitenkin piirustuksen vaiheistusta. Tärkeintä oli saada linjojen reitit selvästi näkyviin. Havaittiin, että jos yhteen aksonometriseen näkymään olisi visualisoitu vain yksi, tai muutama putki- tai kanavalinja kerrallaan, linjojen reitit selviäisi hetkessä. Näin IV-kuilu saataisiin esitettyä huomattavasti selkeämmin muutama linja kerrallaan.



Tämä tapa osoittautui suunnittelun kannalta varsin työlääksi. Asennuspiirustuksiin tulisi nyt enemmän näkymiä sekä sivuja. Toisaalta arvoitiin, että nämä suunnitteluun kuluvat lisätunnit voitaisiin kuitenkin säästää tuotannon päässä monikertaisesti.

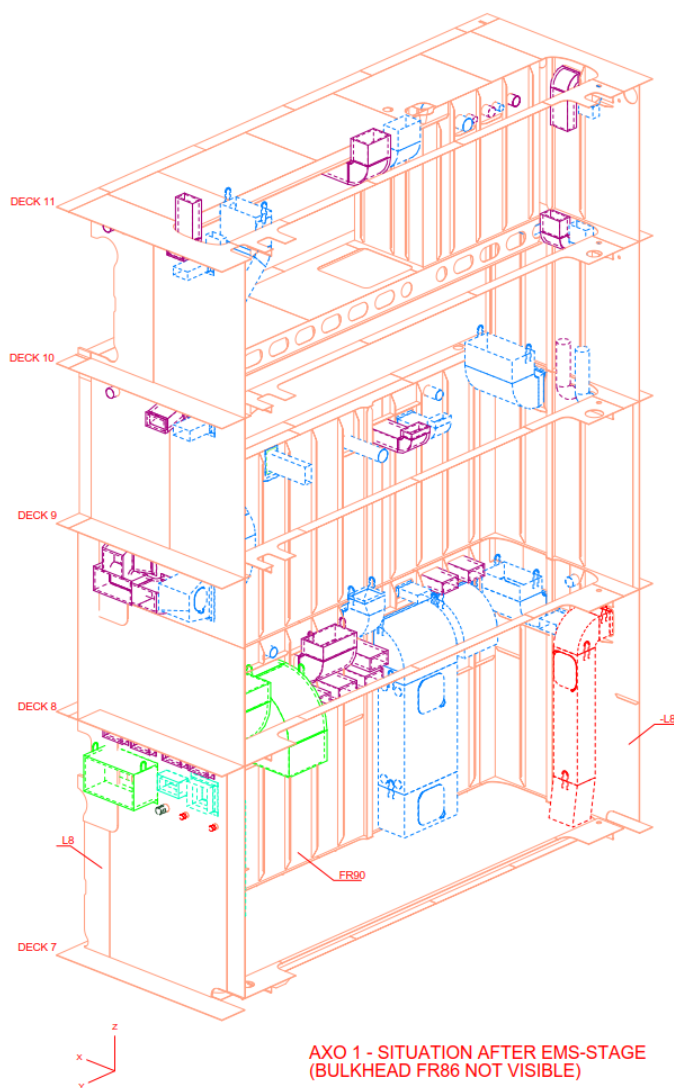
### 5.1 Piirustusryhmät ja linjanumerot

Kokoonpanokuvien kehitystyön aikana nousi esille piirustusryhmien ja linjanumeroiden merkitys. Kokoonpanokuvia luodessa on erittäin tärkeää, että ryhmätunnukset sekä linjanumerot ovat kunnossa. Jokaisella kanavalla sekä putkella on linjanumeronsa lisäksi ryhmätunnus. Yhdellä nimikkeellä voi olla useita ryhmätunnuksia, kuitenkin vain yksi esivalmiste ja yksi asennuskuvaryhmä. Ryhmät määrittyvät siis työpiirustusten mukaisesti.

Suunnittelija hyödyntää ryhmiä ja linjanumeroita materiaalinhallinnan lisäksi piirustusohjelman suodatintoiminnossa. Koska 3D-mallinnus elää usein piirustusten luontia edellä, tulee suunnittelijan piilottaa piirustuksesta kaikki seuraavien jaksojen tavarat suodatintoiminnolla. Suodattimien käyttö on huomattavasti vaivattomampaa, jos nimikkeiden tunnuksset ovat oikein.

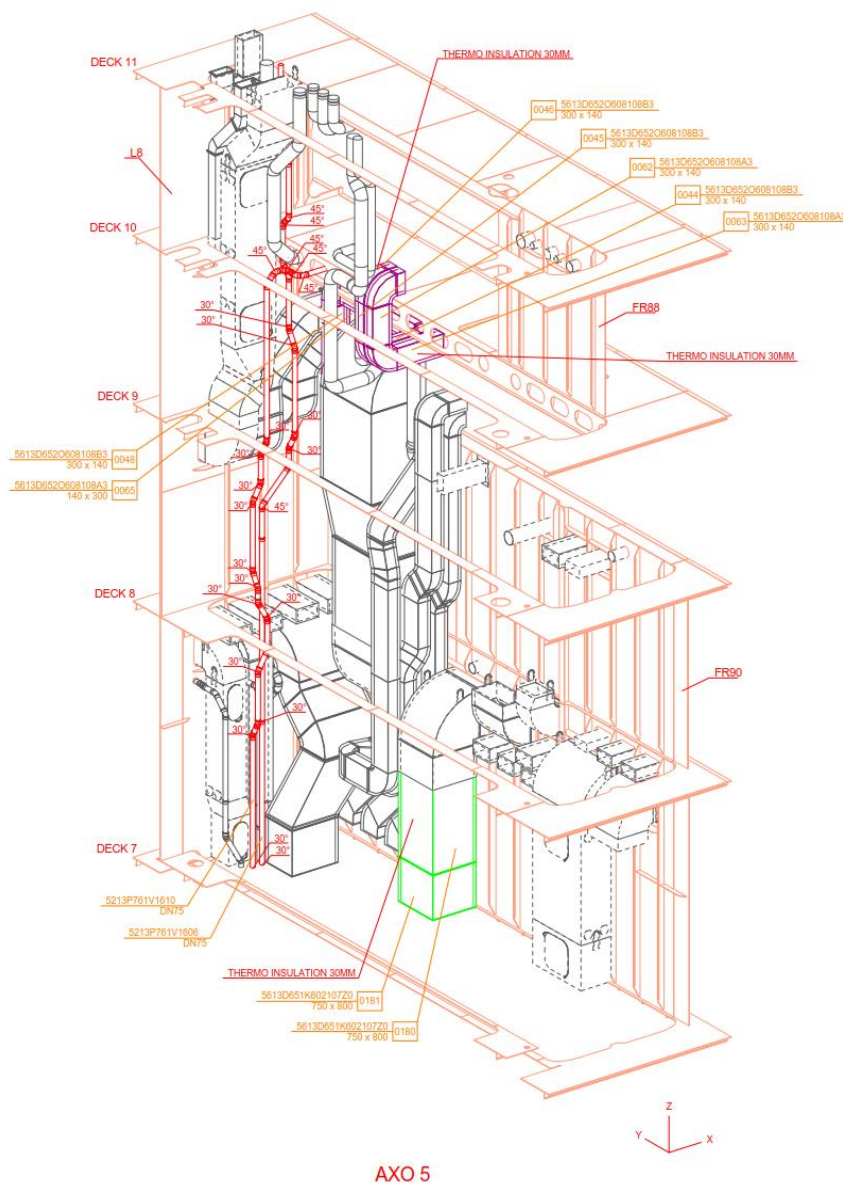
## 6 KOKOONPANOKUVAT

Mallista luotuja 2D-näkymiä kopioimalla voidaan lähteä muodostamaan kuilusta kokoonpanokuvia. Luodaan piirustuksen kokoonpano-osion ensimmäinen näkymä ja sille suodatin. Ensimmäisissä näkymissä esitetään kyseisen suurlohkon osa IV-kuilusta. Suodatinta hyödyntäen näytetään ainoastaan itse kuilu, eli laivan runko, sekä jo lohkovaiheessa esitetyt ja asennetut tavarat niiden systeemiväreineen. Suurlohkokuvan koko määrittyy suurlohkon mukaisesti, joka on yleensä 3-4 kansiväliä.



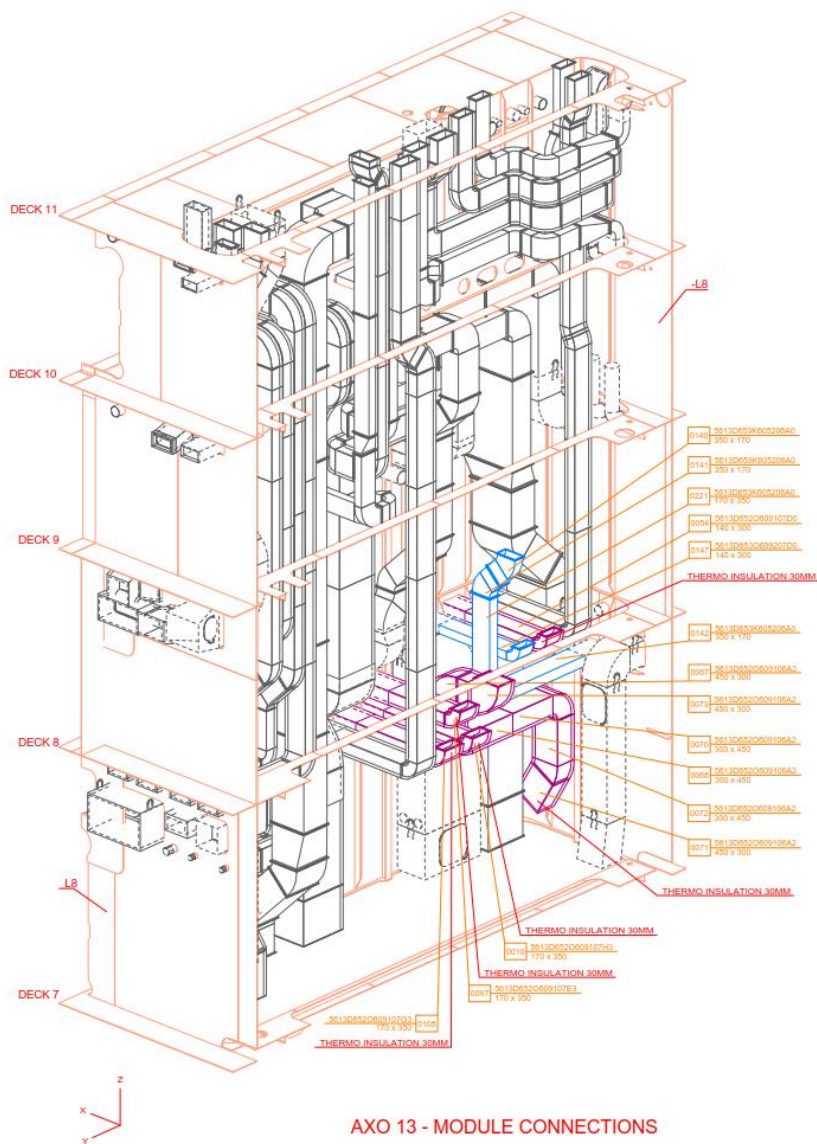
*Kuva 4. AXO 1 - EMS (Cadmatic)*

Suodatinta hyödyntämällä lähestytään näkymän katselukohtaa putki ja kanava kerrallaan. Hahmottamisen helpottamiseksi suunnittelija luo kuvaan värimaailman niin, että vain ne nimikkeet, jotka ovat kyseiseen näkymään lisätty, näkyvät niiden omilla systeemiväreillä. Esivalmisteet, komponentit, laitteet ja kaikki muukin asennettavat nimikkeet ”laputetaan” niiden tunnuksilla. Aikaisemmissa näkymissä esitetyt nimikkeet, pois lukien runko, visualisoidaan harmaalla värillä. Aikaisemmissa jaksossa asennetut nimikkeet harmaan värin lisäksi myös katkoviivoin.



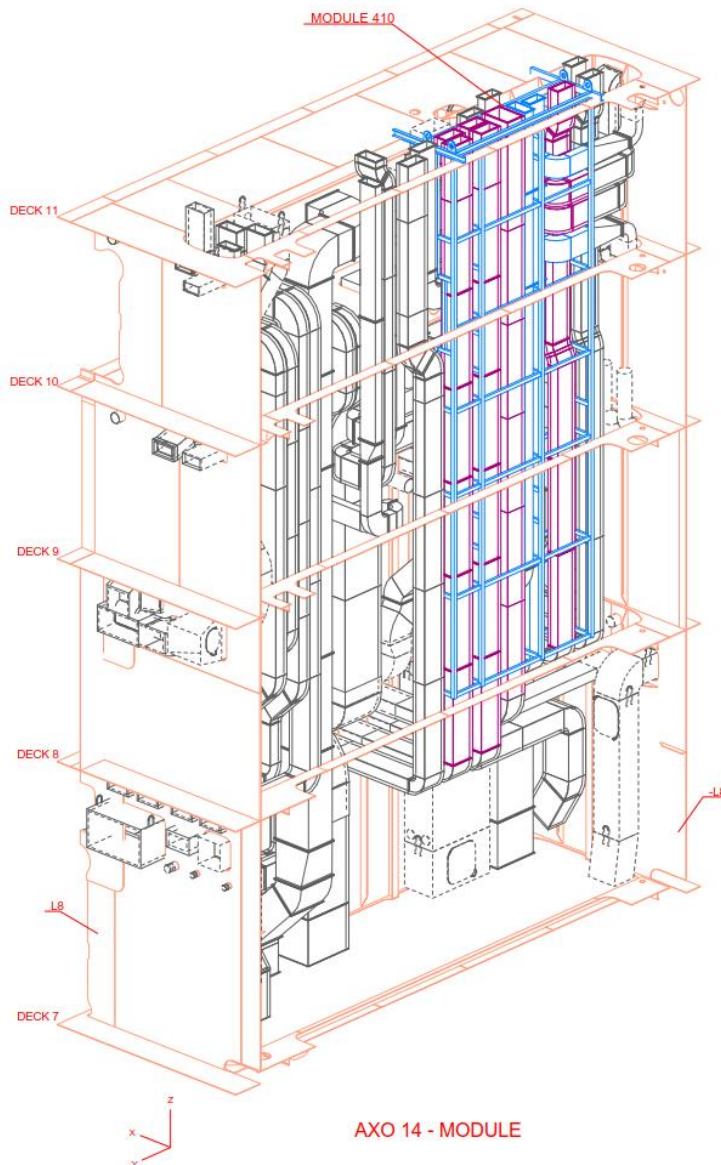
Kuva 5. AXO 5 (Cadmatic)

Rakenneyksikön yhtyvät linjat tulisi esittää omassa näkymässään. Suunnittelija kääntää katselukulmaa tarvittaessa ja piilottaa tai lisää laipioita. Näitä näkymiä luodaan niin paljon, kuin suunnittelija parhaakseen näkee.



Kuva 6. AXO 13 – Rakenneyksikön yhteydet (Cadmatic)

Viimeisenä visualisoidaan rakenneyksikkö ja muut suuret näkymää häiritsevät tavarat. Rakenneyksikön tavaroita ei tarvitse laputtaa, koska se on jo rakenneyksikön omassa esivalmistekuvassa tehty. Se, miten päin ja mihin kohtaan rakenneyksikkö tulee asentaa, on esitetty kyseisen asennuspiirustuksen mittakuvissa. Asennuspiirustuksen kokoonpano-osioon ei ole mitoitettu nimikkeitä, tarkoitus on ainoastaan helpottaa kuilupaketin hahmottamista.



*Kuva 7. AXO 14 - Rakenneyksikkö (Cadmatic)*

## 6.1 Värikoodi

Kokoonpanokuville luotiin myös värikooditarra, josta selviää systeemivärien merkitys. Värikoodi on litterajärjestelmän tukena ja siitä voi helposti tarkistaa mihin laivan systeemiin nimikkeet kuuluvat. Suunnittelija muokkaa värikoodia sen mukaan, mitä systeemejä kyseisessä piirustuksessa on esitetty.

COLOR CODE	
<b>AIR DUCTS:</b>	
	INLET
	EXHAUST
	SUPPLY
	CIRCULATION
	MACHINERY SUPPLY
	MACHINERY EXHAUST
<b>PIPES:</b>	
	VENTING / AIR
	BLACK WATER
	GREY WATER
	COOLING SUPPLY
	COOLING RETURN
	SPECIAL SPACE COOLING SUPPLY
	SPECIAL SPACE COOLING RETURN

*Kuva 8. Värikoodi (Cadmatic)*

## 6.2 Vaihtoehtoinen prosessi

Tilanteesta riippuen, voidaan kokoonpanokuvat luoda myös niin, että näkymät ovat jaoteltu nimiketyyppien tai systeemien mukaisesti. Nimikkeet voi jaotella esimerkiksi niin, että ensin visualisoidaan ohutlevykanavat, seuraavassa näkymässä paksulevykanavat ja sitten putket jne. Edelleen putkien näkymät voidaan jakaa materiaalien mukaan esimerkiksi teräsputkiin, komposiittiputkiin, muoviputkiin jne. Näille materiaalityypeille luodaan aina oma näkymä ja aikaisemmin esitetyt tavarat ovat taustalla.

Tämän vaihtoehtoisen prosessin ongelmaksi muodostuu usein sen epäselkeys. Tavaraa jää liikaa näkymien etualalle niin, että takaseinän läheisyydessä olevia tavaroita on vaikea visualisoida.

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoite oli kehittää IV-kuilun asennuskuvia selkeämmiksi. Uudenlainen esitystapa kehitettiin Cadmaticin suodatin työkalun avulla. Suodattimen oikeaoppinen käyttö on toisinaan haastavaa ja pitkälti käsityötä. Se vaatii suunnittelijalta ymmärrystä suodattimen logiikasta sekä piirustusten ryhmittelystä. Virheiden eliminointiseksi tulisi suunnittelijan sekä kuvan tarkastajan käydä kokoonpanokuvat huolellisesti linja kerrallaan läpi.

Kokoonpanokuvissa hyödynnettiin suodattimen lisäksi myös värimaailman asetuksia sekä katkoviivoja. Näin kuvista saatiin luotua hyvin selkeät. Tuotanto on ollut tyytyväinen kokoonpanokuvaan ja uskovat niiden vaikuttavan positiivisesti asennusvaiheen sujuvuuteen.

Toisinaan asentajat ovat pyrkineet selvittämään kanavien ja putkien reittejä myös suoraan 3D-mallista. Ongelmana elektroniikan käytössä on ollut laivan rakennusvaiheen karut asennusolosuhteet ja huonot verkkoyhteydet. Päästäkseen käsiksi 3D-malliin, on asentaja käytännössä joutunut poistumaan laivasta. Sen lisäksi asentajien tulisi osata käyttää ohjelmistoa, jolla 3D-mallia voi selata. Tästä huolimatta uskon, että 3D-työpiirustuksiin tullaan siirtymään tulevaisuudessa ja lopulta tämän opinnäytetyön tulos on ainoastaan kehityksen välivaihe.

## LÄHTEET

Cadmatic www-sivut. 2019. Viitattu 10.8.2019. <https://www.cadmatic.com>

Cruise Lines International Association (CLIA). 2018. Global Passenger Report. Viitattu 21.9.2019. <https://cruising.org>

ENG'nD www-sivut. 2019. Viitattu 10.8.2019. <https://www.engnd.com/en>

Holmström, J. 2000. Varustelu. Teoksessa Räsänen, P. Laivatekniikka. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy, luku 39.

Kuusinen, J. 2017. Varustelun valmistussuunnitteludokumentit ja –piirustushierarkia. Meyer Turku koulutusmateriaali. Viitattu 6.10.2019.

Meyer Turku www-sivut. 2019. Viitattu 10.8.2019 <https://www.meyerturku.fi>

Mylly, T. 2019. Press Releases. Viitattu 21.9.2019. <https://www.meyerturku.fi>

Nurmi, J. 2017. Laivasuunnittelun prosessista. Meyer Turku koulutusmateriaali. Viitattu 6.10.2019.