

Ville Keskinen

KAAPELIRATA SUUNNITTELUN JA ASENTAMISEN
KEHITTÄMINEN

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
2018

KAAPELIRATA SUUNNITTELUN JA ASENTAMISEN KEHITTÄMINEN

Keskinen, Ville
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Maaliskuu 2018
Sivumäärä: 31

Asiasanat: Kaapelirata, Risteilyalus, Suunnittelu, Asennus, Kehittäminen

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Meyer Turku Oy:lle. Työn tutkimuksen kohteena toimi, jo rakennetut ja rakenteilla olevat Mein Schiff sarjan risteilyalukset ja niistä käytävissä oleva suunnitteluaineisto sekä valmistuskokemukset. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja kehittää telakan tapaa suunnitella ja asentaa kaapeliratoja. Kaapeliratoja käytetään risteilyssä kaapeleiden asennusreitteinä. Tutkimusmenetelmänä oli laaja eri osastojen toimihenkilöiden ja työntekijöiden haastattelu sekä aiheeseen liittyvien materiaalien tarkastelu.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa, mitä hyvää ja huonoa nykyisessä toimintamallissa esiintyy. Tarkoituksena oli myös esittää perustellusti, miten toimintamallia pystytään kehittämään.

Tutkimuksen mukaan kaapeliratojen valmistusprosessin suurin haaste on riittävän tiedonkulun toteuttaminen suunnitteluportaassa. Toimintamallin parantamiseen esitetyt tärkeimmät kehitystavat olivat tiedonkulun selkeyttäminen sekä suunnitteluohjelmistojen yhtenäistäminen. Tiedonkulkua kehittämällä pystytään helpottamaan koko kaapeliratojen valmistusprosessia.

DEVELOPMENT FOR PLANNING AND INSTALLATION OF CABLE TRAYS

Keskinen, Ville

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Program in Electrical and Automation Engineering

March 2018

Number of pages: 31

Keywords: Cable tray, Cruiser ship, Planning, Installation, Development

This thesis was executed to Meyer Turku Ltd. The study was conducted on already prepared and under construction Mein Schiff cruisers. The purpose of this thesis was to research and develop the method for planning and installation of cable trays at shipyard. Research method for this thesis was defining used materials and interviewing staff members and employees.

The objective of this thesis was to find pros and cons of the present method. The purpose was to provide reasoned development method for present way of planning and installation of cable trays.

In the thesis was clear that the biggest problem was lack of information flow at design stage. The most significant development proposals for present method were clarification of information flow and to unify common design programs.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Meyer Turku Oy	5
1.2	Aihealue ja tavoitteet	5
2	TOIMINTAMALLI.....	6
2.1	Suunnittelu	6
2.1.1	Suunnittelun piirustuksien tarkastus.....	6
2.1.2	Perussuunnittelu	8
2.1.3	Valmistussuunnittelu	9
2.2	Asennus.....	12
2.2.1	Lohkovarusteluvaihe	13
2.2.2	Rungonkoontivaihe.....	14
2.3	Hyödyt.....	15
3	TOIMINTAMALLIN KÄYTÄNNÖN ONGELMAT	17
3.1	Suunnittelu	17
3.2	Asennus.....	21
4	TOIMINTAMALLIN KEHITYS.....	22
4.1	Suunnittelun kehittäminen	22
4.1.1	Cadmatic laajempi käyttö.....	22
4.1.2	Attribuuttien lisääminen	24
4.1.3	Huolellisempi työn jälki ja suunnittelunpiirustuksien tarkastus.....	26
4.2	Rakentamisen kehittäminen	27
4.2.1	Asentamisen aikaisempi mahdollistaminen	27
5	YHTEENVETO	29
	LÄHTEET.....	30

1 JOHDANTO

1.1 Meyer Turku Oy

Meyer Turku Oy on risteilyalusten, autolauttojen ja erikoisalusten rakentamiseen erikoistunut telakka. Telakalla on noin 1700 työntekijää ja tilausten lisääntyessä määrä kasvaa kokoajan. Meyer Turku on yksi maailman johtavista risteilyalusten valmistajista yhdessä sisartelakoidensa Meyer Werftin ja Neptun Werftin kanssa. Yrityksellä on kaksi tytäryhtiötä, hyttitehdas Piikkiö Works Oy ja suunnittelutoimisto ENG'nD Oy. (Meyer Turku Oy:n www-sivut, 2018).

1.2 Aihealue ja tavoitteet

Opinnäytetyössä tutkitaan, miten kaapelitiet on toteutettu jo rakennetuissa ja rakenteilla olevissa Mein Schiff sarjan risteilyaluksissa. Tarkoituksena on tutustua kaapeliratojen asentamisen ja suunnittelun toimintamallin hyviin sekä huonoihin puoliin ja paikantaa toimintatavan ongelmat. Opinnäytetyön tavoitteena on tunnistaa ongelmat kohdat nykyisessä toimintamallissa sekä tarjota niihin kehitystapoja, joiden avulla toimintaa kyetään perustellusti tehostamaan.

2 TOIMINTAMALLI

2.1 Suunnittelu

Kaapelirata suunnittelu tapahtuu asteittain kahdessa portaassa. Pääkaapeliradat, eli suurimmat ja eniten kaapeleita omaavat radat suunnittelee perussuunnittelu PES. Pienemmät kaapeliradat ja päärajojen tarkemmat paikat määräytyy komponenttien mukaan tilakohtaisesti ja nämä suunnittelee valmistussuunnittelu VAS. Kaapeliratojen sijaintiin vaikuttavia komponentteja ovat esimerkiksi sähkökaapit ja järjestelmien osat, jotka tarvitsevat sähköä. Yksittäiset pienemmät sähkösyötöt voidaan asentaa sähköputkeen, eikä kaapelirataa tarvita.

Komponenttien suunnittelu tapahtuu myös asteittain kahdessa portaassa. PES:sin suunnittelijat suunnittelevat järjestelmän ja sijoittavat tarvittavat komponentit sille suunnitellulle alueelle. Jotkin pienemmät komponentit kuten valaisimet asettelee VAS:sin omat sähkösuunnittelijat. Tämän jälkeen VAS:sin aluesuunnittelijat sijoittavat komponentit tarkemmin niille sopiville paikoille. (Juhajoki, M henkilökohtainen tiedonanto 19.1.2018 ja Peni, M henkilökohtainen tiedonanto 19.1.2018).

2.1.1 Suunnittelun piirustuksien tarkastus

Suunnittelun piirustuksia julkaistessa on käytössä kolmivaiheinen tarkastusmetodi, jolla pystytään takaamaan piirustusten laatu ja tarkkuus. Kronodoc:iin on luotu dokumenttikortti (kuva 1) johon suunnittelija merkitsee piirustukselle tilaksi ”In Work” (kuva 2).

Change document status	
Change status of	current document version from Document Card Created to
	<input checked="" type="radio"/> In Work (Very Preliminary) <input checked="" type="radio"/> In Work (For other purposes) <input type="radio"/> Not in use (Detail)
Status change comment	<input type="text"/>

Kuva 1 Kronodoc dokumenttikortti (Kronodoc 2015).

Kuva 2 Dokumentin tilan vaihto In Work (Kronodoc 2015).

Kun piirustus on valmis, lisää suunnittelija tiedoston kansioon. Tämän jälkeen suunnittelija vaihtaa tilaksi ”For Checking” (kuva 3), jolloin piirustus siirtyy eteenpäin tarkastajalle.

Change document status	
Change status of	current document version from In Work (For other purposes) to
	<input checked="" type="radio"/> Document Card Created <input type="radio"/> For Checking <input type="radio"/> Not in use (Detail)
Status change comment	<input type="text"/>

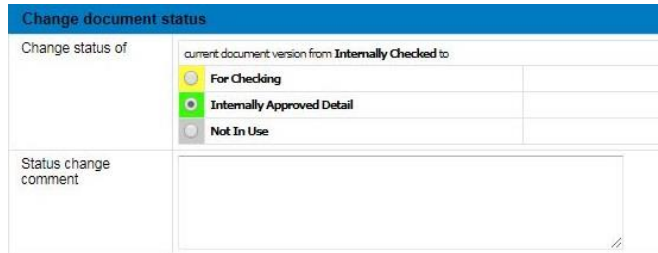
Kuva 3 Dokumentin tilan vaihto For Checking (Kronodoc 2015).

Tarkastaja katsoo piirustuksen ja pyytää vaadittavat korjaukset, jos kokee tarpeelliseksi. Kun piirustus on hänen mielestään kunnossa, asettaa hän tilaksi ”Internally Checked” (kuva 4) ja siirtää kuvan hyväksyjälle.

Change document status	
Change status of	current document version from For Checking to
	<input type="radio"/> In Work (For other purposes) <input checked="" type="radio"/> Internally Checked <input type="radio"/> Not In Use
Status change comment	<input type="text"/>

Kuva 4 Dokumentin tilan vaihto Internally Checked (Kronodoc 2015).

Viimeisenä piirustuksen tarkistaa hyväksyjä. Hyväksyjä toistaa samat toimenpiteet jotka tarkastaja teki, ja ollessaan tyytyväinen vaihtaa tilaksi ”Internally Approved Detail” (kuva 5).



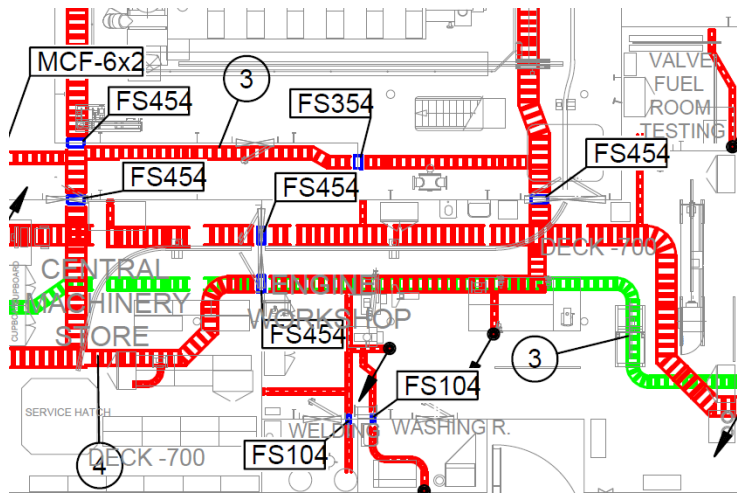
Kuva 5 Dokumentin tilan vaihto Internally Approved Detail (Kronodoc 2015).

Tämän jälkeen piirustus on valmis sekä hyväksytty, ja se voidaan asettaa jakeluun. Joissain tapauksissa tilaaja haluaa myös tarkastaa piirustuksen ja tällöin piirustusta ei voida laittaa jakeluun ennen tilaajan hyväksyntää. (Pulkkinen, A henkilökohtainen tiedonanto 15.1.2018 ja Salminen, J henkilökohtainen tiedonanto 15.1.2018).

2.1.2 Perussuunnittelu

Perussuunnittelu on koko suunnitteluprosessin kivijalka ja ensimmäinen askel. PES suunnittelee koko risteilijän suuret linjaukset, kuten pohjapiirustukset, pääratakaaviot, sähkö-, ilmanvaihto- ja vesijohtojärjestelmät.

Pääratakaaviot (kuva 6) aloitetaan siten, että PES:sin suunnittelijat sijoittavat komponentit joita he tarvitsevat järjestelmässään alueelle. Kun suurpiirteiset paikat komponenteille on tiedossa, suunnitellaan pääkaapeliradat, jossa kulkee suurin määrä kaapeleita. Radat pyritään suunnittelemaan siten, että mahdollisimman moni kaapeli kykenee niitä hyödyntämään ja pienempiä pistoja kaivattaisiin vähemmän. Piirustuksissa ei tässä vaiheessa huomioida esimerkiksi poikki kulkevia putkia tai tilan korkeus vaihtelua.

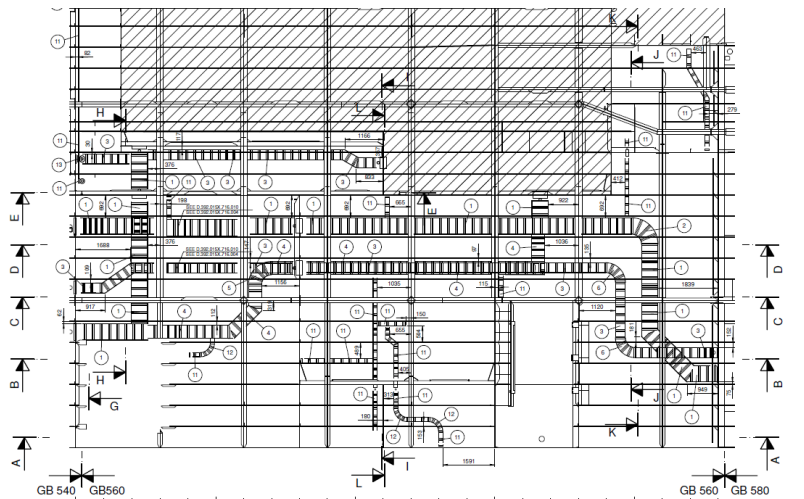


Kuva 6 Pääratakaavio (Kronodoc 2015)

Sarjaristeilijöissä kuten Mein Schiff sarjan risteilijöissä, ratojen toteutuksessa käytetään usein edeltävän risteilijän piirustuksia, koska risteilijän muutokset ovat pieniä. Useissa tiloissa, kuten hyttikäytävissä voidaan käyttää suoraan edeltävän risteilijän pääratakaavioita. Tällaisessa tilanteessa piirustusta verrataan kohde risteilijän pohjapiirustukseen ja mikäli nämä ovat samat, voidaan vanhasta piirustuksesta päivittää risteilijän tiedot. Jotkut alueet, kuten yleiset tilat kuitenkin muuttuvat usein niin suuresti, että vanhaa pohjapiirustusta ei voida täysin käyttää ja piirustusta täytyy päivittää. (Juhajoki, M henkilökohtainen tiedonanto 19.1.2018 ja Peni, M henkilökohtainen tiedonanto 19.1.2018).

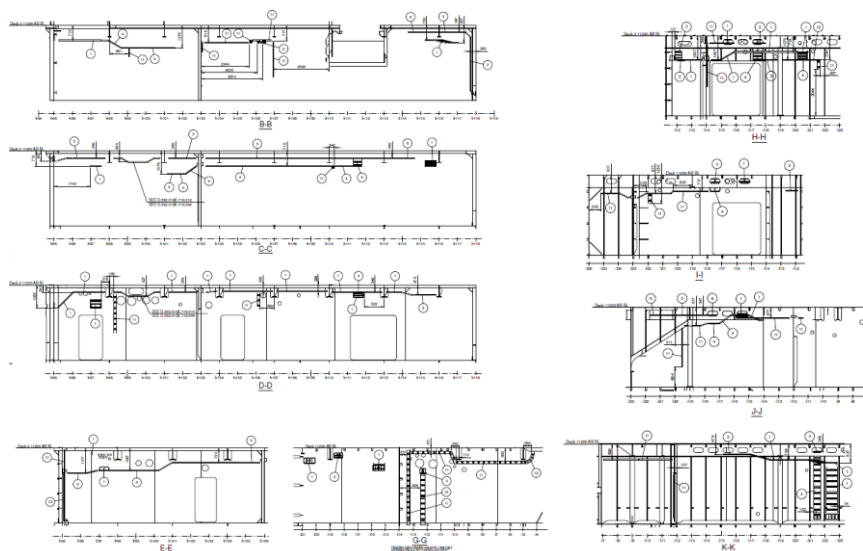
2.1.3 Valmistussuunnittelu

Valmistussuunnittelun tehtävä on suunnitella yksityiskohtaisemmat piirustukset. Näitä suunnitelmia ovat esimerkiksi tilakohtaiset kaapeliradat, putki- ja ilmastointilinjat sekä komponenttien sijoittelut. Suurin työ kaapeliratasuunnittelussa on tilan mittojen ja komponenttien paikkojen selvittäminen. Kaapeliratasuunnittelun pohjana toimii pääsuunnittelun tekemä pääratakaavio. Tässä mainitut radat sijoitellaan alueen ratapiirustukseen (kuva 7) ja niille annetaan tarkemmat mitat sekä alueelliset sijainnit. Näiden lisäksi piirustukseen lisätään tarvittavat pistot sekä alaslaskut niitä vaativille komponenteille.



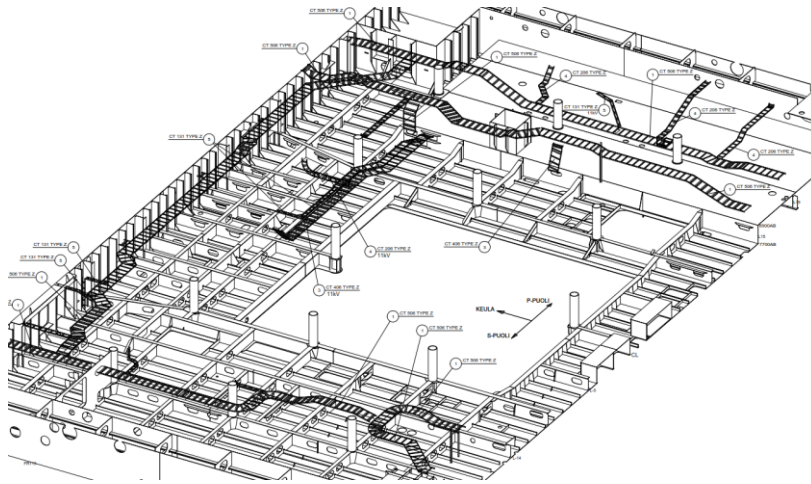
Kuva 7 Kaapeliratakuva (Kronodoc 2015).

Tilan sisäiset korkeusvaihtelut, läpivientien paikat ja putkien linjat vaikuttavat merkittävästi radan lopulliseen paikkaan. Kaapeliradat usein joutuvat väistämään vesi- sekä ilmanvaihtoputkia ja tämän vuoksi ratojen korkeus voi vaihdella paljonkin. Ratapiirustuksesta tehdään myös leikkauskuvat (kuva 8), joista saadaan selville ratojen korkeudet sekä alas laskujen mitat.



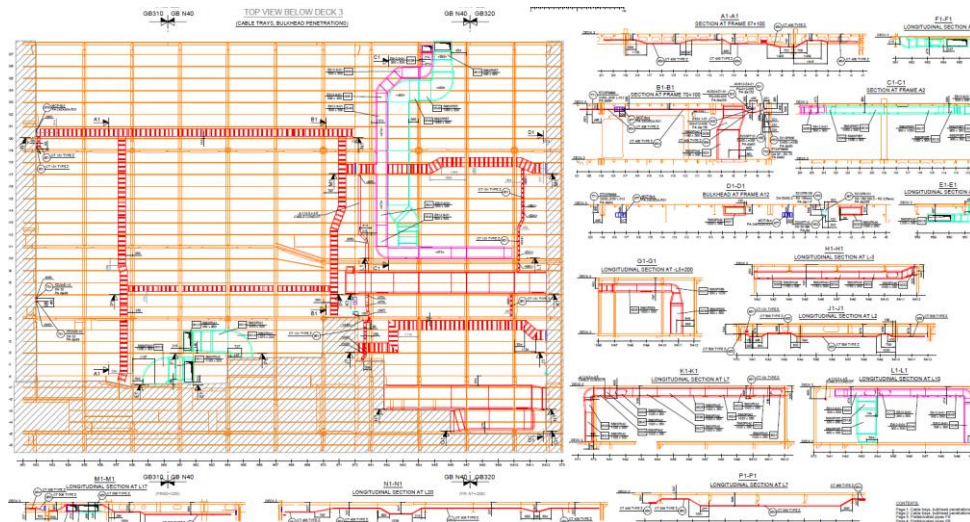
Kuva 8 Leikkauskuva (Kronodoc 2015).

Joistain tiloista tehdään myös 3D-piirros (kuva 9) jolla saadaan selkeä kuva tilasta ja kaapeliratojen paikoista.



Kuva 9 Kaapeliratakuva 3D (Kronodoc 2015).

Sarjaristeilijöissä jotkin tilat ovat samanlaisia risteilijästä toiseen, joten tilakohtaisten kaapeliratojen paikat ovat melkein kokonaan käännettävissä perussuunnittelun pääratakaavioista, eikä niiden paikkoja tai reittejä tarvitse muokata. Useasti tällaisissa tiloissa erillistä ratakuva ei tehdä, vaan radat liitetään LVI-kuvien yhteyteen (kuva 10).



Kuva 10 LVI-piirustus, jossa mukana kaapeliradat (Kronodoc 2015).

Komponenttien sijoittelu tapahtuu osasta riippuen eri henkilöiden toimesta, mutta toimintamalli on sama siitä riippumatta. Komponenttien alustavat paikat ja alueet määrittää VAS:sin tai PES:sin suunnittelijat. Komponentin koko ja järjestelmä vaikuttaa kenen tehtävä sen lisääminen on, mutta käytännön eroa toimintamallissa sillä ei ole. Suunnittelija asettaa komponentin alueelle jossa hän sitä tarvitsee. Samalla hän asettaa osalle attribuutit joissa määritellään sen tarkemmat tiedot, kuten tuleeko laitteelle sähkö.

Kun komponentit on sijoitettu alueelle, tehtävä siirtyy VAS:sin aluesuunnittelijoille. Aluesuunnittelijat tekevät tarkat tilakohtaiset suunnitelmat ja määrittää komponenteille niiden lopulliset paikat. (Salminen, P henkilökohtainen tiedonanto 17.1.2018 ja Salminen, J henkilökohtainen tiedonanto 15.1.2018).

2.2 Asennus

Risteilijän kaapeliradat rakennetaan lohkovarustelu- ja rungonkoontivaiheissa. Lohkovarustelu tapahtuu kun risteilijän runko on vielä maalla erillisissä lohkoissa. Rungonkoonti vaiheessa lohkot nostellaan rakennusaltaaseen, jossa risteilijän runkoa kasataan. Kun kaikki lohkot on nostettu paikalleen ja risteilijä on liitetty yhteen, siirretään risteilijä varustelualtaaseen jotta saadaan tilaa seuraavaa risteilijää varten.

Rakenteilla olevaan Mein Schiff risteilijään on toimitettu kaapelirataa yhteensä noin 51,2 km josta 63,8 % saadaan tehtyä lohkovarusteluvaiheessa. Kaapeliratoja asennetaan 26,4 % rungonkoontivaiheessa. Noin 9,8 % toimitetuista radoista on mahdotonta jäljittää, koska ne on toimitettu yleisille jakelualueille, josta ne ovat voineet kulkeutua kumpaan vain. (Ratamenekki_Toimitusosoitteet 2018 ja Ratamenekki L-1392 2018).

2.2.1 Lohkovarusteluvaihe

Lohkot kasataan väärin päin, eli yläpuolinen kansi maata vasten. Tässä vaiheessa putkien ja kaapeliratojen rakentaminen on huomattavasti kevyempää ja nopeampaa, koska työ tehdään alaspäin ja telineitä ei kaivata. Myös rakennus materiaalit saadaan kuljetettua helposti trukeilla lohkoon ja kaapeliratoja ei tarvitse kantaa kauas. Kun yläpuolisen kannen varusteltu varustelu aika loppuu, lohko käännetään oikeinpäin ja se varustellaan niin pitkälle loppuun kun mahdollista. (Baker, M henkilökohtainen tiedonanto 16.1.2018, Henriksson, J henkilökohtainen tiedonanto 25.1.2018 ja Laakso, J henkilökohtainen tiedonanto 23.1.2018).

Kaapeliratoja rakennetaan aluesuunnittelijoiden ratapiirustusten mukaan lohkoissa pääosin silloin, kun lohko on vielä yläpuolinen kansi maata vasten. Kaikkia kaapeliratoja ei kuitenkaan suunnittelusta huolimatta voida rakentaa lohkovarusteluvaiheessa. Esimerkiksi lohkon sauma, josta lohkot liitetään toisiinsa, vaatii reilusti tilaa jotta liitos saadaan tehtyä. Tällaisessa tilanteessa kaapelirataa ei voida rakentaa, mikäli se on liian lähellä saumaa. Myös useasti kaapeliratojen rakentamista vaikeuttaa putki- ja ilmastointilinjojen tekeminen, sillä kaapeliradat rakennetaan melkein aina viimeisenä. (WST.000.9.003.ENG 2018).

Kun lohko käännetään oikein päin, rakennetaan loput toteutettavissa olevat kaapeliradat. Tässä vaiheessa työ hidastuu noin puoleen. Kun kaapeliratoja joudutaan rakentamaan kattoon, tarvitaan käyttöön telineet ja työ muuttuu asentajalle raskaammaksi, koska hän joutuu työskentelemään ylöspäin. Kaapeliradoista saadaan tällä hetkellä tehtyä lohkovarusteluvaiheessa noin 32,7 km joka on 63,8 % koko risteilijän kaapeliradoista. (Ratamenekki_Toimitusosoitteet 2018 ja Ratamenekki L-1392 2018).

2.2.2 Rungonkoontivaihe

Kun lohkovarustelu aika päättyy, nostetaan lohko rakennusaltaaseen, jossa se liitetään risteilijän muihin valmisteltuihin lohkoihin. Tämän liitoksen valmistuttua jatkuu kaapeliratojen rakentaminen siltä osin mitä ei ehditty tai voitu jo lohossa rakentaa.

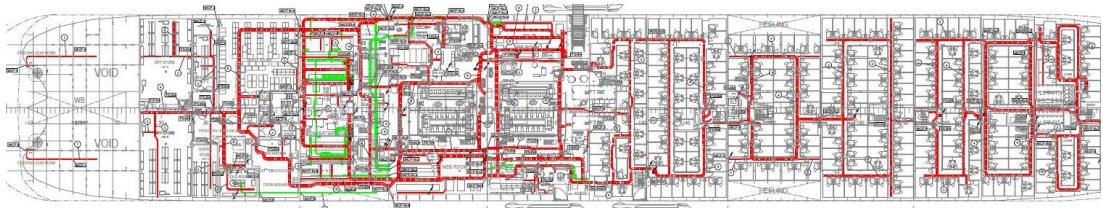
Risteilijään nostettaessa kaikki lohkot ovat jo oikein päin, eli kaikki loput kaapeliradat joudutaan rakentamaan kattoon. Kaapeliratojen asentamisen nopeus rakennusaltaassa riippuu kuinka pitkälle risteilijä on jo ehditty rakentaa. Jos risteilijä on vasta alkuvaiheilla, ei työnkesto muutu lohkovarusteluvaiheen katoon asentamisesta, mutta kun laiva etenee, tulee esteitä ja hidasteita jotka vaikuttaa rakentamiseen.

Risteilijässä rakentamista hidastaa entisestään materiaalien liikuttelu. Materiaalit saadaan nostettua risteilijään rakennusaltaalla yhdestätoista eri kohdasta. Moni tila on tässä vaiheessa täynnä työkaluja sekä asentajia joten kaapeliratojen liikuttaminen kohteeseen voi olla haastavaa ja hidasta. (Baker, M henkilökohtainen tiedonanto 16.1.2018, Henriksson, J henkilökohtainen tiedonanto 25.1.2018 ja Laakso, J henkilökohtainen tiedonanto 23.1.2018).

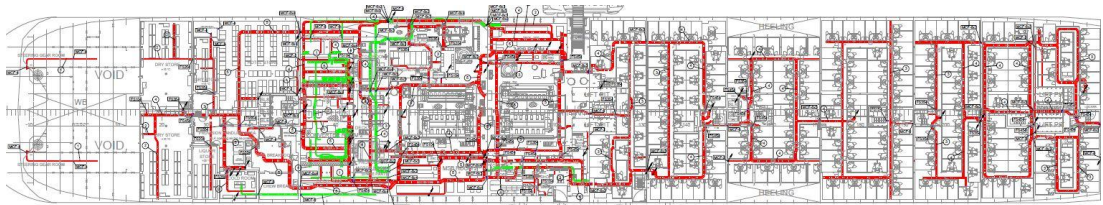
Kun kaikki lohkot ovat hitsattu yhteen, siirretään risteilijä varustelualtaaseen. Tämän jälkeen kyetään vielä lisäämään tarvittavia kaapeliratoja paikalleen, jos niitä ei jostain syystä ole vielä paikalleen voitu asentaa. Varustelualtaalla on enää yhdeksän kohtaa josta nostaa materiaalit risteilijään, joten siirto etäisyyden kasvavat rakennusaltaaseen verrattuna. Koska risteilijällä on tässä vaiheessa paljon rakentajia töissä, on käytävillä ja huoneissa paljon muidenkin materiaaleja. Tämä vaikeuttaa kaapeliratojen kantamista entisestään ja hidastaa työntekoa. Tässä vaiheessa risteilijä useasti on jo niin pitkällä, että ratojen suunniteltu sijainti voi olla todella täynnä ja kannakkeiden asentaminen erittäin haastavaa. Kaapeliratoja rakennetaan rungonkoontivaiheessa vielä noin 13,5 km josta 10,2 % tehdään vasta varustelualtaassa. (Ratamenekki_Toimitusosoitteet 2018 ja Ratamenekki L-1392 2018).

2.3 Hyödyt

Tällä toimintamallilla lohkovarusteluvaiheessa kyetään suunnittelemaan ja rakentamaan 63,8 % kaikista kaapeliradoista Mein Schiff sarjan risteilijään. Koska rakenteilla on sarjaristeilijä, pystytään perussuunnittelussa hyödyntämään vanhojen risteilijöiden pääratakaavioita. Risteilijöiden ollessa joiltain alueiltaan identtisiä, kyetään säästämään huomattavia määriä perussuunnittelijoiden työtunneissa ja vähentämään heidän kuormaansa, koska kaapelirata piirustus voidaan päivittää vanhasta. Tästä esimerkkinä kahden eri Mein Schiff risteilijän pääratakaaviot samasta kerroksesta (kuvat 11 ja 12).

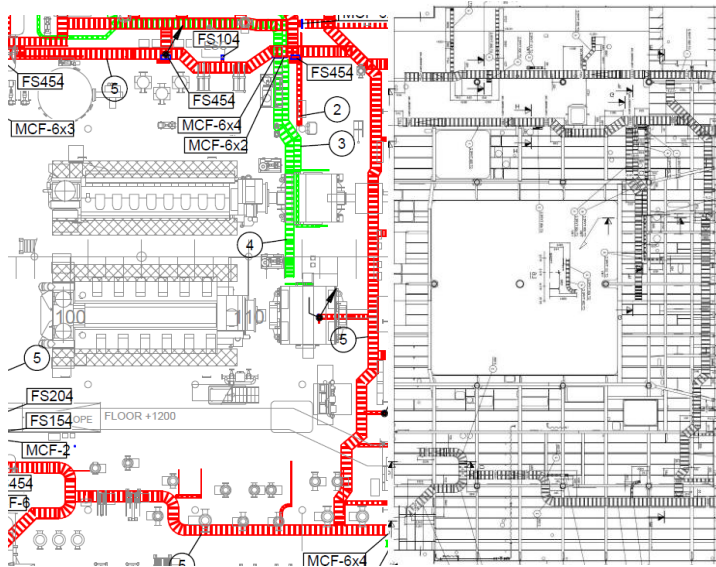


Kuva 11 Aikaisemman risteilijän pääratakaavio (Kronodoc 2015)



Kuva 12 Jälkimmäisen risteilijän pääratakaavio (Kronodoc 2015)

Koska perussuunnittelijoiden ei tarvitse tutkia haluamalleen komponentille tarkkaa paikkaa, saadaan myös helpotettua heidän työtään ja nopeutettua piirustusten valmistumista. Valmistussuunnittelussa pystytään tehokkaasti hyödyntämään PES:sin pääratakaavioita, jolloin moni kaapelirata on jo valmiiksi sijoiteltu lähes oikein. Alapuolella perussuunnittelun pääratakaavio (kuva 13) ja aluesuunnittelun ratakuva (kuva 14).



Kuva 13 (vas.) Pääratakaavio (Kronodoc 2015)

Kuva 14 (oik.) Alueratakaavio (Kronodoc 2015)

VAS:sin aluesuunnittelijoiden ei tarvitse etsiä mitä komponentteja alueelle tulee koska heille on tiedot aseteltu jo piirustukseen. Näin helpotetaan huomattavasti aluesuunnittelijoiden työtä ja nopeutetaan suunnitteluprosessia. Koska aluesuunnittelijat tekevät alueille kaikki tarkemmat sijoittelut, vältetään esimerkiksi kaapeliratojen ja putkilinjojen törmäämiseltä toisiinsa.

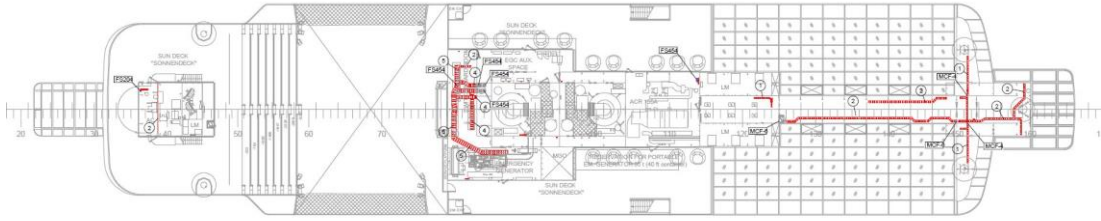
Asentaessa kaapelirataa lohkovarusteluvaiheessa, asentajalle on noin puolet nopeampaa ja huomattavasti kevyempää rakentaa kaapelirataa, kun lohko on vielä yläkansi maata vasten. Tässä vaiheessa rataa ei tarvitse kannatella pään yläpuolella, eikä myöskään telineille ole tarvetta. Koska lohkoa valmistellaan maalla, saadaan kaapeliradat toimitettua trukeilla suoraan työpisteelle asti eikä asentajien tarvitse kantaa ratoja käsin. Kaapeliratapiirustuksista näkee selkeästi kaapeliradan paikan ja korkeusvaihtelut, joten asentajien on helppo katsoa mihin kaapelirata rakennetaan. Nykyinen toimintamalli on erittäin tehokas kun rakennetaan sarjaristeilijän toistuvia yksinkertaisimpia tiloja kuten hyttikäytäviä. Hyttikäytävä alueilla kaapeliradat kyetään rakentamaan piirustusten pohjalta lähes 100 % teholla jo lohkovarusteluvaiheessa, pois lukien lohkosaumojen läheisyydessä kulkevat radat. (Baker, M henkilökohtainen tiedonanto 16.1.2018, Henriksson, J henkilökohtainen tiedonanto 25.1.2018 ja Laakso, J henkilökohtainen tiedonanto 23.1.2018)

3 TOIMINTAMALLIN KÄYTÄNNÖN ONGELMAT

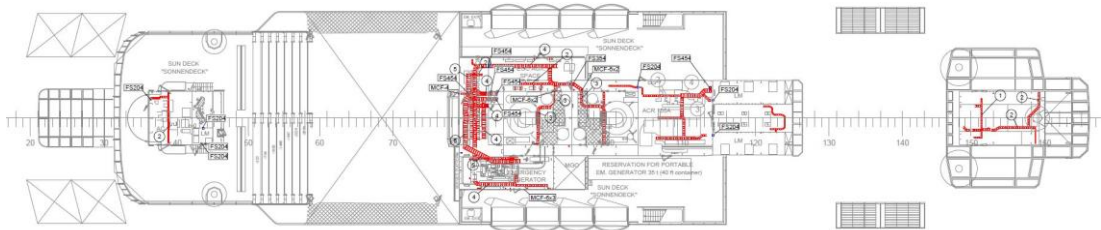
3.1 Suunnittelu

Vaikka käytössä on kolmivaiheinen tarkastustapa ennen kuvien jakeluun asettamista, päätyy jakeluun vajaita ja virheellisiä piirustuksia liian usein. Tutkimuksessa selvisi, että piirustuksiin on merkattu suunnittelija, tarkastaja ja hyväksyjä, mutta todellisuudessa piirustuksen on saattanut asettaa jakeluun suoraan itse piirustuksen suunnittelija. Toisinaan tarkastaja tai hyväksyjä merkkää piirustukset tarkastetuksi edes katso-matta sitä. Joissain piirustuksissa myös ilmenee tarkastajana ja hyväksyjänä henki-löiden nimiä jotka eivät edes tiedä, että heidän nimensä ovat piirustuksessa merkat-tuna tai he eivät edes ole enää töissä yrityksessä. Näissä tilanteissa tarkastus järjes-telmä on käytännössä kokonaan ohitettu ja sen merkitys on täysin mitätön. (Krono-doc 2015)

Koska sarjaristeilijöissä on kyetty jo pidemmän aikaa käyttämään edeltävien risteili-jöiden pääratakaavioita, on alkanut ilmestymään tarkkuus virheitä. Koska Mein Schiff risteilijät ovat suurelta osin toisiaan muistuttavia, lähetetään uuteen risteilijään edeltävän risteilijän viimeisin versio. Ongelma muodostuu jos risteilijän pohjapiirus-tus muuttuu, eikä sitä ole tarkastettu. Tällaisessa tilanteessa risteilijään julkaistaan pääratakaavio josta ei ole mitään hyötyä, koska se ei täsmää rakenteilla olevaan ris-teilijään. Vastaava tilanne on tapahtunut jo valmistuneessa Main Schiff risteilijässä. Tähän risteilijään julkaistut piirustukset (kuvat 15 ja 16) olivat täysin erilaisella poh-japiirustuksella.

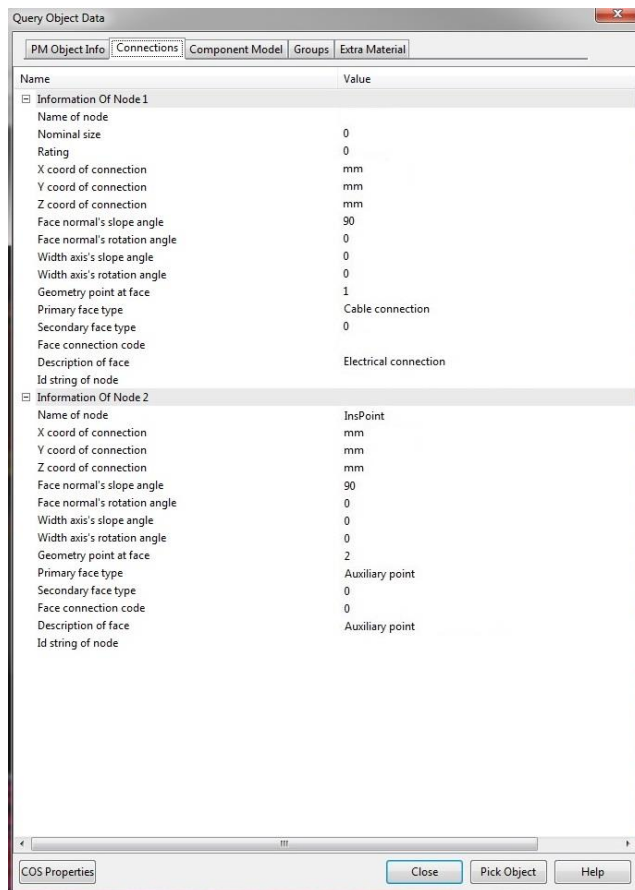


Kuva 15 Pääratakaavio versio A, joka on vastaava kuin edeltävän risteilijän versio B (Kronodoc 2015)



Kuva 16 Pääratakaavio versio B, jossa pohjapiirustus on vaihtunut täysin (Kronodoc 2015)

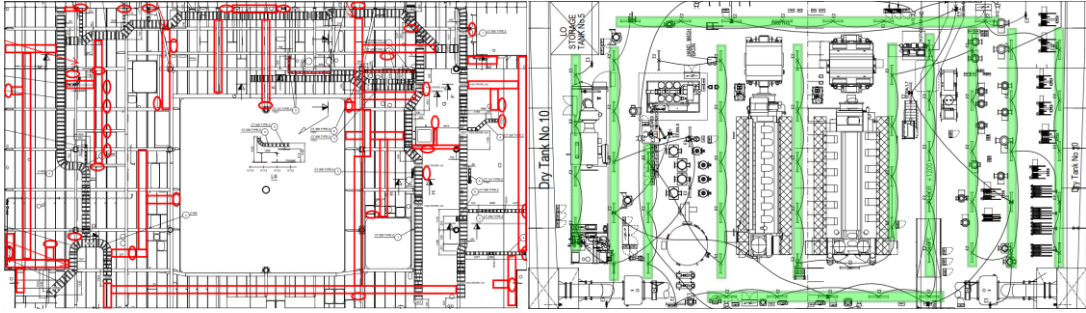
Kun perussuunnittelussa sijoitellaan komponentteja alueelle, merkitään siihen usein liian vähän tietoa jotta aluesuunnittelijat pystyisivät piirtämään kaikki tarvittavat kaapeliradat. Komponentin attribuutteihin (kuva 17) merkitään vain, että tarvitseeko se sähköä vai ei. Tämä ei kuitenkaan riitä sillä tiedossa ei määritellä kaapelien määrää tai kokoa, joten suunnittelijat eivät tiedä tuleeko laitteelle kaapelirata vai suoja-putki. (Juhajoki, M henkilökohtainen tiedonanto 19.1.2018).



Kuva 17 Määritellyt atribuutit (Cadmatic 2017)

Koska aluesuunnittelussa ei tiedetä mitkä komponentit tarvitsevat kaapeliradat, he joutuvat usein tyytymään vain pääkaapeliratoihin ja yksittäisiin pistoihin, joista heillä on riittävät tiedot. Tiedon puutteen vuoksi, melkein kaikki laitteille tulevat radat puuttuvat ja tämä aiheuttaa joissain tiloissa sen, että lähes puolet kaapeliradoista puuttuu (kuva 18). Konehuoneet ovat usein tällaisia tiloja. (Q.TKU.C.S.916G. ENG 2018)

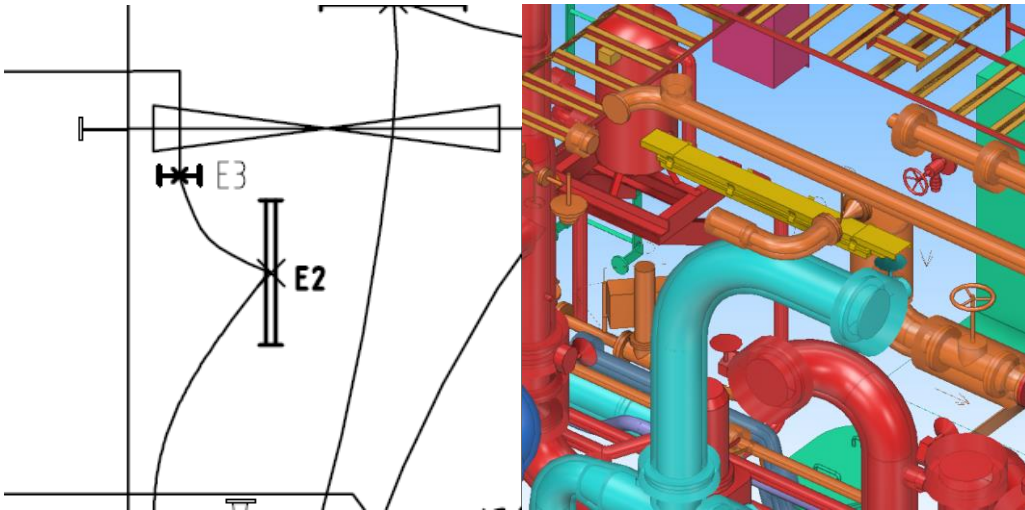
Jotkut komponentti, kuten valaisimien suunnittelut tehdään AutoCad ohjelmalla vaikka aluesuunnittelijat katsovat tietonsa Cadmatic ohjelmasta, tästä aiheutuu lisää tiedonkulku ongelmia. Kaikki komponentit eivät tarvitse kaapelirataa mutta esimerkiksi konehuoneiden valaistukset (kuva 19) kiinnitetään pääosin niihin. (Salminen, J henkilökohtainen tiedonanto 15.1.2018).



Kuva 18 (vas.) Puuttuvat kaapeliradat (Kronodoc 2015)

Kuva (oik.) 19 Valaistuspiirustus johon merkattu tarvittavat kaapeliradat (Kronodoc 2015)

Koska valaisinpiirustukset ovat tehty eri ohjelmassa, ei niille osata suunnitella kaapeliratoja, vaikka linjat ovat selkeät ja helposti toteutettavissa. Usein myös eri ohjelmissa tehdyt piirustukset eivät täsmää toisiensa kanssa ja osa komponenteista sijoituu sen vuoksi päällekkäin. Seuraavissa kuvissa (kuva 20 ja 21) ilmenee selkeästi miten AutoCad:sta siirretyssä tiedossa valaisin on asetettu päällekkäin putken kanssa.



Kuva 20 (vas.) AutoCad valaistuspiirustus (Kronodoc 2015)

Kuva 21 (oik.) Valaisimen ja putken törmäys (Cadmatic 2017)

3.2 Asennus

Kun kaapeliradoista pystytään rakentamaan 63,8 % jo lohkossa, painottuu siitä suurin osa yleisille alueille. Vaikka hyttikäytävillä päästään lähes 100 % valmiuteen lohkossa, jäädyään esimerkiksi konehuoneissa paikoittain alle 50 %. Lohkovarusteluvaiheessa rakennetaan vain ne kaapeliradat joille on määritelty piirustuksissa tarkat paikat. Koska suuri osa kaapeliradoista ei ole suunniteltu, jää nämä kaikki rakennettavaksi vasta rungonkoontivaiheeseen. Näitä kaapeliratoja ei yleensä piirretä mihinkään, vaan asentajat tietävät kun komponentti asennetaan paikalleen, että tuleeko sille kaapelirata vai ei. Tällä tavalla kun toimitaan, jää ratakaaviot vajaiksi ja tieto asennetusta radasta ei tallennu mihinkään. (Ratamenekki_Toimitusosoitteet 2018, Ratamenekki L-1392 2018 ja Kronodoc 2015).

Tulevissa risteilijöissä ollaan siirtymässä toimintamalliin jossa Floating Engine Room Unit - FERU valmistettaisiin Saksassa, josta se toimitetaan Turun telakalle. Tämä tulee olemaan suuri haaste tämän hetkiselä kuvien tarkkuuksilla. Mikäli osa laivasta tilataan muualta, täytyy suunnitelmien ja piirustusten olla huomattavasti yksityiskohtaisempia, koska heillä olevat rakentajat eivät osaa ulkoa meidän tarpeitamme. Ulkopuolelta tilattuna FERU:n ei myöskään rakenneta mitään, mitä ei ole piirustuksiin merkattu ja tilauksessa mainittu. Kun myös Turun telakan työtahti kiristyy jatkuvasti, tulee sama ongelma vastaan omien rakentajien kanssa. Työmäärän kasvaessa, joudutaan myös rakentajien määrää kasvattamaan. Tästä aiheutuu asentajien vaihtuvuutta työpisteillä, eikä voida enää luottaa vanhojen asentajien tietoon. (Salminen, J henkilökohtainen tiedonanto 15.1.2018 Tuokko, M henkilökohtainen tiedonanto 15.1.2018).

Koska kaapeliratoja hitsataan paikalleen vielä myöhäisessä vaiheessa laivaa, vaikuttaa se myös muiden rakentajien työhön. Kun hitsaustöitä tehdään myöhäisessä vaiheessa, on useassa kohteessa jo edetty töissä niin pitkälle, että saattaa osa pinnoista olla jo maalattu tai putkia eristetty. Kun näiden läheisyydessä joudutaan hitsaamaan, täytyy pinnat suojata hyvin, ja silti materiaalien vioittumiselle on olemassa riski. Mitä myöhäisempään vaiheeseen hitsaus siirtyy, sitä enemmän esteitä työlle tulee. Myös palokuorma kasvaa kokoajan työmaan edetessä, jolloin tulityöstä aiheutuu myös työturvallisuuteen vaikuttava suurempi riskin. (Q.TKU.C.Z.101.ENG 2018)

4 TOIMINTAMALLIN KEHITYS

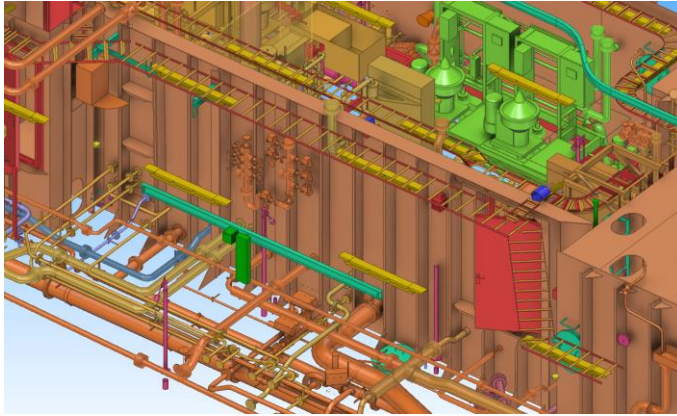
Suurin kehitys kohta tällä hetkellä on tiedon kulku suunnitteluportaassa. Koska alue-suunnitteluun ei saada riittävästi tietoa kaapeliratoihin liittyen, jää piirustukset ja lohkovarusteluvaiheessa rakennettavat kaapeliradat keskeneräisiksi. Kaapeliratapii-rustusten yksityiskohtaisuus ja tarkkuus on asia johon on hyvä tulevaisuudessa pa-nostaa enemmän.

4.1 Suunnittelun kehittäminen

Suunnittelun tiedonkulkua saadaan tehostettua muutamilla toimintaa selkeyttävillä toimenpiteillä. Telakalla on jo käytössä selkeät toimintatavat, joilla tiedonkulkua to-teutetaan ja näitä laajentamalla kyetään huomattavasti parempaan tulokseen.

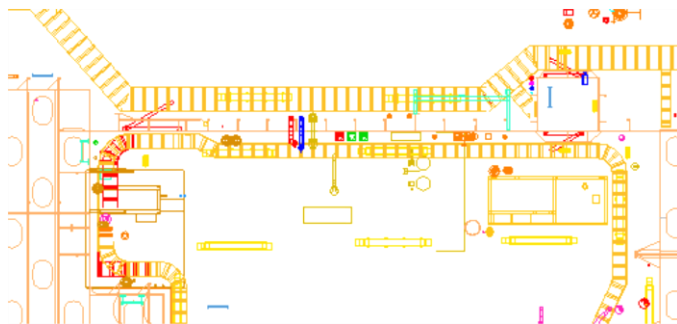
4.1.1 Cadmatic laajempi käyttö

Koska suunnittelua tehdään tällä hetkellä usealla eri ohjelmalla, eivät kaikki tarvitta-vat tiedot kulkeudu niitä tarvitseville henkilöille. Jos Cadmatic ohjelman käyttö saa-taisiin laajennettua kaikkiin suunnitteluportaisiin, pystyttäisiin välttymään siltä että aluesuunnittelijat etsivät tietoja monesta eri piirustuksesta. Tällä hetkellä osa suunnit-telijoista käyttää ohjelmaa AutoCad, vaikka Cadmatic tarjoaa kaikki samat ominai-suudet, joita suunnittelija tarvitsee (kuva 22). Komponentit, kuten valaisimet ovat usein sijoitettu paikkaan, jossa se ei fyysisesti voi olla, koska AutoCad ohjelmassa ei näy kaikkia tietoja, jota osa suunnittelijoista on asettanut Cadmatic:iin.



Kuva 22 Esimerkki kuva valaisinten piirtämisestä Cadmatic:illa (Cadmatic 2017)

Cadmatic:in avulla saataisiin kaikki komponentin mallinnettua yhteen isoon 3D-malliin, josta kaikkien on helppo rajata tarvitsemansa alue ja siellä sijaitsevat komponentit. Jos kaikki komponentit sijoitettaisiin samaan malliin, pystyisi esimerkiksi valaistussuunnittelija katsomaan paikan valaisimelleen tarkemmin, eikä vastaavia päällekkäisyyksiä tapahtuisi, mihin AutoCad:in ja Cadmatic:in sekakäytössä törmätään jatkuvasti. Tämän avulla myös havaittaisiin jo piirustusvaiheessa mahdolliset päällekkäisyydet, ja ne kyettäisiin muokkaamaan sekä korjaamaan ennen asennusvaihetta. Cadmatic ohjelmalla kyetään tekemään yksi iso kokonaiskuva risteilijästä 3D mallina josta on helppo ottaa ulos kuvia myös 2D versioina (kuva 23).

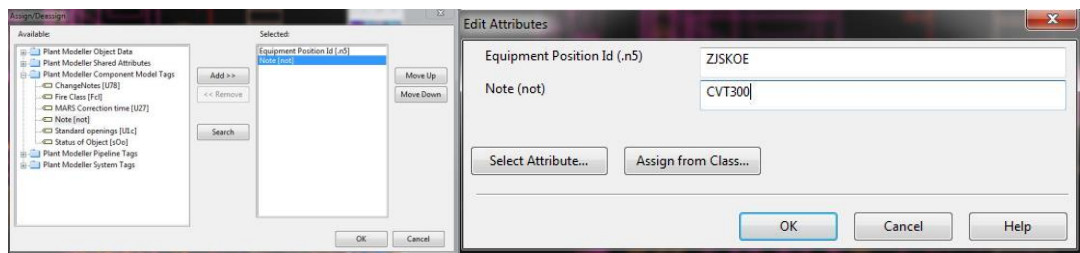


Kuva 23 Cadmatic:ista otettu 2D valaistuskuva (Cadmatic 2017)

Cadmatic on hyvin vastaava toimintatavaltaan kuin AutoCad, eikä sen takia käyttämisen opettelu ole kovin haasteellista. Telakka järjestää yhdessä Elomatic:in kanssa koulutuksia joita toimihenkilöiden on mahdollista käydä, mikäli kokee tarvitsevansa avustusta ohjelman käytön opettelussa

4.1.2 Attribuuttien lisääminen

Komponentteihin lisätään attribuutteja, eli määritteitä joista selviää komponentin tekniset tiedot. Usein komponenteissa lukee vain että tulee sille sähkö vai ei. Tätä tietoa on helppo tarkentaa lisäämällä attribuutteja. Cadmatic:issa on listattu valmiiksi vaihtoehdot mitä attribuutteja voi lisätä. Näillä pystyy kertomaan komponentin kytkennät ja niiden määrät, mutta näillä tiedoilla aluesuunnittelija ei osaa määrittämään tarvitseeko sille tuoda kaapelirata vai ei. Attribuutteihin on mahdollista lisätä vapaa viestikenttä ”Note” (kuva 23 ja 24), johon voidaan merkata mitä vain, kuten tarvittava kaapelirata tyyppi.

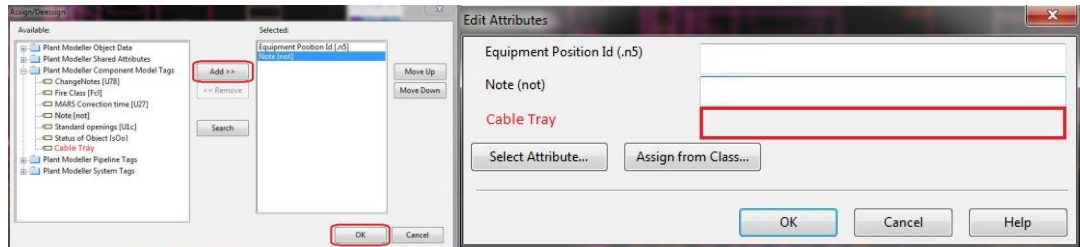


Kuva 23 (vas.) Attribuutin ”Note” lisäys (Cadmatic 2017)

Kuva 24 (oik.) ”Note” kentän täyttö (Cadmatic 2017)

”Note” kenttä ei ole kuitenkaan tarkoitettu siihen että sillä lisätään aina sama tieto komponenttiin, vaan että siinä kerrotaan komponenttiin yksilöllisiä, tapauskohtaisempia tietoja.

Attribuutilistaan on mahdollista luoda uusia vaihtoehtoja ja kaapeliradoille kohdan luominen selkeyttäisi merkintää, sekä auttaisi huomattavasti tiedon kulussa. Lisäämällä attribuutti ”Cable tray” (kuvat 25 ja 26) tulisi merkinnästä selkeä ja yksiselitteinen.



Kuva 25 (vas.) Attribuutin ”Cable tray” lisääminen (Cadmatic 2017)

Kuva 26 (oik.) ”Cable tray” kentän täyttö (Cadmatic 2017)

Tähän kohtaan olisi helppo merkitä tarvittavan kaapeliradan leveys (kuva 27). Tällainen merkintä olisi hyvin yksiselitteinen, eikä aluesuunnittelijan tarvitse tietää kuinka monta tai minkä kokoisia kaapeleita komponentille tulee.



Kuva 27 Määritellyt attribuutit, johon lisätty kohta “Cable tray” (Cadmatic 2017)

Tarvittaessa samalla tavalla kyetään merkitsemään mahdollinen ratatyyppe. Tämä pieni lisämerkintä ei kasvata suunnittelijan työkuormaa ja sen avulla saadaan selkeästi ilmaistua tarve kaapeliradalle.

4.1.3 Huolellisempi työn jälki ja suunnittelunpiirustuksien tarkastus

Telakalla on lukuisia päteviä suunnittelijoita, mutta sarjaristeilijöitä tehdessä ollaan kiireen vuoksi ajautunut tilanteeseen, että kuvia tehdessä oikaistaan ja linkitetään edellisen risteilijän viimeisin piirustus uuteen risteilijään, ensimmäisenä versiona. Tästä muodostuu ajoittain suuriakin virheitä piirustuksiin, kuten esimerkki kuvissa 15 ja 16. Jotta vastaavilta virheiltiltä vältyttäisiin, on kuvien linkittämisestä päästävää eroon ja piirustuksia julkaistaessa vähimmillään tarkastettava risteilijän pohjapiirustus ja päivittää suunnittelijan, tarkastajan ja hyväksyjän nimet. Tällä pienellä vaivannäöllä saataisiin minimoitua suurimmat virheet, jotka siirtyy risteilijästä seuraavaan, eikä väärin henkilöiden nimet jää kiertämään piirustuksiin.

4.2 Rakentamisen kehittäminen

Kaapeliratojen rakentamista saadaan toteutettua mahdollisimman tehokkaasti, kun sitä rakennetaan lohkovarusteluvaiheessa. Lohkovarusteluvaiheen kaapeliratojen rakentamisen määrä, riippuu suurelta osin kaapelirata piirustusten tarkkuudesta ja milloin nämä on asentajille toimitettu. Näitä parantamalla vaikutetaan myös kaapeliratojen rakentamiseen ja pystytään tehostamaan toimintaa.

4.2.1 Asentamisen aikaisempi mahdollistaminen

Mitä tarkemmaksi ja kattavammiksi saamme piirustukset aikaisemmassa vaiheessa, sitä enemmän on rakentajilla mahdollista asentaa kaapeliratoja lohkovarusteluvaiheessa. Lohkovarusteluvaiheessa, kun lohko on vielä väärinpäin, on asentaminen noin puolet nopeampaa ja työt saadaan toteutettua huomattavasti tehokkaammin.

Kun rakennetaan kaapelirataa lohkovarusteluvaiheessa lohkon ollessa väärinpäin, kuluu 92 metrin radan rakentamiseen aikaa 12 - 24 tuntia, riippuen kuinka paljon radassa on mutkia sekä korkeusvaihteluita. Kun asennustapa vaihtuu kattoon asennettavaksi, kertaantuu työaika noin kahdella ja kestää saman matkan rakentamiseen 24 - 48 tuntia. Rungonkoontivaiheessa rakennetaan kaapelirataa vähintään 13487 metriä, josta suuri osa on konealueelle tulevia ratoja. (Baker, M henkilökohtainen tiedonanto 16.1.2018, Henriksson, J henkilökohtainen tiedonanto 25.1.2018 ja Laakso, J henkilökohtainen tiedonanto 23.1.2018).

Mikäli tästä kaapeliratamäärästä saataisiin tehtyä edes 10 % enemmän lohkoissa, puhuttaisiin jo satojen työtuntien säästöistä. 10 % rungonkoontivaiheessa tehtävistä radoista on 1348,7 metriä. Jos lasketaan molemmilla asentamiseen kuluvilla ääriarvoilla, kuinka paljon enemmän aikaa kuluu rungonkoontivaiheessa 92 metrin asentamiseen, kuin lohkovarusteluvaiheessa voidaan todeta, että työtunteja pystyttäisiin säästämään noin 176 – 352 tuntia (Kaava 1), riippuen kuinka paljon radassa on mutkia ja korkeus vaihteluita. Jos otetaan laskennalliseksi arvoksi, että asentaja maksaa 40 €/h säästetään jo pelkästään tällä 7040 – 14080 € (Kaava 2). (Tuokko, M henkilökohtainen tiedonanto 15.1.2018 ja Laakso, J henkilökohtainen tiedonanto 23.1.2018).

$$1348,7 \text{ m} \div 92 \text{ m} \times 12 \text{ h} = 175,917 \text{ h}$$

$$1348,7 \text{ m} \div 92 \text{ m} \times 24 \text{ h} = 351,835 \text{ h}$$

Kaava 1 Laskettu työtunti säästö

$$175,917 \text{ h} \times 40 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 7036,68 \text{ €}$$

$$351,835 \text{ h} \times 40 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 14073,4 \text{ €}$$

Kaava 2 Laskettu rahallinen säästö

Joissain kohteissa kaapelirata on mahdotonta asentaa tässä vaiheessa, koska putket tai vastaavat estävät sen, mutta vastaavasti usein tämän jälkeen putket vaikeuttavat huomattavasti kannakkeiden asentamista. Mikäli piirustusten tarkkuus saadaan riittävän korkealle, voitaisiin paikoittain asentaa kannakkeet paikoilleen ennen putkia, odottamaan, että kaapeliradat kyetään laittamaan paikoilleen. Myös lohkosauaman läheisyydessä olevien kaapeliratojen kannakkeet voitaisiin asentaa jo lohkovarustelussa vaikka kaapelirataa itsessään ei kyetä asentamaan. Mikäli kannakkeet saataisiin hitsattua paikalleen jo lohkovarusteluvaiheessa, jäisi myöhempään vaiheeseen vain kaapeliratojen kiinnittäminen muttereilla ja pulteilla. Tällä tavalla ei tarvitsisi enää hitsata kaapeliratoja myöhemmässä vaiheessa ja saataisiin vähennettyä tulityöstä muodostuvaa riskiä työmaalla. (Q.TKU.C.Z.101.ENG 2018).

5 YHTEENVETO

Nykyisessä toimintamallissa on selkeästi hyviä ja huonoja puolia. Pääasiassa ongelmat sijoittuvat suunnittelun puolelle, mutta suuremmin nämä kuitenkin vaikuttavan asennuksen työkuormaan. Parantamalla suunnittelun tarkkuutta, kyetään pienentämään asennukseen kulutettavia työmääriä huomattavasti, jolla saadaan aikaiseksi kustannussäästöjä sekä parannettua kilpailukykyä.

Näillä muutamalla työssä mainitulla toimintatapa muutoksella kyetään nostamaan suunnittelun tarkkuutta huomattavasti, ilman että suunnittelijoiden työkuormaa juuri-kaan kasvatetaan. Samalla yhdenmukaistetaan eri suunnitteluportaiden piirustustapoja ja selkeytetään tiedonkulkua.

Mahdollistamalla suuremman kaapelirata määrän asentaminen lohkovarusteluvaiheessa, saadaan työtehokkuutta nostettua reilusti. Mitä enemmän rataa tai kannakkeita voidaan jo lohkovarustelussa asentamaan, näkyy se niihin kuluviissa työtunneissa jo pienissä määrissä kaapelirataa. Koska kilpailu teollisuudessa on suuri, kyetään tehokkaammalla rakentamisella vaikuttamaan kustannustehokkuuteen, ja tätä kautta kilpailukykyisempään hinnoitteluun.

Tällä muutoksella kyetään myös vaikuttamaan työmaan työturvallisuuteen. Hitsaamisen, kuten kaikkien muidenkin tulitöiden riski kasvaa, kun siirrytään lohkoista varustelu altaaseen, koska palokuorma ja vahingon suuruus on suurempi kasatussa ristiteijässä. Lisäämällä kaapeliratojen asentamista lohkovarusteluvaiheessa, vähennetään siihen tarvittavia hitsaus töitä rungonkoontivaiheessa.

LÄHTEET

Baker, M. 2018. Project Manager, Team Electric Oy Ab. Ingå. Henkilökohtainen tiedonanto 16.1.2018.

Cadmatic 2017. Viitattu: 16.1.2018. Turku: Cadmatic software solutions

Henriksson, J. 2018. Project Manager, Laivasähkötyö Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 25.1.2018.

Juhajoki, M. 2018. Electrical Designer, Meyer Turku Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 19.1.2018.

Kronodoc 2015. Viitattu: 16.1.2018. Espoo: BlueCielo

Laakso, J. 2018. Foreman, Laivasähkötyö Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 23.1.2018.

Meyer Turku Oy:n www-sivut. Viitattu: 8.1.2018. www.meyerturku.fi

Peni, M. 2018. Electrical Designer, Meyer Turku Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 19.1.2018.

Pulkkinen, A. 2018. Project coordinator, Meyer Turku Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 15.1.2018.

Q.TKU.C.S.916G.ENG Viitattu: 20.1.2018 Turku: Meyer Turku Oy. Sisäinen dokumentti.

Q.TKU.C.Z.101.ENG Viitattu: 3.2.2018 Turku: Meyer Turku Oy. Sisäinen dokumentti.

Ratamenekki L-1392. Viitattu: 25.1.2018. Turku: Rexel Finland Oy. Sisäinen dokumentti.

Ratamenekki_Toimitusosoitteet. Viitattu: 26.1.2018. Turku: Meyer Turku Oy. Sisäinen dokumentti.

Salminen, J. 2018. Foreman, Meyer Turku Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 15.1.2018.

Salminen, P. 2018. Head of Department Machinery Detail Design, Meyer Turku Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 17.1.2018.

Tuokko, M. 2018. Head of Department Electrical Outfitting, Meyer Turku Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 15.1.2018.

Westermarck, K. 2018. District Manager, Rexel Finland Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 15.1.2018.

WST.000.9.003.ENG Viitattu: 18.1.2018. Turku: Meyer Turku Oy. Sisäinen dokumentti.