

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

METES12

2017

Ekim Valenius

# ERITTELY LAIVAN PAINON HALLINNAN TIETOKANTAA VARTEN

Ekim Valenius

## ERITTELY LAIVAN PAINON HALLINNAN TIETOKANTAA VARTEN

Tämän työn tarkoitus on eritellä laivan painon hallinnassa käytettävän tietokannan sisältöä ja vaatimuksia. Työssä selvitetään yleisesti laivan painon muodostumista ja jakautumista sekä painon hallintaa ja tämän merkitystä. Lisäksi työssä kartoitetaan sekä tiedon jakamisen ja tallentamisen periaatteita suunnittelutoimiston sisäisessä toiminnassa. Tämä työ on tehty toimeksiantona insinööri- ja konsulttiyritys Elomatic Oy:lle.

Painon arviointi ja laskeminen ovat keskeinen osa laivan suunnittelutyötä. Tietokannan hyödyntäminen tehostaa painon hallintaa. Painon lisäksi tietokantaan voidaan lisätä muutakin tietoa, jolloin sitä voi hyödyntää kaikissa suunnittelun eri osa-alueissa. Tietoa keräämällä pystytään myös tekemään data-analyysia, joiden pohjalta voidaan kehittää uusia toimintatapoja tai ratkaisuja.

Työssä on kokonaisvaltaisesti kartoitettu sitä, minkälainen tieto on keskeistä eri suunnitteludisipiineille sekä miten sitä tuotetaan, jaetaan ja tallennetaan. Työn tuloksia hyödyntäen voidaan ryhtyä luomaan ja käyttöönottamaan varsinaista tietokantaa.

Työssä on käytetty alan kirjallisuutta sekä asiantuntijahaastatteluja. Haastateltaviksi on valittu suunnittelijoita eri suunnitteludisipiineistä mahdollisimman monipuolisen kuvan saavuttamiseksi.

### ASIASANAT:

Laivanrakennus, painonhallinta, tietokanta,

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Marine Technology

2017 | 34

Ekim Valenius

# STUDY OF CONTENTS AND FEATURES OF DATABASE FOR WEIGHT MANAGEMENT OF SHIPS

The purpose of this thesis was to study the contents and features of a database for weight management of ships. This thesis also includes an overview of a composition of the weight of the ship and how to manage it. Additionally, the means of sharing and saving information in an engineering and consulting office are presented in this study. This thesis was commissioned by an engineering and consulting company Elomatic Oy.

The estimation and calculation of the weight is an essential part of designing a ship. The use of a database allows the weight management to become more efficient. Additionally it is possible to gather other information to the database as well, which makes the database useful for different sectors of the ship design. Collecting data also enables to make a data analysis which allows the improvement of procedures and solutions.

The sources for the information presented in this study are from literature and interviews. The experts for the interviews have been selected from various disciplines in order to form a diverse overview.

## KEYWORDS:

Shipbuilding, weight management, database

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 LAIVAN PAINO</b>	<b>8</b>
2.1 Muodostuminen	8
2.2 Jakautuminen	9
2.3 Arviointi ja hallinta	11
2.3.1 Reservi	12
2.3.2 Miksi painonhallinta on keskeistä	13
<b>3 PAINONHALLINNAN TIETOKANTA</b>	<b>15</b>
3.1 Tietokannan rakenne	15
3.2 Tietokannan tarve	16
<b>4 HAASTATTELUT</b>	<b>18</b>
4.1 Haastattelujen tarkoitus	18
4.2 Tiedon välitys ja tallentaminen	18
4.3 Disipliinit	19
4.3.1 HVAC	20
4.3.2 Cabins & Interior	20
4.3.3 Machinery	21
4.3.4 Hull	22
4.3.5 Deck	23
4.3.6 Electric	23
4.4 Painonlaskenta	24
<b>5 TIETOKANNAN SISÄLTÖ</b>	<b>26</b>
5.1 Tietokannan käyttö	26
5.2 Tietokannan painotieto	26
5.3 Tietokannan muu tieto	27
5.4 Hakuehdot ja attribuutit	28
<b>6 ESIMERKKI TIETOKANNAN TAULUSTA</b>	<b>29</b>
6.1 Taulun attribuutit	29

6.2 Tietueiden haku	30
6.3 Relaatiot	32
<b>7 YHTEENVETO</b>	<b>33</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>34</b>

## **KUVAT**

Kuva 1. Eri laivatyyppien uppouman jakautuminen (Varsta 2017,3).	8
Kuva 2. Painonlaskennan vaiheet (Varsta 2017, 4)	11
Kuva 3. Esimerkki relaatiotietokannan taulusta ( <a href="http://www.marinetraffic.com/">http://www.marinetraffic.com/</a> )	15
Kuva 4. Koordinaatiston nollakohdan sijainti	25
Kuva 5. Esimerkki keskipakopumpun taulun rakenteesta	29
Kuva 6. Esimerkki taulun sisällön tarkastelusta kyselytoimintoa hyödyntäen	30
Kuva 7. Esimerkki taulun sisällön rajauksesta ja järjestelystä	31
Kuva 8. Esimerkki relaatioista	32

## **TAULUKOT**

Taulukko 1. Disipliinien keräämä data	27
---------------------------------------	----

## KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Lyhenne	Lyhenteen selitys
$\Delta$	Uppouman paino
<i>W</i>	Kokonaispaino
<i>LW</i>	Omapaino (light ship)
<i>DW</i>	Kantavuus (dead weight)
IMO	International Maritime Organization, Kansainvälinen merenkulkujärjestö
Disipliini	Laivasuunnittelun eri osa-alueet, esim. sisustus tai runko
Relaatiotietokanta	Tietokanta, jonka toiminta perustuu tiedon jakamiseen tauluihin ja niiden väleille muodostettaviin yhteyksiin
GA	General Arrangement, laivan yleisjärjestely
SWL	Safe Working Load, turvallisesti nostettavan kuorman voima
Ro-Ro	alus, jossa lasti lastataan alukseen renkailla keula-, perä- tai sivuporteista
Id	tietojenkäsittelyssä käytettävä tunnistenumero (identifier)

# 1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on eritellä laivan suunnittelussa ja rakennuksessa käytettävän painotietokannan vaatimuksia ja käsitellä yleisesti laivan painon muodostumista, arvioimista ja hallintaa. Painonlaskennan onnistuminen vaikuttaa keskeisesti laivan ominaisuuksiin, suorituskykyyn ja kustannuksiin. Suunnittelun apuna käytettävä tietokanta nopeuttaa ja tehostaa painoa koskevan tiedon kokoamista ja käyttöä sekä helpottaa sen jakamista eri suunnittelijoiden ja suunnitteludisipliinien välillä. Koska laivanrakennuksessa ei varsinaisesti tehdä prototyypimalleja, painonlaskennan apuna käytetään referenssitietoja. Hyvä tietokanta mahdollistaa jo aikaisemmista projekteista kerättyjen tietojen hyödyntämisen sekä pohjatiedon lisäämisen tulevaisuuden projekteja varten.

Erittely on tehty vastaamaan suunnittelu- ja konsulttitoimiston käyttöön tulevaa painotietokantaa. Erittelyn tavoitteena on selvittää, mitä tietoa eri suunnitteludisipliinit tarvitsevat, miten tietoa tuotetaan, mitä tietoa jaetaan disipliinien sisällä ja välillä sekä miten tiedon jakaminen ja tallentaminen toteutuu suunnittelu- ja konsulttitoimiston sisäisesti ja ulkoisesti. Haastatteluista saatujen tietojen pohjalta hahmotellaan tietokannan rakennetta ja sisältöä. Lopuksi esimerkin avulla havainnollistetaan tietokannan taulujen rakennetta ja sisältöä.

Tämän työn lähteenä käytetään alan kirjallisuutta ja asiantuntijahaastatteluja. Haastateltaviksi asiantuntijoiksi valitaan suunnittelijoita eri osa-alueilta mahdollisimman monipuolisen näkemyksen saavuttamiseksi.

Tämän työn toimeksiantaja on Elomatic Oy. Elomatic on insinööri- ja konsulttipalveluita tarjoava kansainvälisesti toimiva suomalainen yritys. Elomatic tuottaa palveluita tuotanto-, prosessi-, energia- sekä meri- ja offshore-tekniikan aloille. Elomatic on kehittänyt yhden laiva- ja teollisuussuunnittelun markkinoiden johtavista 3D-suunnitteluohjelmistoista Cadmaticin. (Elomatic 2017.)

## 2 LAIVAN PAINO

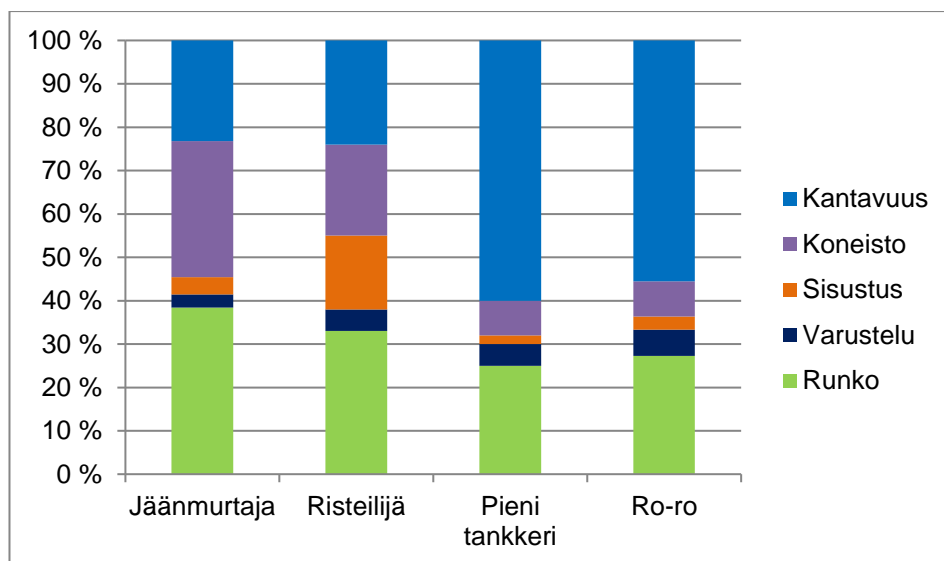
### 2.1 Muodostuminen

Arkhimedeen lain mukaan vedessä olevaan kappaleeseen kohdistuvan nosteen voima on yhtä suuri kuin kelluvan esineen syrjäyttämän veden paino.

$$\Delta = W = LW + DW$$

Tasapainoyhtälön mukaan laivan kokonaispaino on siis yhtä suuri kuin sen syrjäyttämän vesimassan paino eli uppouman noste. Laivan kokonaispaino muodostuu omapainosta LW (lightweight) ja kantavuudesta DW (dead weight). Kantavuuden suhteellinen osuus koko uppouman painosta riippuu alustyyppistä ja käyttötarkoituksesta, esimerkiksi rahtialuksien tarkoitus on kuljettaa mahdollisimman paljon lastia, joten suuri osa niiden painosta koostuu kantavuudesta. Matkustaja-aluksien ensisijainen tehtävä on kuljettaa ihmisiä eli ne eivät tarvitse suhteessa yhtä paljon kantavuutta.

Kantavuus on laivan tuottava osa painosta, joten mitä pienempi kantavuuden osuus uppouman painosta on, sitä tärkeämpää laskelmien onnistuminen on. Jo valmiiksi pienen kantavuuden väheneminen kohonneen omapainon takia vaikuttaa merkittävämmiin aluksen tuottavuuteen. Varsta (2017, 3) on havainnollistanut eri laivatyypeissä nähtäviä eroja eri osa-alueiden osuuksista kokonaispainossa (kuva 1).



Kuva 1. Eri laivatyyppien uppouman jakautuminen (Varsta 2017,3).

Myös omapainon koostumus vaihtelee laivatyypeittäin. Rungon paino on jokaisella laivatyyppillä isoin osuus laivan omapainosta. Isoimmat vaihtelut painon jakautumisessa eri laivatyyppien välillä muodostuvat koneiston ja sisustuksen osuudesta kokonaispainossa. Matkustajalaivoissa sisustusvarustelun osuus painosta on suuri ja sisustuksen painon koostumus on monimutkainen, jolloin painon laskeminen on myös työläämpää. Rahtialuksissa sisustuksen osuus on hyvin pieni, koska matkustajia ei ole ja suurtakin rahtialusta voidaan operoida suhteellisen pienellä miehistöllä, jolloin sisustettua tilaa ei tarvita niin paljoa.

Omapainon on arvioitu kasvavan laivan eliniän aikana, jolloin kantavuuden osuus kokonaispainosta pienentyy. Kantavuuden osuus voi vähentyä 5 ‰ laivan ensimmäisen viiden vuoden aikana, jonka jälkeen se vähenee noin 0,5 ‰ vuodessa. Omapainon kasvu johtuu uusista maalikerroksista, varaosien lisäämisestä, teräsosien korroosiosta ja tankkeihin kertyvistä nesteiden jättämistä jäämistä. (Papanikolaou 2014, 239.)

## 2.2 Jakautuminen

Laivan kantavuus koostuu miehistön, polttoaineen sekä lastin painosta ja omapaino rungon, varustelun, koneiston ja sisustuksen painosta. Omapainon ja kantavuuden välinen jako voi olla haasteellinen toteuttaa, sillä kallistuskokeessa laiva tulee tyhjentää kaikesta kantavuuteen kuuluvasta. Siksi laivan omapainoon voidaan sisällyttää myös esimerkiksi varaosia, pienempien tankkien kapasiteetteja tai kiinteätä painolastia. Kantavuuteen voidaan laskea mukaan uima-altaiden vesi, painolasti ja muonavarasto. Varustelun osuus painosta on kasvanut vuosien myötä johtuen laadukkaammasta matkustajien ja miehistön majoituksesta. Vaikka laitteiden painot ovat ajan myötä keventyneet, se ei riitä kompensoimaan niiden kasvaneen määrän aiheuttamaa painonlisäystä. (Papanikolaou 2014, 214.)

Painon muodostumista on helpompi hallita ja arvioida jakamalla painoa päälitteroihin, jotka taas jaetaan pienempiin alalitteroihin. Litterajärjestelmiä on useita, mutta kaikki toimivat saman periaatteen mukaisesti. (Vauhkonen 2012, 6) Koska eri telakat, valtiot ja yritykset käyttävät eri litterajärjestelmiä, eri järjestelmää käyttäviltä tahoilta saatuihin painotietoihin on suhtauduttava varauksella. Referenssitietoa ei voida suoraan käyttää, ellei se ole projektista, jossa on käytetty samanlaista litterointia. (Räisänen 2000, 5–3.)

Alla on esitelty erilaisia litterointisysteemejä. Päälitterat on nimetty osittain samankaltaisesti mutta niiden sisällöt voivat vaihdella.

- 100. Runko
- 200. Propulsio
- 300. Sähkö
- 400. Komento ja valvonta
- 500. Apukoneisto
- 600. Varustelu ja sisustus
- 700. Aseistus

SWBS (Ship Work Breakdown Structure)

(Panel SD-1 (Weight Engineering) of the Ship Design Committee, 2002, 3–4)

- 1. Projekti/Yleinen
- 2. Laivaspesifinen
- 3. Runko
- 4. Sisustusvarustelu
- 5. HVAC, Palontorjunta
- 6. Koneisto
- 7. Koneistovarustelu
- 8. Kansivarustelu
- 9. Sähkö ja automaatio

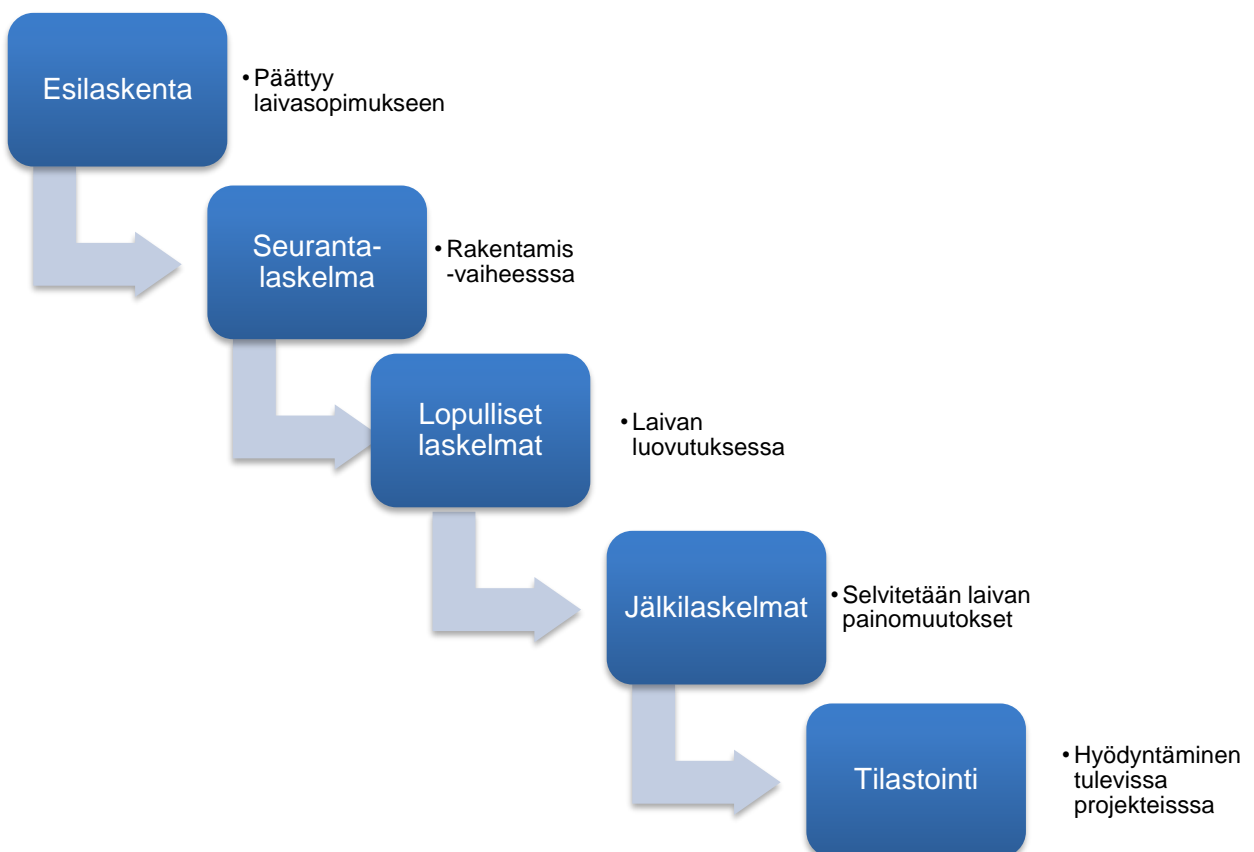
Elomatic (Pösö, 2017)

- 1. Yleistä laivasta
- 2. Aluksen runko
- 3. Lastinkäsittelyvälineet
- 4. Laivan varusteet
- 5. Miehistön ja matkustajien varusteet
- 6. Koneiston pääkomponentit
- 7. Koneiston pääkomponenttien järjestelmät
- 8. Laivan yleiset järjestelmät

SFI (Skipsteknisk Forskningsinstitut) (SpecTec, 2017)

## 2.3 Arviointi ja hallinta

Painon arviointi ja hallinta on pitkäjänteinen prosessi, joka kestää koko laivan suunnittelun ja rakennuksen ajan. Painonlaskijan tehtävänä on tehdä suunnitteluvaiheessa arvioita ja laskelmia ja rakennusvaiheessa seurata painon ja painopisteen kehittymistä. Mitä pidemmälle projekti etenee, sitä tarkemmiksi arviot ja laskut muuttuvat. Laitteiden ja materiaalien lopullisen valitsemisen jälkeen tietoja päivitetään arvioiduista painoista valmistajilta saatuihin oikeisiin painotietoihin. Aluksen lopullinen paino saadaan vasta laivan valmistuttua telakalla suoritettavassa kallistuskokeessa. Kallistuskokeessa saadaan selville myös lopullinen painopiste. Painon hallitsemiseksi on järkevää luoda suunnitelma painorajoille ja tarkistuspisteille. Moduulitekniikan käyttö rakennuksessa helpottaa painotiedon hallintaa. (Varsta 2017, 4–20; Särkkä 2011 7–13; Kuva 2.)



Kuva 2. Painonlaskennan vaiheet (Varsta 2017, 4.)

Aluksen arvioitu paino ja painopisteen korkeus tyypillisesti kasvaa koko suunnittelun ja rakennuksen aikana laskennan tarkentumisen ja rakennemuutoksien myötä. Tämän takia on tärkeää seurata jatkuvasti painon ja painopisteen kehitystä, jotta niihin voidaan puuttua tarpeeksi ajoissa, mikäli ne vaikuttavat karkaavan hallinnasta. Tällöin ratkaisuna voi olla aluksen leventäminen, pidentäminen tai alumiiniset kansirakenteet. (Räisänen 2000, 5–6.) Esimerkiksi kansirakennuksen materiaalin vaihtaminen teräksestä alumiiniseokseen voi keventää rakenteen painoa 50–55 % mutta nostaa hintaa 5-7 kertaa kalliimmaksi kuin terästä käytettäessä. Hintaan vaikuttaa alumiinin oman hinnan lisäksi sen korkeampi työstämisen hinta. (Schneekluth & Bertram 1998, 165.) Materiaaleja voidaan lisäksi vaihtaa myös muissa rakenteissa ja sisustusmateriaaleissa. Liian korkean painopisteen korjaaminen onnistuu yleensä siirtämällä painon sijaintia laivan sisällä. Mitä aikaisemmin huolestuttava painonkehitys huomataan, sitä helpompi ja kustannuksiltaan pienempi se on saada hallintaan. (Särkkä, 2011, 20–21.)

### 2.3.1 Reservi

Painolaskelmiin sisällytetään jo suunnittelun alussa omat reservinsä sekä painon että painopisteen muuttumiselle. Painon reservi ilmoitetaan prosentteina omapainosta, ja painopisteen reservi voidaan ilmoittaa joko prosentteina tai muutoksen määränä metreissä. Reservin suuruutta päätettäessä tulee ottaa huomioon ainakin laivan kantavuuden ja omapainon suhde, omapainon koostumus sekä aikaisempi kokemus varustamosta ja alustyyppistä. Reservi voidaan jättää pienemmäksi esimerkiksi jos telakka on aikaisemmin rakentanut samankaltaisen aluksen ja vaihtoehtoisesti jättää isommaksi mikäli alus sisältää ratkaisuja, joista ei ole aikaisempaa kokemusta. Reservi on tärkeää laskea koko aluksen painolle, eikä eri osille.

Reservi kuuluu suunnittelun ja rakentamisen aikana ja tavoitteena on, että laivan valmistuttua painon reservi on käytetty kokonaan ja painopisteen reservi olisi noin 0,1 m. Mikäli reservi ylitettiin ja laivasta tuli painavampi kuin sopimuksessa, telakka joutuu maksamaan sakkoja, sopimuksessa sovittujen sakkorajojen mukaan. Reservin käyttämättä jättäminen kertoo myös tavallaan epäonnistuneesta painon laskennasta ja hallinnasta, sillä laiva olisi pystytty rakentamaan kannattavammaksi tilaajalle esimerkiksi lisäämällä sen kantavuutta tai käyttämällä halvempia, painavampia materiaaleja. (Varsata 2017, 17–19; Vauhkonen 2012, 8–9.)

Räisänen (2000, 5-6) esittelee seuraavanlaiset suuntaa antavat reservit:

- alustavat laskut 8 %
- sopimuspaino 5 %
- vesillelasku 2 %
- luovutus 0 %

Varsta (2017,19) taas tarjoaa vaihtoehtoisesti reservit:

- alustavat painolaskelmat 15 %
- linjojen lukkoon lyönnin ajankohtana 10 %
- kuusi kuukautta ennen luovutusta 3 %
- luovutus 0 %

### 2.3.2 Miksi painonhallinta on keskeistä

Laivanrakennuksessa ei yleensä tehdä prototyyppejä, kuten esimerkiksi auto- ja lentokoneiteollisuudessa, vaan alus rakennetaan suoraan suunnitelmien pohjalta, jolloin arvioiden ja laskujen onnistuminen määrittelee koko projektin onnistumisen. (Varsta 2017, 2.) Paino ja sen arviointi vaikuttaa, varsinkin suunnittelun alkuvaiheessa, useaan eri suunnittelun osa-alueeseen. Esimerkiksi aluksen syväys riippuu painosta ja syväyksen perusteella määritetään aluksen vedenalainen pinta-ala ja sen aiheuttama vastus, joka puolestaan vaikuttaa suoraan aluksen tehontarpeeseen ja siten pääkoneiden valintaan. Myös teräsrakenteita suunniteltaessa tulee tietää millaisia voimia ympäröivästä vedestä rungon vedenalaiseen osaan kohdistuu. (Vauhkonen 2012, 4–5)

Paino vaikuttaa myös laivan suoritusominaisuuksiin kuten turvallisuuteen, ohjattavuuteen, polttoaineenkulutukseen, nopeuteen ja kantavuuteen. Varustamot ovat erityisen kiinnostuneita polttoaineenkulutuksesta, nopeudesta ja kantavuudesta, sillä ne vaikuttavat suoraan aluksen taloudelliseen suorituskykyyn. (Särkkä 2011, 1.)

Aluksen painon lisäksi on olennaista tietää painopisteen korkeus, sillä aluksen vakavuutta ei voida laskea, ellei tiedetä painopisteen korkeutta. Viranomaiset, luokituslaitokset sekä IMO säännöstelevät laivojen vakavuutta määräyksillä (Räisänen 2000, 6-5). Liian korkea painopiste tekee aluksesta epävakaan. Liian matala painopiste taas tekee aluksesta ylivakaan, mikä tulee ilmenemään laivan häiritsevän voimakkaana kei-nuntana. (Särkkä 2011, 2-3.)

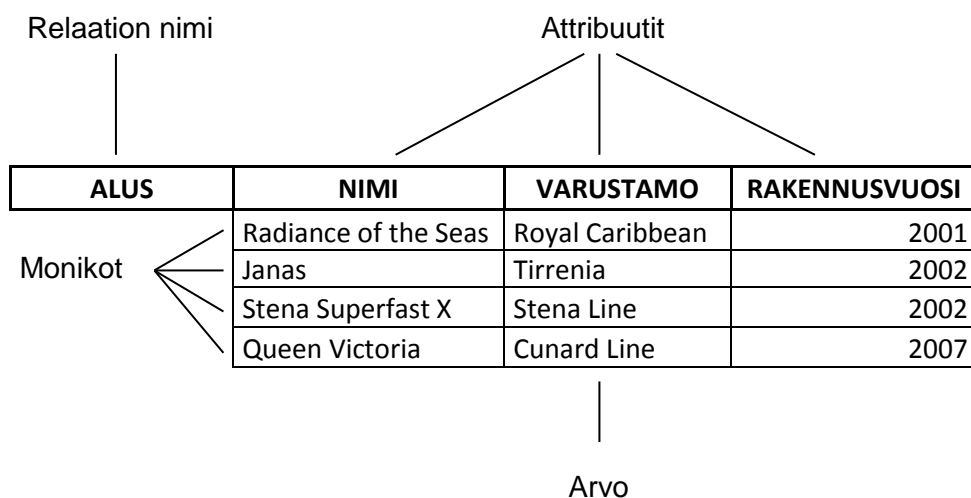
Aluksen hinta sovitaan tietylle kantavuudelle ja painopisteelle, ja sopimusta tehdessä alukselle määritetään sakkoraja ylittyneelle painolle sekä hylkäysraja, jolloin tilaajan ei halutessaan tarvitse vastaanottaa alusta. Yleensä sakkorajat on määritelty prosenttilu-kuna kantavuudesta. Sakoton alue on yleensä 1–8 % ja sakkoalue päättyy hylkäysra-jaan 3 - 15 %. Aluksissa, joissa kantavuuden suhde kokonaispainoon on pieni, oma-painon kasvaminen vähentää suhteessa enemmän kantavuutta, jolloin helpommin ta-pahtuu sakkorajan ylitys. Tehtäessä tarjousta tilaajalle, telakan liian optimistinen paino-arvio voi kostautua laivan valmistuttua sakkoina ja liian suurella varauksella tehty arvio saattaa johtaa tilauksen menettämisen jollekin muulle telakalle, joka lupaa rakentaa kevyemmän laivan. (Räisänen 2000, 5-1, 5-2.)

### 3 PAINONHALLINNAN TIETOKANTA

#### 3.1 Tietokannan rakenne

Tietokanta tarkoittaa rajatusta aihealueesta kerättyä kokoelmaa toisiinsa liittyvää informaatiota. Tietokannassa voidaan käyttää useampaa eri ohjelmaa ja ohjelmointikieltä määrittelemällä riippumaton tietokantakaavio. Ohjelmointikieliet mahdollistavat monipuolisen tietokannan sisällön etsimisen ja käsittelyn. Tietokantaa suunniteltaessa tulee määrittää sen käyttötarkoitus ja tavoite, jotta sisältöä koottaessa lisätään vain oleellista tietoa. Mitä huolellisemmin tietokanta on suunniteltu, sitä helpompaa erilaisten hakujen tekeminen myöhemmin on. Tietokannat voivat olla joko paikallisia tai ne voivat sijaita palvelimilla, joihin voi ottaa yhteyttä. Käyttörajoituksilla voidaan hallinnoida, kuka pääsee käsittelemään mitään tietoa. (Laine 2000. 1–3.)

Yleisin tietokantamalli on relaatiotietokanta, jonka toiminta perustuu tiedon jakamiseen eri tauluihin ja näiden taulujen välille muodostettaviin yhteyksiin. Relaatiomalli on suosittu tutkijoiden keskuudessa hyvän matemaattisen perustansa takia ja käyttäjien parissa yksinkertaisen peruskäsitteistönsä ja joustavuutensa takia. Relaatiotietokanta koostuu tietoalkioiden muodostamista relaatioista eli tauluista, joille on asetettu erilaisia attribuutteja. Osa attribuuteista voidaan määrittää avaimiksi, jotka toimivat eri taulujen välisinä yhdistäjinä. (Laine 2000. 12–14.) Kuten kuvassa 3 havainnollistetaan, relaation sisälle lisätään monikoita eli tietueita ja arvoja



Kuva 3. Esimerkki relaatiotietokannan taulusta (<http://www.marinetraffic.com/>)

### 3.2 Tietokannan tarve

Laivojen suunnittelussa erilaisten referenssien käyttö on tärkeä osa koko suunnittelu-prosessia. Hyödyllisen tiedon kerääminen kootusti yrityksen sisällä helpottaa ja nopeuttaa tiedonhakua tulevaisuuden projekteissa. Painotietoa keräämällä voidaan projektin alkuvaiheessa tehdä arvioita painosta vertaamalla aikaisempien vastaavanlaisten projektien kokonais- ja osapainoja.

Painotietokantaan voidaan lisätä myös muuta tietoa, jolloin se auttaa kaikessa suunnittelutyössä eikä pelkästään painonlaskennassa. Esimerkiksi valittaessa mahdollista toimittajaa, jolta tilataan jokin tietty erityinen lattiapäällyste, voidaan tietokannasta katsoa keiden valmistajien kanssa on aikaisemmin tehty yhteistyötä ja minkälaisia vaihtoehtoja heillä on tarjota. Kokeneelle suunnittelijalle muodostuu tietopohja oman suunnittelualueensa toimittajista, mutta työntekijöiden vaihtuessa tietokanta mahdollistaa tiedon säilymisen yrityksen sisällä.

Suunnittelun apuna toimimisen lisäksi tietokantaa voi hyödyntää esimerkiksi kustannusarvioiden tekemisessä. Esimerkiksi runkosuunnittelussa työkustannusten määrää arvioidessa käytetään painon ja työajan suhdelukua. Tietokantaan voidaan kirjata yksittäisten komponenttien tai järjestelmien hinnat, jolloin niihin vertaamalla voidaan tehdä arvioita tulevan projektin materiaalikuluista.

Painotieto on herkkää tietoa, joten tietojen saatavuutta tulee rajoittaa käyttöoikeuksilla, jolloin tietokannan käyttäjät pääsevät tutkimaan vain sen alueen tietoja, mitä tarvitsevat työssään. Näin varmistetaan, että arkaluontoinen tieto ei ole kaikkien saatavilla ja vain asianomaiset pystyvät tarkastelemaan sitä.

Suunnittelutoimistot suunnittelevat yleensä vain osan laivasta, jolloin kaiken tiedon tallentaminen on tärkeää, jotta saadaan koottua eri projekteista mahdollisimman kokonaisvaltainen tietokanta. Tietokanta on sitä parempi, mitä enemmän tietoa kustakin laivasta saadaan koottua, mutta kaikki tieto, mitä projekteista saadaan kerättyä, saattaa olla hyödyllistä. Vaikka telakat antaisivat käyttää omia tietokantojaan projektien aikana, yhteistyön päättyessä tieto menetetään. Lisäksi varsinkin kokeneilla suunnittelijoilla saattaa kattavan tietotaidon lisäksi olla koottuna dataa ja sovelluksia projekteista, joissa on ollut osallisena, jotka yritys työsuhteen päättyessä menettää.

Näin ollen paitsi suunnittelijoiden, myös itse yrityksen etua palvelee järjestelmällinen tiedon ja toimintatapojen kokoaminen, jolloin seuraavakin suunnittelijoiden sukupolvi pystyy hyödyntämään aiempaa kokemusta. (Kallio 2017.)

Mitä enemmän tietoa saadaan kerättyä, sitä enemmän ja paremmin tietoa pystytään tutkimaan ja analysoimaan. Data-analyysin kautta pystytään pääsemään pois neliö- ja kuutiopainojen käytöstä ja kehittämään uusia malleja painonlaskentaan. Kaiken datan kerääminen on tärkeää, sillä keräämällä painon lisäksi muutakin tietoa, pystytään tekemään analyysia, joka hyödyttää myös muita suunnittelun osa-alueita. Dataa tutkivalta on mahdollista löytää uusia näkemyksiä ja toimintatapoja suunnitteluun. (Pösö 2017.)

## 4 HAASTATTELUT

### 4.1 Haastattelujen tarkoitus

Erittelyn tarkoituksena oli ensisijaisesti selvittää painotietokannan vaatimuksia. Painotietokantaan voidaan kuitenkin sisällyttää painon lisäksi muuta tietoa, jolloin sitä voidaan hyödyntää muutenkin kuin painonhallinnassa. Erittelyä varten haastateltiin yhtiön sisäisesti eri disiplineissa työskenteleviä suunnittelijoita kesän 2017 aikana. Haastattelujen avulla selvitettiin, minkälaista tietoa eri disipiinit tarvitsevat suunnittelutyössä sekä miten tiedon kokoaminen sekä välittäminen yleisesti toteutetaan yrityksen sisällä. Näin muodostettiin kokonaiskuvaa siitä, minkälainen tietokannan tulisi olla ja mitä sen tulisi sisältää.

### 4.2 Tiedon välitys ja tallentaminen

Informaation kulku sekä yrityksen sisäisesti että ulkoisesti tapahtuu nykyään suurilta osin sähköpostilla. Kasvotusten käyty keskustelu on kuitenkin nopea tapa selvittää tai varmistaa joitain yksityiskohtia esimerkiksi disipiinin sisäisestikin. Myös yrityksen ulkoinen kommunikointi on joissain tapauksissa tehokkaampi hoitaa keskustelemalla, jolloin järjestetään kokouksia tai puhelinneuvotteluja. Sähköpostin käyttämisen etuina on niistä jäävä pysyvä kirjallinen jälki, jota tarvittaessa voi tarkastella myöhemminkin, sekä vaivaton ja nopea dokumenttien siirto henkilöltä toiselle.

Huonona puolena sähköpostin käytössä voidaan pitää sitä, että suuren volyymin joukosta tärkeiden viestien suodattaminen saattaa olla työlästä. Lisäksi mikäli vastaanottaja jättää kopioimasta sähköpostien liitteet omalle työasemalleen, niiden myöhempi etsiminen viestien joukosta on aikaa vievää. Sähköpostin käyttöä dokumenttien siirrossa rajoittaa myös tiedostojen maksimikoko.

Muita tehokkaita tapoja dokumenttien siirtoon on talon sisäinen verkko, johon voidaan luoda erillisiä siirtokansioita sekä koota tiedostoja keskitetysti eri projektien alaisiin kansioihin, joita henkilöt pääsevät käyttöoikeuksien mukaan käsittelemään. Projektien valmistuttua niiden tiedot arkistoidaan sisäisen verkon kansioihin. Sisäisen verkon käytön edut ovat tiedon jakamisen ja kokoamisen nopeus ja helppous. Kansioiden käyttöoikeutta voidaan rajoittaa, jolloin projektien tietoja pääsevät tarkastelemaan vain projektin parissa työskentelevät henkilöt.

Kansiorakenteiden muodostamiseen ei ole tarkkaa ohjeistusta. Projektikansiot voisivat olla selkeämmin organisoituja ja käyttäjäystävällisempiä, mikäli niiden sisältörakennetta varten tehtäisiin malli, jonka mukaan kaikki projektikansiot luodaan.

Elodoc on Elomaticin sisäinen järjestelmä, jota voidaan käyttää erilaisten tiedostomuotojen tallentamiseen projektien aikaista käyttöä varten, sekä niiden arkistointiin mahdollista myöhempää referenssinä käyttämistä varten. Elodocin käytön etuja ovat mahdollisuus suurempien tiedostokokojen siirtäminen sähköpostiin verrattuna. Elodocin käyttö voisi olla keskitetympää ja tarkemmin ohjeistettua. Parantamista kaipaavana piirteenä voidaan nähdä se, että Elodociin lisättyjä tiedostoja lisääjä itse ei pysty poistamaan, jolloin tiedostoihin tehtävien muutosten myötä lisätään aina uusia versioita, minkä seurauksena tiedostojen määrä paisuu ja niiden etsiminen ja käsitteleminen saattaa tulla työläämmäksi.

Telakoilla ja asiakkailta voi olla käytössä omia ohjelmistojaan, joihin heille jaettavaa aineistoa siirretään. Laivateollisuuden kuuluu runsas alihankkijoiden käyttö ja telakan ylläpitämällä ohjelmistolla saadaan varmistettua tarpeellisen tiedon saatavuus kaikille asianosaisille. Esimerkiksi suomalainen Kronodoc on useamman telakan käyttämä ohjelmisto.

#### 4.3 Disipliinit

Elomaticin Marine-puoli on organisatorisesti jaettu seuraaviin osastoihin: Hull, Deck, Machinery, Cabins&Interior, HVAC sekä Electrical. Eri disipliinit kokoavat sisäisesti tietoa omiin taulukoihin ja laitelistoihin, joihin on koottu omien osien tai materiaalien keskeiset tiedot. Projekteissa käytettävää dataa kootaan ja arkistoidaan pääsääntöisesti yrityksen sisäisen verkon projektikansioihin sekä Elodociin. Painonlaskentaa varten on oma taulukko, jota täytetään disiplineilta saatujen tietojen mukaan.

### 4.3.1 HVAC

HVAC (heating, ventilation and air conditioning) vastaa lämmityksen, ilmanvaihdon ja ilmastoinnin suunnittelusta. HVAC-osaston suunnittelutyö alkaa erittelyn ja GA:n eli yleisjärjestelyn pohjilta tehtäviin alustaviin suunnitelmiin ja arvioihin, joita ryhdytään tarkentamaan projektin edetessä GA:n muutosten ja muilta disiplineilta saatujen tietojen mukaan. Arvioiden tekemisessä voidaan hyödyntää aikaisempaa kokemusta ja referenssiläivoja. Laitteiden ja kanavien valintaa tehtäessä tulee tietää tilan ihmismäärät, ilmamäärät ja lämpökuorma. Tilan kokonaislämpökuorma muodostuu sekä ihmisten että tilassa olevien laitteiden tuottamasta yhteenlasketusta lämmöstä. Lisäksi tulee tietää laitteiden fyysinen koko tilavarauksia varten.

Kommunikoinnin onnistuminen muiden disipliinin kanssa on tärkeää, sillä muiden osastojen tekemät muutokset voivat vaikuttaa tilojen kokoihin tai lämpökuormiin, jolloin HVAC:n on reagoitava. Valittuja laitteita voidaan vaihtaa tarpeen mukaan. Eniten yhteistyötä tehdään sisustusosaston kanssa. Sähköosaston puolestaan tarvitsee tietää sähkötarpeen laitteille.

Laitteiden ja kanavien painoja kirjataan ylös painonlaskentaa varten sekä tarkkaillaan niiden kehittymistä ja puututaan painon liialliseen kertymiseen tarpeen vaatiessa. 66 % ilmastoinnin painosta muodostuu kanavistosta. Kanavien painoa arvioidaan referenssiarvojen metripainojen perusteella ja lopullinen paino saadaan mallista. Koneiden ja laitteiden painot ilmoittaa valmistaja.

Projektien aikaiset muutokset päivitetään laskentataulukkoon ja isompien muutosten jälkeen luodaan uusi versio, jolloin projektin eri vaiheet säilyvät mahdollista myöhemmä tarkastelua varten. (Lehtinen 2017, Roivas 2017.)

### 4.3.2 Cabins & Interior

Sisustussuunnittelun pohjana käytetään GA:ta ja arkkitehtiaineistoa. Arkkitehtiaineisto voi olla aluksi pelkistettyä ja se tarkentuu vaiheittain projektin kuluessa. Suunnittelun apuna käytetään referenssitietoja vanhoista samantyyppisistä projekteista. Mikäli referenssi eroaa suunniteltavasta tilasta, sen tietoja voidaan suhteuttaa vastaamaan paremmin uutta projektia.

Hyttialueet ovat yleensä eri projekteissa samankaltaisia, mutta julkisissa tiloissa voi olla suuriakin eroja. Sisustussuunnittelussa tarvittavia tietoja ovat mm. palokuormat ja valaistuslaskelmat.

Sisustukseen vaikuttaa arkkitehtien päätökset, joten ulkoinen kommunikointi on tärkeää. Yrityksen sisällä muut dissipliinit tarvitsevat tiedon tilojen rajapinnoista, jotta tiedetään mihin tekniikka pystytään mahduttamaan. Eniten yhteistyötä on HVAC:in ja sähköosaston kanssa, HVAC:n kanssa sovitaan tekniikan sijoittamisesta ja sähköosaston kanssa mm. sähkökaappien paikat sekä valaistus. Deck-osastoon ollaan yhteydessä parvekkeiden osalta. Sisustuksen suunnittelu painottuu yleensä projektissa myöhemmän vaiheeseen kuin muiden osastojen.

Suunnittelun aikana tulee kirjata painotietoa, ensiksi tekemällä omia arvioita ja myöhemmin lisäämällä oikeita, valmistajilta saatuja painotietoja. Valmistajat punnitsevat osat niiden valmistuttua ja ilmoittavat niiden oikean painon. Painotietoa kootaan kaikista sisutukseen liittyvistä osista ja rakenteista, kuten levyistä, eristeistä, lattiapäällysteistä ja kalusteista. Arvioiden tekemisessä käytetään referensseinä vanhoista projekteista saatavia neliöpainoja. Painon arvioimisessa kannattaa aluksi varmuuden vuoksi arvioida paino mieluummin ylöspäin, jotta tietojen tarkentuessa kokonaispaino ei enää ainaakaan kohoa.

Vertailemalla alkuperäisiä arvioita lopullisen laskennan arvoihin saattaa olla mahdollista tulevaisuudessa tehdä tarkempia arvioita. Sisustussuunnittelu on suurilta osin vielä 2D-pohjaista. Erityyppisissä aluksissa käytetään yleensä samantyyliisiä materiaaleja ja tavaroita, ainoastaan risteilijöiden sisustaminen eroaa muista alustyypeistä. (Sirén 2017, Honka 2017.)

#### 4.3.3 Machinery

Konesuunnittelun aloitusvaiheessa lähtötietoa on vähän. Suunnittelua tehdään eritteilystä saatujen kapasiteettien mukaan ja aikaisempien projektien käyttö referensseinä on merkittävässä osassa. Myös koneosaston kohdalla tietomäärä kasvaa suunnittelun edetessä ja muutokset suunnitelmiin ovat mahdollisia. Toimittajien valintojen myötä saadaan laitteista ja järjestelmistä tietoa, joilla voidaan päivittää aikaisempia laskelmia.

Laitteiden valinnat tehdään ensisijaisesti kapasiteettien perusteella, mutta valintaa tehdessä eri valmistajien välillä, voidaan kapasiteettien lisäksi vertailla laitteiden kokoa, painoa ja hintaa ja ne voivat tapauskohtaisesti vaikuttaa lopulliseen valmistajan valintaan.

Muiden disipliinien kanssa on tehtävä yhteistyötä, mikäli suunniteltavalla tilalla on rajapinta jonkun muun disipliinin suunnitteleman alueen kanssa. Muiden disipliinien tekemät muutokset voivat vaikuttaa myös koneosaston suunnitelmiin, joten kommunikointi disipliinien välillä on tärkeää. Koneosasto tekee pääsääntöisesti eniten yhteistyötä sähköosaston kanssa, mutta projektista tai järjestelmästä riippuen voi olla vaihtelua siinä, minkä disipliinien kanssa toimitaan. Suunniteltava järjestelmä voi tapauskohtaisesti sijaita yhdessä rajatussa tilassa, tai se voi olla koko laivan kattava järjestelmä.

Koneosasto arvioi ja kerää painotietoa lähinnä raportoitavaksi painonlaskentaan, mutta kerätty painotieto voi joskus auttaa välillisesti myös projektin myöhemmässä vaiheessa. Painotietoa kootaan järjestelmistä ja laitteista. Järjestelmien painot ilmoitetaan sekä kuivina, että märkinä eli tyhjänä ja järjestelmässä käytettävät nesteet mukaan lukien. (Koskitanner 2017.)

#### 4.3.4 Hull

Runko-osaston tärkein aineisto suunnittelun alussa on GA ja arkkitehtiaineisto. Pääkaarikuvasta saadaan materiaali- ja rakennetiedot. Projektin edetessä tietomäärä kasvaa. Tilajärjestelyyn tulee muutoksia ja se vaikuttaa runko-osaston suunnitteluun. Kustannuslaskennassa käytetään tunnuslukuja vanhoja projekteista ja erikoisalueiden suunnittelussa käytetään referenssejä vastaavanlaisia ratkaisuja aikaisemmista projekteista.

Muiden disipliinin kanssa neuvotellaan tilajärjestelyn muutoksista, esimerkiksi uusista läpivienneistä ja aukkojen paikkojen siirtämisistä. Lisäksi painavien laitteiden sijoittelu saattaa edellyttää niiden alla olevien rakenteiden vahvistamista. Eniten yhteistyötä tehdään sisustus- ja HVAC-disipliinien kanssa. 3D-mallin suunnitteluohjelman valinnassa tulee noudattaa asiakkaan mieltymystä. Runko-osasto tehostaa sisäistä kommunikaatiotaan pitämällä projektikohtaisesti viikoittaisia palaverreja.

Yleensä suurin osa laivan omapainosta muodostuu rungon painosta. Useimmiten telakka suorittaa itse painon hallintaa laivan rungon osalta.

Suunnittelun loppuraporttiin lasketaan myös teräspaino. Kustannusarvioita laskettaessa painotieto on oleellista. Työaikaa arvioidaan muodossa tunti/tonni, minkä mukaan voidaan laskea työajalle hinta. Eri projekteja vertailemalla on muodostettu tunnuslukuja, joita käytetään hinnan laskemiseen. (Huhtala 2017.)

#### 4.3.5 Deck

Kansiosaston vastuualueeseen kuuluu rungon ulkopuoliset laitteet ja osat, kuten pelastusveneet, nosturit ja hissit. Perussuunnittelu aloitetaan GA:n ja erittelystä saatavien kapasiteettien pohjalta. Vanhoista projekteista voidaan käyttää toimivia ratkaisuja referensseinä. Projektin edetessä toimittajien valintojen myötä saadaan tarkempaa tietoa laitteista. Olennaisia tietoja laitteista ovat sähkökulutukset ja jännitteet sekä SWL eli turvallisesti nostettavan kuorman voima.

Muista disiplineista kansiosasto on eniten yhteydessä runko- ja sähköosastoon. Runko-osastolta saadaan tietoa rakenteiden lujuuksista, jotta tiedetään voidaanko painavat laitteet sijoittaa haluttuihin kohtiin. Runko-osaston kanssa voidaan myös neuvotella mahdollisista tilajärjestelyn muutoksista, mikäli se on tarpeellista. Sähköosasto tarvitsee tiedot sähkökulutuksista. Projektin aikaiset muutokset koskevat lähinnä tilajärjestelyjä, osien ja laitteiden valinnat ovat yleensä pysyviä.

Kansiosasto kerää painotietoa painonlaskentaa varten. Painot ilmoitetaan laitteiden omina painoina sekä laitteen oman mahdollisen maksimikuorman yhteispainona. Suunnittelun aikana osien painoja voidaan arvioida käyttäen apuna vanhojen projektien referenssejä. Toimittajilta saadaan tarkat painot laitteiden valintojen jälkeen. (Koski 2017.)

#### 4.3.6 Electric

Sähkösuunnittelu alkaa GA:n pohjalta tehdyistä arvioista, jotka tarkentuvat projektin edetessä. Arvioiden tekemisen apuna käytetään tunnuslukuja sekä referenssejä vanhoista projekteista. Valmistajien valinnan jälkeen saadaan valmistajilta datasivut, joissa on ilmoitettu komponenttien tarkat tiedot.

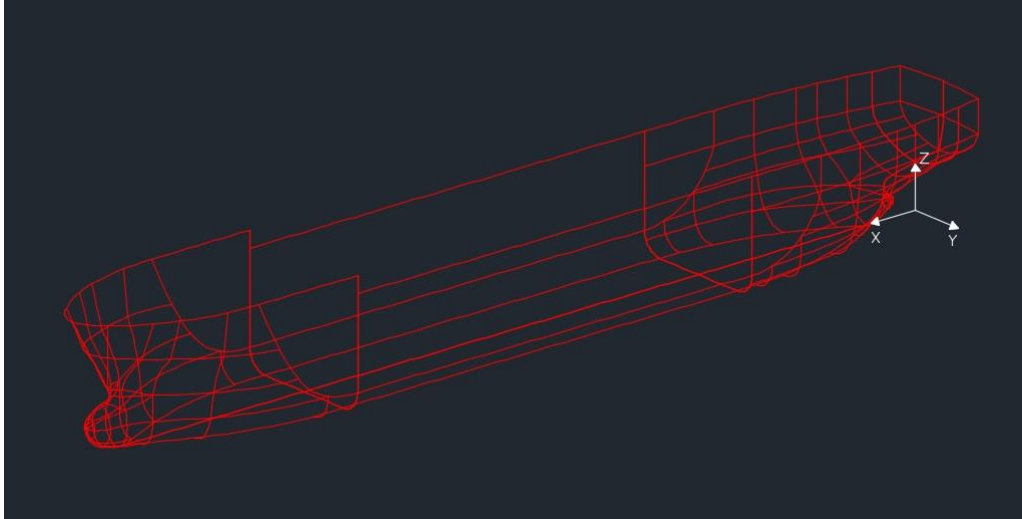
Osista tarvittavaa tietoa ovat mitat, tehotiedot ja palonkesto. Muutos on jatkuvaa ja materiaalilistasta tehdään viikoittain uusi versio. Vanhat versiot säästetään varmuuskopioina ja mikäli materiaalilistasta löytyy yllättäviä radikaaleja muutoksia, niiden syitä voidaan tutkia vertaamalla aikaisempiin versioihin.

Tiedot kootaan disipliinin sisäisesti yhteiseen excel-tiedostoon, jota jokainen suunnittelija täyttää. Samaa taulukkopohjaa käytetään kaikissa projekteissa. Alustyyppi määrittää minkä disipliinin kanssa tehdään eniten yhteistyötä. Rahtilaivojen ja jäänmurtaajien suunnittelussa sähköosastolla on eniten yhteistyötä kone-osaston kanssa. Risteilijöitä suunniteltaessa puolestaan tehdään eniten yhteistyötä sisustusosaston kanssa. Valaistus on isoin osa-alue.

Komponenttien painot eivät suoranaisesti vaikuta suunnittelutyöhön, mutta painotietoa kerätään painonlaskentaa varten. Painonlaskenta on projektin alkuvaiheessa pitkälti arvioiden tekemistä ja se tarkentuu, kun komponentteja valitaan. Painon koostumus ja sijoittuminen pystytään erittelemään hyvinkin tarkasti, kun jokaisen komponentin paino tiedetään erikseen. (Kaiti 2017.)

#### 4.4 Painonlaskenta

Painonlaskennan tehtävä on koota, tarkastaa ja tilastoida aluksen painotietoja. Niin kuin kaikessa laivasuunnittelussa, painonlaskentakin on iteratiivinen prosessi. Projektin alussa painoja arvioidaan neliöpainojen ja referenssien mukaan ja laskentaa täydennetään ja tarkennetaan eri disiplineilta saatujen tietojen myötä. Referenssit ovat tärkein tiedonlähde arvioinnissa. Painonlaskennassa tarvitaan tieto alueiden ja osien painosta ja niiden painopisteiden sijainnista X-, Y- ja Z-akselilla. Akseleiden nollakohtan paikka on laivakoordinaatistossa X-akselilla 0-kaarella, Y-akselilla keskilinjalla ja Z-akselilla perusviivalla.



Kuva 4. Koordinaatiston nollakohdan sijainti

Painonlaskija on kiinnostunut ensisijaisesti kokonaisuuksien painoista, mutta myös komponenttipainot ovat hyödyllisiä, sillä niiden avulla pystytään saamaan tarkempi laskentatulokset ja niitä voi hyödyntää vertailussa ja eroavaisuuksien etsimisessä aiempiin laskuihin. Muiden disipliinien kanssa tehtävä yhteistyö rajoittuu lähinnä muilta saadun tiedon keräämiseen, ainoastaan runko-osaston tarvitsee tietää painotieto kuormien määrittämiseksi. Painonlaskija raportoi telakalle painon kehitystä. (Pösö 2017.)

## 5 TIETOKANNAN SISÄLTÖ

### 5.1 Tietokannan käyttö

Tietojen lisääminen ja etsiminen tulee olla yksinkertaista ja nopeaa, jotta tietokannan käyttö olisi vaivatonta. Mikäli tietokannan käyttö on liian työlästä, käyttäjien kynnys lisätä tietoa tietokantaan kasvaa, ja sisältöä ei kerry. Data-analyysin tekemisen kannalta tietokanta on sitä hyödyllisempi, mitä enemmän vertailtavaa dataa pystytään keräämään. Jotta datan kertyminen kaikilta eri suunnitteludisipliineilta toteutuu, tietokannan sisällön lisäämiseen tulee tehdä ohjeistus, jossa käydään läpi miten ja mitä tietoa tietokantaan lisätään.

Tietokannan käyttökieleksi on järkevää valita englanti, sillä alan aineisto on pääosaksi englanninkielistä. Lisäksi kansainvälisesti toimiva yritys työllistää ihmisiä, jotka eivät välttämättä puhu suomea ja tietokannan tulee olla kaikkien käytettävissä.

### 5.2 Tietokannan painotieto

Painotietoa on komponenttien painon lisäksi erilaiset painokertoimet, kuten  $\text{kg/m}^2$  tai  $\text{kg/m}^3$ . Esimerkiksi runko-osasto ei käsittele yksittäispainoja, vaan relevanttia painotietoa ovat erityyppisillä teräksillä olevat painokertoimet. Komponenttipainoja voidaan ilmoittaa yksittäispainoina, tai järjestelmien tai kokonaisuuksien painoina. Disipliinikohtaisesti on suuria eroja painojen määrittelyn tarkkuudessa ja niiden ilmoittamisessa. Esimerkiksi sisustushuonekalujen painot on helposti ilmoitettavissa olevia yksikköpainoja, kun taas isojen järjestelmien painoja on vaikeampi purkaa yksikköpainoiksi. Tietokannan tulisi sisältää kuitenkin mahdollisimman paljon komponenttien yksikköpainoja. Kokonaisuuksien ja järjestelmien yhteispainoja pystytään muodostamaan yksikköpainoista relaatioiden avulla. Painonlaskennassa on olennaista juuri tilojen kokonaispainot, painopiste ja -jakauma.

### 5.3 Tietokannan muu tieto

Komponenttien ja laitteiden valinnassa käytettävä referenssitiedon käytännöllisyys riippuu disipliinistä. Esimerkiksi jotkin sisustuskalusteet ovat hyvin samankaltaisia laivasta riippumatta, mutta jonkin ilmanvaihtojärjestelmän sisältö riippuu ilmastoitavan tilan koosta ja sisällöstä, jolloin suoraa referenssiä on vaikea löytää. Taulukossa 1 havainnollistetaan eri disipliinien keräämien komponenttitietojen eroja ja yhtäläisyyksiä

Taulukko 1. Disipliinien keräämä data

ELECTRICAL		DECK	
Manufacture		Reliability Level	
Model		Equipment designation	
Type Number		Capacity	
Power		Supplier	
Color temp		Length	
Length		Width	
Width		Height	
Height		Operating Pressure	
Depth		Empty Weight	
Diameter		Weight Filled	
Cut-out		Voltage	
Weight		Main power consumption	
		Emergency power consumption	
		Current	
		Protection grade	
		Phases	

Selite					
Valmistaja	Tyyppi/Kuvaus	Paino	Teho	Mitat	Disipliiniikohtaiset

Taulukossa on ote kahden eri disipliinien käyttämien laitelistojen keskeisimmistä sarakeista. Disipliiniakohtaisesti on nähtävissä eroja siinä, minkälaista dataa komponenteista kerätään. Tietyt perustiedot kuitenkin yhdistävät molempia. Värikoodein on havainnollistettu mitä samankaltaisuuksia ja eroavaisuuksia eri disipliinien keräämässä tiedossa on.

#### 5.4 Hakuehdot ja attribuutit

Sisältöä selattaessa eri attribuuttien näkyminen valikkonäkymässä tulisi olla mukautettavissa. Mikäli valikkonäkymässä näkyy osan tai materiaalin kaikki tiedot, sitä on työstävästä käydä läpi. Selkeyden ja helpon luettavuuden takia näkyvissä tulisi olla vain keskeisimmät tiedot, jolloin käyttäjä voi valita mitkä attribuutit hän haluaa kulloinkin nähtäväksi. Komponentteja selatessa tulisi ensisijaisesti olla näkyvissä lähinnä komponentin Id eli tunnisteen, kuvaus käyttötarkoituksesta sekä littera. Yksittäisen komponentin kaikki tiedot saadaan näkyville avaamalla sen taulu.










Aluksen tietoja lisätessä tietokantaan olisi hyvä saada mahdollisimman kattavasti aluksen tietoja, mutta oleelliset tiedot ovat ainakin aluksen nimi, alustyyppi, päämitat, omapaino, kantavuus sekä rakennusvuosi ja -telakka. Aluksia selaamalla tulee pystyä myös näkemään myös aluskohtaisesti kaiken alukseen suunnitellun tekniikan ja materiaalit. Nähtävillä tulisi myös olla projektin status eli missä vaiheessa suunnittelua alusta oltiin suunnittelemassa ja onko kirjattu data rakennetun laivan lopullisia tietoja.

Kun tietokantaa halutaan käyttää referenssien etsimiseen komponenttien valinnan apuna, paino ei yleensä ole relevantti vertailtava kategoria. Merkitsevä kategoria on komponenttikohtaista, esimerkiksi pelastusveneiden vertailemisessa olennainen tekijä on kapasiteetti, kun taas pääkoneen valinnassa se on teho ja tyyppi. Tällöin hakutulosten järjestäminen, halutun kategorian mukaisesti, helpottaa vaihtoehtojen läpikäyntiä. Jos halutaan etsiä referenssiläivää, olennaisimmat hakuehdot ovat aluksen bruttovetoisuus, päämitat sekä alustyyppi.

## 6 ESIMERKKI TIETOKANNAN TAULUSTA

### 6.1 Taulun attribuutit

Kuvassa 5 on esitettyä yhden tietokannan taulun tietueiden attribuutit. Attribuuteiksi on asetettu komponentin teknisten tietojen lisäksi lisäyspäivämäärä ja päivämäärä, mihin asti tieto on voimassa, sekä kuka tietueen on lisännyt. Data type määrittelee, missä muodossa tieto on lisättävä. Primary- ja Foreign Key-, eli pää- ja vierasavain -sarakkeissa määritetään relaatiot muihin tietokannan tauluihin. Tässä tapauksessa taulun pääavaimina toimii pumppujen Id- eli tunnistenumerot. Pääavaimena voidaan käyttää vain arvoa, joka on taulun sisäisesti ainutlaatuinen. Tästä johtuen esimerkiksi komponentin nimeä ei voida käyttää pääavaimena, sillä taulu saattaa sisältää useamman samannimisen komponentin. Tunnistenumeronä käytetään lukua, jota kasvatetaan uusia tietueita lisättäessä. Kun halutaan muodostaa suhde johonkin toiseen tauluun, taulun vierasavaimeksi määritetään toisen taulun pääavain.

Table name: CENTRIFUGAL_PUMP									
	Name	Data type	Primary Key	Foreign Key	Unique	Check	Not NULL	Collate	Default value
1	ID_CENTRIFUGAL_PUMP	NUMERIC							NULL
2	NAME	VARCHAR							NULL
3	SUPPLIER_ID	VARCHAR							NULL
4	INLET_DIA	NUMERIC							NULL
5	OUTLET_DIA	NUMERIC							NULL
6	POWER	NUMERIC							NULL
7	NET_WEIGHT	NUMERIC							NULL
8	MAX_HEAD	NUMERIC							NULL
9	CREATOR_ID	NUMERIC							NULL
10	VALID_FROM	DATE							NULL
11	VALID_UNTIL	DATE							NULL

Kuva 5. Esimerkki keskipakopumpun taulun rakenteesta

Not NULL -sarake määrittää, täytyykö kyseiseen kenttään lisätä tieto vai voiko sen jättää tyhjäksi. Tietoa pyritään lisäämään mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman kattavasti, mutta kaikista komponenteista ei välttämättä ole kaikkea tietoa saatavilla. Tässä tapauksessa komponentin tunnistenumero, nimi, valmistaja, tietueen lisääjä ja

lisäspäivämäärä ovat määriteltä ne NULL -arvoiksi, sillä ne voidaan olettaa olevan aina tiedossa tietuetta lisättäessä. Kunkin taulun attribuuttien valinta ja määrittely voidaan tehdä yhteistyössä tietokannan laatijan ja kyseisen taulun sisällön parissa työskentelevän kokeneen suunnittelijan välillä.

## 6.2 Tietueiden haku

Tietueiden haku tietokannasta tapahtuu SQL-koodia käyttäen. Kuvassa 6 havainnollistetaan, miten SQL-kielillä tehdyllä kyselyllä voidaan tarkastella taulun sisältöä.

```

1 SELECT NAME AS Name,
2         SUPPLIER_ID AS Supplier,
3         COALESCE (POWER, '-') AS "Power (kW)",
4         COALESCE (NET_WEIGHT, '-') AS "Weight (kg)",
5         COALESCE (MAX_HEAD, '-') AS "Max. Head (m)",
6         CREATOR_ID AS Creator,
7         VALID_FROM AS "Date Added"
8 FROM   CENTRIFUGAL_PUMP

```

	Name	Supplier	Power (kW)	Weight (kg)	Max. Head (m)	Creator	Date Added
40	ALP-1153/4 KP-187 K2 BF31	3	18.5	335	25	1	27.07.2017
41	ALP-1153/4 KP-205 K2 F32	3	36	400	36	1	27.07.2017
42	L-100S/2 KP-166 H1 F31	3	15	255	51	1	27.07.2017
43	L-100S/2 KP-225 H1 F32	3	45	460	79	1	27.07.2017
44	L-100S/2 KP-166 H1 F31	3	18	266	49	1	27.07.2017
45	L-50D/4 KP-80-2 F16	3	0.37	32	7.1	1	27.07.2017
46	L-50D/4 KP-80-2 F16	3	0.66	32	10.1	1	27.07.2017
47	AL-1202/4 SD IEC-160	3	15	360	17	1	27.07.2017
48	AL-1202/4 SD IEC-225	3	37	470	30	1	27.07.2017
49	AL-1202/4 SD IEC-280	3	22	400	22	1	27.07.2017
50	AL-1202/4 SD IEC-225	3	54	480	42	1	27.07.2017
51	L-100S/2 SD IEC-160	3	15	260	39	1	27.07.2017
52	L-100S/2 SD IEC-225	3	45	440	79	1	27.07.2017
53	NI 100-200/01	5	37	-	51	2	08.08.2017
54	NI 100-250/01	5	37	-	84	2	08.08.2017

Kuva 6. Esimerkki taulun sisällön tarkastelusta kyselytoimintoa hyödyntäen

Kuvassa ylempänä on kyselyn koodi, jolla saatiin halutut tulokset ja alempana ote tuloksista.

Koodilla määritetään kyselyn määrittely ja sisältö, jolloin voidaan halutessa rajata ja järjestää hakutuloksia esimerkiksi jonkun tietyn attribuutin perusteella, kuten kuvasta 7 ilmenee.

```

1 SELECT NAME AS Name,
2     SUPPLIER_ID AS Supplier,
3     COALESCE (POWER, '-') AS "Power (kW)",
4     COALESCE (NET_WEIGHT, '-') AS "Weight (kg)",
5     COALESCE (MAX_HEAD, '-') AS "Max. Head (m)",
6     INLET_DIA AS "Inlet Diameter"
7 FROM   CENTRIFUGAL_PUMP
8 WHERE  MAX_HEAD >10 AND MAX_HEAD <20 AND INLET_DIA = 40
9 ORDER BY MAX_HEAD DESC

```

	Name	Supplier	Power (kW)	Weight (kg)	Max. Head (m)	Inlet Diameter
1	5487-98	9	1.1	17.7	19.2	40
2	AEP-26/2 OP-741 N12	3	0.25	10.5	17	40

Kuva 7. Esimerkki taulun sisällön rajauksesta ja järjestelystä

Esitettyssä kyselyssä tietueet on rajattu tiettyjen attribuuttien arvojen välille. Tavoitteena oli etsiä pumppu, jonka enimmäisnostokorkeus on 10 ja 20 metrin välillä ja pumpun sisäännoton putken koko on DN 40. Kyselyn koodissa enimmäisnostokorkeudelle on asetettu ylä- ja alarajat sekä sisäännoton koolle on asetettu ehto. Vertailtaviksi arvoiksi haluttiin nähtäviksi teho ja paino. Lisäksi tietueet on järjestetty näytettäväksi nostokorkeuden mukaan laskevassa järjestyksessä. Näin kyselyn muotoilulla saatiin tulokset rajattua kahteen vaihtoehtoon.

Kyselyiden toiminnallisuuden kannalta on tärkeää, että arvokenttiin kirjataan tiedot määrättyssä muodossa. Mikäli esimerkiksi tehon yksikkö olisi kirjoitettu joissakin tietueissa kentän arvon sisään, kysely ei olisi pystynyt käsittelemään sitä eikä siten olisi sisällyttänyt sitä hakutuloksiin. Määrittelemällä Data Typeksi esimerkiksi NUMERIC, varmistetaan, että kenttään ei voi kirjata muita merkkejä kuin numeroita, jolloin tieto tulee merkityksi oikeassa muodossa.

### 6.3 Relaatiot

Kuvassa 8 on havainnollistettu eri taulujen suhdetta toisiinsa. Kaikkien tietokannan taulujen on oltava suhteessa johonkin toiseen tauluun. Yhden taulun pääavainta voidaan käyttää useamman eri taulun vierasavaimena.

Table name: CENTRIFUGAL_PUMP								
	Name	Data type	Primary Key	Foreign Key	Unique	Check	Not NULL	Collate
1	ID_CENTRIFUGAL_PUMP	NUMERIC	🔑		🔒		🚫	NULL
2	NAME	VARCHAR					🚫	NULL
3	SUPPLIER_ID	VARCHAR		🔗			🚫	NULL
4	INLET_DIA	NUMERIC						NULL
5	OUTLET_DIA	NUMERIC						NULL
6	POWER	NUMERIC						NULL
7	NET_WEIGHT	NUMERIC						NULL
8	MAX_HEAD	NUMERIC						NULL
9	CREATOR_ID	NUMERIC		🔗			🚫	NULL
10	VALID_FROM	DATE					🚫	NULL
11	VALID_UNTIL	DATE						NULL

Table name: SUPPLIERS								
	Name	Data type	Primary Key	Foreign Key	Unique	Check	Not NULL	Collate
1	ID_SUPPLIER	NUMERIC	🔑		🔒		🚫	NULL
2	NAME	VARCHAR					🚫	NULL

Table name: CREATORS								
	Name	Data type	Primary Key	Foreign Key	Unique	Check	Not NULL	Collate
1	ID_CREATOR	NUMERIC	🔑		🔒			NULL
2	NAME	VARCHAR						NULL

Table name: CIRCULATOR_PUMP								
	Name	Data type	Primary Key	Foreign Key	Unique	Check	Not NULL	Collate
1	ID_CIRCULATOR_PUMP	NUMERIC	🔑		🔒		🚫	NULL
2	NAME	VARCHAR					🚫	NULL
3	SUPPLIER_ID	VARCHAR		🔗			🚫	NULL
4	INLET_DIAMETER	NUMERIC						NULL
5	OUTLET_DIAMETER	NUMERIC						NULL
6	POWER	NUMERIC						NULL
7	NET_WEIGHT	NUMERIC						NULL
8	NOMINAL_HEAD	NUMERIC						NULL
9	FREQUENCY	NUMERIC						NULL
10	VOLTAGE	VARCHAR						NULL
11	CREATOR_ID	NUMERIC		🔗			🚫	NULL
12	VALID_FROM	DATE					🚫	NULL
13	VALID_UNTIL	DATE						NULL

Kuva 8. Esimerkki relaatioista

## 7 YHTEENVETO

Tässä työssä tehtiin erittely suunnittelu- ja konsulttiyrityksen käyttöön tulevalle laivan painon hallinnan tietokannalle. Ensiksi työssä käsiteltiin laivan painon muodostumista, koostumista ja hallintaa alan kirjallisuutta hyödyntäen. Tietokannan perusteet ja merkitys selvitettiin ja asiantuntijahaastattelujen avulla koottiin tietoa eri suunnitteludisipliinien tarvitsemasta tiedosta ja tiedonvälityksestä. Lopuksi hahmoteltiin tietokannan sisältöä ja käyttöä sekä esitettiin esimerkki tietokannan taulujen rakenteesta ja sisällöstä.

Paino on merkittävässä osassa laivan suunnittelua, ja sen käyttöä ja sen arviointia ja laskemista voidaan tehostaa tietokannan avulla. Kokemus on tärkeää suunnittelussa ja tietoa tallentamalla pystytään säilyttämään tieto yrityksessä työntekijöiden vaihtuessa. Tietokantaa käyttämällä voidaan tehostaa ja parantaa etenkin painon laskentaa ja hallintaa, mutta myös muuta suunnittelua. Lisäksi kerättyä dataa analysoimalla on mahdollista kehittää uusia toimintatapoja ja -malleja. Asiantuntijahaastatteluiden avulla selvitettiin, mitä muuta tietoa painon lisäksi tietokantaan voidaan kerätä, jotta siitä olisi hyötyä eri suunnittelun osa-alueilla. Haastatteluiden pohjalta työssä esitettiin myös katsoa tiedon jakamiseen ja tallentamiseen ja esitettiin mahdollisia kehitysideoita niiden parantamiseen.

Työssä onnistuttiin tavoitteiden mukaisesti kokonaisvaltaisesti kartoittamaan sitä, mikälainen tieto on keskeistä eri suunnitteludisipliineille sekä miten sitä tuotetaan, jaetaan ja tallennetaan. Erittelyn tuloksia hyödyntäen voidaan ryhtyä luomaan ja lopulta käyttöönottamaan varsinaista tietokantaa. Erittely tehtiin toimeksiantona Elomaticin käyttöön tulevalle tietokannalle. Laivanrakennuksen suunnitteludisipliinien rakenne ja sisältö on kuitenkin melko universaali, joten tätä työtä voi hyödyntää myös muiden samankaltaisten yritysten vastaavanlaisia tietokantasovelluksia suunnitellessa.

Tietokannan hyödyllisyys riippuu siitä, kuinka paljon dataa siihen lisätään ja kuinka hyvin sitä osataan hyödyntää. Työtä voisi jatkaa tekemällä ohjeistuksen tietokannan käyttäjille siitä, miten tietoa lisätään ja miten sitä etsitään tietokannasta. Ohjeistuksessa myös selvitettäisiin käyttäjälle, mikä data on relevanttia ja missä muodossa se on lisätävä, jotta sisältö pysyy organisoituna ja hallittuna.

## LÄHTEET

Elomatic 2017. Viitattu 20.7.2017. <http://www.elomatic.com/company>

Laine, Harri. 2000. Tietokantojen perusteet. Helsinki. Helsingin yliopisto. Saatavilla sähköisesti <http://tietokantojen-perusteet.github.io/ext/laine-tikape-osa1.pdf> Viitattu 8.8.2017

MarineTraffic. 2017. Viitattu 28.7.2017 <http://www.marinetraffic.com>

Panel SD-1 (Weight Engineering) of the Ship Design Committee, The Society of Allied Weight Engineers Marine Systems Government-Industry Workshop .2002. Weight Estimating and Margins Manual. Saatavilla sähköisesti <http://www.sname.org/HigherLogic/System/DownloadDocumentFile.ashx?DocumentFileKey=16c42422-1446-42d4-87ee-c8e9c9f18cee> Viitattu 31.8.2017

Papanikolaou, A. 2014. Ship Design - Methodologies of Preliminary Design. Ateena. National Technical University of Athens

Räisänen, P. (toim.) 2000. Laivatekniikka, Modernin laivanrakennuksen käsikirja. Turku. Turun Ammattikorkeakoulu

Schneekluth, H & Bertram, V. 1998 Ship Design for Efficiency & Economy. Oxford: Butterworth-Heinemann

SpecTec. 2017. Viitattu 31.8.2017 <http://www.spectec.net/resources/article/the-sfi-group-system>

Särkkä, T. 2011. Laivan painonlaskenta. Kandidaatintyö

Varsta, P. Aalto-yliopiston kurssin Kul-24.4110 Laivaprojekti kurssimateriaali: Laivan omapainon arviointi ja seuranta. Otaniemi, Aalto-yliopisto.

Vauhkonen, M. 2012. A weight management system for a ship project. Diplomityö

Haastattelut

Honka, O. 13.6.2017. Elomatic Oy, Turku

Huhtala, P. 25.7.2017. Elomatic Oy, Turku

Kaiti, H. 2.6.2017. Elomatic Oy, Turku

Kallio, R. 5.6.2017. Elomatic Oy, Turku

Koski, P. 6.7.2017. Elomatic Oy, Turku

Koskitanner, K. 19.7.2017. Elomatic Oy, Turku

Lehtinen, J. 29.5.2017. Elomatic Oy, Turku

Panelius, S. 26.6.2017. Elomatic Oy, Turku

Pösö A. 13.7.2017. Elomatic Oy, Turku

Roivas, A. 12.7.2017. Elomatic Oy, Turku

Sirén, T. 7.6.2017. Elomatic Oy, Turku