

Jonny Lehtilä

SÄHKÖKUILUJEN UUSI RAKENNUSTAPA

Sähkö- ja Automaatiotekniikan koulutusohjelma
2018

SÄHKÖKUILUJEN UUSI RAKENNUSTAPA

Lehtilä, Jonny
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2018
Sivumäärä: 31
Liitteitä: 1

Asiasanat: laivanrakennus, rakennustapa, sähkökuilu, virtakiskostot

Laivanrakennusala kehittyä jatkuvasti ja tavoitteena on tuottaa enemmän laivoja lyhyemmässä ajassa. Meyer Turun päätavoitteita ovat kustannustehokas rakentaminen ja lyhyempi läpimenoaika laivoille. Laivanrakennuksessa yksi keino tavoitteiden saavuttamiseen on rakennustapojen kehittäminen kohti nykyaikaista laivanrakennusta. Rakennus- ja työtapoja kehittämällä työstä saadaan nopeaa ja kustannustehokasta.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia miten voimme kehittää sähkönjakelun pohjana toimivien sähkökuilujen rakennustapaa. Edellisissä laivoissa kuilujen muoto ja komponentit ovat vaihdelleet. Tarkoitus on kehittää kuilujen rakennetta ja rakennustapaa, jotta ne muistuttaisivat mahdollisimman paljon toisiaan. Sähkökuilun standardoituja mittoja on tarkoitus käyttää useammassa laivassa.

Uuden rakennustavan tavoite oli läpimenoajan lyhentäminen ja taloudellisten säästöjen aikaansaaminen. Nämä tavoitteet saavutetaan, kun sähkökuilujen mitat saadaan standardoituja ja sähkökuilut voidaan rakentaa yhdestä piirustuksesta. Kun sähkökuilut voidaan rakentaa yhden piirustuksen mukaan, säästämme suunnitteluajassa.

NEW CONSTRUCTION METHOD OF ELECTRICAL TRUNKS

Lehtilä, Jonny

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Program in Electrical and Automation Engineering

November 2018

Number of pages: 31

Appendices: 1

Keywords: shipbuilding, construction method, electrical trunk, busbar

The field of shipbuilding is developing all the time and the goal is to produce more ships in shorter time. The main goals of Meyer Turku are cost-effective building and shorter building time. One way to achieve these goals is to develop new construction methods. With new construction methods the building time will be faster and cost-effective.

The purpose of this thesis was to study how to develop construction method for electrical trunks. Measurements and components of the electrical trunks have changing between previous ships. The plan was to standardize the structure of the electrical trunk so that the model of the electrical trunk could be used in several ships. With standardized model of the electrical trunk we can reduce workload in design and field.

The main goal of the new construction method was to achieve shorter building time and to gain financial saves. To achieve these goals we have to standardize the measurements of the electrical trunks. When we have standardized the structure and the measurements of the electrical trunks we can build these trunks with one drawing. Building electrical trunks with one drawing we will save time in design time.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	MEYER.....	6
2.1	Meyer Turku Oy.....	6
2.2	Meyerin telakat ja tytäryhtiöt.....	7
3	LAIVANRAKENNUS.....	9
3.1	Laivanrakennusprosessi.....	10
3.2	Lait, määräykset ja standardit.....	12
3.3	Palo-osastointi.....	14
4	SÄHKÖKUILUT.....	16
4.1	Virtakiskostot.....	17
4.2	Kaapeliradat.....	19
4.3	Valaisimet, anturit ja eristeet.....	20
4.4	Nykyinen rakennustapa.....	21
5	UUSI RAKENNUSTAPA.....	24
5.1	Suunnittelu.....	24
5.2	Asennus.....	26
5.3	Riskit.....	28
6	YHTEENVETO.....	29
	LÄHTEET.....	30
	LIITTE	

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Meyer Turku Oy:n kanssa ja tarkoituksena on kehittää varustelun rakennustapaa kohti nopeampaa rakentamista. Tarkoituksena on viedä rakennustapaa kohti nykyaikaisempaa laivanrakennusta ja kehittää toimintamenetelmiä uusilla tavoilla. Opinnäytetyön tavoitteena on toteuttaa sähkökuilujen rakennustapa toimivaksi kokonaisuudeksi yhdessä eri osastojen kanssa tiiviissä yhteistyössä.

Rakennustavan muutoksen tarkoitus on kehittää asennustekniikkaa, siten että rakennusprosessista saataisiin tehokasta ja nopeampaa. Tehokkuus on yksi avainasia telakan tulevaisuudessa, kun laivanrakennustahti kiristyy kahteen laivaan vuodessa yhden sijaan. Moni telakka eripuolilla maailmaa tuottaa kaksi laivaa vuodessa ja Meyer Turun tulee tähdätä samaan säilyttääksemme kilpailukykyämme.

Opinnäytetyössä esitellään, miten sähkökuilujen rakennustavan muutoksia aloitettiin ja tarvittavat muutokset selvitettiin ja ratkaistiin. Tarkoituksena oli luoda valmiudet nopeaan rakentamiseen säästääksemme kustannuksissa. Sähkökuilujen rakenteelliset muutokset helpottavat niin suunnittelua kuin asentajakin.

Tarkoitus on myös siirtää sähkökuilujen rakentamisen aloitusajankohtaa aikaisemmaksi saadaksemme aikaisempi valmiuksia muille töille esimerkiksi kaapelinvedolle. Tarkoitus on myös siirtää sähkökuilun eri rakennusvaiheita laivan runkovaiheesta aikaisempiin lohkorakennusvaiheisiin. Rakentamisen ajankohdan siirtämisestä eri lohkovaiheisiin saamme aikaiseksi myös taloudellisia säästöjä. Arvioituna työ on noin 3-5 kertaa kalliimpaa laivan rungossa. (SPAR USA PER-GD-005 Planning New Construction and Major Ship Conversions, 63.)

Sähkökuilun aikaisempi valmistuminen on edellytys monelle muulle laivassa tehtävälle työlle. Esimerkkinä mainitaan kaapelinveto, jossa kaapeleita ei voida vetää laivaan ennen kuin kaapeliradat ovat valmiita. Suurin osa kaapeleista kulkee sähkökuilun läpi, milloin sähkökuilun ratavalmius on oltava hyvä mahdollisimman aikaisin.

2 MEYER

2.1 Meyer Turku Oy

Meyer Turku on Turun Pernossa sijaitseva yksi Euroopan johtavimmista telakoista, joka rakentaa luksus-matkustajaristeilijöitä ja autolauttoja. Turun telakan omistaa saksalainen laivanrakennusperhe Meyer ja Turussa toimitusjohtajana toimii Jan Meyer. Turun telakalla työskentelee noin 2 000 henkilöä. (Meyer Turku www-sivut 2018.)

Turun telakka on perustettu aikoinaan Aurajokeen Turun keskustan kupeeseen vuonna 1737, kun sen aikainen Ruotsin kuningas antoi suomalaisille Esaias Wechterille ja Henric Rungeenille luvan rakentaa laivoja Turussa. Turun telakka toimi Aurajoessa vuosina 1737–1975, joiden jälkeen telakka siirtyi Wärtsilän omistuksessa Pernon rantaan kasvavan kaupungin alta pois. (Meyer Turku www-sivut 2018.)

Turun telakalla on vuosien aikana ollut monia nimiä, kuten uusimmat Meyer Turku ja STX Finland. Uusin omistajan vaihdos tapahtui vuonna 2014, kun Meyerin perhe osti Turun telakan ja toimitusjohtajaksi nimettiin Jan Meyer. Meyer Turku Oy osti telakan lopulta kokonaan Suomen valtiolta toukokuussa 2015. (Turun Sanomat 2015.)

Turun telakka sijaitsee tarkalleen Raison ja Turun rajalla Raisonlahdessa. Telakalta on hyvät yhteydet Itämerelle ja sitä kautta ympäri maailmaa. Telakan pinta-ala on yhteensä 144 hehtaaria, josta 14,5 hehtaaria on rakennettua aluetta. Telakan alueella on myös 80 metriä leveä ja 365 metriä pitkä kuivatelakka, joka määrittelee rakennettavien laivojen maksimi mitat. Telakalla sijaitsee myös kaksi suurta nosturia, joiden nostokapasiteetit ovat 600 ja 1 200 tonnia. Uusi Goliath-nosturi, jonka nostokapasiteetti on 1 200 tonnia, oli valmistuessaan pohjoismaiden suurin. (Meyer Turku www-sivut 2018.)

Meyer on tähän mennessä kertonut investoivansa telakkaan, jopa 200 miljoonaa euroa (Turun Sanomat 2018). Suurin näkyvä investointi on uusi Goliath-nosturi, mutta

telakka on investoinut niin Piikkiön hyttitehtaaseen kuin terästuotannon esivalmisteluun. Investoinnit kohdistuvat myös telakalla oleviin rakennuksiin, niiden kunnostusten osalta.

2.2 Meyerin telakat ja tytäryhtiöt

Meyer Werft on Saksan Papenburgissa toimiva telakka, jonka omistaa Meyerin laivanrakentajasuku. Meyer Werft toimii Turun telakan emoyhtiönä ja telakat toimivat tiiviissä yhteistyössä rakennettavien laivojen osalta. Meyer Werft perustettiin vuonna 1795 Saksaan Emsjoen varrelle. Telakka työllistää noin 3 500 henkeä ja se on yksi maailman suurimmista ja moderneimmista telakoista. (Meyer Werft www-sivut 2018.)

Neptun Werft, joka perustettiin vuonna 1850, on Saksan Rostockissa toimiva Meyerin perheen kolmas telakka. Meyer osti telakan vuonna 1997 ja sen jälkeen se on ollut osa Meyer Neptun Groupia. Telakka työllistää noin 400 henkeä. (Neptun Werft www-sivut 2018.) Meyer Turku toimii tiiviissä yhteistyössä yhdessä muiden Meyerin telakoiden kanssa, mutta erityisesti Neptun Werftin kanssa. Neptun Werft toimitti kesällä 2018 Turun telakalle Costa-aluksen runkona toimivan 100 metriä pitkän FERU:n (Floating Engine Room Unit). Turun telakalla FERU:n ympärille kootaan loput lohkot ja laiva rakennetaan luovutus kuntoon. (Tuokko, M henkilökohtainen tiedonanto 11.9.2018.)

Piikkiö Works Oy on Meyer Turku Oy:n omistama tytäryhtiö, joka sijaitsee Piikkiössä Turun kupeessa. Piikkiössä sijaitseva hyttitehdas on perustettu vuonna 1982 ja sen 30-vuotisen toimintansa aikana se on tuottanut yli 130 000 hyttiä ja kylpyhuonemuodulia. Yritys on erikoistunut valmistamaan räätälöityjä hyttimoduuleita ja hyttialueiden ”Turnkey”-ratkaisuja, niin matkustaja- ja risteilyaluksiin kuin rakennusteollisuuden tarpeisiin. Yhtiön vuosittainen moduulituotanto ylittää 6 000 yksikköön. (Meyer Turku www-sivut 2018.)

Shipbuilding Completion Oy on Meyer Turku Oy:n omistama toinen tytäryhtiö, joka sijaitsee Turun telakalla. Shipbuilding Completion (SC) on perustettu vuonna 2009 ja

se toimii Turun telakalla yhtenä monista kokonaistoimittajista. Yhtiö on erikoistunut laivojen ja alusten sisustusalueiden kokonaistoimituksiin. SC työllistää 50 henkilöä ja heillä on useita alihankkijoita, jotka työllistävät noin 100 henkeä. (Schipbuilding Completion www-sivut 2018.)

Meyer Turun kolmas tytäryhtiö on Technology Desing and Engineering ENG´nD Oy suunnittelupalveluyritys, joka tuottaa teollisuusasiakkaiden laitosinvestointeihin ja meriteollisuuden projekteihin suunnittelua- ja projektin hallintapalveluja. ENG´nD Oy on perustettu vuonna 2009 yrityskaupalla. ENG´nD ja se työllistää 45 suunnittelualan ammattilaista. (Meyer Turku intra 2018.)

3 LAIVANRAKENNUS

Käsite ”laivanrakennus” tarkoittaa miten eri raakamateriaaleista valmistetaan laivoja ja aluksia. Laivanrakennuksella on pitkät perinteet ja se on jatkuvasti kehittyvä teollisuudenala. Ala on kulkenut pitkän matkan puulaivoista nykyisiin huipputeknisiin matkustajaristeilijöihin ja autolauttoihin. Laivoihin sisällytetään uusimpia teknisiä laitteita ja järjestelmiä. Tulevaisuudessa laivat kasvavat ja niiden sisäiset järjestelmät kehittyvät ja kasvavat kehityksen mukana. Järjestelmien kasvu aiheuttaa tiettyjä ongelmia ja lisää työtä.

Turussa laivat rakennetaan monien yhteistyökumppaneiden ja alihankkijayritysten avulla. Hyvänä esimerkkinä toimii Piikkiö Works Oy, joka on Meyer Turku Oy:n tytäryhtiö. Piikkiön hyttitehdas on yksi maailman johtavista hyttitehtaista, joka tuottaa valmiita hyttimoduuleita. Telakalla toimivat alihankkijat ja kokonaistoimittajat työllistävät monia yrityksiä niin Suomessa kuin Euroopassakin. On arvioitu, että yli 80 % telakalla tehtävistä töistä tekee alihankkijat. (Meyer Turku www-sivut 2018.)

Jokainen laiva eroaa jollakin tavalla edellisestä ja siksi ne suunnitellaan yksilökohtaisesti tilaajan tarpeiden mukaan. Joitakin seikkoja voidaan hyödyntää edeltävistä laivoista varsinkin sarja- ja sisarlaivojen kohdalla. Sarjalaivalla tarkoitetaan useita laivoja, joiden perussuunnittelu ja tekniset tiedot ovat samankaltaisia ja niitä rakennetaan useampi peräkkäin. Sisarlaivojen rakennusajankohdat voivatkin erota toisistaan useampia vuosia. Sarja- ja sisarlaivatkin eroavat tietyissä asioissa toisistaan, jotta ne olisivat uniikkeja edeltäjäänsä verrattuna. Sarjalaivoista hyvänä esimerkkinä toimii TUI- varustamon Mein Schiff-laivasarja (MS-sarja), joita on rakennettu Turun telakalla yhteensä viisi kappaletta. Vuoden 2018 loppuun mennessä valmistuu myös laivasarjan seitsemäs alus Mein Schiff 2. Näistä laivoista Mein Schiff 3, 4, 5 ja 6 ovat hyvin samankaltaisia sisaraluksia ja uudemmat Mein Schiff 1 ja 2 alukset eroavat edeltäjistään. Mein Schiff 1 ja 2 alukset eroavat niin runkonsa puolesta kuin mitoiltakin aikaisemmista MS-sarjan aluksista.

3.1 Laivanrakennusprosessi

Laivanrakennus koostuu useista monimutkaisista vaiheista, jotka yhdessä muodostavat laivanrakennusprosessin. Prosessi kattaa vaiheet laivan myynti ja tarjousvaiheesta laivan luovutukseen tilaajalle. Prosessissa on monia muuttuvia asioita, jotka ovat edellytyksiä seuraavalle vaiheelle prosessin kulussa. Prosessin aikana on huomioitava hyvä yhteistyö niin tilaajan, luokituslaitoksen, telakan ja muiden osapuolien välillä.

Myyntivaiheessa vastaanotetaan tilaajalta tarjouspyyntö, mihin myynti- ja suunniteluosasto vastaavat. Tässä vaiheessa päätetään laivan mittoja, painoarvio, konetehoennuste ja muut vaatimukset yhteistyössä tilaajan kanssa. Näistä tiedoista telakka luo esittelyaineiston tilaajalle. Esittelyaineisto sisältää myös laivan ominaisuudet, yleisjärjestelyn ja kustannusarvion. (Nurmi 2017, 14-15.)

Sopimusta laivanrakentamisesta aletaan luoda esittelyaineiston pohjalta. Neuvotteiluissa käydään aineistot ja liitteet lävitse ja tehdään tarvittavat muutokset sekä lisäykset laivan tilaajan ja telakan tarpeiden mukaan. Neuvottelujen tuotoksena saadaan lopullinen laiva-aineisto kasaan, joiden mukaan kustannustietoja päivitetään. Lopuksi kirjoitetaan sopimus rakennettavasta laivasta. (Laine 2018, 17.)

Sopimuksen synnyttyä aloitetaan perussuunnitteluvaihe (PES). Perussuunnitteluvaihe sisältää GA:n (General Arrangement) eli yleisjärjestelyn, missä määritellään laivan pohjapiirustusta. Pohjapiirustuksessa määritellään laipioiden ja seinämien paikat eri alueiden vaatimien tilavarauksien mukaan. Perussuunnitteluun kuuluu myös tilasuunnittelu, runkosuunnittelu, järjestelmäsuunnittelu ja muut teorialaskelmat. (Sirén 2015, 7) Suunnitelmat kootaan 3D-malliin, missä ne sijoitetaan omille paikoilleen ja järjestelmien tarvitsemat osat reititetään ja niille tehdään tilavaraus. Esimerkiksi kaapeliradat sijoitetaan 3D-malliin. Perussuunnitteluvaiheessa päätetään myös laivan lohkojako ja rakennustapa. Laivanrakennus aikataulutetaan ja tehdään tarvittavien materiaalien hankintasuunnitelmat. (Laine 2018, 18.)

Seuraavana vaiheena on valmistussuunnittelu (VAS). Valmistussuunnittelu tehdään yleensä suurimmaksi osaksi alihankkijoiden toimesta. Jokainen osasto esim. sähkö,

kone ja LVI on vastuussa omasta ja alihankkijoiden VAS -suunnittelusta. Valmistussuunnittelu käsittää tarkempien suunnitelmien ja piirustusten tekoa laivanrakentamistarkoitukseen. (Nurmi 2017, 65.) Piirustusten perusteella varataan tarkat materiaalmäärät. Piirustuksien perusteella myös reititetään kaapelit PES-vaiheessa määriteltyihin kaapeliratoihin. Kaapeleiden reitityksestä saadaan tietoon kaapeleiden määrät ja niiden avulla voidaan ne tilata Helkamalta. VAS vaiheessa myös kilpailutetaan alihankkijat laivan varustelua varten.

Lohkoja aletaan valmistaa lohkojaon mukaan. Rungon alkutuotanto valmistaa raakamateriaaleista osalohkojen osia, jotka kootaan myöhemmin osalohkoiksi. Osalohkot sijoitetaan telakka-alueelle ylösalaisin, missä niitä varustellaan mahdollisimman paljon. Lohkoihin on paljon helpompaa asentaa putkistoja ja kaapeliratoja, kun ne ovat väärinpäin. Näin säästytään turhilta nostoilta ja henkilönostimien käytöiltä, milloin työturvallisuus paranee ja asennusaika nopeutuu. Lohkovaiheessa on myös paljon helpompi asentaa ja toimittaa logistisesti suuret kanavat sekä putket. Lohkojako on suunniteltu siten, että isot kojeistot kuten muuntajat on helppo nostaa lohkoihin. (Laine 2018, 18.)

Lohkovaiheita ennen maalausta ovat EMO eli ennen maalausta osalohkovarustelu terästyön aikana, EML eli ennen maalausta lohkovarustelu terästyön aikana lohkon ollessa ylösalaisin ja EMV eli ennen maalausta varustelu lohkoon erillinen varusteluvaihe lohkon ollessa ylösalaisin. Näiden vaiheiden jälkeen lohko menee maalaukseen ja siitä seuraava vaihe on JML eli jälkeen maalauksen lohkovarustelu lohko ylösalaisin. (Lohkovarustelun vaihetunnukset 2014.) Maalauksessa lohkoista maalataan tietyt tilat. Esimerkiksi kaikki vesitiiviit alueet ja ulkoalueet maalataan. Yleiset alueet eli ei vesitiiviit tilat yleensä maalataan vasta varusteluvaiheessa, jos ne täytyy maalata.

Lohkot kootaan suurlohkokoonnin (SL-koonti) vaiheessa isommiksi kokonaisuuksiksi. Lohkorajojen saumat ja liitoskohdat hitsataan kiinni, jotka tulee tarkistuttaa luokituslaitoksen toimesta. Suurlohkovaiheessa tehdään loput tarpeelliset varustelun toimenpiteet ja suurlohko maalataan vielä ennen altaaseen nostoa. Suurlohkovarusteluvaihetta kutsutaan jälkeen maalauksen suurlohkovarustelu lohko oikeinpäin (JMS). (Lohkovarustelun vaihetunnukset 2014.)

Rungonkoontivaiheessa suurlohkot nostetaan rakennusaltaaseen tiettyssä järjestyksessä. Isot kojeistot nostetaan lohkojaon mukaan altaassa olevan rungon kannelle, jonka päälle nostetaan lohko, kun iso kojeisto on saatu paikoilleen. Rungon saumat hitsataan yhteen, jonka jälkeen ne kuvataan röntgen-kuvauksella ja hyväksytetään tilaajan ja luokituslaitoksen toimesta. Saumojen hyväksymisen jälkeen voidaan aloittaa aluevarustelu, mikä käsittää laitteistojen ja osien asennusta, mitä ei ole vielä lohko- ja suurlohkovaiheessa asennettu.

Rungon ollessa valmis ja kun muut pohjaan liittyvät työt on saatu valmiiksi, laskeaan laiva vesille. Vesillelaskun jälkeen laiva siirretään varustelulaituriin, missä laiva varustellaan loppuun saakka. Varustelulaiturissa tehdään viimeiset kytkennät, asennukset sekä käyttöönotot. Lähellä laivan luovutushetkeä tehdään merikoe, missä testataan laivan toimivuus meriolosuhteissa ja suoritetaan erilaisia testejä. Kun kaikki luokalta ja tilaajalta tulleet huomautukset ja merkinnät ovat korjattuja, laiva voidaan luovuttaa tilaajalle. (Laine 2018, 20.)

3.2 Lait, määräykset ja standardit

Erilaiset lait, määräykset ja standardit ohjailevat laivanrakennusta kohti rakennustapaa, jolla laivoista saadaan turvallisia ja luotettavia. Organisaatiot, jotka valvovat ja määrittävät näitä lakeja, määräyksiä ja standardeja, toimivat maailmanlaajuisesti ja valtiotasolla. Telakalla näitä määräyksiä ja lakeja valvoo luokituslaitos tarkastuksien yhteydessä. (Laine 2018, 15.)

Laivanrakennuksessa on erittäin tärkeää, että määräyksiä ja standardeja noudatetaan, jotta saadaan rakennettua turvallinen ja kestävä alus. Laivanrunko joutuu kovalle koetukselle äärimmäisissä olosuhteissa, joten rungosta on rakennettava riittävän tukeva ja kestävä. Runkoa ja rungon hitsauksia tarkastetaan luokituslaitoksen toimesta röntgenkuvauksella, jotta voidaan taata rungon ja runkosaumojen kestävyys.

Luokituslaitosten tehtävänä on valvoa laivanrakennusta ja parantaa sen turvallisuutta. Sen tehtävänä on myös ryhmitellä alukset tiettyihin luokkiin ja antaa aluksille luoki-

tustodistuksen. Luokituslaitos hyväksyy laivan alkuvaiheissa suunnitelmat, jotta aluksen turvallisuus ja merikelpoisuus on taattu. Luokituslaitoksina Turun telakalla toimii RINA (Registro Italiano Navale), DNV (Det Norske Veritas) ja DNV GL.

Jotta alus voi toimia valtion lipun alla, sen täytyy täyttää kyseisen valtion asettamat määräykset aluksia kohtaan. Valtiot ovat yksi suurimmista organisaatioista, jotka määrittävät lakeja ja määräyksiä aluksien rakentamisen ohjaukseen. (Laine 2018, 15.)

IMO (International Maritime Organization) on kansainvälinen merenkulkujärjestö, joka pyrkii merellä tapahtuvien toimintojen turvallisuuden edistämiseen. IMO toimii YK:n alaisuudessa. SOLAS-sopimus on kansainvälinen sopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä. SOLAS-sopimus on kuvaus IMO:n toiminnasta. Valtiot valvovat SOLAS-sopimuksen noudattamista niin aluksen, lastin, matkustajien ja ympäristön osalta. (Karikoski 2000, 1-8 & 1-9.)

Telakalla sekä sen sisar- ja tytäryhtiöillä on omia standardeja ja toimintatapoja, joita määritetään laivanrakennuksen suunnitteluvaiheessa. Hyvänä esimerkkinä toimii kaapelivedon vetosääntö, joka määrittää työohjeen kaapelinvetoon. Turun telakalla on tarkoitus yhtenäistää standardit, materiaalit ja työohjeet Saksan tytäryhtiöiden kanssa, jotta yhteistyö olisi mahdollisimman joustavaa. Esimerkkinä toimii yhteinen kaapelistandardi, mitä päivitämme yhteistyössä Saksan ja Helkama Bica:n yhteishenkilöiden kanssa.

Perussuunnitteluvaiheessa tehdyt suunnitelmat ja muutokset täytyy hyväksyttää viranomaisilla ja luokituslaitoksella. Suunnitelmat tekevät monta kierrosta eri tahoilla ennen kuin suunnitelmat ovat hyväksytyjä. Aina suunnitelmaa muutettaessa, täytyy se hyväksyttää tilaajalla ja luokituslaitoksella. Täten varmistamme suunnitelmien oikeellisuudet ja niiden luotettavuudet.

3.3 Palo-osastointi

Laivat on jaettu aina pääpaloalueisiin, esimerkiksi Mein Schiff -laivat on jaettu seitsemään pääpaloalueeseen eli Main Vertical Zone (MVZ). Nämä pystysuunnassa jaetut palo-osastoinnit pätevät niin laivan alaosissa kuin laivan yläosissa. Näiden alueiden rajapinnoilla on aina palo-ovet, jotka sulkeutuvat palohälytyksen sattuessa sille alueelle. Laiva on myös jaettu moneen pieneen paloalueeseen, mitkä esitetään palo-aluekaaviossa. Tässä kyseisessä kaaviossa määritellään tarvittavat paloeristykset tilan kategorian mukaan. Esimerkiksi hätäpoistumistiet on säilyttävä eristyksissä palosta mahdollisimman kauan, joten ne ovat ympäröity parhailla paloeristyksillä.

Laipiolla tarkoitetaan aluksen rungon poikki- tai pituussuunnassa kulkevia seiniä, jotka jakavat laivan rungon eri osastoiksi. Laipion tarkoitus on myös lisätä rungon jäykkyyttä osastoinnin lisäksi. Palolaipiolla tarkoitetaan laipiota, joka jakaa rungon eri palo-osastoihin. Toinen laipiotyyppi on vesitiivis laipio (VT-laipio). Vesitiiviit laipiot jakavat laivan rungon eri vesitiiviisiin osastoihin. Näihin laipioihin tarvitaan myös tietyn tyyppiset läpiviennit kaapeleille ja putkistoille. Palolaipioihin, jotka jakavat alueet eri palo-osastoiksi, täytyy sijoittaa palon kestäviä läpivientejä. Palon kestävät läpiviennit ovat yleensä massattavia läpivientejä. VT-laipioihin tulee sijoittaa vesitiiviitä läpivientejä, jotka jakavat tilat vesitiiviiksi alueiksi. VT-laipion läpivienteinä käytetään pakattavia läpivientejä.

Paloeristysluokkia on esimerkiksi A – 60, joka kestää 60 minuuttia paloa laipion takana. Näitä luokkia on aina A – 60 – A – 0 luokkaan asti, mitkä on listattu palonkestoaikojen kanssa taulukkoon 1. A-luokan paloa eristävä rakenne tarkoittaa, että tulipalon sattuessa, tulipalon vastakkaisella puolella rakenteen keskilämpötila ei saa nousta yli 140 asteeseen, eikä missään pisteessä yli 180 asteeseen tietyn ajan sisällä. A-luokan paloeristysrakenne täytyy myös olla valmistettu palamattomista materiaaleista. (Pösö 2011, 8.)

Taulukko 1. A-luokka (Pösö 2011, 8)

Paloluokka	Kesto
A – 60	60 min
A – 30	30 min
A – 15	15 min
A – 0	0 min

B-luokan eristeissä tulipalossa laipion vastakkaisen puolen keskilämpötilat eivät saa nousta yli 140 asteeseen, eikä missään tapauksessa yli 225 asteeseen. Myös B-luokan eristetty seinämä täytyy rakentaa palamattomista rakennemateriaaleista. (Pösö 2011, 8.) B-luokan eristysajat ovat esitetty taulukossa 2.

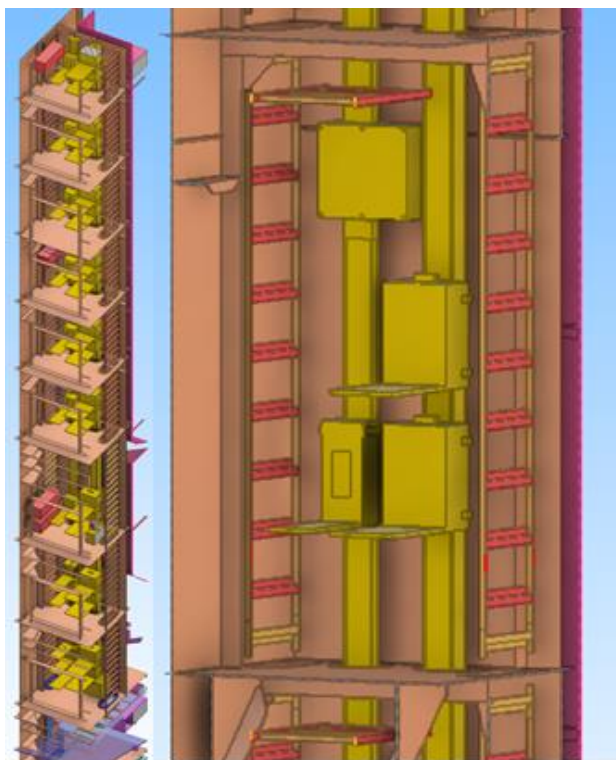
Taulukko 2. B-luokka (Pösö 2011, 8)

Paloluokka	Kesto
B – 15	15 min
B – 0	0 min

On olemassa myös C-luokan eristerakenne, joka täytyy A- ja B- luokan tapaan rakentaa palamattomista rakennemateriaaleista.

4 SÄHKÖKUILUT

Sähkökuilut (kuva 1) toimivat laivan sähkönjakeluverkoston pohjana, sillä ne kulkevat läpi laivan aina alakerroksista yläkerroksiin. Hyvänä esimerkkinä toimii tällä hetkellä rakenteilla oleva Mein Schiff 2 alus, jossa sähkökuiluja kulkee jokaisella paloalueella, lukuun ottamatta ensimmäistä paloaluetta. MS- sarjassa kuilut eroavat ulkomuodollisesti toisistaan ja tarkoituksena on tulevaisuudessa vakioida kuilun mitat ja ulkomuoto. (Tuokko, M henkilökohtainen tiedonanto 4.6.2018.) MS-sarjan laivoissa sähkökuilut ovat samaa paloaluetta aina ylhäältä alas asti. Costa ja Carnival -laivoissa sähkökuilun jokaisella kannella on palokatko, koska kuilut eivät ole omaa aluetta eikä niitä ole eristetty palonkestävillä laipioilla.



Kuva 1. Sähkökuilu 3D-mallissa (Cadmatic MS2 2018)

Sähkökuilu sisältää virtakiskostot, virtakiskostojen keskuskeskukset, kaapeliradat, valaistuksen, mahdolliset anturit, eristeet, läpiviennit ja kannakkeet radoille, valaistukselle ja kiskostolle. Kaikissa kuiluissa on nämä edellä mainitut komponentit, mutta poikkeuksena ovat paloanturit, mitkä on sijoitettu joka neljännelle kannelle. Yleensä sähkökuiluun on sijoitettu myös muita pieniä keskuksia ja jakorasioita. Sähkökuilu ei

kuitenkaan saa telakan sääntöjen mukaan sisältää putkistoja, joissa kulkee nesteitä. Yleisin muutos kuilussa on kaapeliratojen koon tai määrän muutos ja kiskosto tyyppin muutos. Tietenkin komponenttien paikat vaihtelevat kuilussa sen ulkomuodon mukaan, joka määritellään GA vaiheessa.

4.1 Virtakiskostot

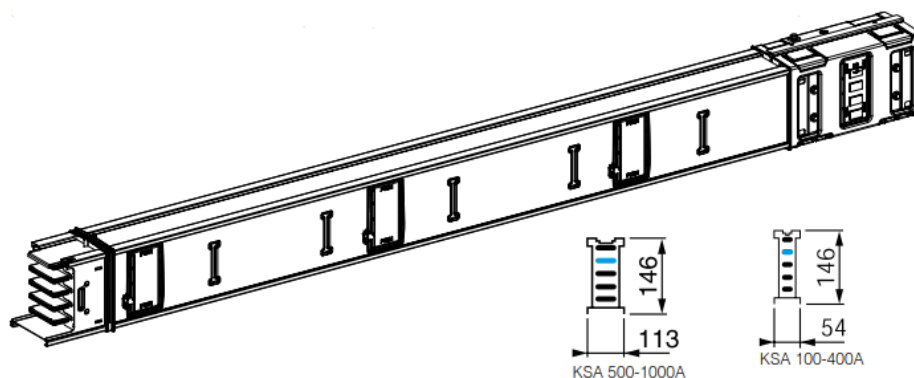
Virtakiskostot toimivat laivoissa osana sähkön pääjakeluverkostoa. Virtakiskostoilla syötetään laivan eri alueiden keskuksia, jotka sijaitsevat ympäri laivaa esim. keittiöiden ja hyttien keskukset. Mein Schiff -laivoissa virtakiskostot kulkevat vain pystysuuntaan kaapelikuiluissa ja virtakiskostoja syötetään muuntajalta kaapeleiden avulla. Costa ja Carnival laivoihin muuntajien ja pystykiskojen välinen kaapelointi korvataan vaakakiskostoilla Saksasta tulleen mallin mukaan. Vaakakiskostot aiheuttavat lisätyötä niin suunnittelun kuin asennuksen kannalta. (Rantalainen, T henkilökohtainen tiedonanto 4.6.2018.)

Turun telakalla virtakiskostot on otettu käyttöön korvatakseen ylimääräisen kaapeloinnin. Virtakiskostot toimivat sähkönsyöttönä pienemmille keskuksille ja virtakiskostoihin on myös kiinnitetty omia keskuksia. Kun käytetään virtakiskostoja, ei tarvitse kaapeloida monia keskuksia ympäri laivaa muuntajalta saakka, jotka ovat laivan alakansilla. (Tuokko, m henkilökohtainen tiedonanto 4.6.2018.)

Nykyisellä toimintatavalla virtakiskostot rakennetaan alhaalta ylöspäin järjestyksessä, sillä virtakiskosto on jäykkää ja sen johtimet eivät anna periksi sivuttaista liikettä. Liitoskohdat ovat myös jäykkiä eivätkä anna periksi sivuttaista heittoa. Virtakiskostot rakennetaan alihankintana ja he ovat itse kehittäneet toimivan rakennustavan, joka on todettu nykyisillä sähkökuilujen rakennustavoilla hyväksi toimintatavaksi. Virtakiskosto on kannakoitu Schneiderin omilla kannakkeilla, jotka ovat hitsattu kuilun laipioon ja myös alihankkijat ovat itse kehittäneet oman kannakkeen virtakiskostolle.

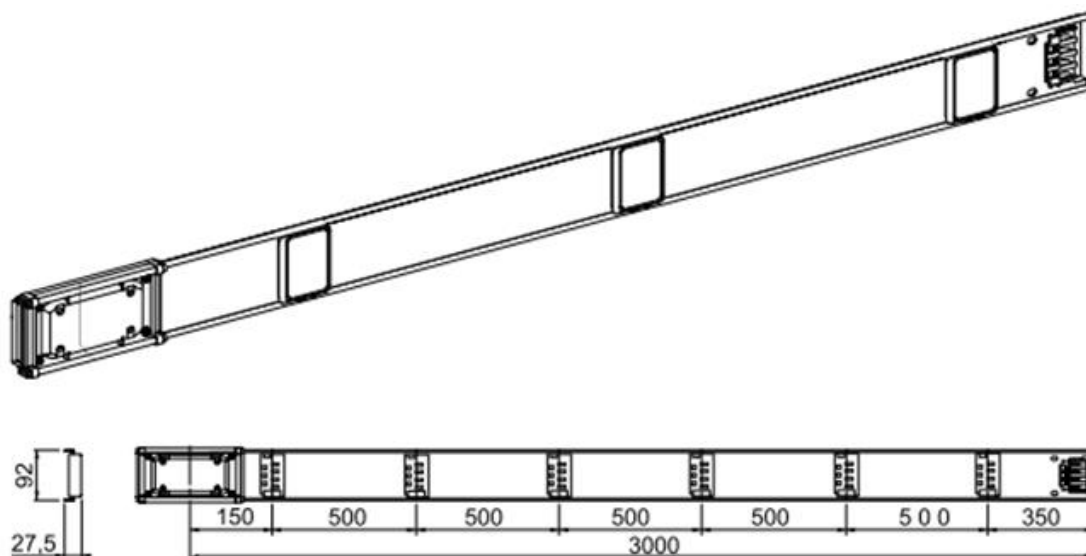
Turun telakalla virtakiskostotyyppinä käytetään Schneiderin Canalis KS ja KN kiskostoja, jotka tilataan Scheiderilta mittatilaustyönä. Tilattujen virtakiskostojen mitat määritellään suunnittelun mitoitusvaiheessa. Mitoituksessa otetaan huomioon mah-

dolliset sähkökuilun palokatkot, jossa tarvitaan palonkestävä virtakiskoston kappale. Mitoituksessa määritellään minkä mittaisista kappaleista virtakiskostot rakennetaan ja mihin kuiluhuoneeseen tulee tietyt virtakiskostojen keskuksat (tapoff).



Kuva 2. Schneider Canalis KS virtakiskosto (KSA Elements-V01)

KS kiskostoa (Kuva 2.) käytetään BusBar (BB) kiskostoissa ja tyyppinä käytetään KSA1000 kiskostoa ja sen eri variaatioita. BB kiskoston jännitteenä on joko 400V/230V tai 690V. Kiskoston virrankestoisuus on 1000 Ampeeria. Virtakiskostojen jännitteet vaihtelevat aina tilaajan käyttämän sähköverkon ja -järjestelmien mukaan.



Kuva 3. Schneider Canalis KN virtakiskosto (Canalis jakelukiskojärjestelmä 2015)

Emergency BusBar (EBB) kiskostoissa käytetään KN tyyppin KNA160 kiskostoa (Kuva 3.) ja sen jännite on 400V/230V. Kiskoston virrankestoisuus on 160 Ampee-

ria. EBB kiskostot toimivat esimerkiksi hätävalaisimien syöttönä osana Safe Return to Port- järjestelmiä.

Virtakiskostoja käytettäessä on otettava huomioon sen lämpölaajeneminen, jonka aiheuttaa ulkolämpötilan muutos ja virtakiskoston kuormitus. Schneider Electric esittää heidän tutkimuksissaan tietoa virtakiskoston lämpölaajenemisesta. Tutkimuksen kohteena on Canalis KSA800 virtakiskosto, jonka pituus oli kolmekymmentä metriä ja lämpötilan nousu oli 30 astetta. Kyseisellä lämpötilan muutoksella virtakiskoston ollessa kuormittamaton johtimet laajenivat 20 millimetriä ja ulkokuori laajeni 10 millimetriä. Kun virtakiskosto oli kuormitettu 800 A virralla ja ulkoisen lämpötilan ollessa normaalissa tasossa, johtimet laajenivat 55 millimetriä ja ulkokuori 7 millimetriä. (Schneider Expansion KSA.)

4.2 Kaapeliradat

Kaapeliradat kulkevat ympäri laivaa kaapeleiden pääreitteinä. Sähkökuiluissa kaapeliradat on asennettu pystyasentoon ja ne kulkevat aina kuilun alaosista yläosiin. Telakalla on tällä hetkellä käynnissä muutos koskien kaapeliratoja. Turun telakka ottaa käyttöön saksalaisten käyttämiä kaapeliratoja ja toimintatapoja. Yksi merkittävimmistä muutoksista on kaapeliratojen kannakointi ja kiinnitys toisiinsa. MS-aluksissa kaapeliradat on kiinnitetty kannakkeisiin ja toiseen rataan hitsaamalla, mutta uudessa toimintatavassa kaapeliradat kannakoidaan ja kiinnitetään toiseen rataan pulttaamalla. Syynä muutokselle on laivasarjan vaihdos ja referenssilaiavana toimii Meyer Werft telakalla rakennettu Aida Nova -alus. Molemmissa sekä MS että Costa aluksissa kaapeliratojen kannakkeet hitsataan joko laipioon tai kannen palkkeihin.

Kaapeliradan leveys vaihtelee sähkökuiluissa siihen suunniteltujen kaapeleiden lukumäärän mukaan. Turun telakalla käytettävien kaapeliratojen leveys vaihtelee sadasta millimetristä viiteensataan millimetriin. Suunnitteilla on myös ottaa käyttöön 600 mm leveä kaapelirata kaapelimäärien kasvaessa, kun laivat kasvavat. (Juhajoki, M henkilökohtainen tiedonanto 17.9.2018.)

4.3 Valaisimet, anturit ja eristeet

Sähkökuiluihin on asennettava valaistus, jotta työturvallisuus ja työskentelyolosuhteet paranisivat. Valaistus helpottaa työskentelyä kuiluhuoneessa, eikä sinne tarvitse lisätä työskentelyn ajaksi väliaikaisia työvalaisimia. Jokaisessa sähkökuilun osassa, mistä on sisäänpääsy kuiluun, pitää kuilu valaista sopivalla valaisimella. Mein Schiff -laivoissa valaistuksen ohjaus toimii liikkeentunnistuksella, kun kuilun ovi avataan. Liiketunnistimella säästetään energiankulutuksessa ja säästytään ylimääräisiltä kytkimiltä. Valaisimet on asennettu siten, etteivät ne häikäise henkilöä, kun hän avaa kuilun oven.

Sähkökuilusta löytyy myös paloantureita aina tietyin väliajoin. Anturit tunnistavat mahdollisen tulipalon tai savukaasut sähkökuilun sisällä. Antureita ei ole sijoitettu sähkökuilun jokaiseen kerrokseen, vaan aina jokaisen palokatkon tai vedonpoiston kohdalle, mistä savukaasut eivät pääse etenemään ylöspäin. Sähkökuilujen sisäänkäynnit ovat varustettu palo-ovilla, jolloin mahdollinen tulipalo sähkökuilussa ei pääse leviämään sähkökuilun alueelta laivan muille alueille. Kun sähkökuilun sisäänkäynti on varustettu palo-ovella, ei tulipalo pääse leviämään sähkökuilun kautta muille alueille. (Hämäläinen, J henkilökohtainen tiedonanto 10.9.2018.)

Nykyisellä toimintatavalla valaisimet ja liiketunnistimet asennetaan laivassa, kun kaapeliradat ovat asennettuina sähkökuiluihin. Valaisimet kiinnitetään kaapeliratoihin omilla kannakkeilla. Kaapelointi valaisimien ja liiketunnistimien välillä tapahtuu asennusten yhteydessä.

Mein Schiff -laivoissa sähkökuilut ovat olleet samaa paloaluetta kuilun alaosista yläosiin saakka. SOLAS -sääntökirja määrittelee osiossa II-2, Reg. 9 erityyppisten alueiden kategorioita. Tämän osion mukaan sähkökuilu luokitellaan kategoria 10 tilaksi, koska se ei sisällä tulipalon lähteitä. SOLAS -sääntökirjan osiossa II-2, Reg. 9 taulukot 9.1 ja 9.2 määrittelee tilakategorian mukaan, mikä paloeristys sähkökuilulle tarvitaan. Taulukoiden mukaan sähkökuilu vaatii A-0 eristysluokan, eli pelkkä A-luokitettu laipio riittäisi eristeeksi. (SOLAS Consolidated Edition 2014, 151-154 & Laurila, T henkilökohtainen tiedonanto 8.8.2018.) Kuitenkin luokituslaitos DNV on katsonut oman paikallisen tulkinnan mukaan, että sähkökuilu sisältää sähkökytkentö-

jä sekä palonlähteitä ja täten tarvitsee A-60 eristyksen. Sähkökytkennät johtuvat viereisten alueiden sähkökuiluun sijoittamista jakorasioista ja pienistä keskuksista. (Puustinen, P henkilökohtainen tiedonanto 19.9.2018.)

Costa ja Carnival -laivoissa sähkökuilut eivät ole omaa paloaluetta, vaan ne ovat yhdistettyinä viereiseen alueeseen. Sähkökuilujen ollessa yhdistettynä viereiseen alueeseen noudattaa se sen alueen paloeristysmääräyksiä. Määräykset on esitetty paloeristekaaviossa, joka luodaan aluekategorioinnin perusteella.

4.4 Nykyinen rakennustapa

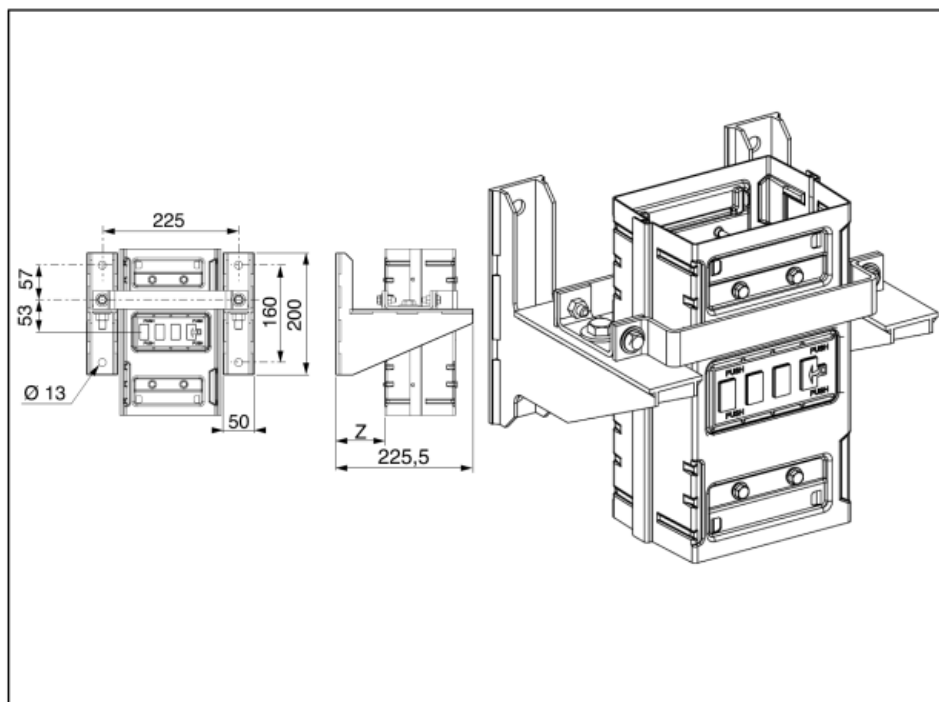
Nykyisellä rakennustavalla sähkökuilun rakentaminen on pilkottu moneen osaan. Sähkökuiluhuone on liitetty viereisen alueen aluerajojen sisään, vaikka se on paloluokitukseltaan omaa aluetta. Yleensä nämä viereiset alueet ovat kokonaistoimittajien (KT) toimittamia alueita, eli Turn Key -periaatteella toimitettavia kokonaisuuksia. KT-yritykset kilpailuttavat itse alihankkijoita heidän työskentelyaluille. Telakalla toimivia KT-yrityksiä ovat esimerkiksi Shipbuildin Completion ja Tejara. KT-kyselyt tehdään todella aikaisessa vaiheessa, koska toimitukseen kuuluu myös suunnittelu, materiaalien hankinnat, tarvittavien alihankkijoiden kilpailuttaminen ja toteutuksen rakentaminen. (Tuokko, M henkilökohtainen tiedonanto 4.6.2018.)

Poikkeuksena virtakiskot ja valaistuksen käyttöönotto eivät kuulu kuiluhuoneen aluetyöhön, vaan ne on myyty erillisinä järjestelminä alihankkijoille. Heille kuuluu näiden järjestelmien asennus, kaapelointi ja käyttöönotto. Nämä järjestelmät eivät kuulu KT-yritysten urakkaan, vaan kyseiset järjestelmät ovat telakan omia järjestelmiä. Sähkökuilun muut järjestelmät ja komponenttien asennukset kuuluvat KT-yritykselle tai sen kilpailuttamalle alihankkijalle.

Sähkökuiluhuoneen rakennus laivan eri rakennusvaiheissa nykymenetelmällä on pilkottu moneen eri osaan, mikä on kuvattu liitteessä 1. EMV ja EML vaiheessa muodostuneeseen kuiluhuoneeseen asennetaan eristysvillojen kiinnikepiikit tyssähitsauksella. EMV ja EML vaiheessa myös kiinnitetään kaapeliratojen kannakkeet kuiluhuoneen laipioon perinteisellä hitsauksella. Nykyisessä toimintatavassa kuiluhuonei-

den läpivienti varaukset ja niiden kiinnittäminen laipioon lohko vaiheessa on tuottanut ongelmia. Kaapeleiden läpivienneille varattua aukkoa ei ole poltettu levylinjastolla tai läpivientiä ei ole hitsattuna varattuun aukkoon. Nämä ongelmakohdat aiheuttavat lisätöitä laivan runkovaiheessa ja syövät resursseja tärkeimmistä töistä. (Tuokko, M henkilökohtainen tiedonanto 4.6.2018.)

Maalauksen jälkeen lohkot yhdistetään suurlohkoiksi, josta seuraa JMS -vaihe. JMS -vaiheessa kuiluhuoneisiin kiinnitetään eristevillat ja kaapeliradat valmiisiin kannakkeisiin. Kaapeliradat kiinnitetään hitsaamalla tai pulittaamalla kannakkeisiin riippuen työohjeesta (Mäki, P henkilökohtainen tiedonanto 11.9.2018). Villat ripustetaan vil-lapiikkeihin ja piikit katkaistaan niin, että siihen saadaan muovinen tulppa, joka peittää piikkien terävät päät (Alho, J-P henkilökohtainen tiedonanto 1.10.2018). JMS -vaiheessa myös asennetaan palo-ovet tarvittaviin kohtiin. Varusteluvaiheessa palo-ovet maalataan ulkopuolelta vastaamaan ympäröivän alueen sisustusta ja sen väritystä.



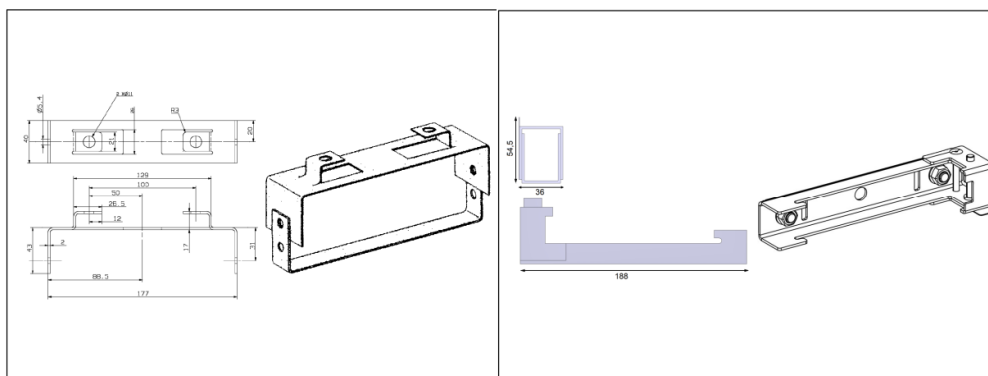
Kuva 4. Schneider KSB1000ZV1 bottom support (KSA Elements- V01)

Laivan runkovaiheessa aloitetaan pystykiskosten rakentaminen sähkökuilun pystysuuntaisen valmiuden mukaan. Virtakiskoston rakentaminen aloitetaan sähkökuilun

pohjalta, mihin virtakiskostojen koko paino kannakoidaan. Sähkökuilun pohjalla sijaitseva kannake (Kuva 4.) kannattelee koko kiskoston painoa.

Virtakiskot on sijoitettu sähkökuiluhuoneisiin siten, että joka toisessa on kaksi BB kiskostoa ja lopuissa BB ja EBB kiskostot. BB -kiskojen syöttökeskukset sijoitetaan sähkökuilun alimpaan kuiluhuoneeseen tai sellaiseen, mihin on helpoin kaapeloida muuntajilta tulevat kaapelit. EBB -kiskojen syöttökeskukset sijoitetaan kuilun yläosiin sellaiseen kuiluhuoneeseen, mihin kaapelit voidaan tuoda säädösten mukaisesti oikeaoppista reittiä pitkin. (Mäki, P henkilökohtainen tiedonanto 11.9.2018.)

Kiskosto rakennetaan aina alhaalta ylöspäin sen taipumattomuuden takia. Kiskosto on myös tuettu jokaisessa kuiluhuoneessa estäen sen sivuttaisen liikkeen. Nämä tuet eivät kuitenkaan kannattele kiskoston painoa kiskon lämpölaajenemisen takia. Virtakiskostojen tukina käytetään pantakiinnikettä tai kynsikiinnikettä (Kuva 5.), jotka Schneider toimittaa telakalle. Virtakiskostojen tuet kiinnitetään laipioon hitsattuihin kannakkeisiin, jotka hitsataan laipioon vasta, kun kiskoston tarkka paikka tiedetään. (Mäki, P henkilökohtainen tiedonanto 11.9.2018.)



Kuva 5. Schneider pantakiinnike (vas.) kynsikiinnike (oik.) (KSA Elements- V01)

Virtakiskostojen asennuksen jälkeen niihin kiinnitetään keskuksia (tapoff). Virtakiskostoissa on valmiiksi keskuksien kiinnityskohtia, mihin kyseiset tapoff-keskukset kiinnitetään. Tapoff-keskuksina käytetään Schneiderin valmistamia keskuksia, joita löytyy monia eri käyttötarkoituksiin.

5 UUSI RAKENNUSTAPA

Vanhassa rakennustavassa sähkökuilujen muodot ja komponentit ovat vaihdelleet jokaisessa sähkökuiluhuoneessa. Osa sähkökuiluista on tehnyt siirtymiä keskellä laivaa, aiheuttaen lisää suunnittelu- ja asennustyötä. Helpottaaksemme ja nopeuttaaksemme sähkökuilujen suunnittelua ja rakentamista, täytyy sähkökuilujen mitat ja muodot vakioida. Sähkökuilujen tulee olla suoria aina alhaalta ylös saakka, jotta niiden vakiointi onnistuu. (Graf, I henkilökohtainen tiedonanto 18.6.2018.)

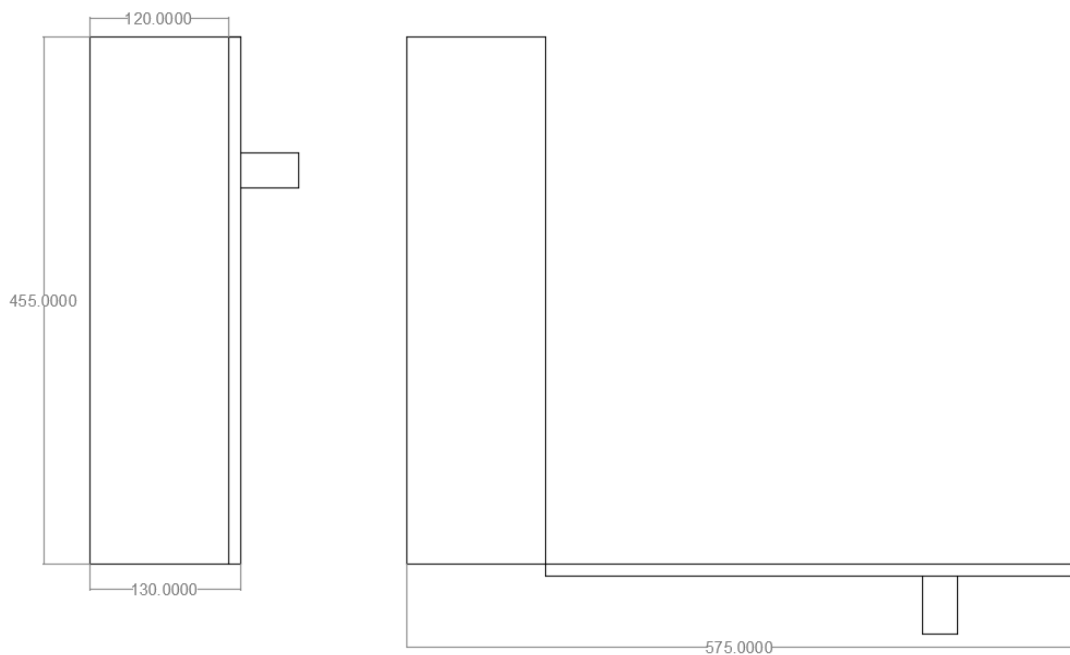
5.1 Suunnittelu

Suunnittelun kuormitus helpottuu, kun sähkökuiluhuoneiden mitat ja muodot ovat vakioituja. Edellisissä laivoissa sähkökuilujen mitat ovat vaihdelleet jokaisessa kuiluhuoneessa aiheuttaen kuormitusta suunnitteluun. Mittojen ja muotojen muuttuessa täytyy sähkökuilun komponenttien sijoittelut suunnitella huonekohtaisesti, jotta kaikki komponentit mahtuvat sähkökuiluun. (Juhajoki, M henkilökohtainen tiedonanto 17.9.2018.) Riski suunnittelun virheistä laskee, kun voidaan keskittyä vain yhteen sähkökuilun piirustukseen. Laivan rakennusvaiheissa virheellisten piirustuksien korjaaminen vie turhaan resursseja niin suunnittelulta kuin tuotannon puolelta.

Sähkökuilulle tarvittavat tilavaraukset ja aluejaon muutokset selvitettiin ja päätettiin yhdessä aluejaon- ja tilavaraussuunnittelun kanssa, jotta sähkökuilun mitat ja muodot voitiin standardoida ja vakioida. Laivoissa kansien korkeudet vaihtelevat melko paljon, mutta tähän asiaan emme voineet vaikuttaa millään tavalla, koska se käsittäisi koko laivan kansitasojen muutoksia. Pyysimme tilavarauksen yhteydessä myös runko-osastoa suunnittelemaan sähkökuilun ympärille tulevien pystysuuntaisten vahvikkeiden sijoitusta aina samaan paikkaan. Eli ne sijoitetaan jokaisessa sähkökuilussa, joko kuilun sisäpuolelle tai ulkopuolelle. Vahvikkeiden vakioitu sijoituspaikka helpottaa komponenttien sijoitusta niin suunnittelussa kuin asennuksessa. Myös sähkökuilussa olevien poikittaisten tukien paikkaa vaihdettiin kuilun ulkopuolelle, säästääksemme tilaa sähkökuilun komponenteille.

Sähkökuiluhuoneiden suunnittelussa on huomioitavaa, että kaikki sähkökuilun komponentit mahtuvat sähkökuiluhuoneeseen. Mitoituksessa on huomioitava komponenttien tarvitsemat tilat ja asennusvaraukset. Virtakiskosten tap off -keskukset pitää mahtua avautumaan ja ne pitää pystyä kaapeloimaan sääntöjen mukaisesti. Kaapeliradalle on annettu tietty varaus kuinka paljon siihen mahtuu kaapeleita ja kuinka paljon radan ympärille pitää jättää kaapeloinnille tilaa.

Tuleviin laivoihin on suunniteltu kolmas virtakiskosto sähkökuiluhuoneeseen, mikä aiheuttaa tilaongelmia ja komponenttien uudelleen sijoittelua. Kolmas virtakiskoston tarve johtuu järjestelmien kasvusta ja täten niiden sähköntarpeet kasvavat. Schneider on tarjonnut ratkaisun meidän tilaongelmaamme. Vanhat tap off -keskukset ovat vaatineet paljon tilaa, koska niiden etulevyjen poistaminen vaatii 90 asteen avauskulman. Kuva 6 havainnollistaa vanhan tap off -keskuksen vaatiman tilan sivuprofiilista, kun sen etulevy poistetaan asennuksia varten. Uuden sukupolven tap off -keskukset eivät tarvitse etulevyn irrotukseen niin paljon tilaa kuin vanhan sukupolven tap off -keskukset. Etulevyn irrotusta on helpotettu pulttikiinnityksellä, milloin etulevyä ei tarvitse taittaa irrottaakseen etulevyn. (Törne, A henkilökohtainen tiedonanto 2.11.2018.)



Kuva 6. Tap off -keskus KSE16NS1604MW (Auto CAD 2018)

Sähkökuilujen ollessa suorja ja identtisiä toistensa kanssa, helpottuu komponenttien suunnittelu myös kaapeliratojen osalta. Suunnittelijan ei tarvitse suunnitella monimutkaista kaapelirataverkosta sähkökuiluihin, vaan samat kaapeliratasijoitukset pätevät joka sähkökuiluhuoneessa. Kansivälien vaihdellessa täytyy kuiluhuoneisiin mitoittaa erimittaisia pystysuuntaisia kaapeliratoja. Sama asia pätee myös virtakiskostojen mitoituksessa pystysuunnassa, kun kansiväli vaihtelee.

Arvioitu suunnittelu-aika yhteen sähkökuiluhuoneeseen on noin neljä tuntia nykyisellä rakennustavalla. Tästä ajasta kaksi tuntia menee komponenttien sijoituksen suunnitteluun ja loput kaksi tuntia kaapeliratojen ja virtakiskostojen mitoitukseen. (Peni, M henkilökohtainen tiedonanto 22.10.2018.) Nykyisellä rakennustavalla kuiluhuoneiden mitoista ja ulkomuodoista on useampia variaatioita, joita käytetään nykyisissä laivoissa. Oletetaan, että kuiluhuoneen variaatioita on nykyisessä rakennustavassa X määrä. Sähkökuilujen ollessa uudessa rakennustavassa suorja ja identtisiä toistensa kanssa, säästetään suunnitteluajassa 20 %. Säästö on huomattava, kun otetaan huomioon suunnittelun kuormitus tulevaisuudessa laivojen järjestelmien kasvaessa.

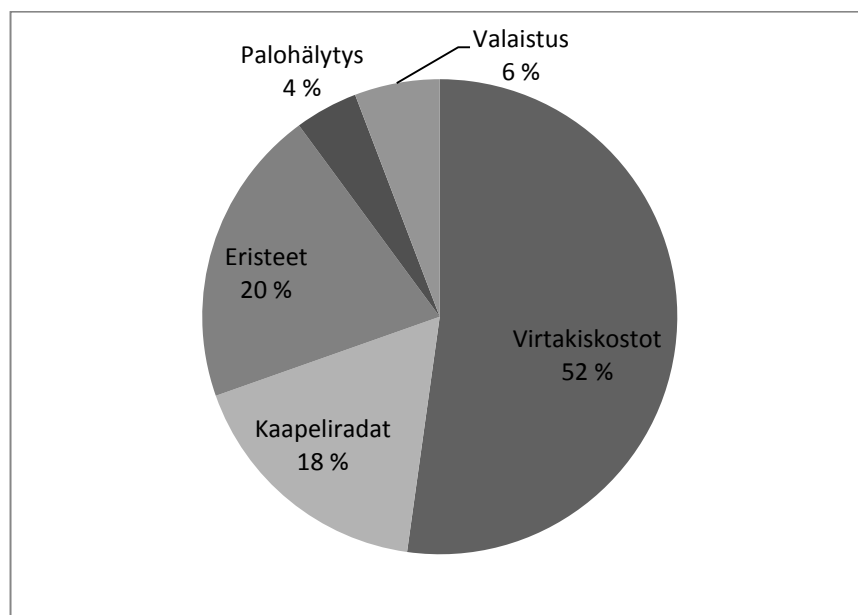
5.2 Asennus

Sähkökuilujen ollessa suorja ja identtisiä myös asentajan työ sähkökuiluhuoneissa helpottuu. Monimutkaisten rakenteiden asennus ja toteuttaminen eivät ole enää tarpeellista. Työskentely sähkökuilussa myös nopeutuu, kun sähkökuilun komponentit on sijoitettu identtisesti jokaisessa sähkökuiluhuoneessa. (Tuokko, M henkilökohtainen tiedonanto 11.9.2018.)

Virtakiskostojen suunnitteluvaiheessa voidaan ennalta määrätä kannakkeiden paikat. Ne voidaan asentaa tarkkaan kohtaan ennen virtakiskoston asentamista. Kun kannakkeiden asentaminen tehdään ennakkoon, säästytään hankalalta asennusprosessilta. Virtakiskostojen sivuttaisia siirtymiä ei myöskään tarvita, kun sähkökuilut ovat suorja. Sivuttaiset siirtymät ovat aiheuttaneet kustannuksia niin materiaaleissa kuin asennusajassa. (Rantalainen, T henkilökohtainen tiedonanto 11.9.2018.)

Uudessa rakennustavassa ei tarvitse rakentaa sähkökuiluhuoneisiin monimutkaisia kaapelirataverkostoja. Sähkökuiluun riittää kaksi pystysuuntaista kaapelirataosuutta ja sähkökuiluhuoneen kattoon riittää yksi kaapelirataosuus, joka menee kaapeliläpiviennille. Kaapeleiden asennus yksinkertaisiin kaapelirataverkostoihin on helpompaa kuin monimutkaisiin rataosuuksiin.

Uusi rakennustapa noudattaa samaa rakennusjärjestystä kuin vanha. Poikkeuksena on, että pyrimme viemään rakentamista mahdollisimman aikaiseen vaiheeseen. Tarkoitus on asentaa virtakiskostojen kannakkeet jo lohkon EMV ja EML -vaiheissa. Myös muiden komponenttien asentaminen tapahtuu lohkovaiheessa EML, EMV ja JMS -vaiheissa. Poikkeuksena asennuksien aikaistamiseen on virtakiskostojen asennus, joka tapahtuu laivan runkovaiheessa. Kun asennukset tehdään laivan lohkovaiheessa runkovaiheen sijaan, syntyy säästöjä niin ajallisesti kuin taloudellisesti. Kuviossa 1 on kuvattu sähkökuilun rakentamiseen kuuluvien työtuntien jakautuminen eri osa-alueisiin.



Kuvio 1. Komponenttien asennusaikojen jakautuminen sähkökuilun rakentamisessa.

Laskelmista selvisi, että yhden sähkökuiluhuoneen komponenttien asennukseen kuuluu 34,5 tuntia vanhalla rakennustavalla. Uudella rakennustavalla säästämme asennusajassa 20 %. Kun otetaan huomioon koko laivan sähkökuiluhuoneet, on säästö

asennusajassa huomattava. Uudella rakennustavalla saatua etua voidaan pitää merkittävänä (Tuokko, M henkilökohtainen tiedonanto 11.9.2018).

5.3 Riskit

Suurin riski on, että komponentit eivät mahdu sähkökuiluun. Komponentit pitää pystyä asentamaan ja niitä täytyy pystyä huoltamaan tietyn tilan puitteissa. Laivan järjestelmien kasvaessa ja sähköntarpeen lisääntyessä, myös komponentteja tarvitaan lisää sähkökuiluun. Virtakiskostojen ja kaapeleiden määrä kasvaa kaapeliradoilla.

Kun virtakiskoston kannakkeet asennetaan etukäteen sähkökuiluun, on olemassa riski, että virtakiskosto ei osu juuri siihen kohtaan asennuksen aikana. Riskiltä vältetään, kun suunnittelutyö tehdään huolellisesti ja asennuksen aikana noudatetaan tätä suunnitelmaa. Riskin välttämiseksi olemme kehittäneet virtakiskostoille uuden kannakointitavan, joka mahdollistaa virtakiskoston liikuttelun vaaka-, pysty- ja syvyys-suuntaisesti. Uusi kannakointitapa virtakiskostoille helpottaa asennusta ja muutostöitä, mitkä ovat olleet suuri haaste perinteisessä ratkaisutavassa.

Virtakiskoston täytyy myös olla täysin pystysuunnassa, kun sitä ruvetaan rakentamaan sähkökuilun alaosista. Jos virtakiskosto rakennetaan vinoon alusta lähtien, törmää se jossain vaiheessa sähkökuilun seinämiin tai muihin komponentteihin. Välttääksemme tämän riskin, uudet virtakiskoston kannakkeet on kehitetty siten, että ne estävät vinoon rakentamisen mahdollisuuden. Uudella kannakkeella virtakiskosto on sidottu pystysuuntaan, mutta sen liikuttelu siinä asennossa on mahdollista.

Yhtenä ongelmana edellisissä laivoissa on ollut muiden alueiden tilantarpeet. Sähkökuilujen mitat ovat muuttuneet, koska muiden alueiden tarvitsemat tilat on katsottu tärkeämmiksi kuin sähkökuilujen tilantarpeet. Mittojen muutosta ei saa tapahtua jatkossa, jotta kaikki komponentit mahtuvat sähkökuiluun ja siellä on tilaa asentaa komponentteihin tulevat laitteet ja kaapelit.

6 YHTEENVETO

Ajaessamme läpi sähkökuilun rakennustavan muutosta, toimimme yhdessä monen osaston kanssa ja pyrimme yhdessä varmistamaan parhaan mahdollisen tuloksen muutostyössä. Yhdessä aluejako- ja tilavaraussuunnittelun kanssa teimme sähkökuiluista oman alueen ja lisäsimme sen aluejakoon. Aluejakomuutoksen vuoksi erotimme sähkökuilut kokonaistoimituksista ja otimme sähkökuilut telakan hallinnan alaisiksi. Sähkökuilujen edetessä pidemmälle, tulemme kilpailuttamaan urakoitsijan rakentamaan niitä.

Sähkökuilut nimettiin aluejakomuutoksen vuoksi Electrical Trunk nimellä ja perään liitettiin paloalueen numero ja juokseva numero identifioidaksemme kuilut toisistaan. Esimerkkinä tästä toimii ET21-sähkökuilu, missä ET-tunnus on Electrical Trunk ja numero kaksi tarkoittaa paloaluetta ja numero yksi tarkoittaa kuilun olevan ensimmäinen sähkökuilu paloalueella. Nimeäminen jatkui logiikalla ET21, ET22, ET31, ET32 ja ET41 jne. Sähkökuiluille tehtiin myös omat aikataulut ja niiden jaksotukset.

Rakennustavan kehityksen aikana selvisi, että sähkökuilut eivät välttämättä tarvitse A60 -paloeristettä, sillä se on luokituslaitoksen oma tulkinta. Sähkökuilu luokitellaan kategoria 10 tilaksi, joten se tarvitsee vähintään A0 -paloeristys. (SOLAS 2014, 151-154) A0 -paloeristys tarkoittaa pelkkää A-luokan teräslaapiota. Luokituslaitos on tulkinnut, että sähkökuilut sisältävät sähkökytkentöjä ja täten palon lähteitä. Laivan perussuunnittelun edetessä pyrimme todistamaan luokituslaitokselle, että sähkökuilu ei tarvitse A60 -eristettä, vaan A0 -eriste olisi riittävä. Sähkökuiluihin ei tulla tulevaisuudessa sijoittamaan muuta, kuin sinne suunnitellut komponentit. Ylimääräiset sähkökomponentit ovat olleet luokituslaitoksen mukaan riskitekijöitä.

Kehittämämme virtakiskosten uusi kannakointitapa on todettu toimivaksi järjestelmäksi. Uudet kannakkeet auttavat kannattelemaan kiskoston painoa asennushetkellä. Täten asentajan työ asennushetkellä pienenee ja helpottuu. Kannakointitapaa on myös tarkoitus käyttää muissakin tilanteissa kuin pelkästään virtakiskosten kannakoinnissa.

LÄHTEET

Alho, J-P. 2018. Foreman, LT-Eriste. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 1.10.2018

AutoCAD 2018. Viitattu 2.10.2018. Turku: Autodesk software.

Cadmatic 2018. Viitattu 28.7.2018. Turku: Cadmatic software solutions.

Canalis jakelukiskojärjestelmä. 2015 . Schneider Electric. Viitattu 9.7.2018

http://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=Canalis_E1015_10_2013_BC_ANALIS13TUOTTEET_owres.pdf&p_Doc_Ref=E1015_10_2013_BCANALIS

http://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=Canalis_E1015_10_2013_BC_ANALIS13TUOTTEET_owres.pdf&p_Doc_Ref=E1015_10_2013_BCANALIS

Expansion KSA.ENG Viitattu 20.8.2018. Turku: Schneider Electric. Sisäinen dokumentti.

Graf, I. 2018. Development specialist, Meyer Turku Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 18.6.2018

Hämäläinen, J. 2018. Foreman, Meyer Turku Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 10.9.2018

Juhajoki, M. Electrical designer, Meyer Turku Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 17.9.2018

Karikoski A. 2000. Laivatekniikan kehitys ja sitä ohjaavat organisaatiot. Toimittaja: Räisänen, P Laivatekniikka. Modernin laivanrakennuksen käsikirja. 2. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

KSA Elements-V01.ENG Viitattu 15.8.2018. Turku: Schneider Electric. Sisäinen dokumentti.

Laine, E. 2018. Monimutkaisen asennuskokoonpanon suunnittelun tuki. AMK-opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Talotekniikka.

Laurila, T. 2018. Naval architect, Meyer Turku Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 8.8.2018

Lohkovarustelun vaihetunnukset. Viitattu 1.7.2018. Turku: Meyer Turku. Sisäinen dokumentti

Meyer Turku www-sivut. Viitattu 30.8.2018. www.meyerturku.fi

Meyer Turku intra. Viitattu 6.11.2018

Meyer Werft www-sivut. Viitattu 30.8.2018. www.meyerwerft.de

Mäki, P. 2018. Foreman, LST Sähköpalvelu Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 11.9.2018

Neptun Werft www-sivut. Viitattu 30.8.2018. www.neptunwerft.de

Nurmi, J. 2017. Laivasuunnittelijoiden koulutus. Laivan suunnittelun prosessista. Luentokalvot. Turku: Meyer Turku Oy: Konesuunnittelu.

Peni, M. 2018. Electrical designer, Meyer Turku Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 22.10.2018

SPAR USA PER-GD-005 Planning New Construction and Major Ship Conversions.ENG Viitattu 5.8.2018. Turku: Meyer Turku Oy. Sisäinen dokumentti.

Puustinen, P. 2018. System responsible, Meyer Turku Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 19.9.2018

Pösö, A. 2011. Eristeiden vaikutus laivan taloudelliseen suorituskykyyn. AMK-opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu.

Rantalainen, T. 2018. Foreman, Meyer Turku Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 4.6.2018 & 11.9.2018

Shipbuilding Completion www-sivut viitattu 6.11.2018.
<http://shipbuildingcompletion.fi/>

Sirén, T. 2015 Laivasuunnittelijakoulutus 2015-2016: Sisustus suunnittelu. Elomatic.

SOLAS 2014.ENG. Suppression of fire Reg.9. Teoksessa SOLAS Consolidated Edition 2014. IMO. United Kindom: Polestar Wheatons.

Tuokko, M. 2018. Head of department, Meyer Turku Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 4.6.2018 & 11.9.2018

Turun Sanomat. 2015. Turun telakka siirtyi kokonaan Meyerin suvulle. Turun Sanomat 8.5.2015. Viitattu 20.6.2018. www.ts.fi

Turun Sanomat. 2018. Turun telakka aikoo investoida taas. Turun Sanomat 26.4.2018. Viitattu 21.6.2018. www.ts.fi

Törne, A. 2018. Electrical designer, Meyer Turku Oy. Turku. Henkilökohtainen tiedonanto 2.11.2018)

NYKYINEN RAKENNUSTAPA

