

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Meritekniikka

2019

Elina Pottila

LUOKITUSLASKENNAN AIKATAULUSUUNNITTELU JA KOORDINOINTI

– Laivan runkosuunnittelu



OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Meriteknikka

Toukokuu 2019 | 33 sivua

Hannu-Pekka Paukio (Deltamarin Oy), Lauri Kosomaa (Turun AMK)

Elina Pottila

LUOKITUSLASKENNAN AIKATAULUSUUNNITTELU JA KOORDINOINTI

- Laivan runkosuunnittelu

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luokituslaskennan aikataulu- ja koordinointisuunnitelma. Työssä esitellään luokituslaskennan itsenäinen aikataulusuunnitelma sekä sen aikataulu sijoitettuna runkosuunnitteluun. Lisäksi työ kokoaa yhteen luokituslaskennassa käytettävät työkalut ja työvaiheet.

Opinnäytetyössä esitellään luokituslaitosten rooli laivan luokituslaskennassa ja syy siihen, miksi luokituslaskentaa ylipäänsä tehdään. Työssä myös esitellään yhden isoimman luokituslaitoksen DNV GL:n sääntöjä ja tämän Nauticus Hull -ohjelmistopakettia.

Työ suoritettiin Deltamarin Oy:n toimeksiantona, koska yrityksellä ei vielä entuudestaan ollut luokituslaskennalle koordinointi- tai aikataulusuunnitelmaa. Työn tuloksena oli luokituslaskennan aikataulu ja listaus tärkeimmistä lähtötiedoista sekä työvaiheista.

ASIASANAT:

luokituslaitos, luokituslaskenta, aikataulu, koordinointi

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Naval Architecture and Marine Engineering

May 2019 | 33 pages

Hannu-Pekka Paukio (Deltamarin Ltd), Lauri Kosomaa (Turku University of Applied Sciences)

Elina Pottila

SCHEDULING AND COORDINATION OF THE CLASS CALCULATION

- Hull design of the ship

The target of this thesis is a scheduling and coordination plan for the class calculation. In this work the scheduling plan is introduced both independently and side by side with hull design of the ship. This work also brings together tools and stages of class calculation.

In this thesis the role of the classification societies to class calculation is presented and the reason why class calculation altogether is done is explained. In this thesis is also presented one of the biggest classification societies, DNV GL's rules and its software package, Nauticus Hull.

This thesis was carried out as an assignment for Deltamarin Ltd, because this company didn't yet have a reasonable coordination or schedule plan. As a result of this work was a scheduling plan of the class calculation and a list of the most important output data and stages.

KEYWORDS:

classification society, class calculation, timetable, coordination

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Opinnäytetyön tavoitteet	7
1.2 Deltamarin Oy	7
2 LUOKITUSLASKENTA	9
2.1 Luokituslaskennan teoriaa	9
2.2 Luokituslaskennan tarkoitus	10
2.3 DNV GL	10
2.4 Luokituslaitoskohtaiset säännöt	11
2.4.1 Minimipaksuudet	11
2.4.2 Korroosiolisät	13
2.5 Nauticus Hull V20	15
2.6 Ropax-alus	17
3 AIKATAULUSUUNNITELMA	18
3.1 Aikataulusuunnittelun teoriaa	18
3.2 Luokituslaskennan aikataulu runkosuunnittelussa	18
3.3 Luokituslaskennan aikataulu ja vaiheet	20
3.3.1 Poikkileikkaus	21
3.3.2 Lisäleikkaukset ja poikkirakenteet	22
3.3.3 Yksityiskohdat (detailit)	22
4 KOORDINOINTI	24
4.1 Lähtötietojen käyttö	24
4.1.1 Laskennan aloittamiseen tarvittavat lähtötiedot	24
4.1.2 Tietojen päivittyminen laskijalle	26
4.2 Laskennan vaiheet Nauticus Hull -ohjelmistolla	27
4.2.1 Lähtötietojen tuominen	27
4.2.2 Osastojen lisääminen	28
4.2.3 Tulosten analysointi	29
5 YHTEENVETO	31

KAAVAT

Kaava 1. Laskentakaava minimipaksuuksille (Rules and standards DNV GL).	11
Kaava 2. Laskentakaava korroosiolisille (Rules and standards DNV GL).	14

KUVAT

Kuva 1. Koordinaattien kalibrointi runkokuvaan (Nauticus Hull V20).	16
Kuva 2. Geometrian mallinnus taustalla olevan kuvan avulla (Nauticus Hull V20).	17
Kuva 3. Tapahtumakaavio luokituslaskennasta runkosuunnittelussa.	19
Kuva 4. Tapahtumakaavio luokituslaskennan aikataulusta.	20
Kuva 5. Midship-kuva autolautasta (DNV GL Rules and Standards 2017).	21
Kuva 6. Keulaiskun vastainen vahvistusalue (DNV GL Rules and Standards 2017).	23
Kuva 7. Osa ropax-aluksen yleisjärjestelypiirustuksesta.	25
Kuva 8. Osa ropax-aluksen tankkisuunnitelmasta.	25
Kuva 9. Ropax-aluksen momenttikäyrät.	26
Kuva 10. Laivan yleistietojen syöttäminen (Nauticus Hull V20).	28
Kuva 11. Tilat poikkileikkauksessa (Nauticus Hull V20).	29

TAULUKOT

Taulukko 1. DNV GL:n materiaalikertoimet.	12
Taulukko 2. DNV GL:n minimipaksuudet.	12
Taulukko 3. Bureau Veritaksen minimipaksuudet.	13
Taulukko 4. DNV GL:n korroosiolisät.	14
Taulukko 5. Bureau Veritaksen korroosiolisät.	15

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Ballastisyväys	Suunniteltu vähimmäissyvyys ballasti- eli painolastitilanteessa.
DNV GL	Det Norske Veritas Germanischer Lloyd, kansainvälisesti valtuutettu luokituslaitos, jonka päämaja on Norjassa.
GA	Yleisjärjestelypiirustus (general arrangement).
IACS	The International Association of Classification Societe's, luokitusstandardeja asettava voittoa tavoittelematon liitto.
Jäykiste	Kannessa, laipiossa tai jäykkääjässä oleva vahviste.
Koordinointi	Yhteen järjestäminen, yhteistoimintaan saattaminen.
Luokituslaitos	Merenkulun alalla toimiva yksityinen laitos, joka ryhmittelee alukset luokkiin ja antaa niille luokitustodistuksen.
Nauticus Hull	Laivan rungon vahvistuslaskentaan käytettävä ohjelmistopaketti.
Nauticus Hull V20	Päivitetty versio laivan rungon vahvistuslaskentaan käytettävästä ohjelmistopakettista.
Offshore	Pääsääntöisesti avomerellä toimiva alus.
Ropax	Matkustajalaivatyyppi, jossa kuljetetaan matkustajien lisäksi pyörien päällä olevaa kuormaa.
Void	Suljettu, kuiva tila.
WT-laipio	Vesitiivis (water tight) laipio.

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luokituslaskennan aikataulu- ja koordinointisuunnitelma. Työssä käsitellään luokituslaskentaa yleisellä tasolla, johon sisältyy sen tarkoitus siitä, miksi sitä tehdään ja mitä siinä tehdään. Tavoitteena on suunnitella luokituslaskennalle aikataulullisesti järkevä rooli laivan runkosuunnittelussa. Tämän lisäksi esitellään luokituslaskennassa käytettävät työkalut, työvaiheet ja tarvittavat lähtötiedot.

Opinnäytetyö saatiin toimeksiantona Deltamarinilta ja sen taustalla on tarve saada luokituslaskennalle järkevä aikataulu- ja koordinointisuunnitelma, koska sellaista yrityksellä ei vielä ole. Työ tehdään suunnitteleamalla luokituslaskennalle tärkeimmät vaiheet ja niille järkevä sekä toimiva aikataulu.

Opinnäytetyön ohessa suoritettiin luokituslaskentaa Deltamarinin asiakkaan tilaamalle ropax-alukselle, joten kaikki laskut sekä luokituslaskennasta saadut tulokset ja tiedot liittyvät tähän kyseiseen alukseen. Luokituslaitoksena kyseisellä aluksella on DNV GL, joten opinnäytetyössä käytetyt säännöt ja ohjelmistot ovat tämän kyseisen luokituslaitoksen määräämät.

1.2 Deltamarin Oy

Deltamarin Group on meriteknisen alan suunnittelu-, konsultointi ja rakentamisen tukipalveluja tarjoava yritys, jonka pääkonttori sijaitsee Turussa. Suomessa yrityksellä on Turun lisäksi kaksi konttoria Raumalla ja Helsingissä, Puolassa Gdanskissa ja Kiinassa Shanghaissa. Deltamarinin emoyhtiö on vuoden 2013 tammikuusta lähtien ollut singaporelainen AVIC International Maritime Holdings Limited. (Deltamarin 2019.)

Deltamarinin toimitusjohtajana on vuoden 2017 syyskuusta asti toiminut Janne Uotila. Yrityksessä ja sen yhteisyrityksessä eri puolilla Eurooppaa ja Aasiaa työskentelee noin 400 työntekijää, joista 50 työskentelee konseptiosastolla, 30 projektijohdossa, 120 runko- ja varusteluosastolla, 120 koneisto- ja sisustusosastolla, 30 sähköosastolla ja 60

hallinnossa. Vuonna 2015 Suomen toimipisteissä työskenteli 238 henkilöä eli yli puolet kaikista yrityksen työntekijöistä. (Deltamarin 2019.)

Konsernin liikevaihto oli 36 miljoonaa euroa vuonna 2015. Sen suurimmat kustannuserät ovat henkilöstön palkat, toimitilojen vuokrat ja muut niihin liittyvät kulut, työvälineet kuten tietokoneet ja serverit sekä muut ohjelmistot ja matkakulut. (Deltamarin 2019.)

2 LUOKITUSLASKENTA

2.1 Luokituslaskennan teoriaa

Laivakauppojen yhteydessä laivan omistaja valitsee laivalle luokituslaitoksen. Periaate luokituslaskennassa perustuu laivan rakenteisiin ja niiden terminologiaan, jotka on määritelty valitun luokituslaitoksen säännöissä. Säännöissä on määritelty muun muassa vaatimukset rakenteiden paksuuksille ja materiaaleille. Luokituslaskenta takaa sen, että laiva kestää kaikissa mahdollisissa olosuhteissa.

Kun laivan suunnittelu aloitetaan, omistaja valitsee sille luokituslaitoksen, jonka sääntöjä laivan suunnittelussa noudatetaan. Luokituslaitosten määrittämät säännöt ovat standardeja suunnittelijoita varten, jotta he osaavat suunnitella rungon rakenteet, arvioida rungon rakenteiden kestävyyttä kuormituksia varten ja mitoittaa ne oikein. Kaikilla luokituslaitoksilla on omat kirjat sääntöjä varten, jotka pääpiirteissään muistuttavat toisiaan, mutta yksityiskohdissa poikkeavat toisistaan enemmän. Sääntökirjoissa käsitellään vain yksirunkoista uppouma-alusta ja sen rakennetta. Monirunkoaluksille, nopeakulkuisille aluksille ja offshore-rakenteille on omat erikoissääntönsä. Luokituslaitosten säännöt ovat usein julkisina tietokoneohjelmina ja niitä voi tiedustella luokituslaitoksilta suoraan. Suurin osa luokituslaitosten ohjelmista on ilmaisia, jos tilaa myös itse sääntökirjan. Yleensä nämä tietokoneohjelmat toimivat normaalissa PC-ympäristössä. Suunnittelijan näkökulmasta tietokoneohjelmien käyttöön löytyy myös pieniä puutteita kuten esimerkiksi se, että ohjelmat on tehty enemmänkin suunnitelmien analysointiin eikä mitoittamiseen. (Räisänen 1997, Laivatekniikka 29-1.)

On tärkeää, että asetetut standardit täyttyvät laivan rakennusvaiheessa sekä sen jälkeenkin, kun laiva on valmis. Luokituslaitoksella työskentelee paljon henkilöitä, joiden tehtävänä on suorittaa säännöllisesti tarkastuksia aluksille ja varmistaa, että standardit täyttyvät. Työvoima koostuu tarkastajista, koneinsinööreistä, materiaali-insinööreistä, putkistoinsinööreistä ja sähköinsinööreistä. Aluksen koko elinkaaren ajan nämä tarkastajat varmistavat, että sen osat ja koneet kehitetään sekä huolletaan vaatimusten mukaan. (Maritime connector 2019.)

2.2 Luokituslaskennan tarkoitus

Laivatyyppistä riippumatta, jokaisella laivalla on aina joku tehtävä, kuten matkustajaluoksilla ihmisten ja lastialuksilla lastin kuljettaminen. Jotta alus pystyy toteuttamaan tehtävänsä mahdollisimman pitkän ajan hyvin ja turvallisesti, tarvitsee sen suunnittelussa totella annettuja standardeja ja sääntöjä. Merenkulussa alukset luokitetaan. Luokitus on järjestelmä, jolla edistetään ensisijaisesti elämän, omaisuuden ja ympäristön turvallisuutta. Luokitusta todennetaan noudattamalla teknisiä standardeja alusten suunnittelussa, rakentamisessa ja elinkaaren ylläpidossa. Nämä standardit sisältyvät jokaisen luokituslaitoksen sääntöihin. Luokituslaitosten sääntökirjan mukana on yleensä ohjelmistopaketti, jota käyttämällä suunnittelija pystyy laskemaan ja toteuttamaan vaaditut luokitukset. Luokituslaitosten välinen keskustelu, tutkiminen ja teknisten kriteerien hyväksyminen meriturvallisuuden parantamiseksi tapahtuu helposti kansainvälisen luokituslaitos IACS:n kautta. (IACS www-sivut 2019.)

Kansainvälinen luokitusliitto IACS on voittoa tavoittelematon järjestö, johon kuuluu tällä hetkellä kaksitoista luokituslaitosta. Järjestöön kuuluvat luokituslaitokset ovat American Bureau of Shipping, Bureau Veritas, China Classification Society, Croation Register of Shipping, DNV GL, Indian Register of Shipping, Korean Register of Shipping, Lloyd's Register, Nippon Kaiji Kyokai, Polish Register of Shipping, Registro Italiano Navale ja Russian Maritime Register of Shipping. Yli 90 % maailman lastialuksista kuuluu IACS:n asettamiin luokitusstandardeihin. (IACS 2019.)

2.3 DNV GL

Tässä opinnäytetyössä käsiteltävän laivan omistaja on valinnut aluksensa luokituslaitokseksi DNV GL:n. DNV GL on kansainvälinen akkreditoitu rekisterinpitäjä ja luokituslaitos, jonka pääkonttori sijaitsee Norjassa. Se tarjoaa palveluja useille toimialoille kuten merenkululle, uusiutuvalle energialle, öljylle ja kaasulle, sähköistykseen, ruokaan ja juomiin sekä terveydenhuoltoon. (DNV GL 2019.)

DNV GL on maailman suurin luokituslaitos, joka perustettiin fuusion seurauksena kun Det Norske Veritas (Norja) ja Germanischer Lloyd (Saksa) yhdistyivät. Laitoksella oli vuonna 2017 noin 14500 työntekijää ja 350 toimistoa yli 100 maassa. Teknisten

arviointien, sertifiointin, riskienhallinnan ja ohjelmistokehityksen lisäksi DNV GL investoi paljon myös tutkimukseen. (DNV GL 2019.)

2.4 Luokituslaitoskohtaiset säännöt

Vaikka pääpiirteissään luokituslaitosten säännöt ovat samat, on niiden yksityiskohdissa paljon poikkeamia. Tällaisia yksityiskohtia ovat esimerkiksi levyjen minimipaksuudet ja korroosiolisät. Tässä luvussa tarkastellaan DNV GL:n ja toisen luokituslaitoksen Bureau Veritaksen määrittämiä laivan terästen minimipaksuuksille ja korroosiolisille.

Bureau Veritas on maailmanlaajuinen yritys, joka tarjoaa testaus-, tarkastus- ja sertifiointipalveluja. Merenkulun alalla se toimii kuitenkin luokituslaitoksena ja sen pääkonttori sijaitsee Pariisissa, Ranskassa. Se on perustettu vuonna 1828 ja ensimmäinen Suomen konttori avattiin vuonna 1858 Turkuun. (Bureau Veritas 2019.)

2.4.1 Minimipaksuudet

Jotta laivan rakenteet kestäisivät tarvittavat kuormat, on niiden oltava tietyn vahvuisia. Sitä varten luokituslaitosten säännöissä on määritetty teräslevyille minimipaksuudet. Minimipaksuus riippuu laivan pituudesta ja siitä, mikä rakenne ja tilatyyppejä on kyseessä siinä kohdassa, mihin teräslevy laitetaan. Jokaisella luokituslaitoksella on omat eroavat tapansa määrittää minimipaksuuksien laskentatapa. DNV GL on antanut selkeän kaavan, jolla tarvittavan minimipaksuuden saa laskettua.

$$t = a + b * L\sqrt{k}$$

Kaava 1. Laskentakaava minimipaksuuksille (Rules and standards DNV GL).

Laivan sääntöpituus (L) on laivan rungon etuosan etäisyys peräsimen keskiosasta mitoitussyvyydellä. Pituus ei saa olla vähemmän kuin 96% eikä ylittää 97% koko laivan vesiviivan pituudesta mitoitussyvyydellä. Mitoitussyvyys tarkoittaa maksimisyvyyttä, jossa laiva kannattelee kuormat vielä turvallisesti. Materiaalikerroin (k) määräytyy teräksen myötörajan eli yield-jännityksestä. (Taulukko 1.) Myötöraja määritetään vetokokeella ja tarkoittaa sitä pistettä, jossa teräksen kimmainen muodonmuutos muuttuu pysyväksi. (DNV GL 2019.)

Taulukko 1. DNV GL:n materiaalikerroimet.

Määritetty minimi myötöraja	k
235	1
315	0,78
355	0,72
390	0,66/0,68
460	0,62

Vaadittu minimipaksuus riippuu paljon myös siitä, missä elementti sijaitsee ja mikä sen tehtävä laivan rakenteessa on. Minimipaksuuksien laskentakaavassa olevat kertoimet a ja b määritellään kyseessä olevan elementin ja tämän sijainnin perusteella (taulukko 2).

Taulukko 2. DNV GL:n minimipaksuudet.

Elementti	Sijainti	a (mm)	b (mm)	
Runko	Köli	5	0,05	
	Pohja ja palle	4,5	0,035	
	Sivurunko ja kansirakenteet	Pallelevyn yläpää --> mitoitussyväys + 4,6m	4	0,035
		Mitoitussyväys + 4,6m --> mitoitussyväys + 6,9m		0,025
		Mitoitussyväys + 6,9m --> mitoitussyväys + 9,2m		0,015
		Muulla		0,01
Merikotelo	4,5	0,05		
Kansi	Sääkansi, vahvuuskansi ja korokekansi koneistotiloissa	4,5	0,02	
	Rajana lastitankeille, ballastivesitankeille ja irtotavaralastille		0,015	
	Muut kannet		0,01	
Sisäpohja	Lastiruuma, joka lastattu luukkujen kautta (ei kontteja)	5,5	0,025	
	Muut tilat	4,5	0,02	
Laipiot	Lastitankeille, ballastivesitankeille ja irtotavaralastille	4,5	0,015	
	Väliseinille ja koneistotiloille			
	Vesitiiviit ja muille tankeille			0,01
	Ei-vesitiiviit laipiot tankeille	5	0,005	
	Muut ei-vesitiiviit laipiot		0	
	Asuintilojen seinät		0	

Kuten luvussa 2.3 mainitaan, luokituslaitosten määritystavat yksityiskohdille eroavat jonkin verran toisistaan. Siinä missä DNV GL käyttää minimipaksuuksien määrittämiseen yhtä ja samaa kaavaa kertoimien vain muuttuessa sijainnin mukaan, Bureau Veritas käyttää jokaiselle rakenteelle omanlaisia kaavaa (taulukko 3).

Taulukko 3. Bureau Veritaksen minimipaksuudet.

Sijainti		Minimipaksuus (mm)	
Köli		$3,8 + 0,040 Lk^{1/2} + 4,5s$	
Pohja	Pitkittäinen kaarijako	$1,9 + 0,032 Lk^{1/2} + 4,5s$	
	Poikittäinen kaarijako	$2,8 + 0,032 Lk^{1/2} + 4,5s$	
Sisäpohja	Konehuoneen ulkopuoli	$1,9 + 0,024 Lk^{1/2} + 4,5s$	
	Konehuone	$3,0 + 0,024 Lk^{1/2} + 4,5s$	
Sivu	Vapaakannen alapuoli	$2,1 + 0,031 Lk^{1/2} + 4,5s$	
	Vapaakannen ja vahvuuskannen väli	$2,1 + 0,013 Lk^{1/2} + 4,5s$	
Sisäsivu	$L < 120m$	$1,7 + 0,013 Lk^{1/2} + 4,5s$	
	$L \geq 120m$	$3,6 + 2,20 k^{1/2} + s$	
Sääkansi ja runkokansi	0,4L keskilaivan alueella	Pitkittäinen kaarijako	$1,6 + 0,032 Lk^{1/2} + 4,5s$
		Poikittäinen kaarijako	$1,6 + 0,040 Lk^{1/2} + 4,5s$
	Kansiluukkujen väli		$2,1 + 0,013 Lk^{1/2} + 4,5s$
	Keula ja perä		$2,1 + 0,013 Lk^{1/2} + 4,5s$
Lastikansi	Yleinen	$8sk^{1/2}$	
	Pyörillä oleva kuorma	4,5	
Majoituskansi	$L < 120m$	$1,3 + 0,004 Lk^{1/2} + 4,5s$	
	$L \geq 120m$	$2,1 + 2,20 Lk^{1/2} + s$	
Konehuoneen alusta	$L < 120m$	$1,7 + 0,013 Lk^{1/2} + 4,5s$	
	$L \geq 120m$	$3,6 + 2,20 k^{1/2} + s$	
Poikittäinen vesitiivislaipio	$L < 120m$	$1,3 + 0,004 Lk^{1/2} + 4,5s$	
	$L \geq 120m$	$2,1 + 2,20 k^{1/2} + s$	
Pitkittäinen vesitiivis laipio	$L < 120m$	$1,7 + 0,013 Lk^{1/2} + 4,5s$	
	$L \geq 120m$	$3,6 + 2,20 k^{1/2} + s$	
Tankkilaipio	$L < 120m$	$1,7 + 0,013 Lk^{1/2} + 4,5s$	
	$L \geq 120m$	$3,6 + 2,20 k^{1/2} + s$	

Bureau Veritaksen sääntökirjassa määritetyt minimipaksuudet toimivat vain alukselle, jonka sääntöpituus on alle 300 metriä. Pidemmille aluksille on omat luokituksensa.

2.4.2 Korroosiolisät

Korroosio on sitä, kun ympäristö muuttaa materiaalia käyttökelvottomaan muotoon. Sen taustalla on kemiallinen tai sähkökemiallinen ilmiö. Korroosiolisät tulevat laivan rakenteille siitä, kun laivan tankeissa kuljetetaan tilasta riippuen eri materiaaleja. Öljyt, ballastivedet ja muut tankeissa olevat kemikaalit kuluttavat terästä ja se pitää ottaa huomioon teräksen kestävyyttä suunniteltaessa. DNV GL on määrittänyt laskentakaavan myös korroosiolisille.

$$t_c = t_{c1} + t_{c2} + t_{res}$$

Kaava 2. Laskentakaava korroosiolisille (Rules and standards DNV GL).

Korroosiolisät t_{c1} ja t_{c2} määritellään kyseessä olevan tilatyypin ja rakenteellisen jäsenyyden perusteella. (Taulukko 4.) Varauspaksuus t_{res} lisätään aina korroosiolisään tilasta ja sijainnista riippumatta. Varauspaksuus on 0,5 millimetriä ja sillä huomioidaan teräksen mahdolliset kulumiset. Korroosiolisän laskentakaavasta saatu tulos on millimetreinä ja se lisätään teräksen minimipaksuuteen. (DNV GL 2019.)

Taulukko 4. DNV GL:n korroosiolisät.

Tilatyyppe	Rakenne	tc1 tai tc2 (mm)
Öljytankit ja nestemuotoiset kemikaalitankit	Kaikki jäsenet	1
Kuiva lasti, kontit ja tavalliset lastiruumat	Alaosat, laivat joilla merkintä	2,5
	Alaosat, muut laivat	1
	Muut jäsenet	0,5
Ulkoiset pinnat	Kaikki jäsenet	0,5
Ballastivesitankki	Kaikki jäsenet	1
Tankit RSW ja muta	Kaikki jäsenet	0,5
Puhdas vesi-, polttoöljy- ja öljytankit	Kaikki jäsenet	0
Suolavesi-, urea-, pilssivesitankit ja tyhjennyssäiliö	Kaikki jäsenet	1
Asuintilat	Kaikki jäsenet	0
Tyhjät ja kuivat tilat, tilat joita ei lueteltu ylhäällä	Ylempi pinta kannesta tai pohjalevytys	0,5
	Muulla	0
Ruostumaton terä ja alumiini	Kaikki jäsenet	0

Toisin kuin minimipaksuuksien määrittelyssä DNV GL:n ja Bureau Veritaksen korroosiolisien määrittelytavat ovat hyvinkin samanlaiset. Tilatyypin perusteella taulukosta katsottava paksuus lisätään minimipaksuuteen. Jos teräslevy on kahden tilan välissä, paksuus valitaan molempien tilojen mukaan ja lasketaan yhteen. DNV GL:n ja Bureau Veritaksen ainut ero on siinä, että Bureau Veritaksella ei lisätä puolen millimetrin varauspaksuutta minimipaksuuteen.

Taulukko 5. Bureau Veritaksen korroosiolisät.

Tilatyypit		t
Ballastivesitankki		1
Lasti- ja polttoöljytankki	Vaakasuorat pinnat	0,75
	Ei-vaakasuorat pinnat	0,5
	Jäykisteet ja primäärijäsenet	0,75
Kuivalastitankki	Kaikki jäsenet	1
	Sisäpohjalevyt, sivulevyt yksirunkoluksille, sisäsivulevyt kaksirunkoaluksille, poikittaisten lapioiden levyt	1,75
	Kaaret, jäykisteet ja primäärijäsenet	1
Puhdasvesitankit		0,5
Vesipohjaiset mutatankit		1,25
Öljypohjaiset mutatankit		1,25
Suolaliuostankit		1,25
Moonpool		1,75
Asuintilat		0
Muut tilat		0,5
Ulkotilat, meri ja ilma		0,5

Molempien luokituslaitosten edellä mainitut määrittelytavat korroosiolisille ovat ruostumattomille teräs- ja alumiiniseosrakenteille. Muille materiaaleille on poikkeavat määrittelyt riippuen materiaalista.

2.5 Nauticus Hull V20

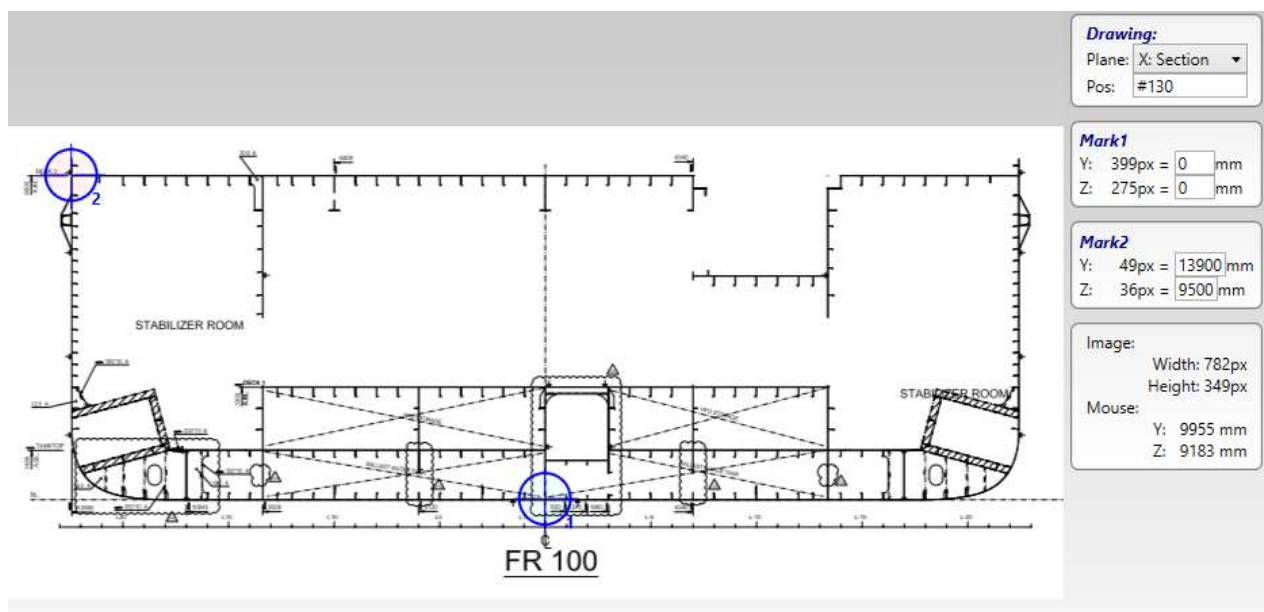
Nauticus Hull on ohjelmistopaketti laivan runkorakenteiden vahvuusarviointia varten. Se tarjoaa palveluja, joita laskija tarvitsee tehokkaaseen rungon suunnitteluun ja sääntöjen todentamiseen. Nauticus Hull toimii luokituslaitos DNV GL:n sääntöjen puitteissa ja analysoi tulokset sen laskemien kaavojen mukaan. (DNV GL 2019.)

Nauticus Hull -ohjelmistoon syötetään laivan lähtötiedot ja mallinnetaan leikkaus rungosta. Kun geometria on valmis, syötetään jokaiselle rakenteelle nimi ja sijainti. Runkokuvista syötetään rakenteille ainevahvuudet sekä pitkittäiset että poikittaiset jäykisteet. Viimeisenä ohjelmaan mallinnetaan tankkisuunnitelman mukaisesti tilat. Tiloja voi olla esimerkiksi lastiruuma, ballastivesitankki, polttoöljytankki tai tässä laivatyyppissä yleisillä kansilla majoitustilat.

Vuoden 2018 alussa DNV GL päivitti Nauticus Hull -ohjelmiston vastaamaan IACS:n vaatimuksia. Uudessa päivitettyssä ohjelmistossa Nauticus Hull V20:ssa on kehittyneitä

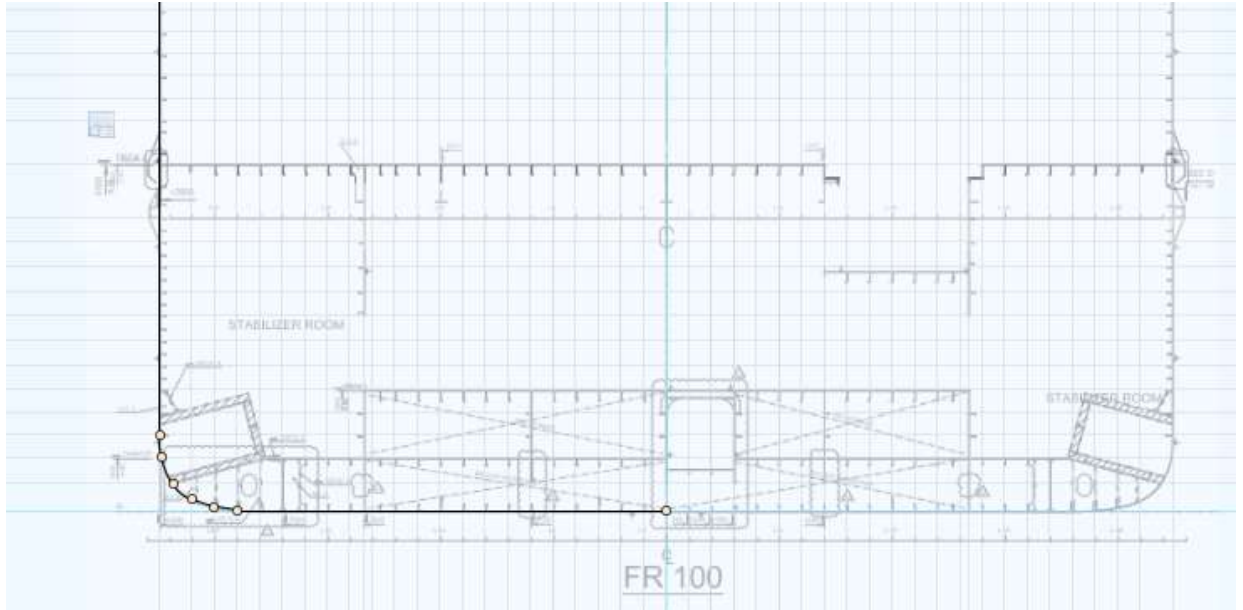
työkaluja rakenteellista analysointia varten ja se on kehitetty telakoiden ja varustamoiden yhteistyössä. Uudessa versiossa on ennaltanäkemätön käyttäjäystävällinen rajapinta, joka takaa tehokkaan mallintamisen ja sääntöjen tarkastamisen laskijalle. (DNV GL 2019.)

Uudessa versiossa on muutamia uusia ominaisuuksia verrattuna vanhaan. Yksi niistä on ominaisuus, jolla ohjelmaan pystyy tuomaan kuvia ja käyttämään niitä taustalla mallintaessa poikkileikkausta. Runkokuvan ohjelmaan tuomisen yhteydessä siihen kalibroidaan nollapiste sekä ylimmän kannen ulomman pisteen koordinaatit. Näin mallintaminen onnistuu oikeassa mittakaavassa (kuva 1).



Kuva 1. Koordinaattien kalibrointi runkokuvaan (Nauticus Hull V20).

Tästä työkalusta on hyötyä varsinkin silloin, kun mallintaa jotain ei-prismaattista aluetta laivasta. Taustalla oleva kuva on yleensä ihan tavallinen näyttökuva jostain jpg- tai png-tiedostosta, ja sen voi tuoda ohjelmaan joko tiedostona tai klippinä. Kuva toimii niin sanottuna piirustuslajustana ja sen avulla saa hyvin kiintopisteet laivan runkomuodon mallintamista varten.



Kuva 2. Geometrian mallinnus taustalla olevan kuvan avulla (Nauticus Hull V20).

Toinen päivitetyn Nauticus Hull V20 -ohjelman uusista ominaisuuksista on se, että siihen saa tuotua laivan mallin Napa-ohjelmasta. Mallin avulla saadaan tarkat geometriat pienistäkin tiloista näkyviin. Konehuoneessa on esimerkiksi paljon pieniä yksityiskohtaisia tiloja, joiden geometria on vaikea määrittää yleisjärjestelystä tai tankkisuunnitelmasta. Napa-malliin ne on mallinnettu tarkalleen oikein.

2.6 Ropax-alus

Tässä opinnäytetyössä käsitellään Deltamarin Oy:n toimeksiantoa, jossa suoritetaan luokituslaskentaa ropax-alukselle. Ropax tulee sanoista roll on/roll off (=aja sisään/aja ulos) ja passenger (=matkustaja). Rakenteeltaan ropax-alustyyppi muistuttaa hyvin paljon ro-ro-alusta pitkien autokaistojen ja rahtitavaratilansa takia.

Viimeaikoina ropax-aluksista on tullut suosittuja autolla kulkevien lomailijoiden keskuudessa sen helppouden takia. Satamien välillä ropax-aluksat kulkevat nopeasti, minkä vuoksi matkustajille suunnitellut hytit ja ravintolat ovat vaatimattomampia kuin isompien risteilijöiden. (Kuljetusopas 2019.)

3 AIKATAULUSUUNNITELMA

3.1 Aikataulusuunnittelun teoriaa

Onnistunut aikataulusuunnitelma on erittäin tärkeä osa projektin läpivientiä. Hyvä aikataulu sisältää tiedot siitä, mitä tehdään ja milloin. Tämän ansiosta työtäkin on helpompi ohjata. Hyvällä aikataulusuunnitelmalla myös tunnistetaan etukäteen pullonkaulat ja riskit. Yleensä kun pysytään aikataulussa, pysytään myös budjetissa, koska aikataululliset ongelmat, kuten myöhästymissakot minimoidaan ja ylitöitä ei tarvitse tehdä saadakseen aikataulua kiinni. Hyvä aikataulu on helposti toteutettavissa oleva, luotettava, yksiselitteinen ja sopivalla tavalla yksityiskohtainen. (Fira 2018.)

Aikataulua laadittaessa on hyvä muistaa, että sen toteutusmallin tulee olla realistinen. Tämä onnistuu käyttämällä jo olemassa olevaa tietoa hyväksi. Eri menetelmiä aikataulusuunnitteluun on esimerkiksi tapahtumakaavio, Ganttin kaavio, toimintaverkkomenetelmä ja vinoviiva-aikataulu.

Aikataulun ajoittaminen on yksi tärkeimpiä asioita projektin suunnittelussa. Aikataulu perustuu suurimmaksi osaksi arvioihin ja sen suunnittelua voi mieltä kahdella eri tavalla. Tapoja ovat yksityiskohdista kokonaisaikatauluun suunnittelu tai tavoiteaikataulusta yksityiskohtiin suunnittelu. Suunnittelun pohjalla ovat työn ositus ja määrittäminen siitä, mitä tehtäviä suoritetaan. Myös kokonaistavoitteet otetaan huomioon.

Projektin edetessä sen keston on vaikea vaikuttaa, ainakaan positiivisesti. Tämän takia suunnittelu ja aikatauluseuranta tulee olla huolellista, jos projektin aikataavoite on kriittinen. Aikataulu tulee tehdä pitäväksi jo suunnitteluvaiheessa. Puuttellinen suunnittelu aiheuttaa usein aikataulun venymistä ja projektin hyödyttömyyttä. (Arto, Martinsuo & Kujala, 2006)

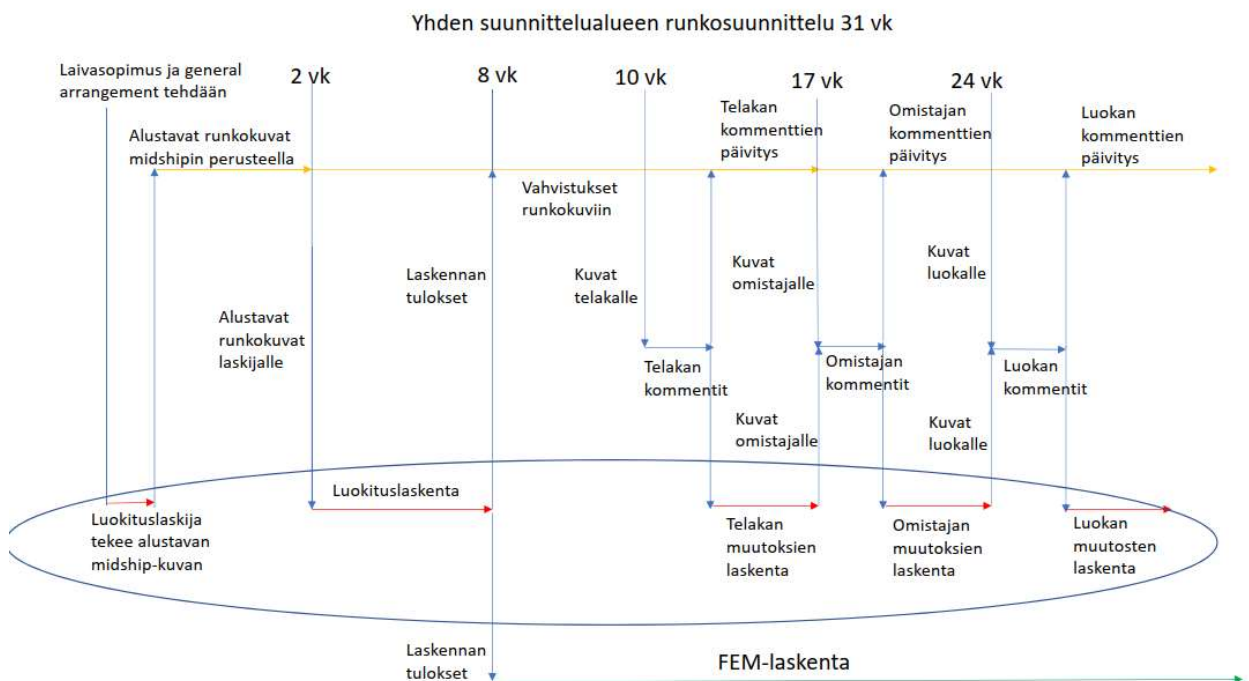
3.2 Luokituslaskennan aikataulu runkosuunnittelussa

Aikataulua luokituslaskennalle voi rakentaa eri tavoilla. Laivaprojekteissa aikataulun päätyminen omistajan ja telakan kanssa sovittuna ajankohtana on tärkeää ja tällöin aikataulua voidaan suunnitella etapin avulla projektin lopusta kohti alkua. Aluksi hyväksytään projektin tärkeimmät tavoitteet ja luodaan niihin etapit. Eri työvaiheet

mahdutetaan valittujen etappien väliin ja näin nähdään tietyin aikavälein, onko aikataulussa pysytty.

Tässä opinnäytetyössä luokituslaskennan aikataulua on lähdetty suunnittelemaan rinnakkain runkosuunnittelun kanssa. Projektissa laivan runko on jaettu suunnittelualueisiin. Tarkasteluun on otettu yhden suunnittelualan laskentaan kuluva aika ja käsitelty sitä, miten se kulkee aikajanalla runkosuunnittelun rinnalla. Tärkeimmät etapit runkosuunnittelussa ovat runkokuvien luovutus telakalle, omistajalle ja luokalle. Ennen runkokuvien ensimmäistä luovutusta olisi luokituslaskennan tulosten hyvä olla jo kuvissa.

Laivasopimuksen yhteydessä sovitaan general arrangement eli GA (=yleisjärjestelypiirustus). Tämän GA:n pohjalta luokituslaskija tekee alustavan midship-kuvan runkosuunnittelijoille. Alustavan midship-kuvan avulla runkosuunnittelija tekee alustavat runkokuvat. Alustavien runkokuvien pohjalta luokituslaskija aloittaa laskennan luvussa 3.3 mainitun järjestyksen mukaisesti. Tulokset olisi hyvä saada runkosuunnittelijoille noin kaksi viikkoa ennen, kun kuvat pitää lähettää telakalle. Tämä kaikki vie aikaa suunnilleen kymmenen viikkoa (kuva 6). Runkosuunnittelun aikataulu on hyvin projektikohtainen ja siihen vaikuttaa monet asiat.

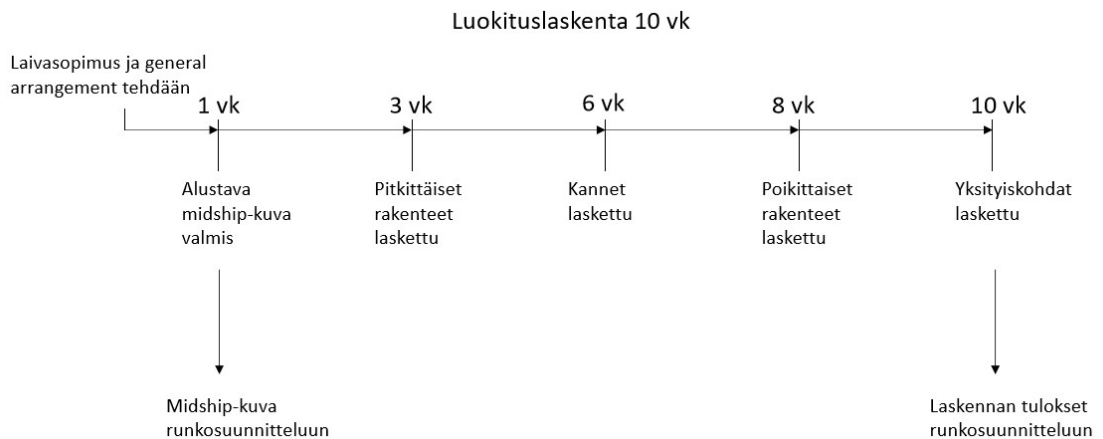


Kuva 3. Tapahtumakaavio luokituslaskennasta runkosuunnittelussa.

Kymmenen viikkoa kestäneen luokituslaskennan ja runkosuunnittelun jälkeen valmiit runkokuvat lähetetään vuoron perään telakalle, omistajalle ja luokalle. Nämä kyseiset tahot antavat kuviin omat kommenttinsa ja kommenttien mukaiset muutokset tehdään kuviin. Myös luokituslaskentaa tapahtuu kommenttien jälkeen, jos muutokset sitä vaativat. Kommentoinnin kesto on sovittu yleensä laivasopimuksessa. Näin kymmenen viikon jälkeen aikaa kuluu lisäksi vielä noin 21 viikkoa.

3.3 Luokituslaskennan aikataulu ja vaiheet

Aikataulussa pysymisen edellytys on se, että tiedetään mitkä kaikki vaiheet laskentaan liittyen tulee tehdä ja missä vaiheessa. DNV GL:n sääntökirjassa on säännöt kaikille laivan rungon eri rakenteille ja ne tulee myös laskea. Rungon rakenteiden säännöt löytyvät luokituslaitoksen sääntökirjan osasta kolme. Laskentaa suoritetaan tärkeysjärjestyksessä ajatellen muita suunnittelihoita ja tulosten tarpeellisuutta runkosuunnittelun eri vaiheissa. Kuvassa 5 on esitetty aikajanalla luokituslaskennan tärkeimmät vaiheet. Aika, joka jokaiseen vaiheeseen kuluu, on arvioitu ja vaihtelee paljon projektista sekä laivatyyppistä riippuen.

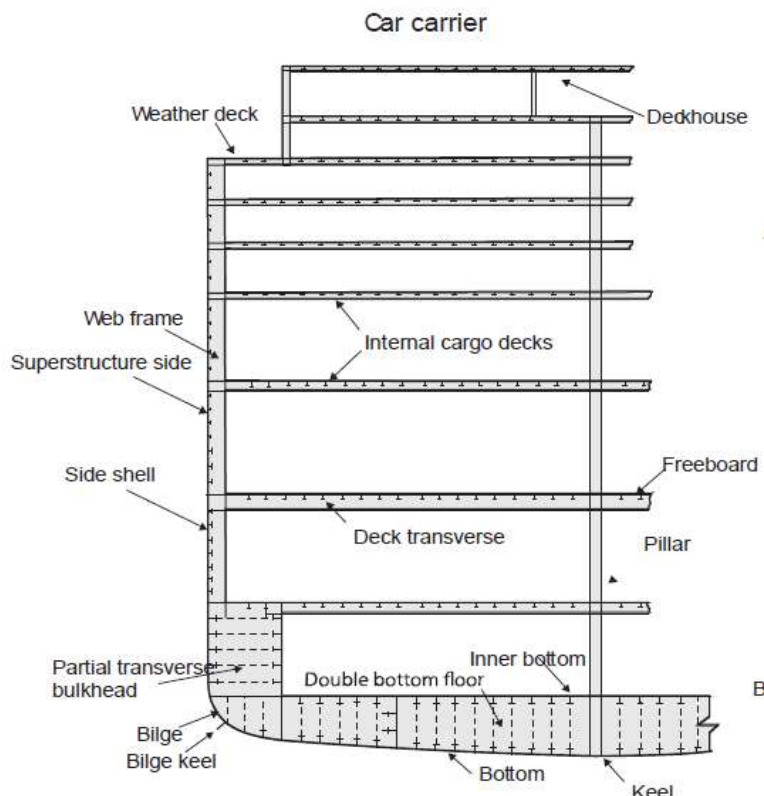


Kuva 4. Tapahtumakaavio luokituslaskennan aikataulusta.

Laskentajärjestyksen rakenne on usein kuvassa 5 esitetyn tyyppinen. Laivan rakenne jaetaan sen lujuuslaskennallisen tärkeyden mukaan ryhmiin. Laskenta aloitetaan primäärisistä rakenteista, joita ovat päärakenteet kuten kannet, laipiot, laidoitukset ja pääkaaren rakenteet. Seuraavaksi lasketaan poikittaiset rakenteet ja edetään kohti yksityiskohtia.

3.3.1 Poikkileikkaus

Ensimmäisenä lasketaan pääkaaren leikkausta. Alustava kuva keskilaivasta (midship) on erityisen tärkeä leikkauskuva. Midship-kuva on poikkileikkaus laivan keskikohdilta ja siinä näkyy peruskaarelle tulevat materiaalit sekä ainevahvuudet (kuva 5). Pääkaaren leikkauskuva vaatii vähintään kolme leikkausta. Leikkaukset otetaan sääntöpituuden keskipisteestä ja 0,2 kertaa sääntöpituus keskileikkauksesta perään sekä keulaan päin. Näistä kolmen leikkauksen tuloksista käytetään sitä, joka vaatii eniten vahvistuksia. Näin rakenteet pysyvät muuttumattomina mahdollisimman pitkälle ja suunnitteluvirheet vähenevät. Vahvistuksissa tulee kuitenkin ottaa huomioon myös runkomuoto, eikä painoa tule väkisin kasvattaa jos pienemmät ainevahvuudet riittävät. Runkosuunnittelijat tarvitsevat midship-kuvan mallintamista varten nähdäkseen pitkittäissuunnassa jatkuvat rakenteet eli laitalevyt, pohjan, kölän ja sisäpohjan. Painolaskija tarvitsee taas tiedot siitä, kuinka paljon jatkuvat rakenteet tulevat vahvistumaan suunnitellusta, sillä se vaikuttaa merkittävästi teräspainoon koko laivan mitalta.



Kuva 5. Midship-kuva autolautasta (DNV GL Rules and Standards 2017).

Seuraavaksi lasketaan pituuslaipiot. Pituuslaipioihin lasketaan sääntöjen mukaiset vahvuudet poikkileikkausten avulla. Muita poikkileikkauksen avulla laskettavia rungon osia ovat vielä shell, kannet, pilarit ja wt-laipiot. Shell (=ulkolaidoitus) on rungon uloin laita, joka muodostaa myös rungon muodon. Kannet muodostavat laidasta toiseen vaakatasossa olevia rakenteita ja pilarit pystysuuntaa tukevia pilarilinjoja. Wt-laipio tarkoittaa vesitiivistä (water tight) laipiota.

3.3.2 Lisäleikkaukset ja poikkirakenteet

Lisäleikkaukset otetaan tankeista, void-tiloista ja muista poikkeavista rakenteista. Niille lasketaan tarvittavat vahvistukset ja merkataan runkokuvaan. Lisäleikkaukset ovat tärkeitä, koska niissä ilmoitetaan tankkia rajaavan laipion vahvuus ja tarvittavat jäykisteet. Leikkaus on tärkeää ottaa jokaisesta tankista, koska sääntöjen mukaan vahvistukset vaihtelevat aina sisällöstä riippuen.

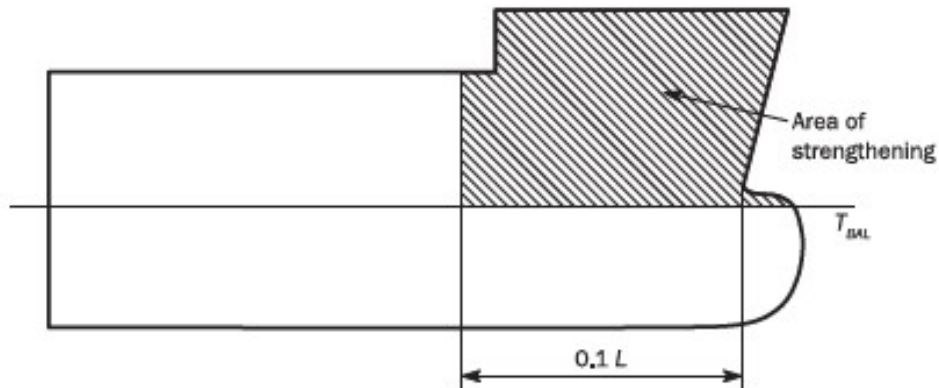
Poikkirakenteen kestävyydellä lasketaan laivan laidasta toiseen menevää poikittaista lujutta. Poikkitaista leikkauksista saadaan laskettua vahvistukset kaksoispohjan rakenteille ja tankkilaipioille. Nauticus Hull -ohjelmassa toimiva Rule Calculator laskee teräslevyn ja jäykistäjän venymää ja lommahdusta. Poikkirakenteita laskettaessa tulee olla ilmaputkien korkeudet syötetty oikein, sillä teräslevyyn ja jäykisteisiin kohdistuva paine määräytyy niiden mukaan. Lisäksi täytyy tietää pohjan jäykisteiden koko, jotta osaa ilmoittaa ohjelmaan oikean vaikuttavan jännevälin.

3.3.3 Yksityiskohdat (detailit)

Laivan rakenteissa on paljon laskettavia yksityiskohtia. DNV GL on asettanut sääntökirjassaan osan kolme luvussa kymmenen säännöt tällaisille yksityiskohtaisille ja erikoisemmille vaatimuksille. Luokituslaskija kokoaa yksityiskohdista structural detail (=rakenteelliset yksityiskohdat) -nimisen piirustuksen. Kyseisessä piirustuksessa on esitetty muun muassa jäykisteiden liitokset, polviot, tyhjennysaukot, notsit, pääkaaren lommahdustuet, longiliitosten yksityiskohdat ja ilma-aukot.

Yksi erikoisvaatimus laivan rakenteille liittyy keulaan kohdistuvaan iskuun. Keulaan kohdistuva paine lasketaan luokan sääntökirjan perusteella ja keula-alueelle laitetaan vahvistus. Vahvistus auttaa keulaan kohdistuvaa painetta vastaan, ettei rakenne murru.

Kuvassa 7 on esitetty vahvistettu alue keulaiskua vastaan laivan keulassa. Sen pituus on 0,1 kertaa laivan sääntöpituus ja se ulottuu korkeussuunnassa laivan ballastisyväyksestä ylöspäin.



Kuva 6. Keulaiskun vastainen vahvistusalue (DNV GL Rules and Standards 2017).

Lisäksi perän ja keulan slamming on hyvä esimerkki erikoisvaatimuksesta. Slamming tarkoittaa raskasta iskuja, joka aiheutuu aluksen yhtäkkisestä kontaktista veden pinnan kanssa. Slamming-ilmiötä tapahtuu usein kovassa aallokossa ja se vähenee, jos laivan syväystä kasvatetaan. Slamming aiheuttaa kuormitusta laivan pohjan rakenteisiin ja niille pitää laskea vahvistukset erikseen omilla säännöillään. (Jan Babicz 2015.)

4 KOORDINOINTI

Tässä luvussa on keskitytty luokituslaskennan koordinointiin. Luvussa on esitetty, mitä lähtötietoja luokituslaskentaan tarvitsee ja mistä ne saadaan. Lisäksi esitellään luokituslaskennassa Nauticus Hull -ohjelmiston kanssa tehtävät työvaiheet.

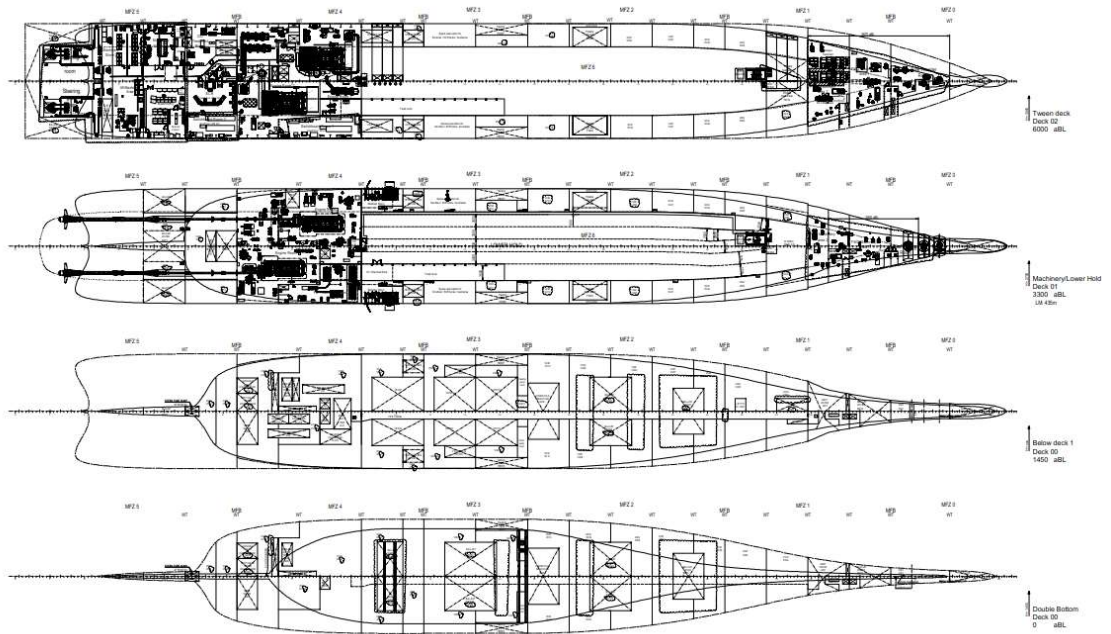
4.1 Lähtötietojen käyttö

Luokituslaskentaa aloitettaessa on tärkeää tietää mitkä ovat ne tiedot, joita laskentaan tarvitsee ja mistä ne saadaan. Laskijan täytyy myös ottaa selvää siitä, kuinka usein käytettävät lähtötiedot muuttuvat ja mihin päivitetty tiedot tulevat näkyviin. Luokituslaskentaa suorittava suunnittelija on yleensä kontaktissa eniten runkосуunnitteluosaston kanssa, mutta yhteistyö myös muiden osastojen kanssa on tärkeää.

Luokituslaskentaa aloitettaessa laivasta on tiedossa tärkeimmät päämitat kuten pituus, leveys, korkeus, suunnittelusyväys ja mitoitussyväys. Alustava yleisjärjestelypiirustus ja tankkisuunnitelma ovat valmiit. Lisäksi momenttikäyrät tulisi olla luonnosteltu ja ilmaputken korkeus sekä vauriovesiviivat tiedossa.

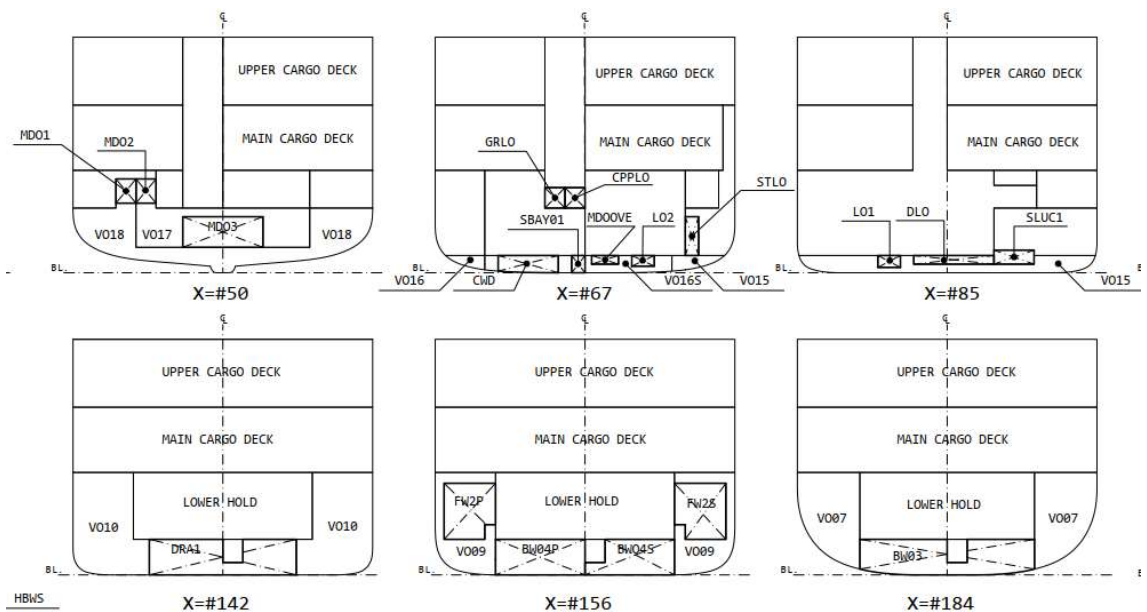
4.1.1 Laskennan aloittamiseen tarvittavat lähtötiedot

Luokituslaskennan aloittamista varten tarvitaan lähtötietoja, jotka syötetään laskentaohjelmistoon. Tärkein lähtötiedoista on laivan alustava GA eli yleisjärjestelypiirustus. Yleisjärjestelypiirustus on kokoonpanokuva laivan rakenteista, tiloista ja muista tärkeistä alueista. Yleisjärjestelyssä on kuvattuna laivasta yksi sivukuva ja muutama poikkileikkaus. Lisäksi jokaisesta kannesta on leikkaukset korkeussuunnassa. Kansikuvista nähdään helposti laivan rakenteiden yleismitat ja tankkien sekä poikkitaisten että pitkittäisten laipoiden sijainnit. Yleisjärjestelypiirustus muuttuu ja päivittyy projektin aikana.



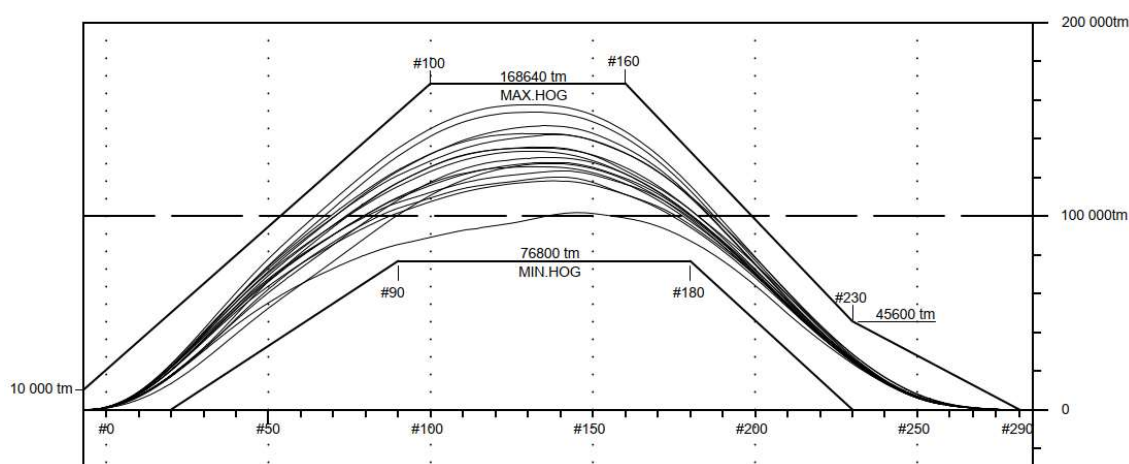
Kuva 7. Osa ropax-aluksen yleisjärjestelypiirustuksesta.

Tankkien tarkempaa sijoitusta varten täytyy myös olla saatavilla tankkisuunnitelma. Tankkisuunnitelmassa näkyy se, kuinka pitkälle jokainen tankki pitkittäis-, poikittais ja korkeussuunnassa ulottuu ja mitä kyseinen tankki sisältää.



Kuva 8. Osa ropax-aluksen tankkisuunnitelmasta.

Jotta laskenta pystytään suorittamaan, tulee jokaisessa leikkauksessa olla mallinnettuna myös tarvittavat rakenteet kuten levyt, runkopalkit ja jäykisteet. Näitä varten laskentaa aloittaessa tulee saatavilla olla alustavat runkokuvat. Lisäksi laskentaohjelma laskee teräsrakenteiden kestävyyttä rungon taipuessa. Tätä varten tulee ohjelmaan olla syötettynä laivan momenttikäyrät, jotka muodostetaan käytettävillä lastitapauksilla.



Kuva 9. Ropax-aluksen momenttikäyrät.

Viimeinen tärkeä lähtötieto laskijalle on ilmaputken korkeus. Ilmaputki on asetettava sellaisiin tankkeihin ja osastoihin, joissa ei ole muuta ilmanvaihtojärjestelmää. Ilmaputken korkeus vaihtelee sen mukaan, missä kohdassa laivaa ollaan pituussuunnassa. Ilmaputken korkeus vaikuttaa laivassa oleviin tankkeihin ja niissä syntyviin paineisiin.

4.1.2 Tietojen päivittyminen laskijalle

Laivaprojektissa on paljon muuttuvia suunnitelmia ja piirustuksia. Tietoja päivittää yhtä aikaa monet suunnittelijat eri osastoilla. Kaikki muuttuvat tiedot vaikuttavat jollain tavalla laivan runkoon ja rakenteisiin. Merkittävien arvojen muuttuminen tai piirustusten päivittyminen muilla osastoilla edellyttää aina ilmoitusta laskijalle sähköpostitse.

Haasteena tietojen reaaliaikaiseen päivittämiseen laskijalle on usein inhimilliset virheet. Työntekijät voivat vaihtua ja uusi suunnittelija ei välttämättä tiedä kuka laskentaa suorittaa tai miten oman piirustuksen päivitys vaikuttaa muihin asioihin. Myös kiireinen

ja hektinen työ voivat olla ongelma. Laskija ei aina huomaa sähköpostiviestiä tai toisen osaston suunnittelija ei välttämättä muista ilmoittaa laskijalle muutoksista.

Kehitysideana lähtötietojen päivittymiselle on niiden tuominen samaan paikkaan. Yrityksellä on sen sisällä käytettävä yleinen tietokanta, johon tuodaan päivittyneet piirustukset, aikataulut ja muut tiedostot. Tähän tietokantaan voisi kehittää esimerkiksi Excel-tiedostopohjan, jossa on tärkeimmät luokituslaskentaan tarvittavat yksityiskohdat. Jos muut suunnittelijat muuttavat näitä lukuja, muuttavat he samalla ne tähän tiedostoon. Tätä yhtä tiedostoa seuraamalla pysyisi laskija paremmin lähtötietojen tasalla, eikä päivittyneitä tietoja tarvitsisi etsiä monesta eri paikasta.

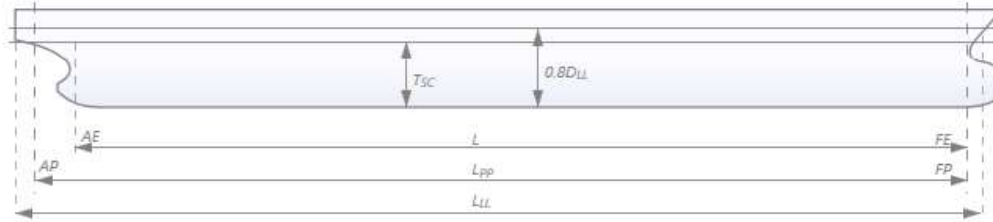
4.2 Laskennan vaiheet Nauticus Hull -ohjelmistolla

DNV GL käyttää laivan rakenteiden lujuusarviointiin Nauticus Hull -ohjelmistopakettia. Tässä luvussa on käsitelty lyhyesti luokituslaskennan vaiheet kyseisellä ohjelmalla. Laskenta aloitetaan syöttämällä lähtötiedot, jonka jälkeen mallinnettuihin poikkileikkauksiin lisätään osastot. Lopuksi käytetään Rule Calculator-ohjelmaa analysoimaan tulokset.

4.2.1 Lähtötietojen tuominen

Laskentaohjelmalla työskentely aloitetaan lähtötietojen syöttämisellä Nauticus Hull -ohjelmistopakettiin. Osa syötettävistä lähtötiedoista on yleisempää ja osa yksityiskohtaisempaa tietoa. Sääntökirjan versionumero ja laivatyyppi syötetään yleensä ensimmäiselle välilehdelle. Loput yksityiskohtaisemmat tiedot kuten perpendikkelpituus, sääntöpituus, syväys, mitoitusyväys, blokkikerroin, matkanopeus, kansikorkeus ja vesiviivapinta-ala syötetään omalle välilehdelleen (kuva 11).

General ship data



Length between perpendiculars	L_{pp}	227.700	[m]	
Rule length	L	221.194	[m]	...
Freeboard length	L_{LL}	227.468	[m]	
X-position for forward end of waterline for freeboard length		227.468	[m]	
Moulded breadth of ship	B	27.800	[m]	
Moulded depth of ship	D	30.650	[m]	
Moulded freeboard depth of ship	D_{LL}	9.500	[m]	
Scantling draught	T_{SC}	6.400	[m]	
Design draught	T_{Design}	0.000	[m]	
Ballast draught (minimum midship)	T_{BAL}	5.050	[m]	
Heavy ballast draught	T_{BAL-H}	0.000	[m]	
Design slamming draught at FP (any ballast tanks empty)	T_{F-e}	6.405	[m]	
Design slamming draught at FP (all ballast tanks full)	T_{F-f}	4.967	[m]	
Block coefficient at scantling draught	C_B	0.695		...
Moulded displacement at scantling draught		28035	[t]	
Maximum service speed	V	24.0	[knot]	
Number of decks above 0.7 D from baseline		8		
Z coordinate of the bulkhead deck		9.500	[m]	
Deepest equilibrium waterline in damaged condition		10.260	[m]	
Projected area of upper deck forward 0.2 L	A_{DK}	1020	[m ²]	
Area of waterplane forward 0.2 L at T_{SC}	A_{WP}	340	[m ²]	
Area of waterplane at T_{SC}	A_W	0	[m ²]	
Vertical distance from summer load WL to deckline measured at F.E.	z_f	10	[mm]	
The ship has a deadweight < 50 000 tonnes				<input checked="" type="checkbox"/>

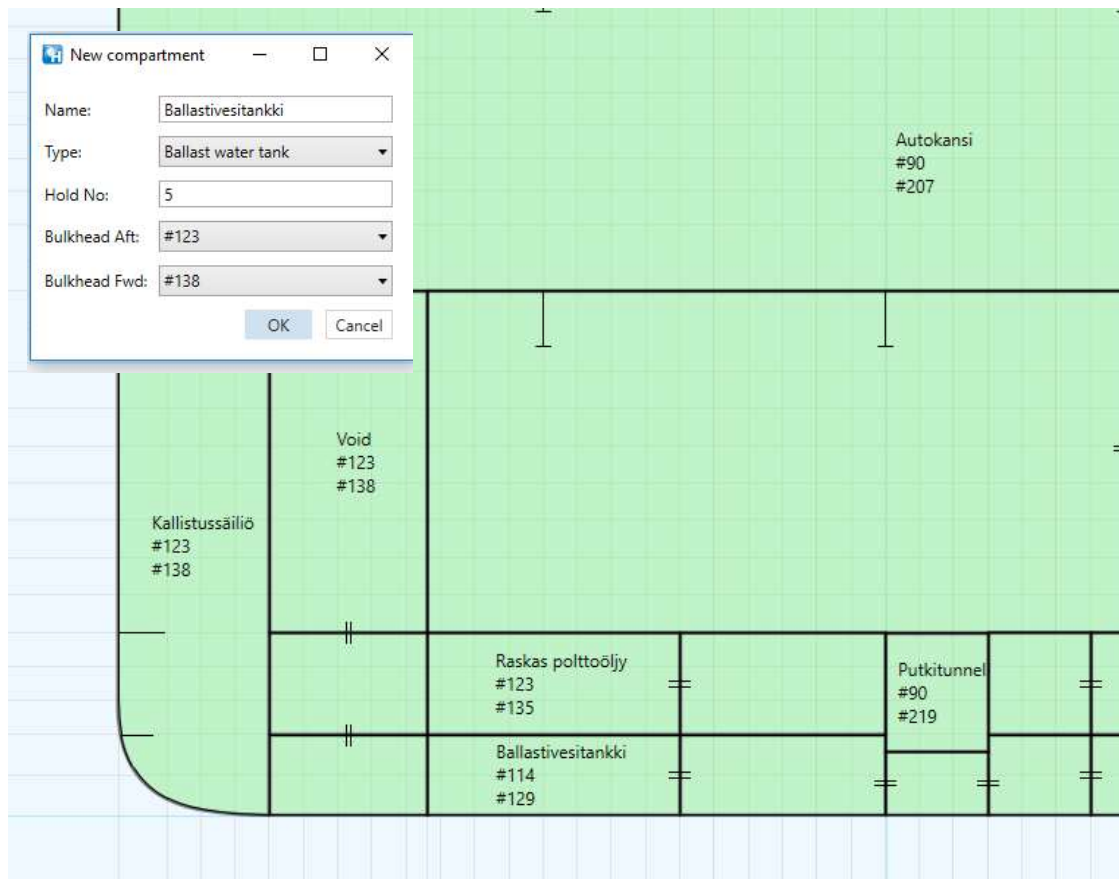
Kuva 10. Laivan yleistietojen syöttäminen (Nauticus Hull V20).

Joskus voi tulla tilanne, että laskentaa aloitettaessa laivaprojekti on vielä niin alussa, että kaikkia tietoja ei tiedetä. Ne voi onneksi lisätä myös projektin edetessä ohjelmaan. Yksityiskohtaisemmat tiedot löytyvät joko laivakaupan yhteydessä tehdystä sopimuserittelystä tai mitataan alustavista yleisjärjestelypiirustuksista.

4.2.2 Osastojen lisääminen

Geometrian mallintamisen jälkeen ohjelmaan syötetään yleisjärjestelyn ja tankkisuunnitelman mukaiset osastoinnit ja niiden kuormat. Osasto on laivan sisäinen

tila, jota rajoittaa laipiot tai levyt. Jokaisesta osastoista määräytyy omat vaatimuksensa teräsrakenteille. Uutta osastoa luodessa sille annetaan nimi, tilatyyppi korroosiolisää varten, juokseva numerointi ja laipiot, joihin se pituussuunnassa ylittää. Poikittaisuunnassa osaston koko määräytyy rakenteiden mukaan. Mallintamisesta riippuen laipiot ovat joko vesitiiviitä tai ei-vesitiiviitä. Vesitiiviit laipiot rajaavat aina yhden osaston.



Kuva 11. Tilat poikkileikkauksessa (Nauticus Hull V20).

Kuvassa 12 on mallinnettu poikittaisleikkaukseen eri osastoja. Kaksoispohjassa on ballastivesitankki, jonka yläpuolella raskas polttoöljytankki. Lähempänä laitaa sijaitsevat void ja kallistussäiliö, jonka avulla laivaa voidaan tasapainottaa.

4.2.3 Tulosten analysointi

Viimeinen työvaihe on tulosten analysointi Rule Calculator-ohjelmalla. Rule Calculator-ohjelma toimii Nauticus Hull -ohjelmistopakettin yhtenä osana. Analysointi alkaa sen

jälkeen, kun poikkileikkaukset on mallinnettu, tilat määritetty ja ilmaputken korkeus tankkeihin syötetty. Tarkempaa analysointia varten laskentaohjelma tarvitsee osastojen ilmaputkien korkeudet, jotta osastoille lasketaan oikea paine.

Rule Calculator-ohjelmaa käytetään poikkirakenteiden laskuvaiheessa. Ohjelmaan syötetään laskettavan jäykisteen sijainti sekä sen molemmilla puolilla olevat osastot. Sen jälkeen syötetään runkokuvista jäykisteen koko ja siinä kiinni olevan teräslevyn paksuus ja materiaali. Ohjelma laskee jäykisteen kestävyyttä myötörajan ja lommahduksen suhteen. Lommahdus tarkoittaa nurjahdusta, joka tapahtuu, kun teräkseen kohdistuvat kuormat eivät jakaudukaan tasaisesti vaan osuvat vain tiettyyn kohtaan.

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laivan rungon luokituslaskennan aikataulu- ja koordinointisuunnitelma. Tavoitteena oli selvittää, mistä luokituslaskenta aloitetaan, mitkä ovat luokituslaskennan työvaiheet, mitä tietoja laskija tarvitsee ennen laskennan aloittamista sekä mistä päivittyneet tiedot saadaan. Lisäksi luokituslaskennan vaiheista tehtiin konkreettinen aikataulu, josta selviää kauanko aikaa projektista mikäkin vaihe vie. Näiden lisäksi työvaiheiden yhteydessä käytiin läpi yhden suurimman luokituslaitoksen DNV GL:n sääntöjä ja sen laskentaohjelman käyttöä.

Ensimmäisenä paneuduttiin työn lähtötilanteeseen ja luokituslaskennan teoriaan. Alkuun esiteltiin toimeksiantoyritys. Seuraavaksi käytiin läpi yleisesti luokituslaskennan teoriaa ja vertailtiin kahden eri luokituslaitoksen sääntöjä sekä esiteltiin opinnäytetyössä käsiteltävä alustyyppi. Kolmas luku käsitteli aikataulusuunnittelua käymällä läpi hyvän aikataulun piirteitä. Luokituslaskennasta tehtiin oma aikataulu runkosuunnittelun rinnalle. Neljännessä luvussa käytiin läpi luokituslaskennan koordinointia pohtimalla mitä lähtötietoja laskennan aloittamiseen tarvitsee ja miten ne päivittyy. Luvussa käytiin lisäksi läpi laskennan työvaiheet Nauticus Hull -ohjelmistopakettilla.

Parannuskohteena työssä havaittiin luokituslaskennan aikataulutuksen yhteensovittaminen muun projektin aikataulun kanssa. Oikeat runkokuvat tulisi olla saatavilla, kun luokituslaskentaa aloitetaan. Tässä työssä käytettyjen vanhojen runkokuvien soveltaminen uuteen ja pidennettyyn laivaan, jossa on kansikorkeudet muutettu, oli haastavaa.

Opinnäytetyö oli toimeksiantajayritykselle tarpeellinen, sillä aikataulusuunnitelmaa ei luokituslaskennalle vielä ollut. Oheisena materiaalina työlle voisi tehdä myös yrityksen sisäisen esityksen, jonka aloittava suunnittelija voisi käydä läpi ennen laskennan aloittamista.

LÄHTEET

Bureau Veritas 2019. Viitattu 27.3.2019.

<https://www.bureauveritas.fi/>

DNV GL 2019. Viitattu 27.3.2019.

<https://www.dnvgl.com/>

Fira 2018. Viitattu 27.3.2019.

<https://www.fira.fi/blog/viisi-pointtia-miten-hyva-aikataulutus-auttaa-pysymaan-tavoitteissa/>

Helsingin yliopisto 2019. Projektin aikataulutus. Viitattu 27.3.2019.

<http://www.ling.helsinki.fi/kit/2006k/kit310pro/suunnittelu/aikataulutus.shtml>.

IACS 2019. Viitattu 27.3.2019.

<http://www.iacs.org.uk/>

Instman 2019. Projektien aikataulu ja aikataulutus. Viitattu 27.3.2019.

<https://www.instman.fi/aikataulu-ja-aikataulutus>.

Kuljetusopas 2019. Viitattu 27.3.2019.

<http://www.kuljetusopas.com/kalusto/vesiliikennekalusto/>

Maritime connector 2019. Luokituslaitos ja IACS. Viitattu 27.3.2019.

<http://maritime-connector.com/wiki/classification-society/>

Arto, K., Martinsuo, M., Kujala, J. 2006. Projektiliiketoiminta. Helsinki: WSOY. Viitattu 18.4.2019.

<http://pbggroup.tkk.fi/en/>

Babicz Jan. 2015. Wärtsilä encyclopedia of ship technology. Viitattu 27.3.2019.

<https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/bow-slamming>

Deltamarin intranet 2019. Tietoa Deltamarinista. Viitattu 27.3.2019.

Räisänen,P. 2001. Laivatekniikka, modernin laivanrakennuksen käsikirja. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. Viitattu 11.4.2019.