

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Laivatekniikka

2014

Teemu Vuorio

# MOORING-LAITTEISTON VAIKUTUS RUNKOSUUNNITTELUUN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Laivatekniikka

2014 | 28+1

Ohjaaja(t) | Lauri Kosomaa ja Kimmo Suominen

Teemu Vuorio

# MOORING-LAITTEISTON VAIKUTUS RUNKOSUUNNITTELUUN

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä mooring-laitteisiin ja niiden vaikutuksiin runkosuunnittelussa sekä tutkia mahdollisuutta kehittää standardoitu rakenne laivan keulan rakenteille ja mooring-laitteiden perustuksille, riippumatta mooring-laitteista.

Mooring-laitteiden tehtävä on kiinnittää laiva satamaan tai ankkuroida se merellä. Laivan varustelunumero ja viranomaisten vaatimukset määräävät vaatimukset mooring-laitteille. Mooring-laitteiden vaikutus laivan runkosuunnitteluun on huomattava.

Työssä esitellään aluksi mooring-laitteet ja mooring-kansien järjestely sekä näiden vaikutus runkosuunnitteluun. Tämän jälkeen käsitellään mooring-kansien jäykistys ja laitteiden kiinnitys. Kuvien avulla havainnollistetaan tyypilliset perusrakenteet vinsseille. Lopuksi pohditaan standardirakenteen mahdollisuutta ja muita ratkaisuja mooring-laitteiden ja runkosuunnittelun kehittämiseksi.

Työn tuloksena tutustuttiin laivan keulan runkorakenteeseen, mooring-laitteisiin sekä niiden vaikutukseen rungon suunnittelussa. Standardirakenteen kehittäminen todettiin erittäin haasteelliseksi, ehkä jopa mahdottomaksi, mutta ratkaisuksi kehiteltiin projektin uudenlaista suunnittelurytmitystä.

ASIASANAT:

Laivasuunnittelu, Runkosuunnittelu, Kiinnitys ja Ankkurointi, Kiinnityskannen järjestely

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Naval Engineering

2014 | 28+1

Instructor(s) | Lauri Kosomaa and Kimmo Suominen

Teemu Vuorio

## THE EFFECT OF MOORING-EQUIPMENT ON HULL DESIGN

The aim of this Bachelor's thesis was to become familiar with mooring equipment and consider a possibility of standardizing the design of ship bow structure independently from mooring equipment.

The purpose of mooring equipment is to berth ship to harbor or come to anchor at sea. The equipment number of the ship and the demands of authorities set requirements on the mooring equipment. The effect of mooring equipment on the ship hull design is significant.

This thesis first introduces mooring equipment and the arrangement of mooring decks as well as their effects on hull design. Then it presents the way of stiffening mooring decks and fastening mooring equipment. Typical foundations for winches were presented by pictures. In conclusion the thesis discusses possibility of standard design and other solutions for the development of mooring- and hull design.

The goals of this thesis were achieved but standardization of the design structure was found very challenging, if not impossible. As a solution a new way was presented to schedule the project.

### KEYWORDS:

Ship Design, Hull Design, Moorings and Anchoring, Mooring Deck Arrangement

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
1.1 Deltamarin Oy	7
1.2 Työn lähtökohta	8
<b>2 SELVITYS MOORING-LAITTEISTA JA NIIDEN VAIKUTUS RAKENNESUUNNITTELUUN</b>	<b>9</b>
2.1 Mooring-laitteisto yleisesti	9
2.2 Mooring-kansien järjestely	12
2.3 Vaikutus rakennesuunniteluun	13
2.4 Mooringkannen jäykistys ja laitteiden asennus	17
<b>3 RATKAISUJEN POHDINTA</b>	<b>25</b>
3.1 Standardi mooring-kansi	25
3.2 Suunnittelun uusi aikataulut	25
<b>4 YHTEENVETO</b>	<b>27</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>28</b>

## LIITTEET

Liite 1.

## KUVAT

Kuva 1. Ankkuri- ja kiinnitysvinssi Rolls Royce. ( <a href="http://www.rolls-royce.com/marine/products/deck_machinery/dm_merchant/">http://www.rolls-royce.com/marine/products/deck_machinery/dm_merchant/</a> 30.1.2014)	10
Kuva 2. Keulan mooringkannen järjestely (Delta Marin).	12
Kuva 3. Havainnekuva kiinnitysvintturin koosta. (Delta Marin)	13
Kuva 4. Rungon primääriset lujuuselementit (Räisänen 2000, 29-6).	14
Kuva 5. Rungon osat ja kuormien siirtyminen (Räisänen 2000, 29-07).	15
Kuva 6. Mooring-laitteiden alapuoliset rakenteet (Delta Marin)	19
Kuva 7. Kuvan 6 alapuolisten rakenteiden laippalinja (Delta Marin).	20
Kuva 8. Kannen yläpuoliset vinssin perustukset ylhäältäpäin kuvattuna (Delta Marin)	21

Kuva 9. Leikkaukset vinssin perustuksista kts. Kuva 8. (Delta Marin)	22
Kuva 10. Leikkaukset vinssin perustuksista kts. Kuva 8. (Delta Marin)	23
Kuva 11. Leikkaukset vinssin perustuksista kts. Kuva 8. (Delta Marin)	24

## KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

Klyyssiputki	Runkoon rakennettu osa, jonka läpi ankkuri nostetaan ja lasketaan (Alanko 2011, XVI-6).
Mooring-	Kiinnitys-
Pollari	Kiinnitystolppa köysien ohjaamiseen ja kiinnitykseen
OCIMF	Oil Companies International Marine Forum
Silmäke	Kiinnitysköyden kulkuväylä laidoituksen läpi

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Deltamarin Oy

Deltamarin Oy on vuonna 1990 perustettu meriteollisuuteen keskittynyt kansainvälinen suunnittelutoimisto, jonka pääkonttori sijaitsee Raisiossa. Suomessa yrityksellä on lisäksi kaksi konttoria, Raumalla ja Helsingissä. Yrityksellä on toimistoja ja tytäryhtiöitä eri puolilla maailmaa: Kiinassa, Brasiliassa, Puolassa, Kroatiassa, Monacossa ja Malesiassa. Deltamarin tytäryhtiöineen ja osaomistajineen työllistää yhteensä noin 400 työntekijää, joista 250 on Suomessa.

Deltamarin Oy tarjoaa monialaisia palveluja meriteollisuuteen. Sähkö-, laite- ja automaatio-, LVI-, putkisto-, kone-, runko- ja varustelusuunnittelu kuuluvat yrityksen tarjoamiin palveluihin. Deltamarin tarjoaa kaikki perinteisen insinööritoimiston palvelut kaikille meriteollisuuden aloille laivoista offshore-projekteihin aina konseptisuunnittelusta konversioprojekteihin.

Vuoden 2013 tammikuussa Singaporelainen pörssiyhtiö, AVIC International Investments Limited, osti pääosan Deltamarin Oy:n osakkeista. AVIC International Investments Limited kuuluu Kiinan valtiollisen lentokonevalmistajan Aviation Industry of China-yhtiöön.

## 1.2 Työn lähtökohta

Deltamarin Oy:ssä oli ongelma laivan keulan teräsrakenteen suunnittelussa johtuen eri valmistajien mooring-laitteiden eroavaisuuksista. Projektien perussuunnitteluvaiheen alussa tehty mooring-kansien laitteiden järjestely, ja sen perusteella suunnitellut teräsrakenteen vahvistukset, jouduttiin useimmiten tekemään uudestaan tilaajan vahvistettua käytettävät laitteet. Laitetoimittajien laite-eroavaisuuksista johtuen alkuperäinen järjestely ei useimmiten toimi varmistettujen laitteiden kanssa. Tällöin kannen järjestely ja rakennesuunnittelu menee uusiksi. Koska mooring-laitteet vaativat aina tukirakenteita, vaikuttaa niiden sijainti ratkaisevasti muihin ympäröiviin rakenteisiin. Tällöin myös muita rakenteita joudutaan muuttamaan.

Työn tarkoituksena on tutkia laivan mooring-laitteiston vaikutusta runkosuunnittelussa sekä mahdollisuutta kehittää mooring-kannelle standardoitu rakenne, riippumatta eri toimittajien laite-eroavaisuuksista.

Työssä esitellään mooring-laitteet yleisesti ja tutkitaan erilaisia kiinnitys- ja teräsrakenneratkaisuja erityisesti keulan alueella.

## 2 SELVITYS MOORING-LAITTEISTA JA NIIDEN VAIKUTUS RAKENNESUUNNITTELUUN

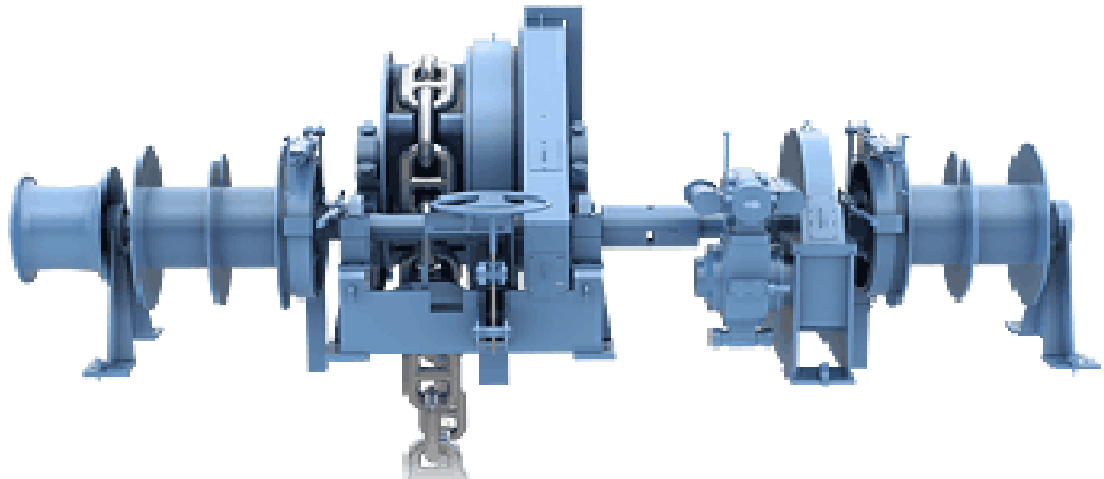
### 2.1 Mooring-laitteisto yleisesti

Mooring tarkoittaa kiinnitystä. Laiva-alalla laivan kiinnitys- ja ankkurilaitteista sekä kannesta, jolla nämä laitteet sijaitsevat, englanninkielinen nimitys on vakiintunut käytettäväksi. Tuota vakiintunutta mooring-termiä käytetään tässäkin opinnäytetyössä.

Laivan mooring-laitteet sijaitsevat keulassa, perässä ja keskialueella. Mooring-laitteisto koostuu ankkureista, ankkuriketjuista, ankkuriketjun ohjausputkista, ketjustoppareista, kiinnitys- ja ankkurivinsseistä, ketjulokeroista, kiinnitysköydistä, pollareista, ohjaimista ja silmäkkeistä.

Maailmalla olevia laitevalmistajia ovat muun muassa Hatlapa, TTS Marine, Rolls Royce ja Mariner Ship Equipment.

Mooring-järjestelmän tehtävä on ankkuroida laiva merellä tai kiinnittää se paikalleen laituriin. Mooring-vintturit luokitellaan käyttövoiman mukaan sähkö-, hydraulikka- tai höyrykäyttöisiin. Nykyään höyrykäyttöiset ovat erittäin harvinaisia. Sähkötoimisia vinttureita on sekä automaattikiristyksellä (auto-tension) varustettuja että manuaalisesti käytettäviä malleja. Hydraulitoimiset toimivat joko matala- tai korkeapainejärjestelmällä. (Kosola 2000, 42-5.) Aluksen tyyppi vaikuttaa mooring-laitteiden käyttövoimajärjestelmän valintaan. Korkeapainejärjestelmällä toimivat hydrauliset laitteet ovat sopivia aluksiin, joissa vaaditaan suuria nopeuksia ankkurin laskuun. Matalapainejärjestelmä sopii öljy ja kemikaalitankkereihin, koska niiden lastipumppujen hydraulikkajärjestelmä voidaan helposti valjastaa myös mooring-laitteiden käyttöön. Sähköiset laitteet ovat omiaan risteilijöissä niiden nopeuden, helppokäyttöisyyden ja hiljaisuuden vuoksi (Rolls Royce 2014).



Kuva 1. Ankkuri- ja kiinnitysvinssi Rolls Royce (Rolls Royce, 2014).

Ankkuroituihin tai kiinnitettyihin aluksiin vaikuttavat tärkeimmät voimat, ovat tuulen ja veden virtauksesta aiheutuvat voimat. Suunnitteluvaiheessa tehdään pienoismallikokeita tuuli- ja virtausvoimien selvittämiseksi. Voimat jaetaan yleensä seuraaviin komponentteihin: aluksen pituus- ja poikittaissuuntaiseen voimaan sekä alusta pysty akselin suhteen kääntävään momenttiin. Mooring-järjestelmän pitää kumota edellä mainitut voimat, joko ankkurin pidolla tai kiinnityslaitteilla. (Kosola 2000, 42-1,42-2.)

Mooring-laitteiston mitoituksen tärkeimmät perusteet tulevat luokituslaitosten suunnittelukriteereistä, viranomaisten ja organisaatioiden, kuten OCIMF, suunnitteluohjeistoista sekä kanavareittien vaatimuksista. Alusten vähimmäisvarustus ankkuroinnin ja kiinnityksen osalta määräytyy luokituslaitoksen varustelunumeron mukaan, joka on tarkoitettu hetkelliseen ankkurointiin rauhallisissa oloissa. Varustelunumero kertoo ankkurien määrän ja massan, kettingin laadun, paksuuden ja vähimmäispituuden, ankkurivinssin nostokyvyn sekä vajereiden suositellut vähimmäispituudet ja murtorajat. Tämä varustus ei ole riittävä pitempiä aikaiseen kiinnitykseen vaikeissa oloissa tai avomerellä. (Kosola 2000, 42-2-42-4; DNV, Hull equipment and safety, Section 3, January 2014.)

Laskentakaava varustelunumerolle on tärkeimmillä luokituslaitoksilla lähes sama. Varustelunumeron (EN) laskentakaava (Det Norske Veritas Classification AS, January 2014):

$$EN = \Delta^{2/3} + 2 * B * H + 0,1 * A$$

$\Delta$  = aluksen mallattu uppouma (tonnia)

B = suurin mallattu leveys

H = tehollinen korkeus, kesälastiviivalta ylimmän kansirakennuksen kannen yläreunaan, laskettuna seuraavasti  $H = a + \sum h_i$ .

a = korkeus kesälastiviivalta yläkanteen, keskilaivassa sivulla (m)

$h_i$  = kansikorkeudet kansirakennuksen kansille, joiden leveys suurempi kuin B/4 (m)

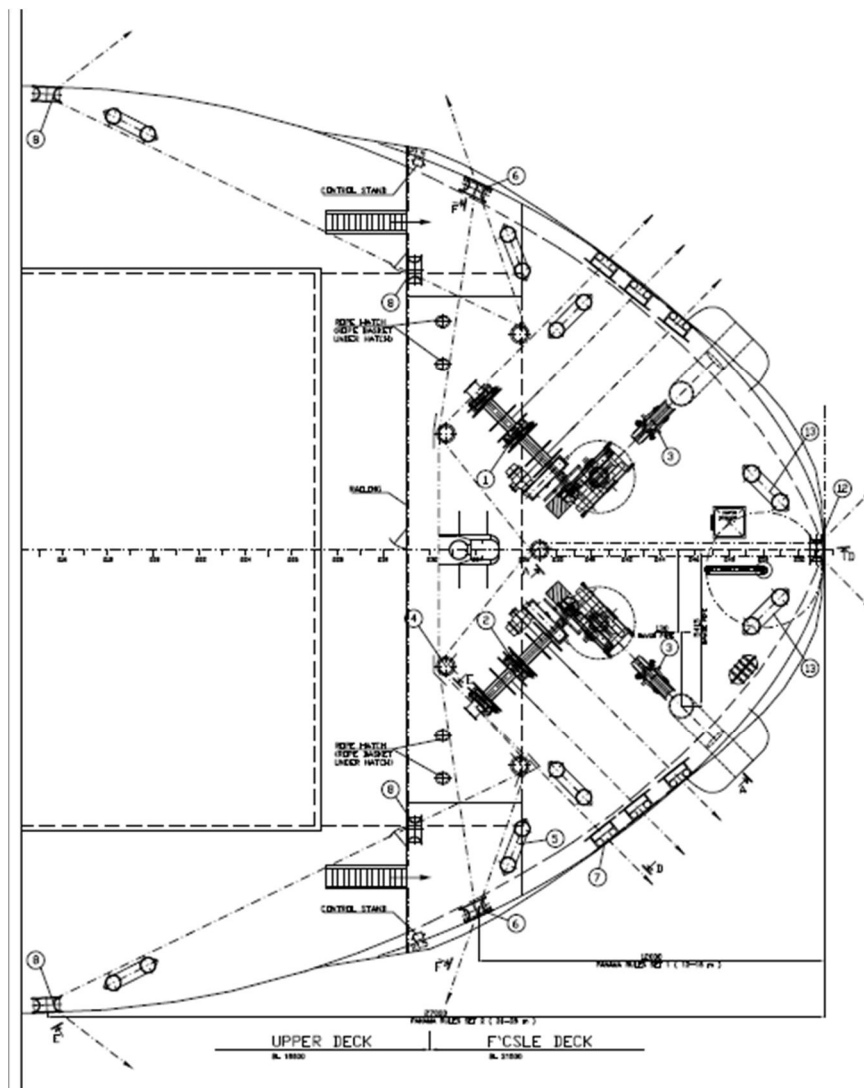
A = aluksen sivupinta-ala, kesälastiviivan yläpuolella, aluksen pituuden L sisäpuolelle jäävällä osalla; yli B/4 leveyden omaavat kansirakennuksen osat huomioitava (m<sup>2</sup>)

OCIMF:n säännöt vaativat lisäksi järjestelmät mitoitettavan seuraaviin olosuhteisiin: tuulen nopeus 60 solmua (n30m/s)(30 sekunnin aikana keskimääräinen nopeus), veden virtausnopeus 3 solmua aluksen perästä tai keulasta tai veden virtausnopeus 2 solmua aluksen pitkittäissuunnasta 10 astetta, perästä tai keulasta tai veden virtausnopeus 0,75 solmua, suunnasta joka antaa suurimman sivuvoiman.

Jos aluksen on tarkoitus operoida vaikeilla merialueilla tai on odotettavissa, että alus pitää ankkuroida pidemmiksi ajoiksi avomerelle, on tämä otettava suunnittelussa huomioon. Toisin sanoen todellinen kiinnityslaitteistojen tarve määräytyy aluksen operoinnin mukaan. Myös satamilla ja öljyterminaaleilla sekä kanavareiteillä on omaa vaatimuksia mooring-järjestelmille. Panaman kanavareitti vaatii sekä keulaan että perään omia pollareita ja silmäkkeitä vaijereille, joilla alusta hinataan sulussa eteenpäin. St. Lawrence-reitti vaatii oman hyväksynnän mooring-laitteille, ja mikäli alus on yli 350 jalkaa (170 m) pitkä, vaaditaan varusteina yksi peräänankkuri. Tämän lisäksi vinsseille ja kiinnitysköysille on omat vaatimukset (Kosola 2000, 42-2,42-3; DNV, Hull equipment and safety, Section 3, January 2014).

## 2.2 Mooring-kansien järjestely

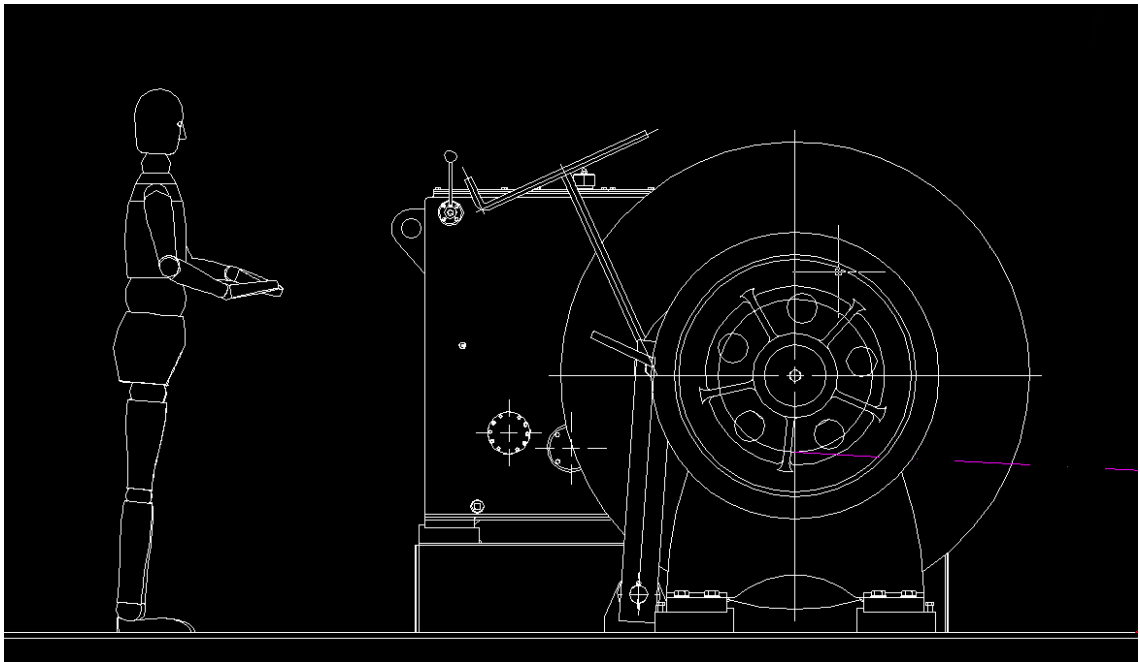
Keulan ja perän mooring-kansien järjestely tulee suunnitella siten, että toiminta kansilla on turvallista ja tehokasta ja että alus saadaan kiinnitettyä tuuli- ja virtausvoimista johtuvaa pituus- ja poikittaissuuntaista liikettä vastaan. (Kuva 1) Keulan vintturit ovat useimmiten yhdistettyjä ankkuri- ja kiinnitysvinttureita (Alanko 2011, XVI-6-XVI-7; Kosola 2000, 42-5).



Kuva 2. Keulan mooringkannen järjestely (Delta Marin).

### 2.3 Vaikutus rakennesuunniteluun

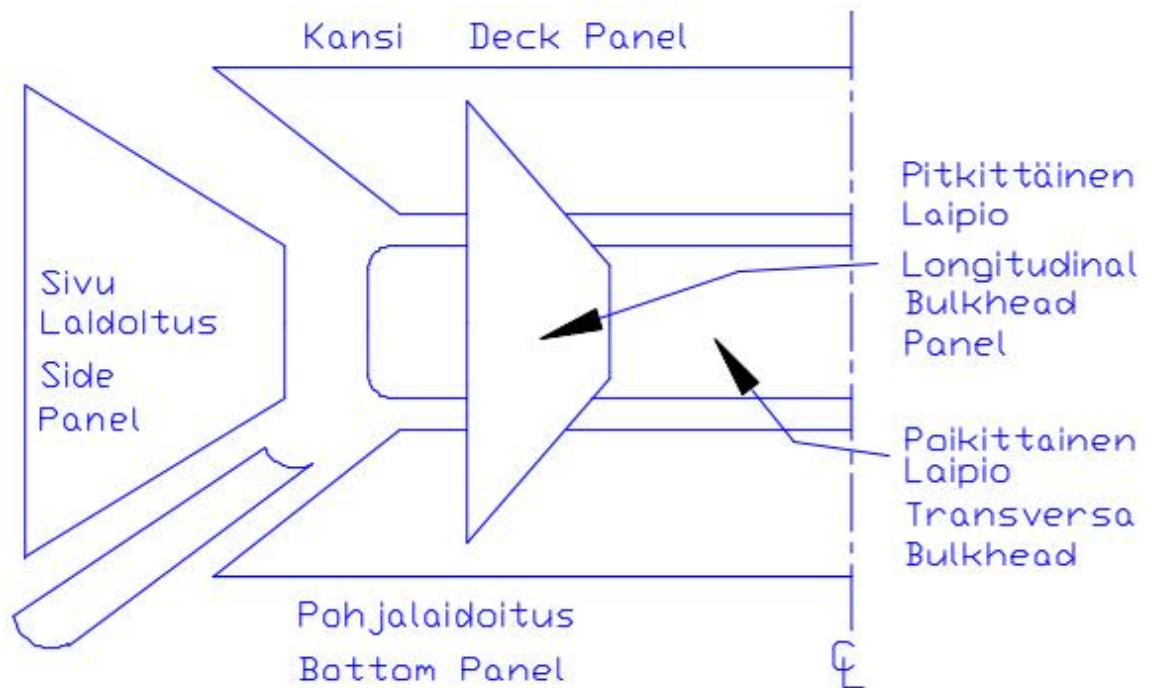
Ankkuri- ja kiinnitysvintturit ovat isoja laitteita, kuten kuvassa 3 on esitetty, ja niiden omista massoista välittyvät suuret paikalliset kuormat alapuolisiin rakenteisiin, joten näiden sekä ympäröivien runkorakenteiden suunnittelu tulee tehdä erityisen huolellisesti (Kosola 2000, 42-5). Rakenne tulee mitoittaa siten, että se kestää laitteiden omista massoista johtuvat voimat ja kiinnityksestä ja ankkuroinnista välittyvät voimat. Rakenne suunnitellaan kuitenkin mahdollisimman kevyeksi, että laivan kokonaismassa ja rakennuskustannukset saadaan niin pieneksi kuin mahdollista.



Kuva 3. Havainnekuva kiinnitysvintturin koosta. (Deltamarin)

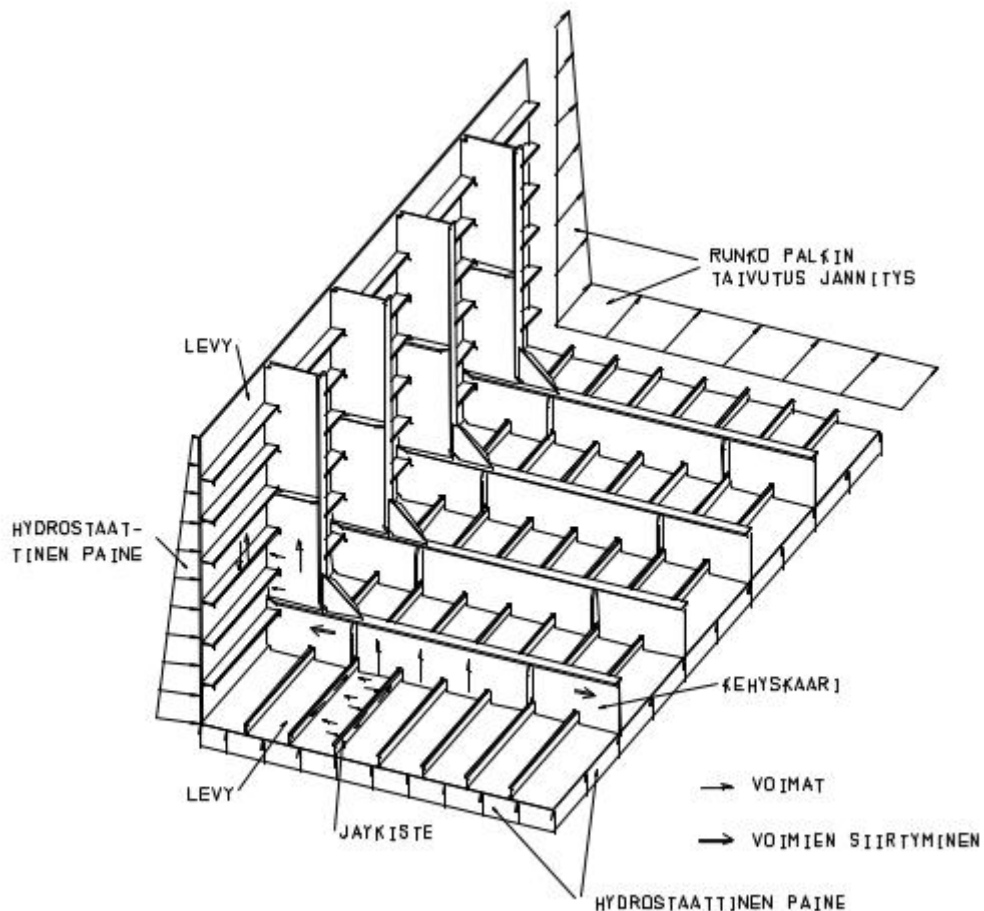
Luokituslaitosten säännöt määräävät laivan runkorakenteiden suunnitteluperusteet, kuormitukset, jotka rakenteiden on kestettävä, ja rakenteiden mitoituksen. Myös mooring-laitteiden perustusten ja tukirakenteiden kuormitukset tulevat luokituslaitosten vaatimuksista (Markku Laaksosen haastattelu 7.11.2013). Laivan lujuuselementit jaetaan kolmeen eri luokkaan, primäärisiin, sekundaarisiin ja tertiäärisiin lujuuselementteihin. Laivan primäärisiä lujuuselementtejä ovat

(kuva 4) pohja- ja sivulaidoitukset, kannet sekä poikittaiset ja pitkittäiset laipiot. Nämä eivät yksin pysty kantamaan niihin kohdistuvia voimia, joten ne täytyy jäykistää sekundaarisilla lujuuselementeillä, joita ovat kaaret, jäykisteet ja jäykkääjät. Sekundaarisilla lujuuselementeillä jäykistetyt levyt ovat tertiäärisiä lujuuselementtejä. (Arkke 2000, 29-6.)



Kuva 4. Rungon primääriset lujuuselementit (Räisänen 2000, 29-6).

Kuvassa 5 on esitetty kuormiensiirtyminen tertiäärisessä lujuuselementissä.



Kuva 5. Rungon osat ja kuormien siirtyminen (Räisänen 2000, 29-07).

Keulan mooring-kannen suunnittelun lähtökohtana on varustelunumero. Varustelunumeron perusteella valitaan oikean kokoluokan ja varustelunumeron vaatimukset täyttävät laitteet. Kun sopivat laitteet on valittu, voidaan aloittaa kannenjärjestelyn ensimmäisen version suunnittelu. Yleensä tässä vaiheessa laitevalmistajasta ei ole tietoa (Turkka Nurmisen haastattelu 29.1.2014). Järjestelyn suunnittelussa mooring-kannen käytännöllisyys ja turvallisuus ovat avaintekijöitä. Järjestely tulee toteuttaa siten, että kannella liikkuminen on mahdollisimman helppoa ja laitteiden käyttö turvallista. Näin ollen vinssien sijoittaminen on ensimmäinen vaihe mooring-kannenjärjestelyn suunnittelussa. Yhdistettyjen kiinnitys- ja ankkurivinssien suuren koon takia niiden sijoittaminen tulee suunnitella huolellisesti, jotta kannelle jää tilaa muille varusteille, sekä turvallisille liikkumis-

väylille. Vinssin sijainti määrää luonnollisesti ketjulokeroiden paikat. Ketjulokerot pyritään sijoittamaan suoraan ketjurattaan alapuolelle tai mahdollisimman lähelle, jotta ketjun purkuputki ei tule liian suureen kulmaan, jolloin ketju kasaantuu ja purkautuu siististi. Ketjulokero mitoitetaan ketjulle sopivaksi, ettei ketju kasauduttuaan pääse kaatumaan lokerossa. Ketjustopparien sijoittamisessa tulee ottaa huomioon, että ketju kulkee luokituslaitoksen sääntöjen mukaisessa kulmassa vinssin kettinkipyörältä. Luokka vaatii, että kettinkipyörän hampaista vähintään viiden on oltava kokoajan kontaktissa kettinkiin. Ketjun hyppimisen estämiseksi, ketjustopparin ja vinssin etäisyys ei saa olla liian pitkä. Klyyssiputken kulma suunnitellaan riittävän jyrkäksi, jotta ankkuri lähtee heti laskemaan, kun ketjustoppari vapautetaan. Toinen klyyssiputken kulmaan vaikuttava asia on ankkuritaskun sijainti. Ankkuritasku tulee sijoittaa niin ylös, etteivät aallot ylety iskemään siihen. Klyyssiputkien päät, ankkuritaskut ja kaikki kohdat joihin ankkuriketju hankaa, ankkuria nostettaessa ja laskettaessa, tulee pyöristää tai varustaa rullaohjaimilla (Markku Laaksosen haastattelu 7.11.2013; DNV, Hull equipment and safety, Section 3, January 2014).

Ylösvedetyn ankkurin pitää sopia tiivisti ankkuritaskuun. Ankkuritaskut tulee sijoittaa siten, ettei ankkureita laskettaessa ankkuri kolhi laitoja tai bulbia. Ankkuritaskujen ja klyyssiputkien kohdalla laidoituslevyjen materiaalivahvuutta kasvatetaan ja laivan kaarirakenteita vahvistetaan. Näin varmistetaan klyyssiputken tukeva kiinnitys ja laidan kestävyys. Ankkuriketjulle on kolme eri laatua K1, K2 ja K3. Ketjun halkaisija ja pituus määräytyy varustelunumeron mukaan. Klyyssiputkiin on järjestettävä huuhtelumahdollisuus ketjuille ja ankkureille. Ketjustopparin ja sen kiinnitysten tulee kestää 80 % ketjun minimimurtovoimasta ilman pysyviä muodonmuutoksia. Luokituslaitos antaa ankkurivinsseille minimivaatimukset normaali- ja maksiminostovoimalle sekä keskimääräiselle nostonopeudelle, riippuen ketjun laadusta ja koosta. DNV mukaan keskimääräinen nostonopeus tulee olla 9 m/min, normaalinnostovoiman suuruus saadaan kaavasta  $F = k * d_c^2$ , jossa k on ketjunlaadusta riippuva kerroin k=36,8-46,6 ja  $d_c$ =ketjun paksuus (mm). Maksiminostovoima saadaan kaavasta  $F_h = 1,5 * F$ . Ketjulokeron mittojen ja muotojen tulee olla ketjulle sopivat. Ketju ei saa kasauduttuaan lokeroon kaatua, jotta se taas purkautuu siististi ja jouhevasti. Jokaiselle ketjulle

tulee olla oma lokero ja ne tulee erottaa toisistaan vesitiiviillä laipioilla. Ankkuriketju tulee kiinnittää vapaasta päästään ketjulokeroon. Tämän kiinnityksen tulee kestää vähintään 15 %, mutta ei kuitenkaan yli 30 %, ketjun minimimurtovoimasta. Hätätilanteessa ketjun kiinnitys tulee olla irrotettavissa ketjulokeron ulkopuolelta (DNV, Hull equipment and safety, Section 3, January 2014).

Projektin alussa mooring-järjestelmästä tarvittavat ja saatavilla olevat tiedot ovat melko suppeat. Projektivaiheessa tarvitaan vain hinta, paino ja karkea mittakuva (Alanko 2011, XVI-6). Perussuunnittelun alkuvaiheessa, suunnittelutoimisto saa tilaajan hyväksymän listan mahdollisista laitevalmistajista. Tämän listan ja varustelunumeron pohjalta aletaan tehdä ensimmäisiä perussuunnitteluvaiheen järjestelykuvia. Aluksen rakentavalle telakalle ehdotetaan suunnitelmien mukaista laitevalmistajaa. Tavallisesti laitevalmistaja lyödään lopullisesti lukkoon vasta perussuunnitteluvaiheen loppuvaiheessa. Mikäli laitevalmistaja muuttuu saattaa koko mooring-kansienjärjestely muuttua ja tällöin runkosuunnittelu tulee myös muuttua uuden järjestelyn mukaiseksi (Markku Laaksosen haastattelu 7.11.2013).

Esimerkkitapauksessa (Liite 1) vinssin kettinkipyörän puolisuus on muuttunut alkuperäisestä suunnitelmasta. Tällöin vinssejä on täytynyt siirtää taaksepäin ja niiden kulmaa laivan keskilinjaan nähden muuttaa. Vinssien kulman muuttuessa köysilinjat ovat siirtyneet ja pollarit on pitänyt järjestää uudelleen niiden mukaan. Turvalliset kulkuväylät ja asianmukaiset työskentelytilat tulee varmistaa uudessa järjestelyssä. Rungon osalta paikalliset vahvistusrakenteet kannen alla ja perustusrakenteet on pitänyt siirtää vinssien ja pollarien kohdalle. Mikäli vinssien paikka siirtyy tarpeeksi, tulee ketjulokeroiden siirto myös kyseeseen, ja tällöin keulan rakenne muuttuu myös alempien kansien osalta (Markku Laaksosen haastattelu 7.11.2013).

## 2.4 Mooringkannen jäykistys ja laitteiden asennus

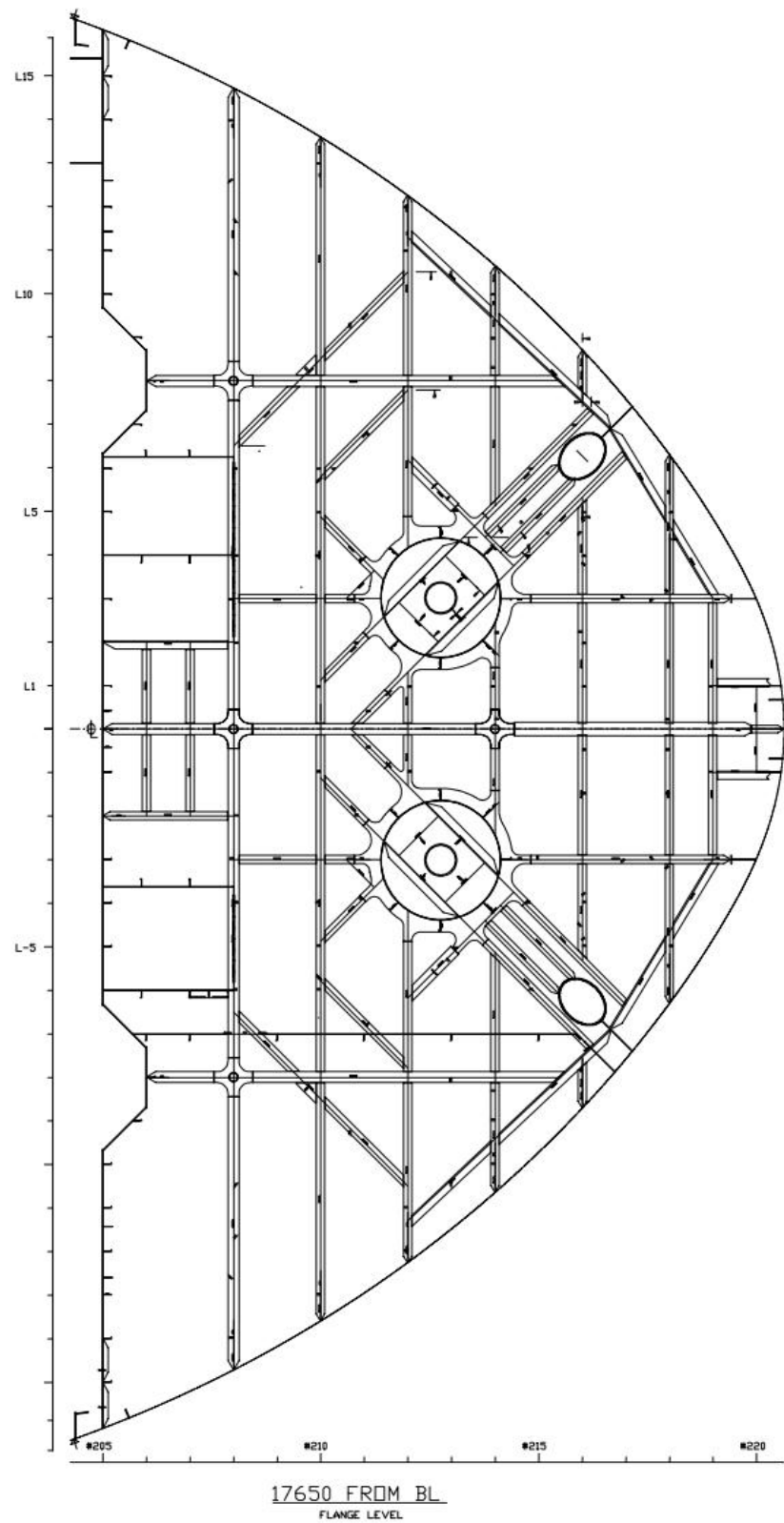
Moorinkansi jäykistetään muiden kansien tavoin normaaleilla kansijäykisteillä. Mooringlaitteiden massat ja laitteiden käytöstä aiheutuva voimat vaativat kui-

tenkin tavallisten jäykisteiden lisäksi vahvempia paikallisia rakenteita, jotta runkorakenne kestää suuret rasitukset. Tällaisia paikallisia rakenteita ovat muun muassa T- ja L-palkit sekä erilaiset polviot (katso kuvat 6 ja 7). Kannen ainevahvuus vaikuttaa myös paljon tarvittavien tukirakenteiden kokoon, laatuun ja ainevahvuuteen.

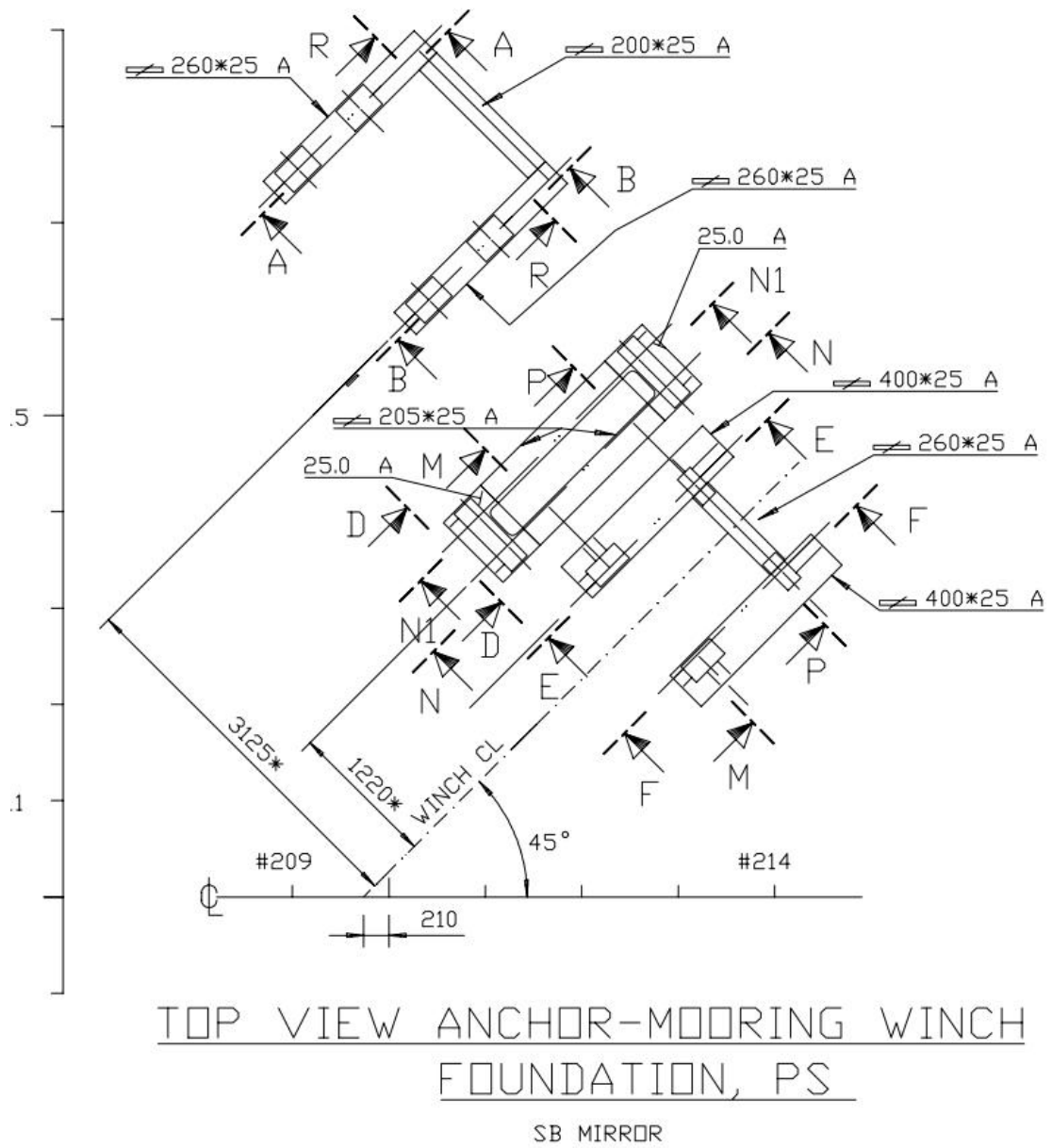
Tyypillisesti vinsseille suunnitellaan laivan kanteen hitsattavat perustukset, joihin vinssit pultataan kiinni, kuten kuvissa 8-11. Perustusten alle tulee rakenteet, jotka jakavat suuret paikalliset voimat tasaisesti ympäröiviin runkorakenteisiin. Perustusrakenteet ovat luokitettavaa rakennetta ja niistä tehdään omat luokituskuvat. Perustukset suunnitellaan vinssinvalmistajan laitetietojen mukaan siten, että vinssien omat kiinnityskohdat osuvat perustusten kanssa. Tavallisin kiinnitystapa laitteille on pultata ne kiinni perustuksiin. Joskus perustukset suunnitellaan siten, että laitteet hitsataan niihin kiinni. Jos laitteiden oma rakenne ja koko sallii, voidaan ne kiinnittää myös suoraan kanteen. Tällaisessa tilanteessa levynpaksuutta kasvatetaan juuri mooring-vinssien kohdalla, jolloin paikallisten tukirakenteiden koko saadaan järkeväksi ja rakenne muutenkin optimaaliseksi. Tällaisissakaan tilanteissa ei kuitenkaan puhuta sellaisista levynpaksuuksista, jotka kantaisivat mooring-laitteet ilman paikallisia tukirakenteita. Käytännössä kansi siis vaatii aina vahvistukset mooring-laitteiden alle. (Markku Laaksosen haastattelu 7.11.2013) Osa valmistajista, esimerkiksi Hatlapa, tarjoaa laitteilleen moduuliratkaisua, jossa laitteet on valmiiksi kiinnitettyinä moduuliin, joka kiinnitetään kannen rakenteisiin. Moduuliratkaisun etuina mainitaan muun muassa helppo- ja nopea asennus, joustavampi suunnittelu perustuksille ja alhaiset vaatimukset perustusten tarkkuudelle (HATLAPA, 2014).

Perustusten suunnittelussa tulee huomioida rakenteiden sekä laitteiden kunnossapito. Eli laitteiden asennus on oltava mahdollisimman vaivatonta ja perustuksiin ei saa jäädä alueita joihin ei ole pääsyä (Markku Laaksosen haastattelu 7.11.2013).

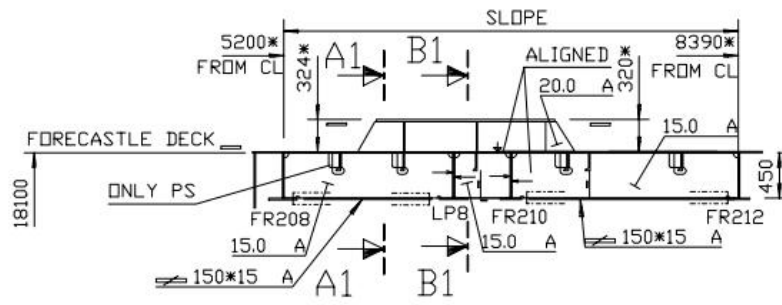




Kuva 7. Kuvan 6 alapuolisten rakenteiden laippalinja (Deltamarin).

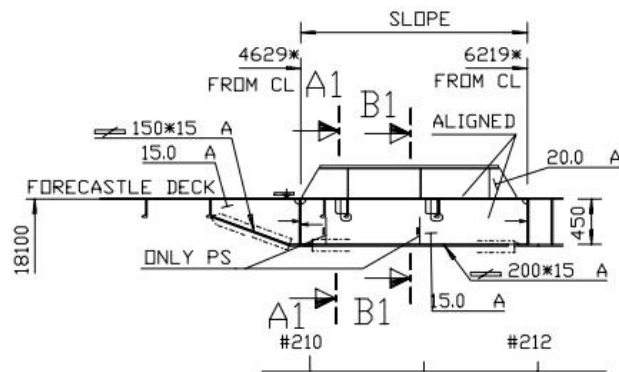


Kuva 8. Kannen yläpuoliset vinssin perustukset ylhäältäpäin kuvattuna (Delta-  
marin)



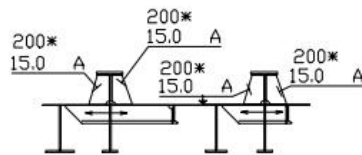
SECTION A-A, PS

SB MIRROR



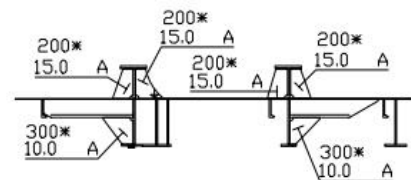
SECTION B-B, PS

SB MIRROR



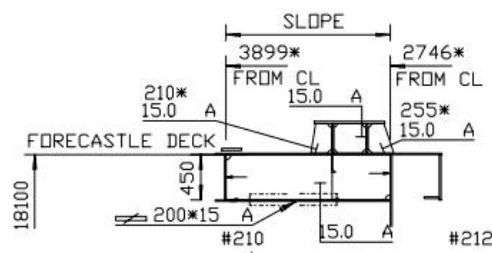
SECTION A1-A1, PS

SB MIRROR



SECTION B1-B1, PS

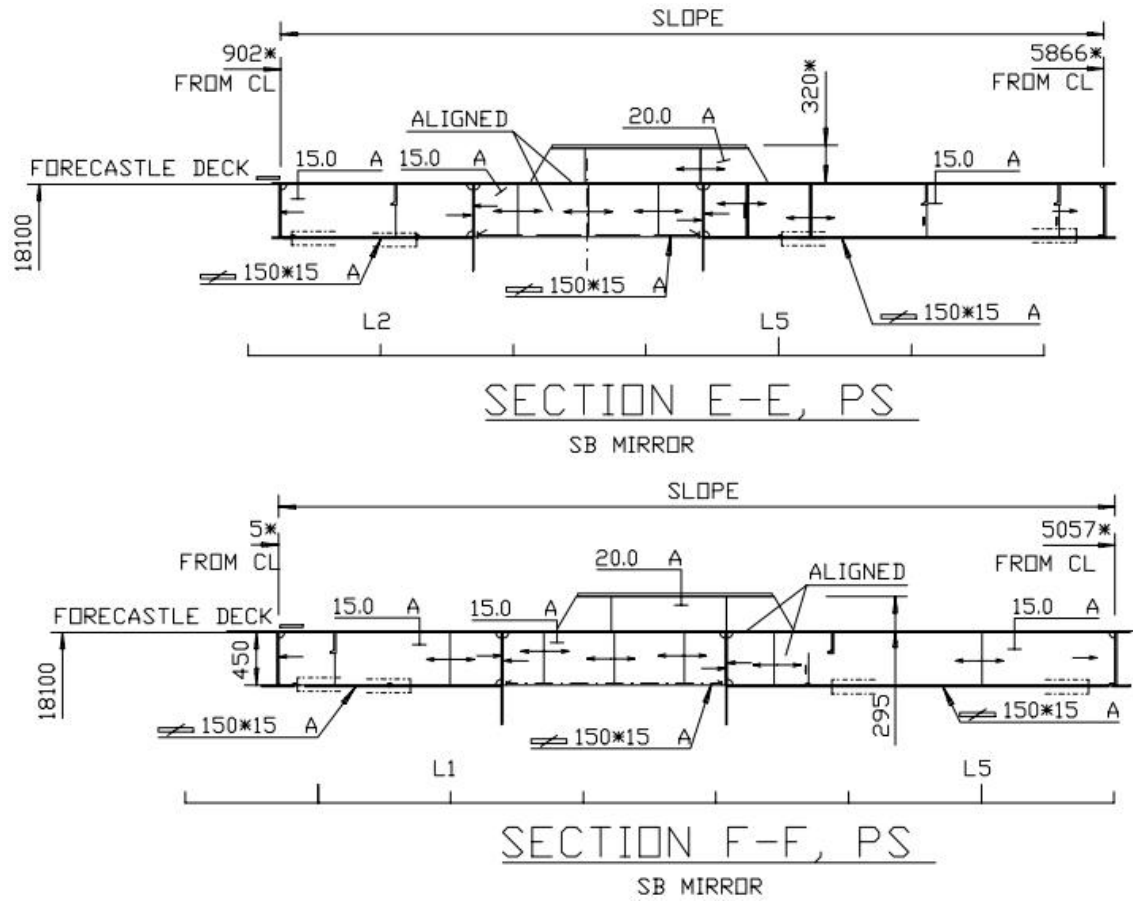
SB MIRROR



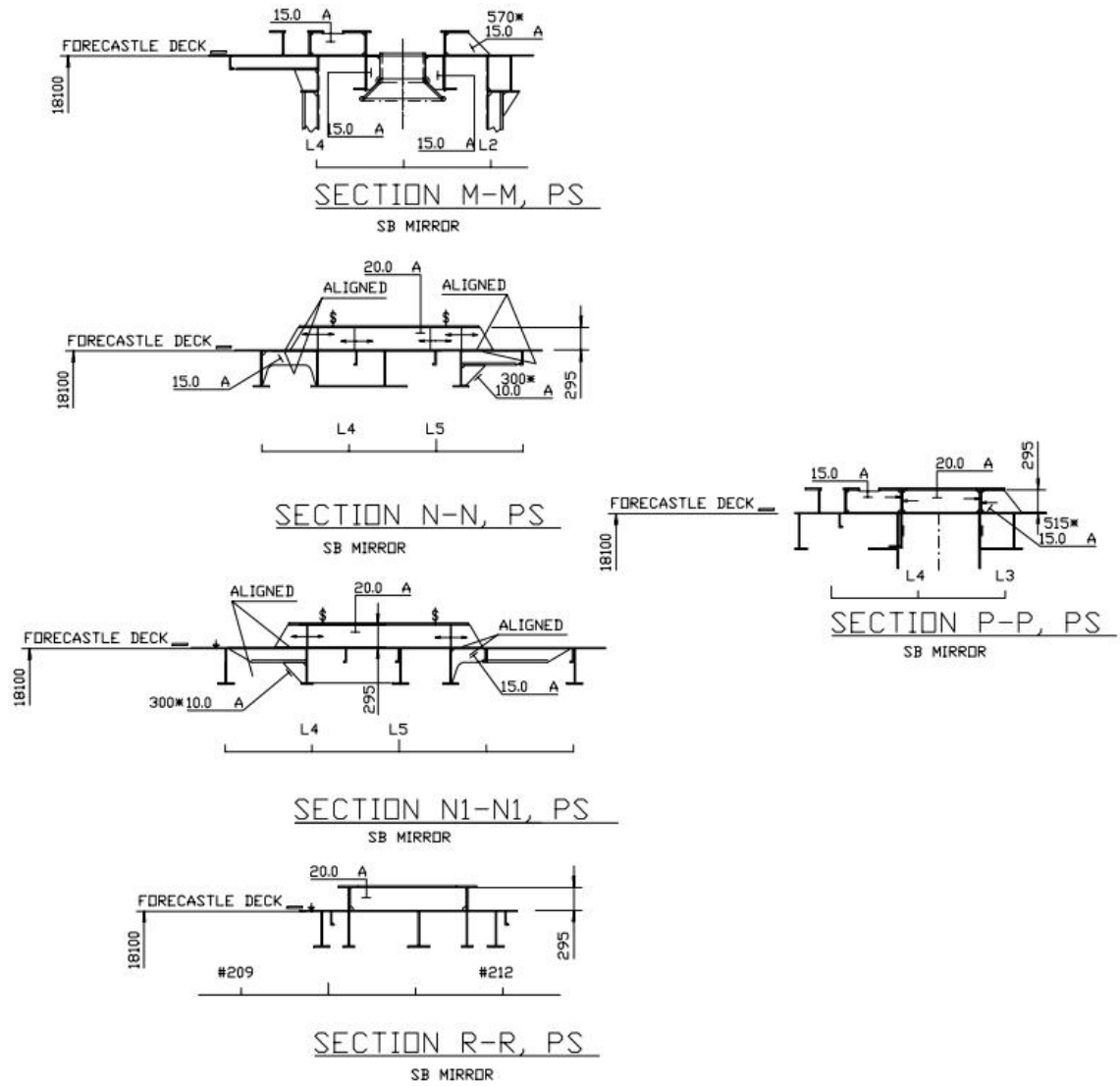
SECTION D-D, PS

SB MIRROR

Kuva 9. Leikkaukset vinssin perustuksista kts. Kuva 8. (Deltamarin)



Kuva 10. Leikkaukset vinssin perustuksista kts. Kuva 8. (Deltamarin)



Kuva 11. Leikkaukset vinssin perustuksista kts. Kuva 8. (Deltamarin)

## 3 RATKAISUJEN POHDINTA

### 3.1 Standardi mooring-kansi

Paras ja suunnittelijan kannalta helpoin ja nopein vaihtoehto olisi standardoitu rakenne keulan mooring-kannen alueen järjestelylle ja rakenteille. Keulan mooring-kannen rakenteen standardointi ei kuitenkaan ole yksinkertainen ongelma. Mooring-kannen laitteet ovat niin sidottuja toisiinsa, että jos tapahtuu pienikin muutos jossain, yleensä koko pakka liikahtaa. Tähän opinnäytetyöhön tehdyn tutkimuksen ja perehtymisen pohjalta voi olettaa, että täysin laitetoimittajasta riippumatonta standardijärjestelyä ja siihen sopivaa standardirakennetta on mahdoton kehittää. Ongelman ydin on juuri järjestelyn herkkyydessä, perustukset voidaan suunnitella lähes standardin mukaan ja näin pitkälti nykyään jo onkin. Perustukset muuttuvat vain hieman laitteiden koon ja rakenteen mukaan, mutta perusratkaisu, kuormitusten ja varustelunumeron määräämien vaatimusten ollessa samat, pysyy pitkälti samankaltaisena. Tällöin mallinnusohjelmalla suunnittelua tehdessä, tulee ottaa huomioon, että mikäli laitteita tullaan siirtämään, on perustusten siirto mallissa mahdollisimman helppoa ja yksinkertaista. Tällä tavalla suunniteltujen rakenteiden siirtäminen ei vaadi uutta mallinnusta ja aikaa säästyy. Laittevalmistajien moduuliratkaisuvaihtoehtojen käyttö varmasti lisääisi mahdollisuutta kehittää edelleen tyypillinen perusratkaisu laitteiden perusrakenteille, joka ei olisi kovin riippuvainen valmistajasta. Tällaisia rakenteita olisi tarpeen vaatiessa varmasti helpompi sijoittaa uudelleen.

### 3.2 Suunnittelun uusi aikataulutus

Koska tilaaja ja aluksen rakentava telakka yleensä vahvistavat laitetoimittajan vasta perussuunnitteluvaiheen loppupuolella voivat suunnittelutyöhön, sekä järjestelyn että runkosuunnittelun osalta, käytetyt tunnit moninkertaistua. Käytettyjen työtuntien kannalta mooring-kannen järjestelyn suunnittelun tekeminen kannattaisi aloittaa vasta laitetoimittajan varmistuttua. Rungon keularakenteen osal-

ta tämä kuitenkin aiheuttaisi viivästystä, koska mooring-kannen järjestely on keulan rakenteen suunnittelumateriaalia. Esimerkiksi ketjulokerot tulevat niin pitkälle mooring-kannen alle, että niiden sijainnit ovat runkosuunnittelijalle tärkeää tietoa. Näin ollen keulan runkosuunnittelukin tulisi aloittaa vasta perussuunnittelun loppuvaiheessa.

Suunnittelumateriaalin luovutus tilaajalle suoritetaan erissä. Jokaisen erän sisältö on ennalta määrätty ja yleensä keulan rakenteen materiaali pitää luovuttaa aiemmassa erässä, mitä mooring-rakenteet. Tästä johtuen runkosuunnittelu vaatii mooring-järjestelyä jo ennen kuin laitteet ovat varmistuneet. Jotta keulan suunnittelu ei aiheuttaisi painetta mooring-järjestelyn suhteen, tulisi projektin alussa sopia tilaajan kanssa suunnittelumateriaalin luovutus siten, että keulan rakenne ja mooring-kuvat ovat samassa erässä perussuunnittelun loppupuolella.

## 4 YHTEENVETO

Mooring-laitteiden vaikutus laivan runkosuunnittelun toteuttamiseen on suuri ja etenkin keulan alueella vinssit ja muut kiinnityslaitteet ovat ratkaisevassa asemassa rungon rakennesuunnittelun toteuttamiseen.

Tässä työssä on tutustuttu laivan mooring-laitteisiin ja mooring-kannen järjestylyyn yleisellä tasolla ja tutkittu niiden vaikutusta laivan runkorakenteisiin ja runkosuunnitteluun. Työn perusteella saa peruskäsityksen mooring-kannen järjestylystä sekä mooring-laitteista ja niiden asennuksesta. Myös mooring-laitteiden huomioiminen rungon vahvistamisessa tulee tutummaksi.

Opinnäytetyön tutkimusosa suoritettiin tutustumalla alan kirjallisuuteen, luokituslaitos Det Norske Veritaksen luokitusääntöihin, haastatteleamalla Deltamarinin varusteluosaston asiantuntijoita sekä tutustumalla Deltamarinin aikaisempiin projekteihin. Koska en käytännössä omannut minkäänlaista kokemusta laivan mooring-laitteista, tuli haastattelut todella tarpeellisiksi tutkimuksen etenemisen kannalta.

Työssä tutkittiin mahdollisuutta keulan rakenteen standardoimiseen siten, ettei se olisi riippuvainen mooring-laitteista. Työn edetessä huomattiin, että standardirakenteen kehittäminen olisi erittäin hankalaa ja täysin laitteista riippumatonta rakennetta voisi olla mahdotonta kehittää.

Ratkaisuksi alkuperäiseen ongelmaan esitettiin projektin uudenlaista aikataulusta ja mooring- ja keulansuunnittelun yhtenäistämistä perussuunnittelun loppuvaiheeseen.

## LÄHTEET

Alanko, J. 2011, Laivan yleissuunnittelu. 3. Painos. Turku: Multiprint Oy

Arkke, P. 2000, Laivatekniikka modernin laivanrakennuksen käsikirja, toim. Räisänen, P. 2., korjattu painos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino

Deltamarin, projektimateriaali

DNV 2013, Hull Equipment and Safety, section. 3

Hatlapa. Viitattu 25.1.2014 <http://www.hatlapa.de/products/deck-machinery/15/anchor-mooring-winch/EN/>

Kosola, P. 2000, Laivatekniikka modernin laivanrakennuksen käsikirja, toim. Räisänen, P. 2., korjattu painos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino

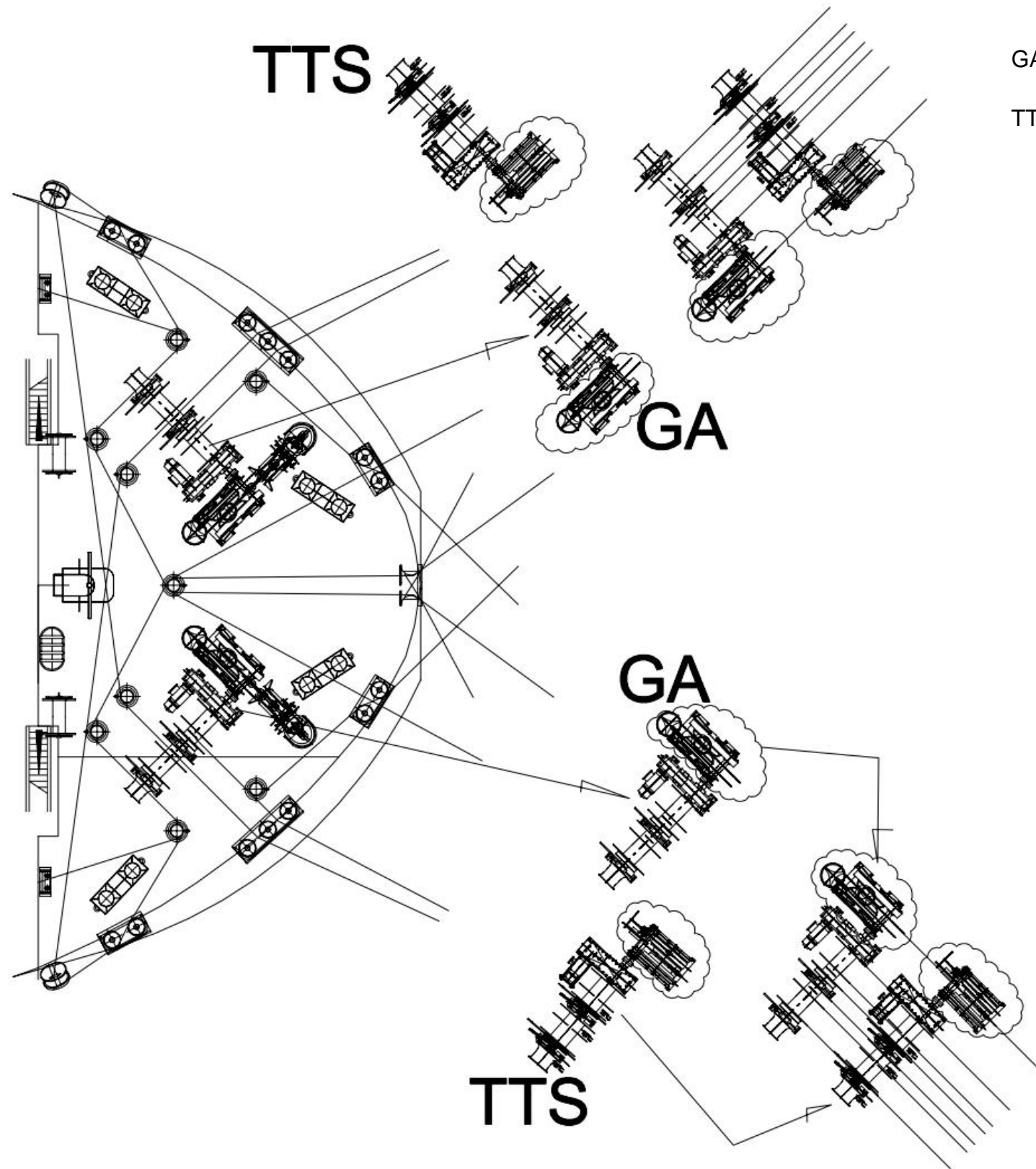
Rolls Royce, Deck machinery for merchant vessels. Viitattu 22.1.2014.

[http://www.rolls-royce.com/marine/products/deck\\_machinery/dm\\_merchant/index.jsp](http://www.rolls-royce.com/marine/products/deck_machinery/dm_merchant/index.jsp)

Rolls Royce, Deck machinery for merchant vessels. Viitattu 30.1.2014

[http://www.rolls-royce.com/marine/products/deck\\_machinery/dm\\_merchant/](http://www.rolls-royce.com/marine/products/deck_machinery/dm_merchant/)

Liite 1



GA= Alkuperäisen layoutin mukainen laite

TTS= Perussuunnittelun loppupuolella vahvistettu käytettävä laite