

Paavo Husu

Kappaletavara- ja projektilastiopas M/V Pasilalle

Opinnäytetyö
Merenkulku

2018



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät

Paavo Husu

Tutkinto

Merikapteeni(AMK)

Aika

Toukokuu 2018

Opinnäytetyön nimi

46 sivua

Kappaletavara- ja projektilastiopas Pasilalle

Toimeksiantaja

ESL Shipping LTD

Ohjaaja

Alexander Shaub

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä kattava ja tiivis kappaletavara- ja projektilastiopas ESL Shippingin Pasila-alukselle. Opinnäytetyö on tutkimusmenetelmältään toiminnallinen. Työssä käsitellään lastioperoinnin kannalta tärkeimmät asiat. Alussa käydään läpi yleisimpiä kappaletavara- ja projektilasteja, jonka jälkeen lastin sijoittelua. Keskeisimpiä asioita lastin sijoittelussa ovat seuraavat: rumaan menevän lastin edut kansilastiin verrattuna, välikansien käyttö ja asiat, jotka tulee huomioida kansilastia otettaessa.

Aluksen vakavuudesta käsitellään keskeisimmät asiat eli hydrostaattiset pisteet ja niiden vaikutukset vakavuuteen, kansilastin vaikutuksen vakavuuteen, dynaamisen vakavuuden määritelmän, loppulastausmerkin sekä aluksen trimmiin liittyvät asiat. Lastin kiinnittämisosiossa käsitellään eri merialueiden kiihtyvyyksiä, lastin sidontatarpeen laskeamista, lastin sidontavälineitä ja niiden huoltoa. Lastinvalvonta merimatkan aikana - osiossa keskeisimmät asiat ovat ruumien lämpötilan ja kosteuden tarkkailu, sekä ruumien tuulettaminen. Viimeiseksi käydään läpi asiat, jotka tulee huomioida, kun nostetaan raskasta kappaletta aluksen omalla nosturilla.

Lastioperointi on yksi perämiesten tärkeimmistä tehtävistä. Tiiviin ja kattavan kappaletavara- ja projektilastioppaan tekeminen oli melko haastavaa. Luotettavan materiaalin löytäminen oli myös melko hankalaa, mutta työn tekeminen opetti minulle todella paljon kappaletavara- ja projektilastioperoinnista ja uskon, että tämä opas hyödyttää yhtiötä operoimaan erilaisten lastien kanssa ja tarjoamaan asiakkaille räätälöityjä kuljetuskokonaisuuksia.

Asiasanat

lastioperointi, vakavuus, lastin kiinnittäminen, ruumien tuulettaminen, raskaan kappaleen nostaminen

Author (authors)	Degree	Time
Paavo Husu	Bachelor of Marine Technology	May 2018
Thesis Title		46 Pages
General cargo and breakbulk guide for motor vessel Pasila		
Commissioned by		
ESL Shipping LTD		
Supervisor		
Alexander Shaub		

Abstract

The purpose of this thesis was to make a comprehensive and compact guide for general cargo and breakbulk operation for the Motor Vessel Pasila. The research method was practice based and thesis includes all the important topics for cargo operations. The thesis introduces the most typical general cargoes and breakbulk cargoes and the basics of cargo stowage. The most crucial aspects for cargo stowage are: The benefits for stowing cargo in cargo hold instead of stowing cargo on deck. Tween decks using for cargo stowage and lowering gravity point and deck cargo operation.

Thesis studies includes also ship stability. In stability, the most crucial points are hydrostatic points and their affects to stability, the deck cargoes effects of stability, definition of dynamic stability. This thesis includes also example for final loading and factors which involve trimming. When securing cargo, important points to consider are different sea area accelerations, cargo securing calculations, cargo securing equipment and maintenance of cargo securing gear. Also, cargo monitoring procedures during sea voyage are introduced. The most important tasks are to measure the cargo hold temperature and humidity, and ensure cargo hold ventilation. Finally, safe working methods and correct procedures when lifting heavy loads on ship's own cranes are introduced.

Cargo operations are one of the most important tasks for the deck officers. Making a comprehensive and compact guide for general cargo and breakbulk operation for Motor Vessel Pasila was quite difficult task. It was also difficult to find trustable information but I learned very much about general cargo and breakbulk operations and I believe this guide benefits the company to operate with different cargoes and helps providing tailor-made transport solutions for customers.

Keywords

general cargo, breakbulk, stowage, stability, cargo securing, hold ventilation, heavy item lifting

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	ESL Shipping Ltd.....	6
1.1.1	M/S Pasila.....	6
2	TYYPILLISIMMÄT KAPPALETAVARA- JA PROJEKTILASTIT.....	7
2.1	Terästeollisuuden tuotteet.....	7
2.1.1	Teräsrullat, levyt ja putket.....	8
2.2	Metsäteollisuuden tuotteet.....	11
3	LASTIN SIJOITTELU.....	11
3.1	Ruumaan menevä lasti, kansilasti ja välikannet.....	12
3.2	Runkoon vaikuttavat voimat.....	13
3.2.1	Taivutusvoimat.....	13
3.2.2	Leikkausvoimat.....	14
4	VAKAVUUS.....	16
4.1	Hydrostaattiset pisteet (G, B, M, F).....	16
4.2	KM, KG ja BM.....	16
4.2.1	Kansilastin vaikutus laivan KG:n esimerkki.....	17
4.3	Alkuvakavuuden GM.....	18
4.4	Oikaisevan momentinvarsi GZ.....	19
4.4.1	Dynaaminen vakavuus.....	20
4.4.2	Heeling arm.....	20
4.4.3	Dynaamisen vakavuuden laskeminen.....	21
4.5	Pantokareenit/KN.....	22
4.6	LCG, LCB ja LCF.....	23
4.7	MCTC.....	24
4.8	TPC.....	24
4.9	Vakavuuden laskeminen tietokoneella.....	25
4.10	Loppulastaus.....	25

4.10.1	Esimerkki loppulastauslaskelmasta	26
4.11	Vakavuuden peruskriteerit	27
4.11.1	Esimerkki vakavuuden peruskriteereistä trapetsikaavalla esitettynä	28
5	LASTIN KIINNITTÄMINEN	28
5.1	Kiihtyvyydet eri merialueilla	29
5.2	Kansilastin ja ruumaan menevän lastin kiinnittäminen.....	29
5.3	Kitkan vaikutus lastin kiinnitystarpeeseen.....	29
5.4	Lastin paikan vaikutus siihen kohdistuviin voimiin	30
5.5	Lastin kiinnityspisteet.....	30
5.6	Lastin sidontatarpeen laskeminen	31
5.7	Lastin paikan vaikutus sidontatarpeeseen	33
5.8	Tukien hitsaaminen ja kiilaus	33
5.9	Ahtaussäkit ja kulmasuojat	34
5.10	Kuormaliinat, ketjut ja teräspannat.....	35
5.11	Kiinnitysvälineiden yhdisteleminen ja huollot	35
6	LASTIN VALVONTA MERIMATKAN AIKANA.....	35
6.1.1	Lastin hikoilu ja laivan hikoilu	36
6.1.2	Säännöt tuulettamiselle	36
7	RASKAAN KAPPALEEN NOSTAMINEN LAIVAN OMALLA NOSTURILLA.....	36
7.1	Kappaleen nostamisesta aiheutuvan kallistuman laskeminen	38
7.2	Maksimi KG:n laskeminen, kun määritetään suurin sallittu kallistuskulma.....	40
7.3	Trafin määräykset koskien nostoja	40
8	TULOKSET.....	41
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	41
	LÄHTEET.....	42
	KUVALUETTELO	44

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on luoda tiivis ja kattava opas kappaletavara- ja projektilastioperointiin ESL Shippingin Pasila-laivalle. Valitsin aiheen, koska halusin tehdä työelämälähtöisen opinnäytetyön, ja lisäksi halusin tutustua lastinkäsittelyyn, jotta voin edistää omaa ammattitaitoani merenkulkijana. Tutkimusmenetelmältään opinnäytetyö on toiminnallinen. Työssä käydään läpi lastioperoinnin kannalta tärkeimmät asiat läpi: yleisimmät kappaletavara- ja projektilastit, lastinsijoittelun, vakavuuden, lastin kiinnittämisen, lastinvalvonnan merimatkan aikana ja raskaan kappaleen noston laivan omalla nosturilla.

1.1 ESL Shipping Ltd

ESL Shipping kuuluu Aspo-konserniin, johon kuuluvat myös Telko, Kauko ja Leipurin. ESL Shipping on Itämeren johtava kuivalastivarustamo. Varustamon ydinosaamista ovat teräs-, energia- ja kaivosteollisuuden raaka-aineiden kuljetukset. Monessa yhtiön aluksessa on omat nosturit, mikä vähentää alusten riippuvuutta satamien lastaus- ja purkauskalusteista. Nämä alukset pystyvät myös lastaamaan ja purkamaan laivoja merellä nopeasti ja turvallisesti. Yhtiön aluksilla on korkeat jääluokat ja ne pystyvät operoimaan haastavissakin jääolosuhteissa. Yhtiöllä on myös hyvät edellytykset salvage-toimintaan eli omaisuuden pelastamiseen hätätilanteissa laivojen omien nosturien ja ammattitaitoisen miehistöjen takia. (Experienced in just-in-time operations 2018.)

1.1.1 M/S Pasila

Pasila on ESL Shippingin vuonna 1995 rakennettu alus. Pituutta aluksella on 137 metriä ja kuollutta painoa 13 367 tonnia. Aluksessa on kaksi ruumaa ja kolme sähköhydraulista nosturia, jotka kykenevät nostamaan 25 tonnia lastia kerrallaan. Aluksen jääluokka on 1A Super, eli alus pystyy kulkemaan vaikeissa jääolosuhteissa pääosin ilman murtajan avustusta, mikä on tärkeää

operoitaessa talvisin Perämerellä. (M/S Pasila 2018.)



Kuva 1.ESL Shipping Pasila alus (M/S Pasila 2018).

2 TYYPILLISIMMÄT KAPPALETAVARA- JA PROJEKTILASTIT

Kappaletavara- ja projektilasti on lasti, joka nostetaan nosturilla laivaan ja se muodostaa yksikön. Yleisimpiä kappaletavaralasteja ovat terästeollisuuden tuotteet eri muodoissaan, muun muassa teräsrollat, terästangot, teräslevyt ja niin edelleen. Terästä kuljettaessa täytyy huomioida lastin painavuus, sekä sopivat olosuhteet lastioperoinnille ja lastin kuljetukselle: kosteus ja lämpötila. Projektilasteina paljon kuljetetaan muun muassa tuulimyllyjä. Käytännössä kappaletavara- ja projektilasti voi olla melkein mitä vaan.

2.1 Terästeollisuuden tuotteet

Terästeollisuuden tuotteet ovat yksi tyypillisimmistä kappaletavaralasteista. Terästeollisuuden tuotteita lastattaessa tulee huomioida sää. Terästeollisuuden tuotteita ei saa lastata eikä purkaa sateella, mikäli toisin ei sovita. Ruumien lämpötilaa ja kosteutta tulisi tarkkailla matkan aikana, sillä suhteellisen kosteuden noustessa yli 60 % alkaa ruostuminen olla hyvinkin nopeaa. Kosteutta voi yrittää pitää kurissa tuulettamalla ruumia. (Transport Guidance for Steel Cargoes s.a, 19.)

Teräs on melko painavaa, joten tankkitopin eli ruuman pohjan kestämiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Lasti tulee asetella siten, ettei synny liian suuria yksittäisiä painopisteitä. (Transport Guidance for Steel Cargoes s.a, 19.)

2.1.1 Teräsrullat, levyt ja putket

Teräsrullia lastatessa tulee kiinnittää erityistä huomiota lastin sijoitteluun, ettei tankkitopilla muodostu liian suurta rasiutusta. Lastin sijoitteluun ja kiinnittämiseen tulee myös kiinnittää huomiota, jotta lasti ei lähde liikkeelle. Teräsrullia lastattaessa kannattaa käyttää niin sanottuja lukitusrullia eli lastataan yksi tai useampia rulla kahden rullan päälle ikään kuin puoleen väliin. Tämä keino helpottaa lastin kiinnittämistä. Täytyy kuitenkin muistaa, miten lastin paino tällöin jakautuu. (Transport Guidance for Steel Cargoes s.a, 12-13.)

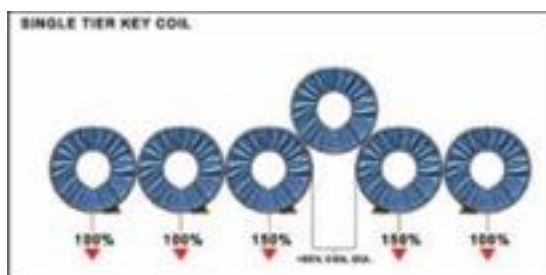


Figure 5.3 | In order to be effective, as a rule of thumb, the gap where the "key" or "locking" coil is placed, should not exceed 60% of the coil's diameter.

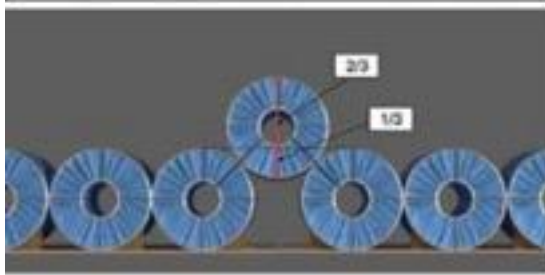


Figure 5.4 | Diameter of locking coil.

Kuva 2. Peltirullien sijoittelu ja lukitusrulla (Transport Guidance for Steel Cargoes s.a, 54).

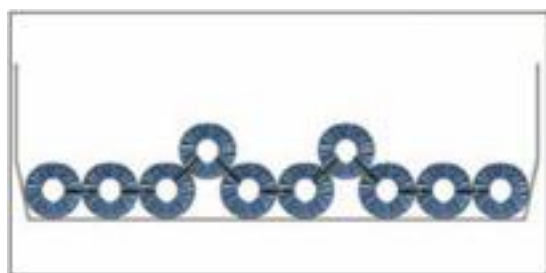


Figure 5.7 | A single layered stowage with two symmetrically placed locking coils.

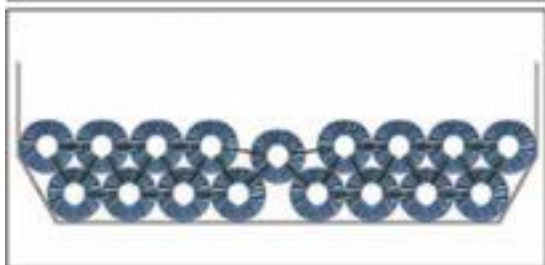


Figure 5.8 | A two-layered stowage with second tier loaded with coils to the vessel's side shell.

Kuva 3. Peltirullien sijoittelu (Transport Guidance for Steel Cargoes s.a, 55).

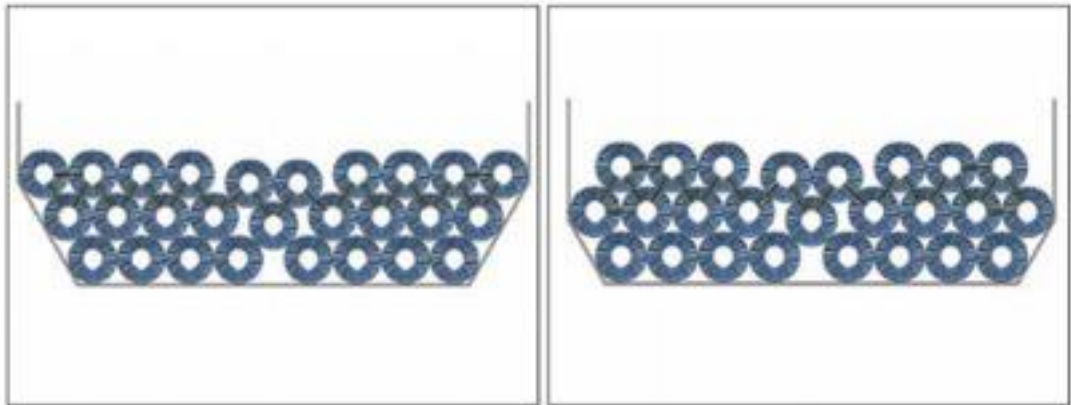


Figure 5.13 | A complete three-layer stowage to the side shell. Note securing/ashing of top two tiers only.

Figure 5.14 | A complete three-layer stowage to the side shell. Note additional securing/ashing of two outermost coils on the third tier.

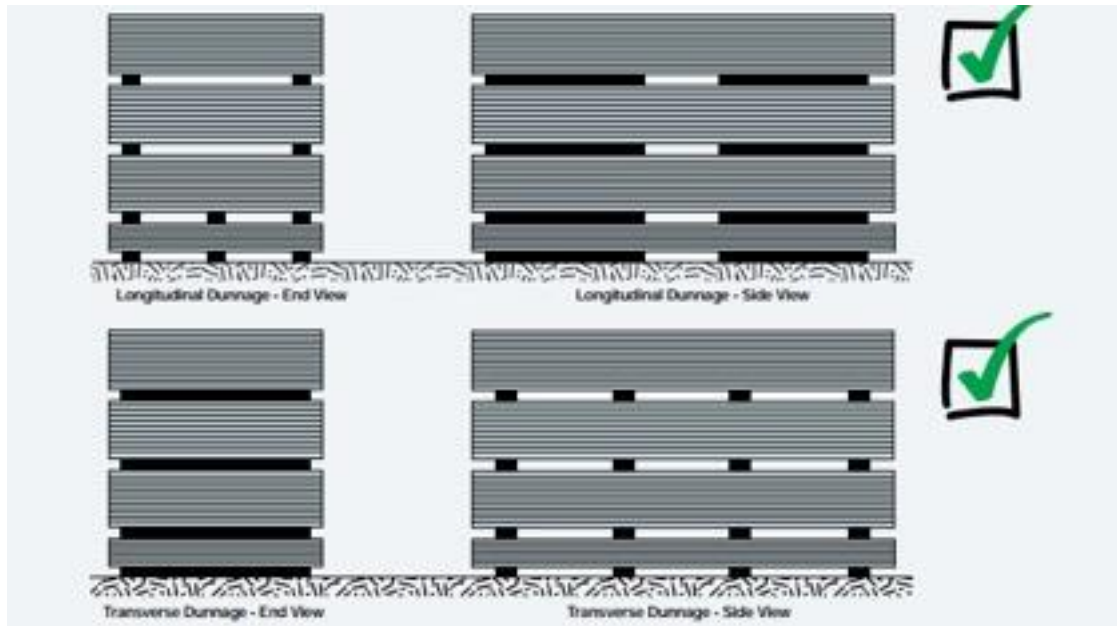
Kuva 4. Peltirullien sijoittelu (Transport Guidance for Steel Cargoes s.a, 57).



Coils stowed and lashed together with steel bands.

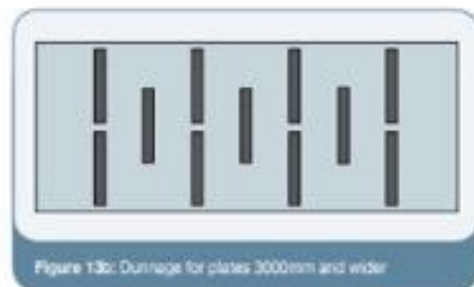
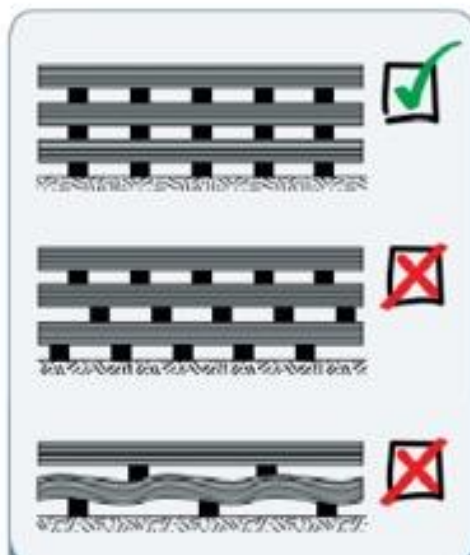
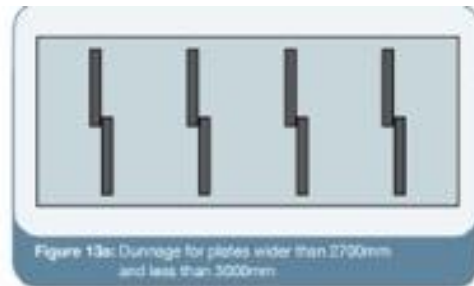
Kuva 5. Peltirullien sidontaa terässpannoilla (Standard cargo 2009, 24).

Teräslevyt tulee lastata ruumaan pitkittäin. Toinen toisensa päälle tarkasti, ja levyjen väliin tulee laittaa puuta, jotta ilma pääsee kiertämään.



Kuva 6. Teräslevyjen sijoittelussa teräslevyt tulee olla tarkasti päällekkäin (Guidelines for storage and handling BlueScope Steel's products 2013, 16).

- Dunnage should be spaced to fully support plate
 - Dunnage should be nominally 75mm x 75mm however 60mm x 60mm may be acceptable in some cases, subject to risk assessment
- Sharp edges of sheared plate and small slivers of scrap can cause injury. Appropriate cut resistant gloves should be worn when handling plate or scrap.
- Plates on the floor can also be a trip hazard. Customers should develop site-specific procedures to address this risk.



Kuva 7. Teräslevyjen sijoittelussa huomioitavia asioita (Guidelines for storage and handling BlueScope Steel's products 2013, 16).

Teräsputket lastataan pitkittäin laivan ruumaan. Teräsputket menevät melko tiiviisti ruuman pohjalle, joten tulee olla tarkkana tankkitopin kestoista.



Pipes secured in the hold, but lashings are of little value.

Kuva 8. Teräsputket sidottuna ruumassa (Standard cargo 2009, 24).

2.2 Metsäteollisuuden tuotteet

Yleisiä metsäteollisuuden kappaletavaralasteja ovat raakapuu, sahatavara ja paperi. Puuta voidaan lastata ruumaan ja kannelle. Puulastilla vakavuusvaatimukset ovat erilaiset, koska puu on kelluvaa materiaalia. Sahatavara tulee lastata ruumaan säältä suojaan ja sitä tulee käsitellä varoen, ettei siihen tule kolhuja.

Paperi on varsin yleinen kappaletavaralasti. Paperia lastattaessa ruumat täytyy olla erittäin puhtaat ja kuivat. Paperi on arvokas lasti, joka menee helposti pilalle. Paperia käsitellessä tulee noudattaa erityistä varovaisuutta, ettei rulliin tule kolhuja.

3 LASTIN SIJOITTELU

Lastin sijoittelussa tulee ottaa huomioon tankkitopin eli ruuman pohjan kesto, rungon lujuus, vakavuus ja painolastioperointi. Tankkitopin kesto on rajallinen, joten liian painava lasti voi vahingoittaa sitä. Rungon lujuutta käsiteltäessä tulee miettiä bending-momenttia eli rungon taipumista sekä shear-voimia eli leikkausvoimia. Painolastioperointi tulee toteuttaa, niin että se palvelee lastausta ja voimat saadaan pidettyä kurissa. Laiva voi nimittäin vaurioitua vääränlaisen lastioperoinnin seurauksesta. Sopiva perätrimmi täytyy kuitenkin aina olla, eli

peräsyväys tulee olla suurempi kuin keulasyväys, jotta painolastivedet saadaan tarkasti pois, koska painolastitankkien imu on tankkien perässä keskilaitavan puoleisessa nurkassa ja ylimääräinen vesi on aina pois lastista, mikäli lastataan merkkiin saakka. Mitä enemmän alus saa lastia, sitä enemmän yhtiö saa rahaa, ja siihen pyritään. (Dokkum 2006, 120-121.)

Stowage factory eli ahtaustekijä on tärkeä tieto, kun suunnitellaan lastausta. Stowage factory kertoo, kuinka monta kuutiota tonni lastia vaatii tilaa. Sen avulla voidaan arvioida, kuinka täyteen ruuma tulee. Näiden tietojen avulla voidaan yrittää optimoida lastitilan käyttöä, että saadaan ruumat mahdollisimman täyteen ja laiva lastimerkkiin, mikäli lastataan useita eri lasteja. Nämä ovat kuitenkin tilannekohtaisia asioita, joskus ruuma täyttyy ennen kuin laiva on lastimerkissä, mutta useimmin laiva on lastimerkissä, vaikkei ruuma olekaan ääriä myöten täysi. (Rhodes 2009 100-101).

3.1 Ruumaan menevä lasti, kansilasti ja välikannet

Ruumaan lastattaessa on monia etuja verrattuna kansilastiin. Ruumassa lasti on säältä suojassa ja lastiin kohdistuvat kiihtyvyydet ovat pienempiä kuin kannella, ja lisäksi lasti on helpompi kiinnittää ruumassa kuin kannella. Kannelle voidaan lastata, jos ruuma on jo täynnä. Lisäksi kannelle mahtuu ainakin pidempiä yksiköitä kuin ruumaan. Kansilasti nostaa aluksen painopistettä ylöspäin, mikä voi vakavuuden kannalta olla perusteltua. (Dokkum 2006, 120.)

Välikansien käytöstä on muutamia hyötyjä. Jos kuljetetaan raskasta lastia, välikansien avulla aluksen painopistettä saadaan nostettua ylöspäin ja täten pienennettyä lastiin kohdistuvia kiihtyvyyksiä. On myös sellaisia lasteja, joita ei voi lastata päällekkäin, niin välikansia käyttämällä saadaan runsaasti lisää lastitilaa. (Dokkum 2006, 120-121.)



Kuva 9. Esimerkki Macgregorin siirrettävistä välikansista (Cargo handling book 2016, 33-34).

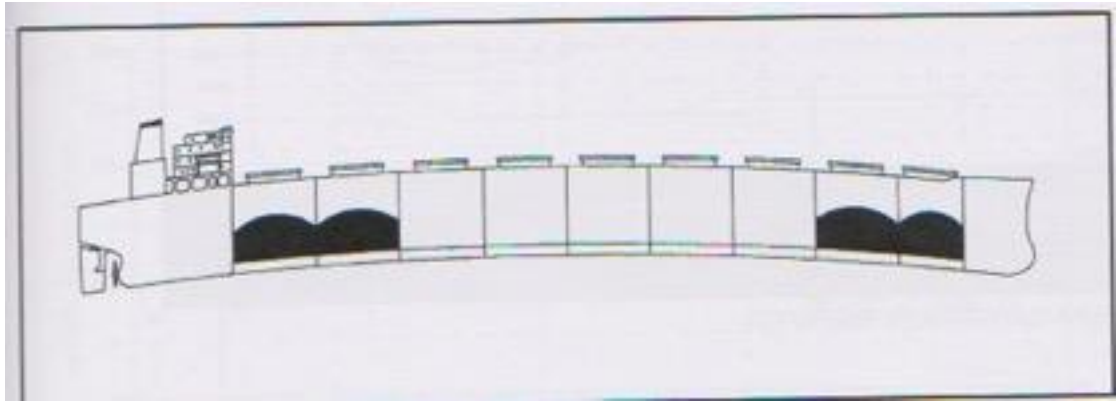
3.2 Runkoon vaikuttavat voimat

3.2.1 Taivutusvoimat

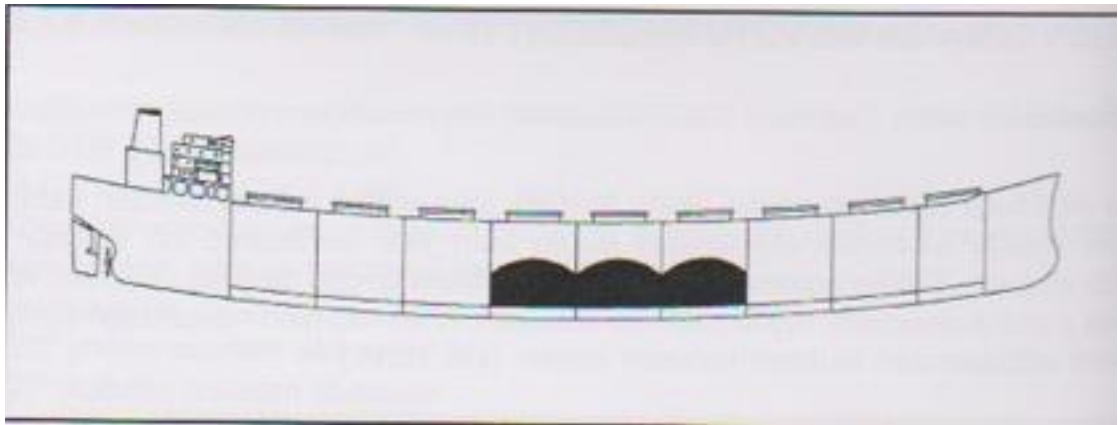
Taivutusmomentti eli bending moment on momentti, joka pyrkii taivuttamaan alusta sen pitkästä suunnasta. Taivutusmomentin yksikkö on tonnimetri ($tm = \text{voima} \times \text{voiman varsi}$). Tämä momentti muodostuu aluksessa epätasaisesti olevien painojen vuoksi. Taivutusmomenttia on kahta eri tyyppiä, hogging ja sagging. Hoggingissa aluksen keulassa ja perässä on raskaampia painoja, ja keskellä vähemmän painoja. Painovoima pyrkii painamaan aluksen perää ja keulaa alaspäin, ja nostevoima pyrkii nostamaan keskilaivaa ylöspäin. Tällöin laiva taipuu, ja mikäli taivutusmomentti on liian suuri voi laiva katketa. Saggingissa aluksen keskellä on enemmän painoa, kuin keulassa ja perässä, ja tällöin painovoima painaa laivaa keskeltä alaspäin ja nostevoima nostaa keulaa ja perää. Yleensä painolastissa laiva on suorassa tai hoggingilla, ja lastissa saggingillä. (Dokkum 2006, 96-97.)

3.2.1.1 Hoggingin tai saggingin toteaminen

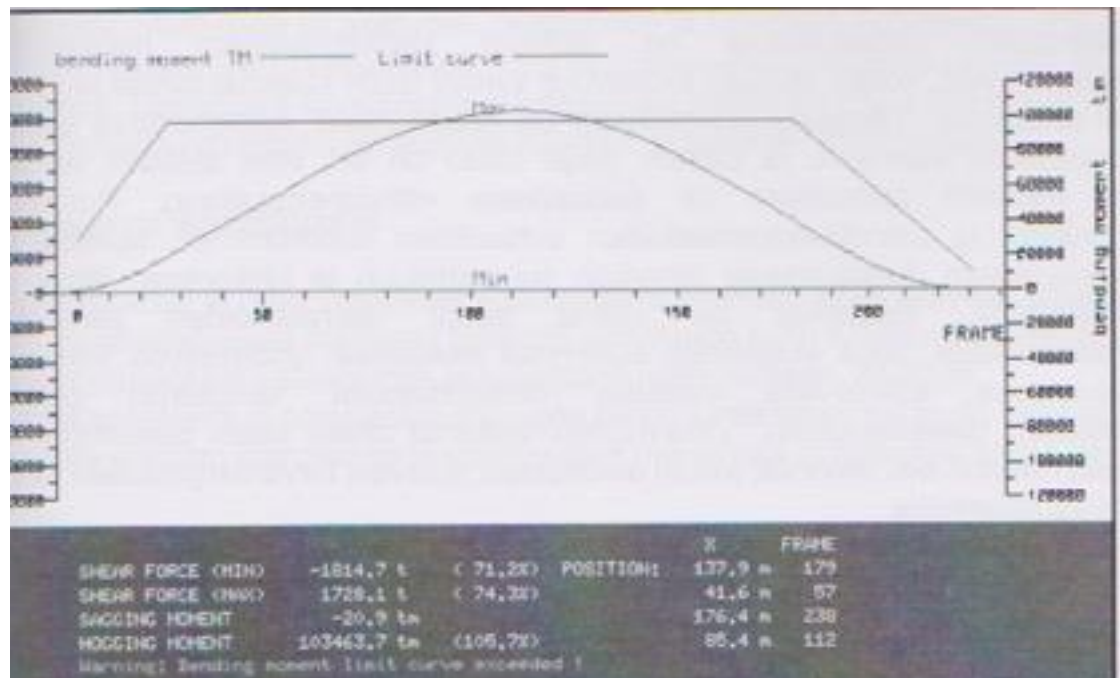
Mikäli keula- ja peräsyvyyden keskiarvo on sama kuin keskisyväys, aluksella ei ole Hoggingia eikä saggingiä. Mikäli keula- ja peräsyvyyden keskiarvo on suurempi kuin keskisyväys, laivalla on hoggingia, ja mikäli pienempi, laivalla on saggingia. (Kiuru 2016, 79-80).



Kuva 10. Hogging (Kiuru 2016, 79).



Kuva 11. Sagging (Kiuru 2016, 80).

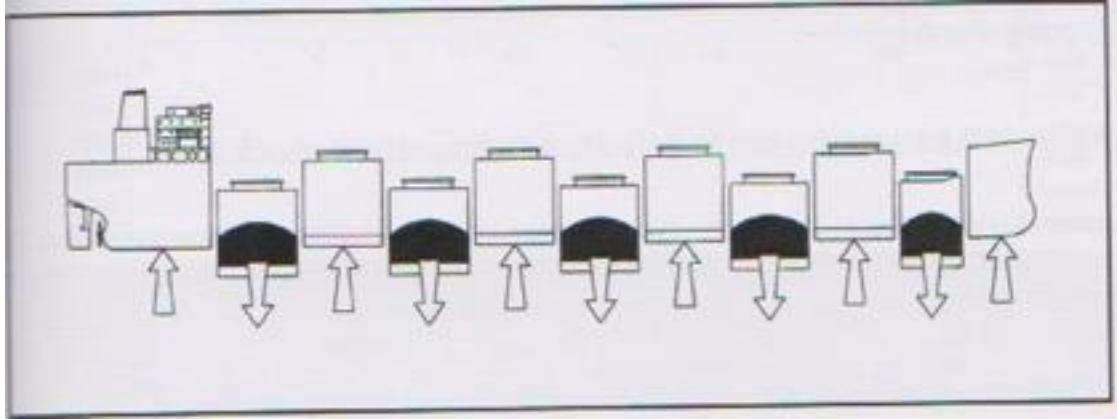


Kuva 12. Esimerkki taivutusvoimista ja niiden raja-arvoista (Kiuru 2016, 81).

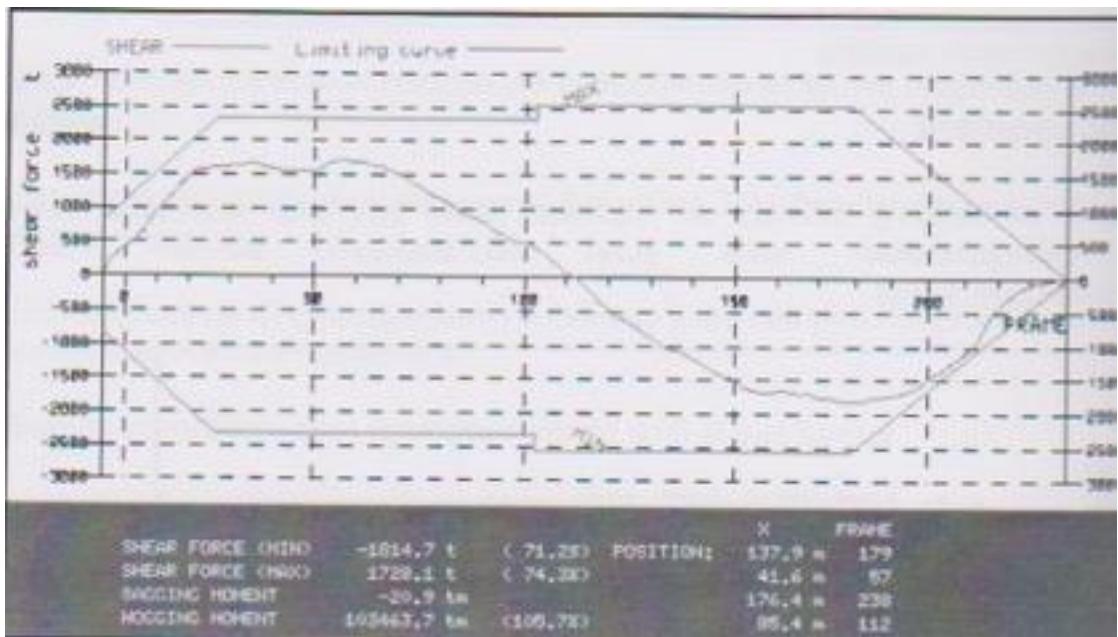
3.2.2 Leikkausvoimat

Leikkausvoima eli shear force on laivaa kahtia leikkaava voima, laadultaan tonnia (t). Leikkausvoima kohdistuu alukseen aina, kun viereiset tilat ovat eri

painoisia. Kyseinen voima on suurimmillaan yhden ruuman ollessa täynnä ja viereisen ollessa tyhjä. Tällöin painovoima pyrkii painamaan täyttä ruumaa alaspäin ja veden nostovoima tyhjää ylöspäin. Näin vierekkäisten ruumien rajapintaan kohdistuu kahtia leikkaava voima. Painolastioperoinnilla pyritään vähentämään leikkausvoimia. (Dokkum 2006, 94-95.)



Kuva 13. Esimerkki leikkausvoimista eli Shear forces (Kiuru 2016, 79).



Kuva 14. Esimerkki tietokoneella lasketuista leikkausvoimista ja niiden raja-arvoista (Kiuru 2016, 80).

Tankkitoppi eli ruuman pohja kestää tietyn määrän painoa per neliometri. Yksikkönä yleensä tonnia per neliometri. Sitä suurempi paino voi taivuttaa tankkitoppia, tai tehdä siihen reiän. Tässä on myös yksi syy, miksi lasti kannattaa sijoitella riittävän tasaisesti ruumaan. Myös sopiva alusta lastiyksikön alla tasaa painoa ja mahdollistaa raskaiden kappaleiden lastaamisen. (Dokkum 2006, 96-97.)

4 VAKAVUUS

Vakavuus tarkoittaa aluksen kykyä ottaa vastaan kallistavia momentteja ilman, että sen toiminnot kärsivät ja palauttaa alus suoraan asentoon. Aivan kuten mitä tahansa lastioperointia suunniteltaessa ja toteuttaessa tulee vakavuuden vaikutus huomioida. Painava lasti ruuman pohjalla tekee laivasta ylivakaan, jolloin syntyy nopeita kiihtyvyyksiä ja lastin liikkumisen riski kasvaa. Toisaalta painava lasti kannella heikentää vakavuutta myös, ja laiva palautuu hitaasti asentoonsa. Pahimmillaan kannelle voi tulla paljon vettä, ja syntyy vapaa nestepinta. Tällöin riski laivan kaatumisesta kasvaa. Välikannet voivat olla oiva ratkaisu ylivakavuuteen, mikäli kappaletavaralasteja ajetaan paljon. Yksittäistä lastia varten satsaus voi olla liian suuri. (Rhodes 2009 127).

4.1 Hydrostaattiset pisteet (G, B, M, F)

Hydrostaattiset pisteet ovat pisteitä, jotka vaikuttavat aluksen vakavuuteen, ja seuraavaksi esittelen ne. Vakavuutta ajatellen tärkein yksittäinen piste on G-piste. G-piste tarkoittaa koko aluksen painopistettä. (Kiuru 2016, 12.)

B-piste tarkoittaa uppouman eli aluksen vedenalaisen tilavuuden painopistettä. B-piste on myös uppouman nostevoiman vaikutuspiste. (Kiuru 2016, 12.)

M-piste on uppouma voimien vektorien leikkauspiste. Kun alus kallistuu, uppouman muoto muuttuu ja B-pisteen paikka siirtyy. B-piste piirtää kaaren pienillä kallistuskulmilla etsiessään uutta paikkaa, ja M-piste on tämän kaaren keskipiste. M-pistettä kutsutaan vaihtokeskukseksi ja metasenteriksi. (Kiuru 2016, 13.)

F-piste on aluksen vesiviivan pinta-alan keskipiste. Alus trimmaa F-pisteen kautta kulkevan akselin ympäri. Kannattaa muistaa, että F-piste ei ole aina aluksen pituuden puolivälissä. (Kiuru 2016, 13.)

4.2 KM, KG ja BM

KM tarkoittaa vaihtokeskuksen eli metasenterin etäisyyttä laivan kölipisteestä. KM arvot löytyvät laivan hydrostatiikka taulukosta. (Kiuru 2016 14.)

KG tarkoittaa laivan painopisteen etäisyys kölipisteestä. KG:tä pystyy hyödyntämään lastauksen suunnittelussa niin sanotun painonsiirto säännön avulla. Siinä lasketaan jokaiselle lastiyksikölle painopiste, ja sitten lasketaan ne yhteen. (Kiuru 2016 15.)

KB tarkoittaa uppouman nostepisteen etäisyyttä kölipisteestä. BM tarkoittaa uppouman nostepisteen etäisyyttä metasenteristä eli vaihtokeskuksesta. Metasenteri on uppoumanostovoimien vektorien leikkaus piste. BM voidaan laskea kaavalla laatikonmuotoiselle alukselle.

$$BM = \frac{B^2}{12 \times Dm}$$

B=Aluksen leveys

Dm=Aluksen keskisyväys

Toinen kaava, joka käy joka tilanteessa on:

$$BM = \frac{I}{V}$$

I=Vesiviivan pinta-alan pintahitausmomentti

V=Aluksen vedenalainen tilavuus (Kiuru 2016 16.)

4.2.1 Kansilastin vaikutus laivan KG:n esimerkki

Aluksen uppouman paino on 10 000 tonnia ja KG on 5,00 m. Lastataan kannelle lastierä 2000 tonni, jonka KG on 14,00 m.

	paino	KG	paino*KG
uppouma	10 000	5	50 000
lasti	2 000	14	28 000
lopputilanne	12 000	6,5	78 000"

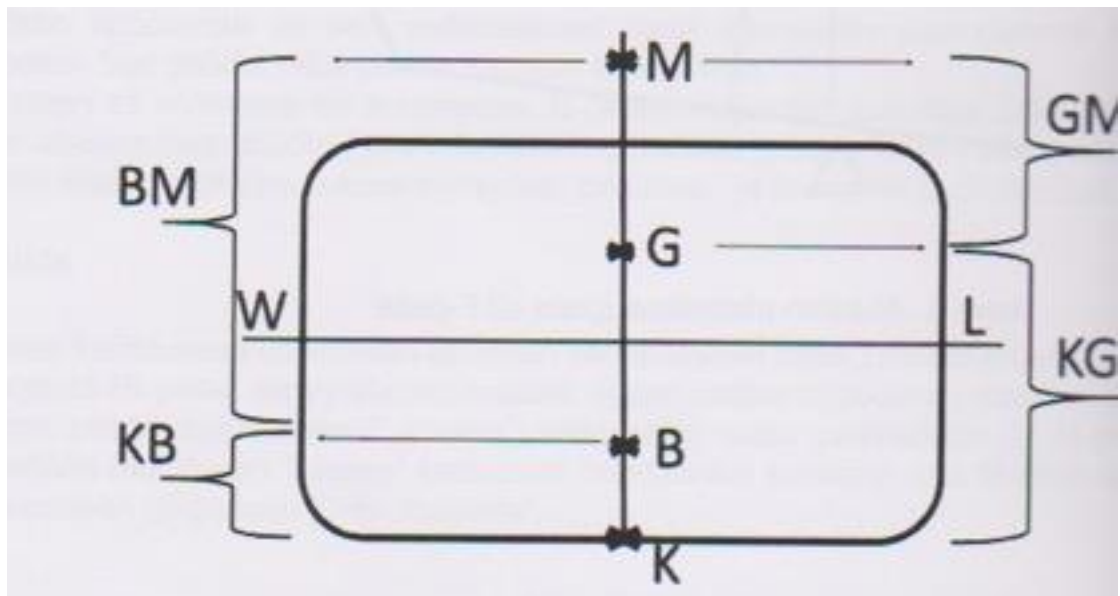
$$KG = \frac{\sum w \cdot kg}{\sum w}, \quad KG = \frac{78000}{12000} = 6,5 \text{ m}$$

Kuten esimerkistä nähdään kansilasti nostaa huomattavasti KG:tä.

4.3 Alkuvakavuuden GM

GM eli laivan painopisteen etäisyys vaihtokeskuksesta. Vakaalla laivalla M-piste on korkeammalla kuin G-piste. Pienissä alle 10 asteen kallistuskulmissa metasenteri sijaitse laivan keskilinjalla. GM antaa hyvän kuvan laivan alkuvakavuudesta pienillä alle 10 asteen kallistumilla. (Rhodes 2009, 96.)

Suuri GM tarkoittaa vakaata laivaa, jolloin oikaiseva momentti on suuri ja aluksen liikkeet aallokossa ovat nopeita ja kiinnitysten pettäminen ja sen myötä lastin liikkumisen riski kasvaa. Pieni GM tarkoittaa ei niin vakaata laivaa, jolloin oikaiseva momentti on pienempi ja aluksen liikkeet aallokossa ovat hitaampia, mutta kaatumisriski on suurempi. Kovin suuri tai kovin pieni GM on aina huono asia. Tähän voidaan vaikuttaa lastin sijoittelulla ja painolastiope-roinnilla. Koska GM toimii vakavuuden tarkastelussa vain pienillä kallistuskulmilla, täytyy olla jokin muu keino tarkastella vakavuutta suuremmilla kallistuskulmilla. Oikaisevan momentinvarsi GZ on siihen hyvä työkalu ja siitä seuraa vaksi. (Rhodes 2009, 96-97.)

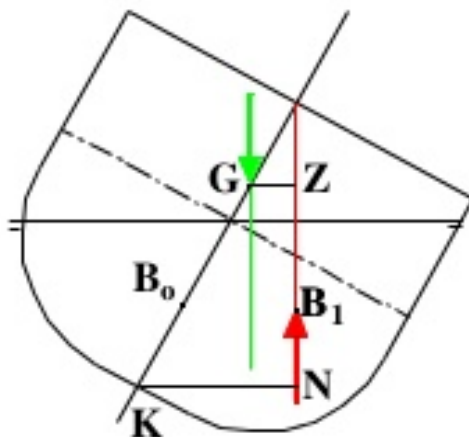


Kuva 15. Havainne kuvaa hydrostaattisista pisteistä (Kiuru 2016, 14).

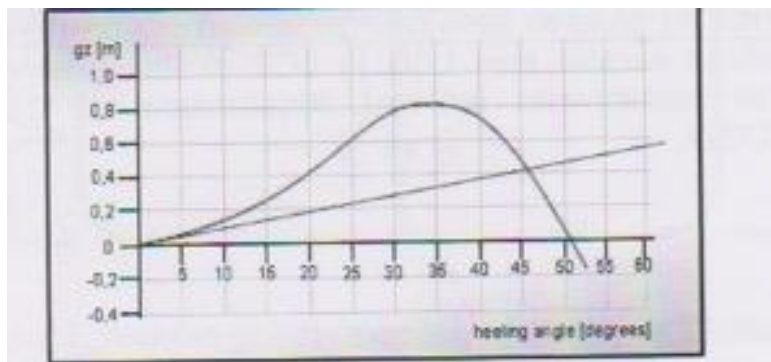
4.4 Oikaisevan momentinvarsi GZ

GZ tarkoittaa oikaisevaa momenttivartta. Aluksen painopisteen ja uppouman nostevoimien vektorilinjan kautta kulkeva vaakasuora etäisyys. GZ antaa hyvän kuvan laivan vakavuudesta kaikilla kallistuskulmilla. GZ-arvo muuttuu kallistuksen mukana, koska uppouman muoto ja pinta-ala muuttuvat kallistuksen mukana. GZ-arvo riippuu G-pisteen sijainnista, mutta G-pisteen paikka on hankala arvioida etukäteen. (Kiuru 2016, 16.)

GZ-käyrän tekemistä varten on kuviteltu, että G-piste sijaitse kölillä, K-pisteessä. GZ-käyrän laskelmassa tehdään korjaus G-pisteen oikein paikan mukaan. $GZ = KN - KG \times \sin\theta^\circ$. (Kiuru 2016, 16.)



Kuva 16. KN ja GZ (Rhodes 2009, 97).



Kuva 17. GZ-käyrä (Kiuru 2016, 16).

4.4.1 Dynaaminen vakavuus

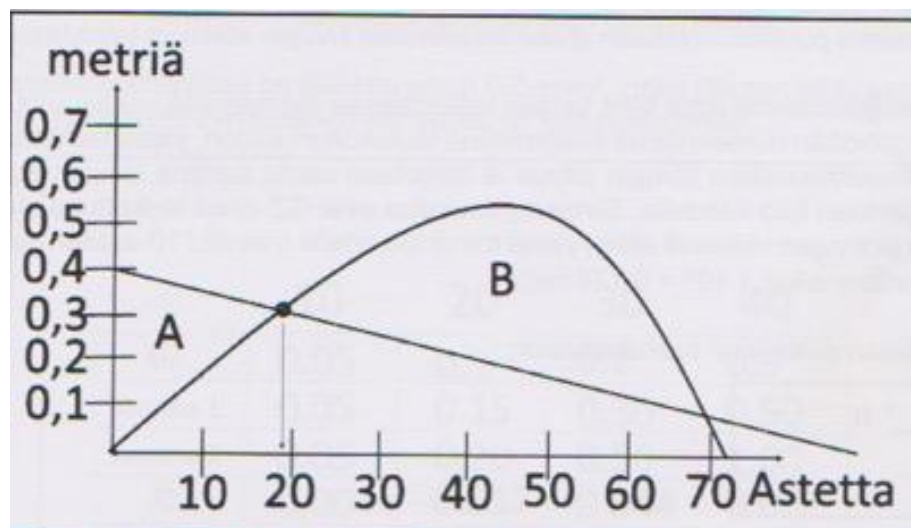
Dynaaminen vakavuus on alukseen kohdistuvan äkillisen voiman aiheuttaman liike-energian voittamiseen tehtävä työ. Tällaisia ulkoisia voimia voivat olla esimerkiksi aallokko, tuulenpuuska, nopea kääntyminen ja lastin äkillinen siirtyminen. (Kiuru 2016, 46.)

Dynaamista vakavuutta kuvataan GZ-käyrän ja vaaka-akselin väliin jäävällä pinta-alalla. Pinta-alan yksikkö on metri kertaa radiaani, koska GZ-arvot eli oikeasevan momentin varren arvot lasketaan metreissä ja aluksen kallistuskulman asteet muutetaan radiaaneiksi. (Kiuru 2016, 46.)

4.4.2 Heeling arm

Heeling arm on kallistavan momentin varsi. Kun Heeling arm leikkaa GZ-käyrän kallistava momentti ja oikeaseva momentti ovat yhtä suuret. Mikäli voima tulee tasaisen rauhallisesti, alus jää kyseiseen kallistuskulmaan. (Kiuru 2016, 47.)

Mikäli vaikutus on dynaaminen eli nopeahko, kallistuma jatkuu, kunnes GZ-käyrän ja vaaka-akselin välinen pinta-ala on yhtä suuri kuin Heeling armin ja vaaka-akselin pinta-ala. Mikäli GZ-käyrän ja vaaka-akselin välinen pinta-ala jää pienemmäksi kuin Heeling armin ja vaaka-akselin pinta-ala, alus kaatuu. Dynaamista vakavuutta arvioitaessa on täytynyt keksiä keino laskea GZ-käyrän ja vaaka-akselin välinen pinta-ala. (Kiuru 2016, 47.)



Kuva 18. Dynaamisen vakavuuden kuvausta GZ-käyrän ja heeling armin avulla (Kiuru 2016, 47).

Kuten edellisissä kuvista näkyy, mikäli B-alue on isompi kuin A-alue, alus pysyy pystyssä, ja mikäli A-alue on isompi kuin B-alue, alus kaatuu. (Kiuru 2016, 47.)

4.4.3 Dynaamisen vakavuuden laskeminen

Dynaamisen vakavuuden laskemisessa tarvitaan keino laskea GZ-käyrän ja x-akselin välinen pinta-ala. Merenkulussa käytetään yleisesti niin sanottua trapetsikaavaa ja Simpsonin sääntöä. (Kiuru 2016, 48.)

4.4.3.1 Trapetsikaava

Trapetsikaavalla laskeminen perustuu puolisuunnikkaan pinta-alan sovellutukseen. Alue jaetaan puolisuunnikkaisiin siten, että yhdensuuntaisten sivujen etäisyys on vakio. Yleensä merenkulussa lasketaan kaikki puolisuunnikkaiden sivut yhteen, kerrotaan ne sivujen etäisyydellä toisistaan ja jaetaan tulo kahdella. Sivujen pituuksina yleensä toimivat GZ-arvot 10 asteen välein ja sivujen välinä 10 astetta muutettuna radiaaneiksi. (Kiuru 2016, 48.)

4.4.3.2 Simpsonin ensimmäinen sääntö ja toinen sääntö

Simpsonin ensimmäinen sääntö Kiurun (2016, 50) mukaan on: *Minkä tahansa kolmen ordinaatan välinen pinta-ala on yhtä suuri kuin ensimmäisen ja viimeisen ordinaatan pituuksien summa, johon lisätään neljä kertaa keskimäinen ordinaatan pituus ja kerrotaan saatu summa ordinaattojen etäisyyksien kolmasosalla.* Ordinaatalla tarkoitetaan tässä pystysuoria viivoja, jotka on piirretty havaintoväleihin. Simpsonin ensimmäistä sääntöä voidaan käyttää, kun ordinaattojen lukumäärä on pariton ja vähintään kolme. Ordinaattojen kertoimet menevät siten, että ensimmäisen ordinaatan kerroin on yksi, toisen neljä, kolmannen kaksi, viimeistä edellisen neljä ja viimeisen yksi. (1,4, 2...4,1) Myös muita pinta-aloja ja tilavuuksia, joita käytetään merenkulussa, voidaan laskea Simpsonin sääntöjen avulla. (Kiuru 2016,50).

$$A = \frac{h}{3} (a+4b+2c+4d+e)$$

Jossa: h= ordinaattojen etäisyys toisistaan

Kuva 19. Simpsonin ensimmäisen säännön kaava (Kiuru 2016, 50).

Simpsonin toinen sääntö on sama kuin ensimmäinen, mutta sitä voidaan käyttää silloin, kuin ordinaattoja on neljä tai neljä ja kolmella jaollinen luku. Ordinaattojen kertoimet ovat toisessa säännössä (1,3,3,2,3,3...1) ja summan kerroin on $\frac{3}{8} \cdot h$. (Kiuru 2016, 51.)

4.5 Pantokareenit/KN

KN eli pantokareeni tarkoittaa kölipisteen vaakaetäisyyttä nostevoiman vektorin viivasta. Arvot ovat laivan hydrostaattitaulukossa laivan vedenalaisen tilavuuden tai syvyyden mukaan. Ne on kuvattu graafisesti ja niitä kutsutaan vakavuuden poikkikäyrästäiksi ja pantokareeneiksi. (Kiuru 2016, 63.)

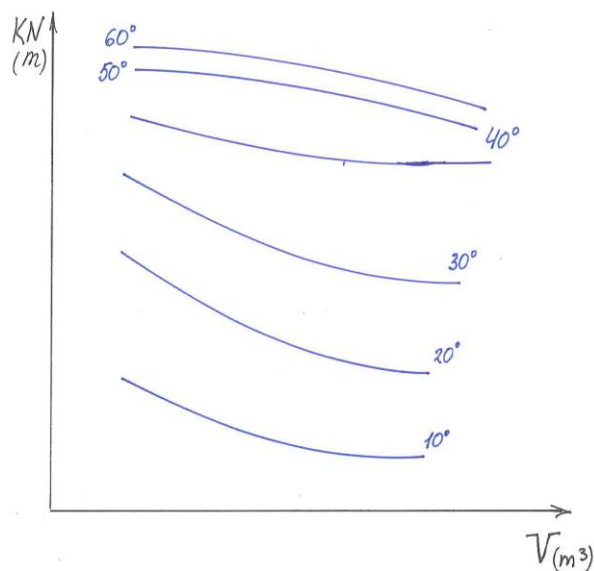
CROSS CURVES OF STABILITY

Showing righting arms in heel at VcG = 0

Trim: zero at zero heel (trim righting arm held at zero)

Draft [m]	Displacement [tn]	Heel Angles in Degrees								
		5	10	15	20	25	30	40	50	60
2,500	2648,980	0,875	1,750	2,607	3,393	4,054	4,619	5,568	6,355	6,731
3,000	3248,420	0,784	1,574	2,363	3,132	3,830	4,439	5,491	6,295	6,672
3,500	3857,370	0,726	1,458	2,197	2,938	3,654	4,303	5,439	6,211	6,590
4,000	4475,990	0,688	1,382	2,087	2,802	3,517	4,200	5,370	6,111	6,510
4,500	5104,780	0,664	1,334	2,015	2,711	3,420	4,125	5,290	6,010	6,450
5,000	5745,430	0,650	1,307	1,973	2,656	3,358	4,072	5,199	5,919	6,424
5,500	6400,560	0,644	1,294	1,953	2,628	3,326	4,019	5,099	5,851	6,421
6,000	7073,230	0,644	1,293	1,951	2,624	3,317	3,954	4,999	5,809	6,424
6,500	7767,500	0,649	1,303	1,964	2,639	3,297	3,882	4,915	5,781	6,420
7,000	8488,860	0,658	1,320	1,988	2,659	3,261	3,807	4,851	5,762	6,401
7,500	9238,610	0,671	1,344	2,022	2,650	3,209	3,746	4,804	5,737	6,369

Kuva 20. Esimerkki M/V Peguinin KN taulukosta (Rhodes 2009, 16).



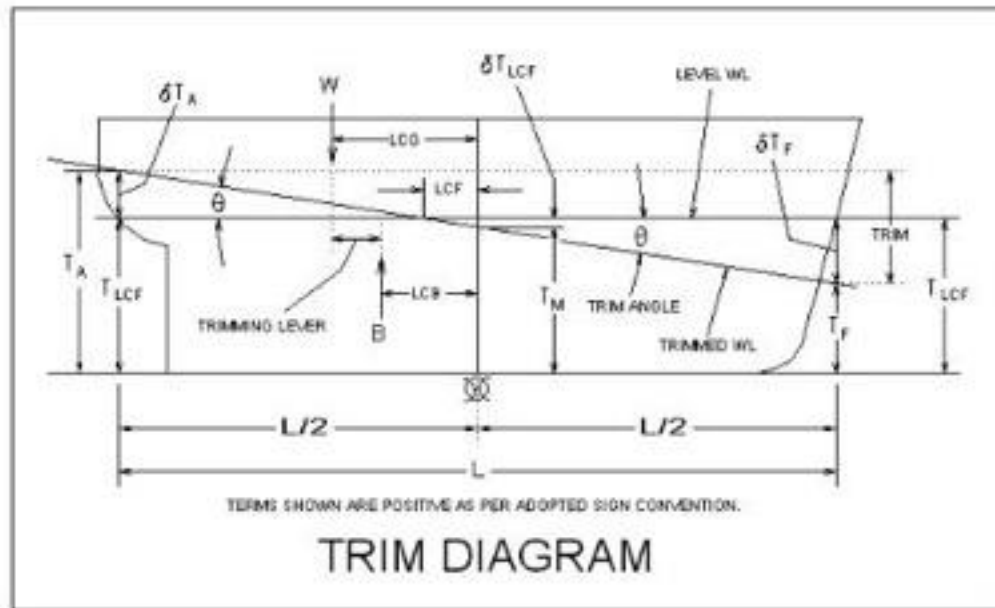
Kuva 21. Esimerkki graafisesti kuvatuista KN arvoista (Shaub 2018)

4.6 LCG, LCB ja LCF

LCG eli laivan painopisteen etäisyys peräperpendikkelistä tai midelistä eli perpendikkeliin keskipisteestä. Lasti- ja vakavuuslaskuissa käytetään aina perpendikkeliä pituuksia. Perpendikkeliä pituus lasketaan peräsintuon kohdalta bulbin kohdalle, mikäli sellainen laivasta löytyy. LCG arvo on tärkeä lastauksen suunnittelussa, koska se vaikuttaa oleellisesti trimmiin. (Kiuru 2016, 15.)

LCB on aluksen vedenalaisen tilavuuden keskipisteen etäisyys peräperpendikkelistä tai midelistä eli perpendikkeliin puolivälistä. LCB on LCG arvon kanssa tärkeimpiä lastaukseen liittyviä arvoja, jotta alus saadaan haluttuun asentoon. (Kiuru 2016, 15.)

LCF on etäisyys peräperpendikkelistä tai midelistä aluksen vesiviivan pinta-alan keskipisteeseen. LCF, LCB, ja LCG muodostavat eräänlaisen keinoalun, jossa LCG pyrkii painamaan laivaa alaspäin, LCB nostamaan ylöspäin ja LCF toimii ikään kuin tukipisteenä. (Kiuru 2016, 15.)



Kuva 22. Pitkittäisen vakavuuden tärkeimpiä pisteitä (Kiuru 2016, 16).

4.7 MCTC

MCTC eli trimmimomentti on momentti, joka tarvitaan, että alus trimmaa yhden sentin eli perä- tai keulasyväys muuttuu yhden sentin. Yksikkö on tonniometriä per senttimetri tm/cm . MCTC arvot löytyvät hydrostatiikkataulukosta. (Kiuru 2016, 18.)

$MCT\ 1\ cm = W \times GML/100L$, missä W = Aluksen uppouman paino tonneissa, GML = metasentrin pitkittäinen korkeus metreissä. L = aluksen pituus metreissä. (Kiuru 2016, 18.)

4.8 TPC

TPC kertoo, kuinka monta tonnia alukseen tulee lastata tai purkaa lastia, jotta keskisyväys muuttuu yhden sentin. Yksikkö tonni per senttimetri t/cm . TPC arvot löytyvät laivan hydrostatiikkataulukosta syvyyden mukaan, ja ne luonnollisesti muuttuvat syvyyden mukaan, koska uppouman muoto muuttuu. (Kiuru 2016, 18.)

Kaava $TPC = \frac{WPA \times \rho}{100}$, missä WPA (water plane area) on vesiviivan pinta-ala ja ρ on veden tiheys. (Kiuru 2016, 18.)

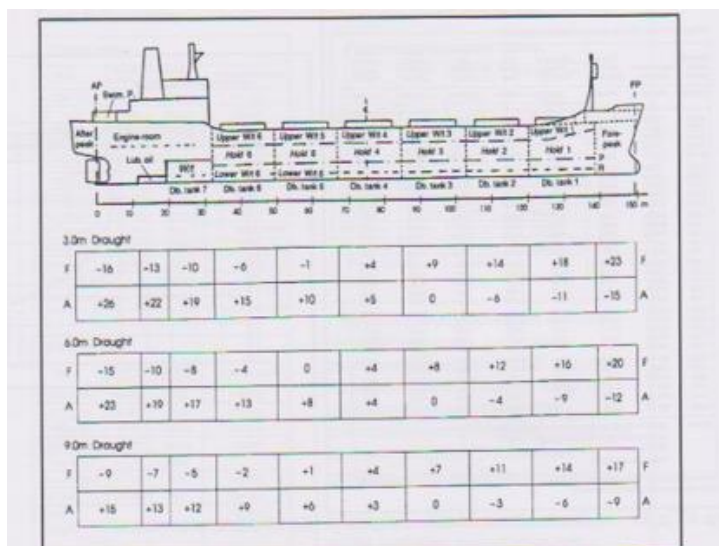
4.9 Vakavuuden laskeminen tietokoneella

Yleensä laivan vakavuus lasketaan tietokoneella, koska se on paljon nopeampaa. Tietokoneella pystyy helposti ja nopeasti kokeilemaan, miten lastinsijoittelu vaikuttaa aluksen vakavuuteen. Tietokoneella nähdään myös runkoon kohdistuvat taivutus ja leikkausvoimat. (Kiuru 2016, 82.)

Yksi yleisimmistä lastauksen ja vakavuuteen liittyvistä ohjelmista on suomalainen NAPA, joka onkin monella suomalaisella laivalla käytössä. NAPA-ohjelmaan on mahdollista saada lisäoptiona ohjelma kappaletavara- ja projektilasteja varten. (NAPA lastiohjelma s.a.)

4.10 Loppulastaus

Loppulastaus toteutetaan yleensä niin, että perämies on lastivalvomossa katsoimassa luotilangan avulla, koska laiva on suorassa. Yliperämies on laiturilla tarkastelemassa syväyksiä. Yliperämiehellä on kädessään taulukko, josta hän näkee miten 100 tonnia lastia vaikuttaa aluksen syväyksiin missäkin kohtaa alusta. Yliperämiehellä, perämiehellä ja nosturikuskillä on radiopuhelinyhteys. Peruseriaatteena alus pyritään saamaan tasakölille ja suoraan. Pieni trimmi suuntaan tai toiseen voi parantaa laivan energiatehokkuutta ja näistä voi saada tietoa lastiohjelma-NAPA:sta. Optimaalinen trimmi riippuu uppouman muodosta, mutta tasaköli on aina hyvä ratkaisu, etenkin mikäli kuljettava väylä on kovin matala. (Kiuru 2016, 61-62.)



Kuva 23. Trimmitaulukko on oiva apu loppulastaukseen (Kiuru 2016, 62.)

4.10.1 Esimerkki loppulastauslaskelmasta

Loppulastauksessa lasketaan, että ensin paino otetaan aluksen kelluvuuspiisteeseen eli F-pisteeseen. Sen jälkeen lasketaan, kuinka paljon trimmin halutaan muuttuvan. Katsotaan taulukosta trimmimomentti MCTC, jonka jälkeen lasketaan trimmin muutos jaettuna trimmimomentti kertaa paino. Trimmimomentin avulla saadaan laskettua etäisyys kelluvuuspiisteestä F, johon paino pitää lastata, jotta saadaan haluttu trimmi.

Esimerkki

Aluksen keskisyväys on 7,6 metriä, peräsyväys 7,8 metriä ja keulasyväys 7,4 metriä. Alukseen otetaan lastia $w=500$ tonnia ja alus halutaan tasakölille.

TPC 7,6 m = 33,2t/1cm

Loppukeskisyväys on täten: $w/TPC = 500/33,2 = 15\text{cm}$

$$7,6\text{ m} + 0,15\text{ m} = 7,75\text{ m}$$

Hydrostaatiikkataulukosta kohdasta 7,75m otetaan MCTC ja LCF arvot

MCTC=350tm/cm

LCF=84,87m

LCg=lastin etäisyys peräperpendikkelistä

COT=40cm

$COT=w*d/MCTC$, jossa $d=LCg-LCF$

$$40=500(LCg-84,87\text{m})/350$$

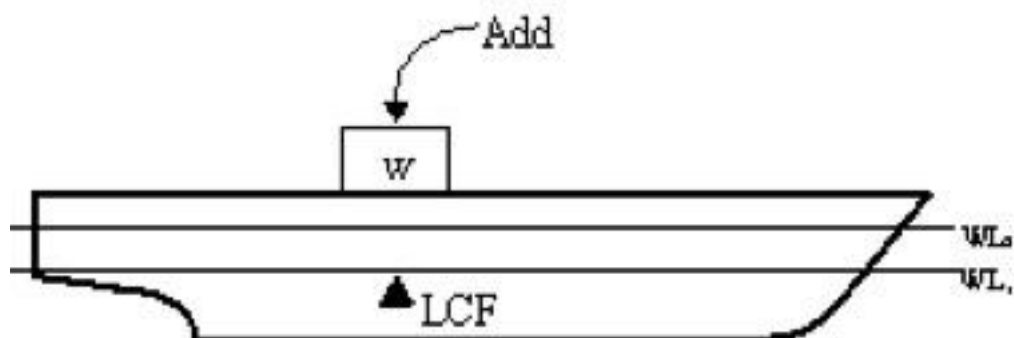
$$40*350/500=LCg-84,87\text{ m}$$

$$LCg=40*350/500+84,87\text{ m}$$

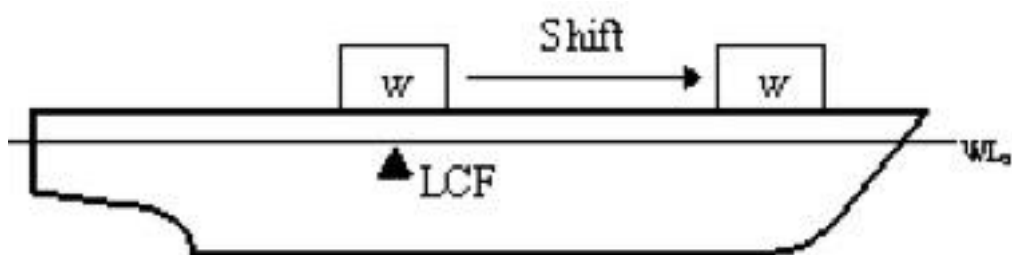
$$LCg=28\text{m}+84,87\text{ m}$$

$$LCg= 112,87\text{m}$$

Alus saadaan tasakölille, kun 500 tonnia lastia lastataan 113 metriä peräperpendikkelistä keulaanpäin, jolloin keskisyväys on 7,75 metriä.



Kuva 24. Laskelmissa ensin otetaan paino kelluvuusasteeseen (Rhodes 140.)



Kuva 25. Sitten siirretään paino halutulle paikalle (Rhodes 140.)

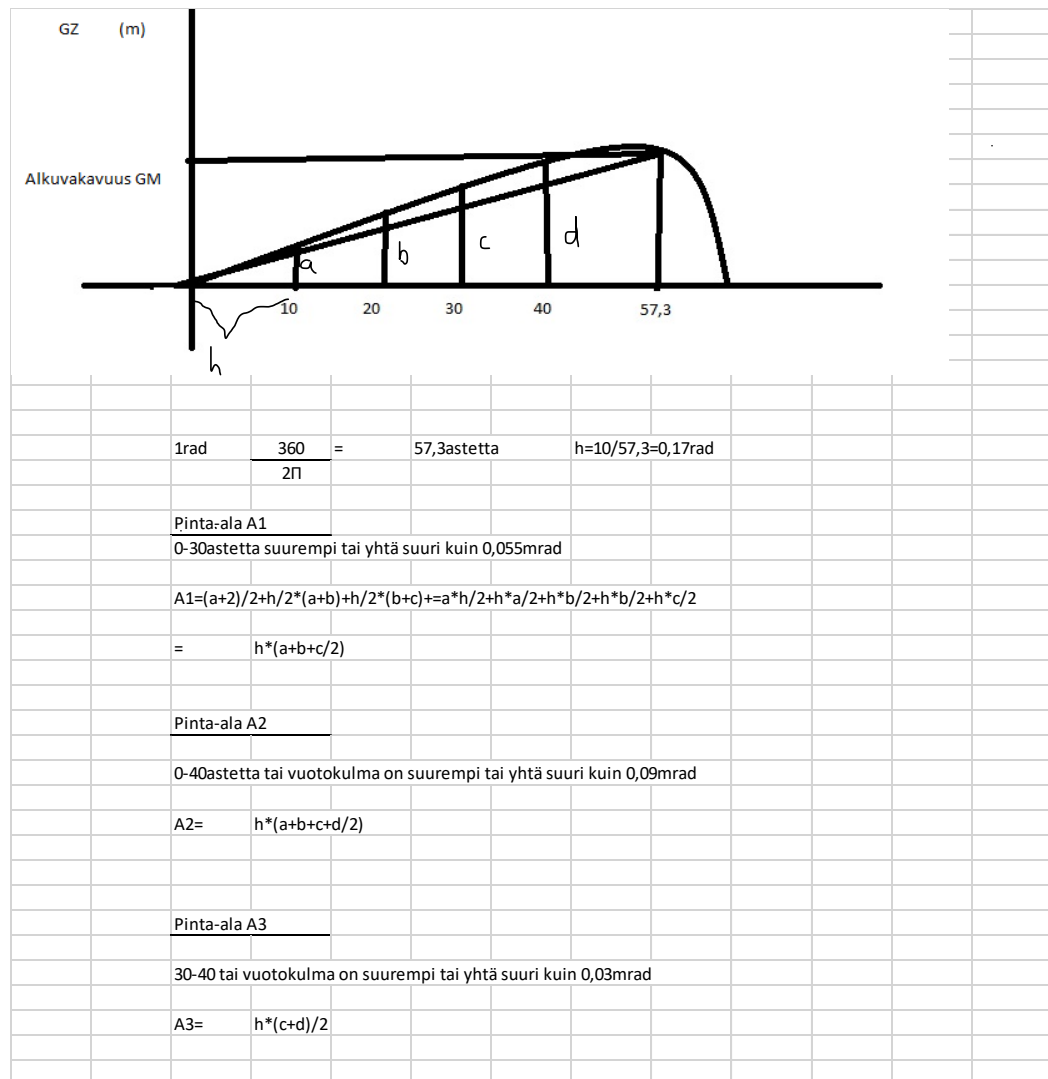
4.11 Vakavuuden peruskriteerit

Alla esittelen kansainvälisesti sovitut vakavuuden kriteerit.

- GZ-käyrän ja vaaka-akselin välinen pinta-ala on oltava vähintään 0,055 metriradiaania 30 asteen kallistuskulmaan saakka ja
- Vähintään 0,09 metriradiaania 40 asteen kallistuskulmaan tai vuotokulmaan, mikäli vuotokulma on pienempi kuin 40 astetta.
- GZ-käyrän ja vaaka-akselin pinta-ala 30 ja 40 asteen tai vuotokulman välillä on oltava vähintään 0,03 metriradiaania.
- Oikaiseva momenttivarsi on oltava vähintään 0,20 metriä kallistuskulmalla 30 astetta tai enemmän.
- Kallistuskulma, jolloin oikaisevamomenttivarsi saa suurimman arvonsa on oltava yli 25 astetta.
- Vaihtokeskuskorkeus GM on oltava vähintään 0,15 metriä.

(International Code on Intact Stability 2008.)

4.11.1 Esimerkki vakavuuden peruskriteereistä trapetsikaavalla esitettyinä



Kuva 26. Dynaamisen vakavuuden laskeminen trapetsikaavalla eli puolisuunnikasmenetelmällä ja vakavuuden peruskriteerit kuvattuna. (International Code on Intact Stability 2008.)

5 LASTIN KIINNITTÄMINEN

Lastin kiinnittämiseen voidaan käyttää kuormaliinoja, kettinkejä, teräspantoja ja vaijereita. Puuta on hyvä laittaa väleihin tiivistämään ja pehmustamaan lastia. Lastin kiinnittämiseen tulee tarkat säädökset kansainväliseltä merenkulkuorganisaatio IMO:lta. IMO:lla on oma Excel-pohjainen laskuri LASHCON, jolla voidaan suunnitella sopivat kiinnitykset. Lisäksi on myös aluskohtainen opas liittyen kiinnityksiin nimeltään Cargo Securing Manual. Lastin kiinnittämisen suunnitteluun vaikuttaa myös aiottu reitti. Lastin kiinnittäminen on erittäin

tärkeä tehdä huolella, koska huonosti kiinnitetty lasti voi liikkua ja pahimmassa tapauksessa lastiyksikkö voi tippua mereen tai aiheuttaa kallistuman laivalle.

5.1 Kiihtyvyydet eri merialueilla

Lastin kiinnittämistä suunniteltaessa merialueet jaetaan kolmeen alueeseen a, b ja c. A alueeseen kuuluu Itämeri ja Kattegat. Alueella A lastiin vaikuttaa 50 %:n sivuttaiskiihtyvyys suhteutettuna lastin painoon, ja 30 %:n pitkittäiskiihtyvyys suhteutettuna lastin painoon. B alueeseen kuuluu Pohjanmeri ja Välimeri. Alueella B lastiin vaikuttaa 70 %:n sivuttaiskiihtyvyys suhteutettuna lastin painoon, ja 30 %:n pitkittäiskiihtyvyys suhteutettuna lastin painoon. Alue C on rajoittamaton liikennealue. Siellä lastiin vaikuttaa 80 %:n sivuttaiskiihtyvyys suhteutettuna lastin painoon, ja 40 %:n pitkittäiskiihtyvyys suhteutettuna lastin painoon. (Kuormansidonnan käsikirja 1998, 16.)

5.2 Kansilastin ja ruumaan menevän lastin kiinnittäminen

Kansilastiin vaikuttaa kaikista suurimmat kiihtyvyydet, ja sidontatarve on kaikista suurin, koska lasti on hankala tai mahdoton sijoittaa siten, että se olisi jotain seinää vasten. Kansilasti on myös altis säälle. Kannelle pyritäänkin las- taamaan mahdollisimman kevyttä lastia, mikäli mahdollista, koska tällöin lastin kiinnityksiin kohdistuu pienempiä voimia. (Kuormansidonnan käsikirja 1998, 20.)

Ruumaan menevä lasti on säältä suojassa ja lasti pyritään mahdollisuuksien mukaan sijoittelemaan siten, että sidonta tarve on mahdollisimman pieni. Myös lastiin vaikuttavat kiihtyvyydet ovat ruumaan menevällä lastilla pienem- mät kuin kansilastilla. (Kuormansidonnan käsikirja 1998, 20.)

5.3 Kitkan vaikutus lastin kiinnitystarpeeseen

Kappale liukuu alustallaan, mikäli liukumista estävä kitka voima on pienempi kuin kiihtyvyydestä johtuva voima. Kitkan suuruus riippuu molempien vastak- kain olevien kappaleiden materiaaleista. Kitkan suuruutta kuvataan kitkakertoimella μ . Kitkan suuruutta ei pidä yliarvioida, sillä likainen tai öljyinen pinta voi

olla hyvinkin liukas. Alla olevassa kuvassa eräiden materiaaliparien kitkaker-
toimia. (Kuorman sidonnankäsikirja 1998, 17).

Materiaalipari	Kuiva, puhdas	Kostea, epäpuhdas	Luminen, jäinen
Metalli - Metalli	0,30	0,20	0,10
Puu - Puu	0,30	0,30	0,20
Puu - Metalli	0,30	0,30	0,10
Puu - Betoni, kivi	0,40	0,40	0,30
Puu - Kitkavaneri	0,40	0,40	0,30
Metalli - Betoni	0,30	0,20	0,10
Puu - Kumi	0,40	0,30	0,20
Metalli - Kumi	0,40	0,20	0,10

Kuva 27. Esimerkkejä eräiden materiaaliparien kitkakertoimista (Kuorman sidonnankäsikirja 1998, 17).

5.4 Lastin paikan vaikutus siihen kohdistuviin voimiin

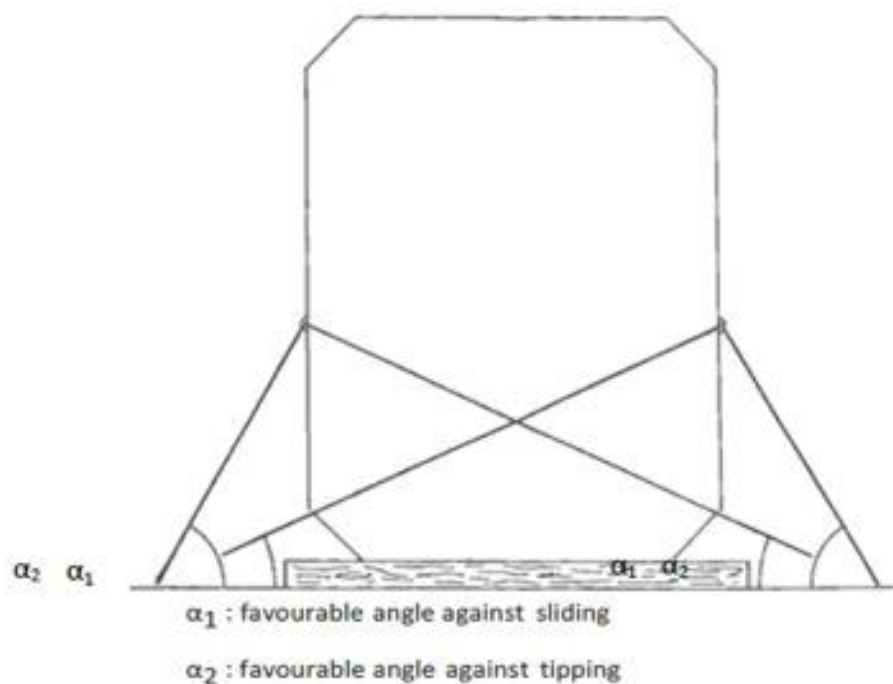
Mitä alempana ja keskemällä lasti on, sitä pienemmät kiihtyvyydet siihen vaikuttavat. Nämä edellä mainitut asiat on syytä huomioida lastin kiinnitystarvetta suunniteltaessa. Alla näkyy taulukko, jossa on kiihtyvyyssarvoja eri kohdissa alusta. (CSS Code 2011, 52).

	Transverse acceleration a_y in m/s^2	Longitudinal acceleration a_x in m/s^2
on deck, high	7.1 6.9 6.8 6.7 6.7 6.8 6.9 7.1 7.4	3.8
on deck, low	6.5 6.3 6.1 6.1 6.1 6.1 6.3 6.5 6.7	2.9
'tween-deck	5.9 5.6 5.5 5.4 5.4 5.5 5.6 5.9 6.2	2.0
lower hold	5.5 5.3 5.1 5.0 5.0 5.1 5.3 5.5 5.9	1.5
	0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1	
	Vertical acceleration a_z in m/s^2	
	7.6 6.2 5.0 4.3 4.3 5.0 6.2 7.6 9.2	

Kuva 28. Kuva lastiin vaikuttavista kiihtyvyyksistä aluksen eri kohdissa (CSS Code 2011, 52).

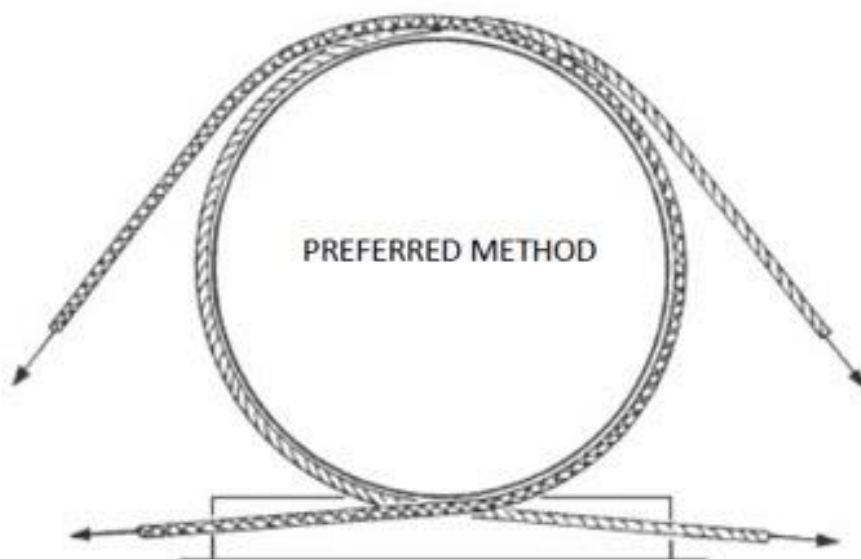
5.5 Lastin kiinnityspisteet

Lastin kiinnityspisteet tulee miettiä siten, että kiinnitykset estävät lastin liukumisen ja kaatumisen joka suunnasta. Liukumisen estämiseksi optimaalinen kiinnityskulma on noin 25 astetta ja kaatumisen estämiseksi 45–60 astetta. (CSS Code 2011, 31).



Kuva 29. Lastin kiinnittämisessä suositellut kulmat (CSS Code 2011, 31).

Mikäli kappaleessa ei ole kiinnityspisteitä, yksi hyvä keino on suorittaa sidonta lastiyksikön ympäri. (CSS Code 2011, 32).



Kuva 30. Lastin sidonta lastiyksikön ympäri (CSS Code 2011, 32).

5.6 Lastin sidontatarpeen laskeminen

Laskemalla lastin sidontatarve, voidaan lastin sidonta suorittaa tehokkaasti, ja varmistetaan siitä, että sidonta on riittävä. Lastin sidonta ja tuenta tarvetta las-
 kiessa tulee huomioida lastin paino, merialueella vaikuttavat voimat ja kitka-

kerroin. Laskelmissa tulee huomioida liukuminen pitkittäissuunnassa ja poikittaissuunnassa sekä kaatuminen kumpaankin suuntaan. (Loss prevention guides 2007, 104).

ADVANCED METHOD OF CALCULATION FORM										
Vessel: Load port: Load date: Cargo type:					Voyage no. Discharge port: Discharge date:					
STEP ONE – Inputs and primary calculations										
SHIP					CARGO					
Length (m)					Width (m)					
Breadth, B (m)					Length (m)					
GM (m)					Height (m)					
Speed (knots)					Mass, m (t)					
B/GM					Longitudinal position (m)					
Table 3 correction: T3					Vertical position (m)					
Table 4 correction: T4					Friction, μ					
Longitudinal acceleration – Table 2, a_x (m/s ²)					Lever arm of tipping, a (m)					
Transverse acceleration – Table 2, a_y (m/s ²)					Lever arm of stability, b port (m)					
Vertical acceleration – Table 2, a_z (m/s ²)					Lever arm of stability, b starboard (m)					
					Wind load longitudinal, F_{wx} (kN)					
Longitudinal acceleration corrected, a_x (m/s ²)					Wind load transverse, F_{wy} (kN)					
Transverse acceleration corrected, a_y (m/s ²)					Sea slosh longitudinal, F_{sx} (kN)					
Vertical acceleration corrected, a_z (m/s ²)					Sea slosh transverse, F_{sy} (kN)					
STEP TWO – External forces and moments										
Longitudinal sliding (kN)	$F_x = m a_x + F_{wx} + F_{sx}$				x		+			=
Transverse sliding (kN)	$F_y = m a_y + F_{wy} + F_{sy}$					x		+		=
Transverse tipping (kN m)	$F_y a$								x	=
Vertical (kN)	$F_z = m a_z$								x	=
STEP THREE – Friction and lashings										
Port side										
MSL (kN)										
Lashing angle, α (°)										
f value – Table 6										
Lever arm of securing, c (m)										
Safety factor	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
CS*f (MSL x safety factor x f) (kN)										Σ(sum)
CS*c (MSL x safety factor x c) (kN)										Σ(sum)
Starboard side										
MSL (kN)										
Lashing angle, α (°)										
f value – Table 6										
Lever arm of securing, c (m)										
Safety factor	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
CS*f (MSL x safety factor x f) (kN)										Σ(sum)
CS*c (MSL x safety factor x c) (kN)										Σ(sum)

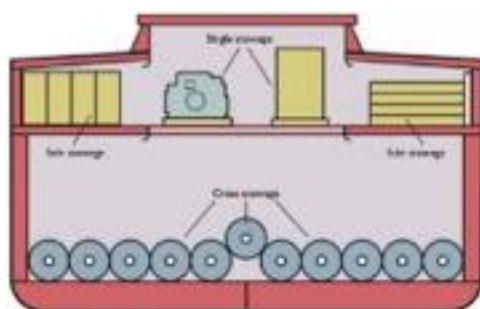
Kuva 31. Lastin sidontatarpeen laskemista varten tehty taulukko (Loss prevention guides 2007, 104).

Esimerkki taulukosta, jonka avulla pystyy laskemaan lastin sidonta tarpeen. Kuten huomaatte, taulukko on melko monimutkainen ja laaja, joten tietokoneohjelma helpottaa huomattavasti kiinnitysten suunnittelua. Peruseriaate on kuitenkin, että lasketaan lastiin vaikuttavat voimat massa*kiihtyvyys*kitkakerroin. Sitten lasketaan MSL*kiinnityskulma*haluttu turvamarginaali. Jokaiselle kiinnitysvälineelle on määritetty tietty MSL. MSL on prosentteina kiinnitysvälineen murtolujuudesta. (Loss prevention guides 2007, 104.)

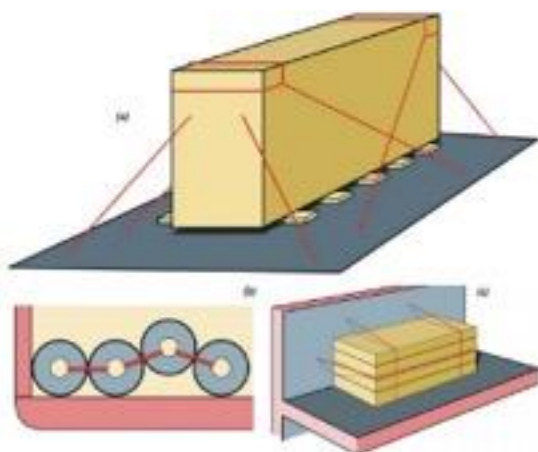
Lastin sidontatarpeen voi suunnitella ja laskea myös tietokoneella. Tietokoneella pystyt nopeasti testaamaan erilaisia kiinnitysmenetelmiä ja valitsemaan sopivimman itsellesi. Tällaisia ohjelmia tarjoaa muun muassa videck ja IMO:n Excel-pohjainen LASHCON. (Videck 2017.)

5.7 Lastin paikan vaikutus sidontatarpeeseen

Lastin sidontatarpeeseen vaikuttaa toki onko lasti kannella vai ruumassa, mutta siihen vaikuttaa myös onko lasti yksikkö seinää vasten, blokkattu toisella lastiyksiköllä vai täysin yksinään. (Loss prevention guides 2007, 18).



Kuva 32. Esimerkki lastin paikan vaikutuksesta lastin sidontatarpeeseen (Loss prevention guides 2007, 18).



Kuva 33. Toinen esimerkki lastin paikan vaikutuksesta lastin sidontatarpeeseen (Loss prevention guides 2007, 24).

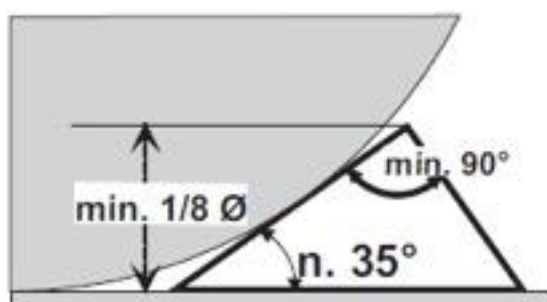
5.8 Tukien hitsaaminen ja kiilaus

Joskus voi olla viisasta hitsata kannelle tai ruumaan tukipalkkeja, joiden avulla lasti yksiköt saadaan pysymään paikallaan. Erityisesti projektilasteja kuljettaessa mainio tapa varmistaa lastin paikallaan pysyminen. (Loss prevention guides 2007, 63).



Kuva 34. Tukien hitsaaminen voi olla oiva keino varmistaa lastin pysyminen paikallaan (Loss prevention guides 2007, 63).

Kiiloja käytetään etenkin pyöreiden kappaleiden paikallaan pysymiseen. Kiilat voivat olla puisia, muovisia tai kumisia. Kiilan kulma vaikuttaa lastin, sekä kiilan paikallaan pysymiseen. Suositeltava kulma kiilalle on noin 35 astetta ja koko $1/8$ rullan halkaisijasta. (Kuormansidonnan käsikirja 1998, 22).



Kuva 35. Ympyrän muotoisen kappaleen kiilaus (Kuormansidonnan käsikirja 1998, 22).

5.9 Ahtaussäkit ja kulmasuojat

Lasti voidaan tukea ilmatäytteisillä ahtaussäkeillä. Säkkejä käyttäessä on huomioitava säkkien oikea paine, seinien riittävä lujuus ja reunat kannattaa suojata kulmasuojilla, jottei säkit mene rikki. Ahtaussäkit kannattaa käydä tarkistamassa matkan aikana. (Kuormansidonnan käsikirja 1998, 21)

Kulmasuojien käyttö on suositeltavaa liinujen ja ketjujen kanssa. Kulmasuojan avulla sidontavälineen kuorma jakautuu isommalle alalle, ja samalla suojaa lastiyksikköä vaurioitumasta. (Kuormansidonnan käsikirja 1998, 22.)

5.10 Kuormaliinat, ketjut ja terässpannat

Kuormaliinojen ja ketjujen käytössä tärkeää on valita kiinnityspisteet järkevästi, varmistaa että ne ovat ehjiä ja riittävän tiukalla. Ketjut ovat melko vahvoja, kuormaliinat taas helppoja käsitellä ja myöskin vahvoja. Ketjujen kiristämiseen käytetään esimerkiksi karhunkiristintä tai kuormaliinaa. (Kuormansidonnan käsikirja 1998,23)

Terässpannoilla on kätevä kiinnittää lastiyksiköitä toisiinsa. Etenkin teräsrullia toisiinsa kiinnittäessä ne ovat todella hyviä. (Kuormansidonnan käsikirja 1998,22.)

5.11 Kiinnitysvälineiden yhdisteleminen ja huollot

Kiinnitysvälineiden yhdisteleminen on monesti järkevää ja tarkoituksen mukaista. Esimerkiksi ketjuja ja kuormaliinoja voi hyvin yhdistellä, tällöin täytyy kuitenkin muistaa, että sidonta on niin vahva kuin sen heikoin lenkki. Kiinnitysvälineet tulee pitää hyvässä kunnossa, jotta niiden käyttö on mielekästä. Liikuvat osat tulee rasvata ja rikkiinäiset osat on vaihdettava uusiin. (Kuormansidonnan käsikirja 1998, 23.)

Joka kerta, kun käytetään kiinnitysvälineitä pitää tarkastaa, että ne ovat asianmukaisessa kunnossa. Välineet tulee tarkastaa kerran vuodessa, joko laivan päällä oleva koulutettu henkilö tai ulkopuolinen koulutettu henkilö. Tarkastuksesta pitää suorittaa dokumentointi. (Kuormansidonnan käsikirja 1998, 24.)

6 LASTIN VALVONTA MERIMATKAN AIKANA

Merimatkan aikana on syytä valvoa lastin kiinnityksiä. Ruumien lämpötilaa ja kosteutta tulee valvoa, mikäli lasti voi mennä pilalle. Etenkin terästuotteet ja paperi ovat herkkiä lämpötilan ja kosteuden muutoksille. Ruumien lämpötiloja ja suhteellista kosteutta on syytä seurata, jotta tiedetään, koska niitä tulee tuulettaa. Lämpötila- ja kosteustiedot ovat myös tärkeää dokumentaatio tietoa. Ruumien tuulettamisen tarkoituksena on poistaa ruumista haitallisia kaasuja ja kosteutta. Ruumien tuuletus tapahtuu joko koneellisesti tai luonnollisesti. (London P&I Club 2016, 1-3.)

6.1.1 Lastin hikoilu ja laivan hikoilu

Kun lastataan kylmässä lastia, ja ajetaan lämpimään, lämmin ilma alkaa tiivistyä kylmän lastin päälle kosteudeksi. Tällöin tulee välttää tuulettamista, jotta lastin hikoilu saadaan minimoitua. Kun lämmintä lastia lastataan kylmään laivaan, ruuman seinämiin alkaa tiivistyä kosteutta. Tällöin on syytä tuulettaa, jotta saadaan ylimääräinen kosteus ruumasta pois ja kuivempaa ilmaa tilalle. (London P&I Club 2016, 1-3.)

6.1.2 Säännöt tuulettamiselle

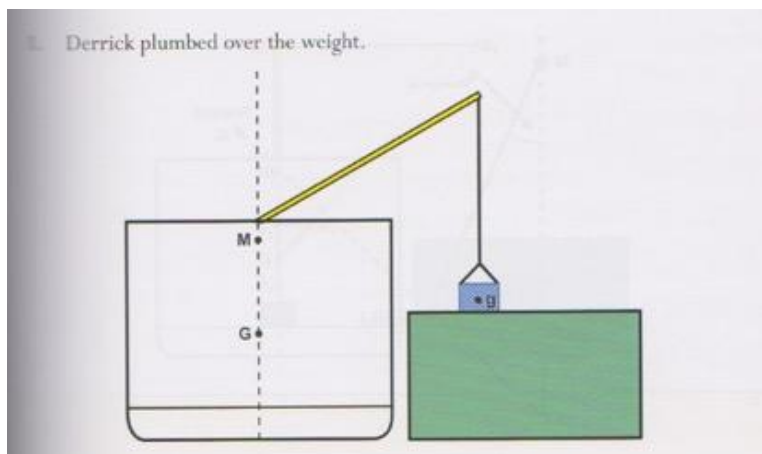
Ruumia ei saa tuulettaa, mikäli on riski, että tuuletusaukoista pääsee vettä ruumiin esimerkiksi sateen tai merenkäynnin takia. Ruumia pitää tuulettaa, jos suhteellinen kosteus ruumassa on suurempi kuin ulkona. Ruumia ei saa tuulettaa, jos suhteellinen kosteus on ulkona suurempi kuin ruumassa. Ruumia pitää tuulettaa, jos ulkolämpötila on vähintään kolme astetta matalampi kuin lastin keskimääräinen lämpötila. (London P&I Club 2016, 1-3.)

7 RASKAAN KAPPALEEN NOSTAMINEN LAIVAN OMALLA NOSTURILLA

Raskaan kappaleen nostamisessa nosturilla tulee huomioida nosturin SWL (safe working load) eli turvallinen nostoraja, aluksen vakavuus, kuorman symmetrinen kiinnitys nosturiin ja laivan kallistuma.

Vaihe 1

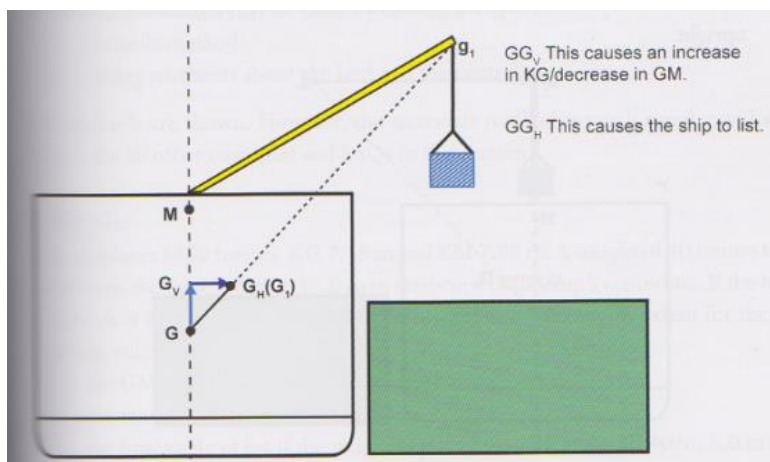
Alkutilanteessa kappale on laiturilla ja sitä aletaan nostaa alukseen.



Kuva 36. Lastiysikkö laiturilla (Rhodes 2009, 239.)

Vaihe 2

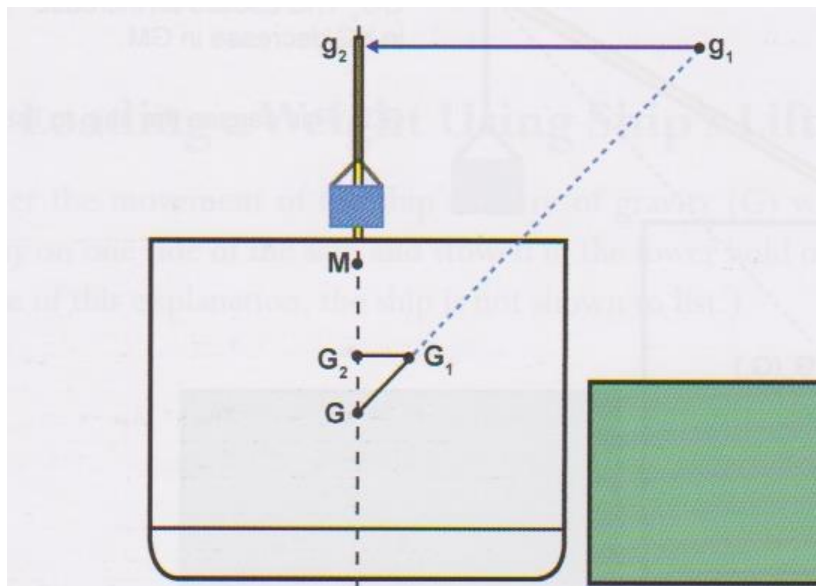
Kappale nousee laiturilta, jolloin sen painopiste siirtyy nosturin päähän. Tämä muuttaa myös aluksen painopistettä, mikä voi aiheuttaa kallistuman.



Kuva 37. Lastiysikkö nousee laiturilta ja laivan painopiste muuttuu (Rhodes 2009, 239.)

Vaihe 3

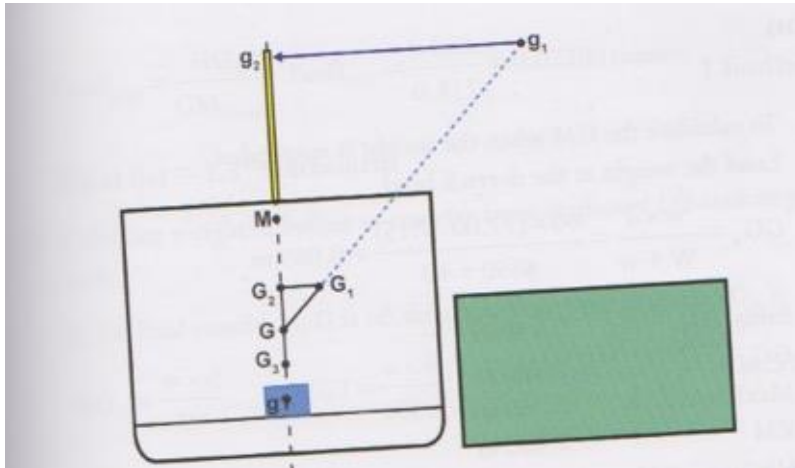
Kappale siirretään haluttuun kohtaan ja sitä aletaan laskea alaspäin. Tällöin kallistuma häviää, ja aluksen painopiste muuttuu taas.



Kuva 38. Lastiysikköä aletaan siirtää kohti laivaa, jolloin painopiste muuttuu edelleen. (Rhodes 2009, 240.)

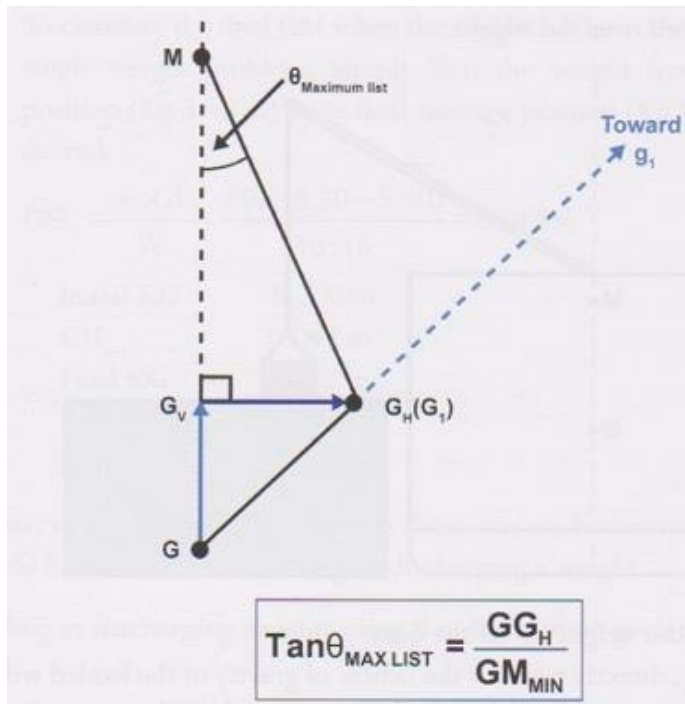
Vaihe 4

Kappale lasketaan alas ruumaan, jolloin aluksen painopiste muuttuu.



Kuva 39. Lastiyksikkö lasketaan ruuman pohjalle, jolloin laiva saa lopullisen painopisteensä. (Rhodes 2009, 241.)

7.1 Kappaleen nostamisesta aiheutuvan kallistuman laskeminen



Kuva 40. Suurimman sallitun kallistuman laskemiseen tarkoitettu kaava. (Rhodes 2009, 240.)

Alus painaa 8850 tonnia, KG 7,15 m ja KM 7,98 m. Tavara, joka nostetaan laivaan painaa 40 tonnia ja se on 15 metriä aluksen keskiviivan styvrpuurin puolella. Nosturin puomin korkeus nostettaessa tavaraa on 27 metriä aluksen kölistä.

Tapa 1

Lasketaan GM, kun tavara on noussut laiturista.

$$GGv = \frac{w \cdot d}{W+w} = \frac{40 \cdot (27,00 - 7,15)}{8850 + 40} = 0,09m$$

Alku KG 7,15m
 GGv 0,09m
 Maksimi
 KG 7,24m
 KM 7,98m
 Minimi
 GM 0,74m

Lasketaan G pisteen etäisyys laivan keskiviivasta, kun tavara on noussut laiturista.

$$GGH = \frac{w \cdot d}{W+w} = \frac{40 \cdot 15}{8850 + 40} = 0,067m$$

$$\tan \Phi (\text{suurin kallistuma}) = \frac{GGH}{GM} = \frac{0,067}{0,741} = 0,09$$

Suurin kallistuma **5,2** astetta
 Styyrpuuriin

Tapa 2

Lasketaan GM, kun tavara on noussut laiturista

Paino(t)	KG(m)	Momentti(t -m)		
8850	7,15	63277,5	KM	7,98
40	27	1080	KG	7,24
8890	7,24	64357,5	GM	0,74

GM kun tavara noussut laiturista 0,74m

Lasketaan aluksen keskiviivasta poikkeavat momentit

Paino(t)	Etäisyys(m)	Styyrpuuri	
		Paapuuri Momentti(t -m)	i Momentti(t-m)
8850	0	0	0
40	15		600
8890	0,067	0	600

$$\tan \Phi (\text{suurin kallistuma}) = \frac{GGH}{GM} = \frac{0,067}{0,74} = 0,09$$

Suurin kallistuma styyrpuuriin **5,2** astetta

7.2 Maksimi KG:n laskeminen, kun määritetään suurin sallittu kallistuskulma

Mikäli halutaan, että kyseisessä tilanteessa alus kallistuukin vain 3 astetta

$$\tan\Phi(\text{maksimikallistuma}) = \frac{GGH}{GM}$$

$$\text{Josta saadaan} \quad GM = \frac{GGH}{\tan\Phi(\text{maksimikallistuma})}$$

$$GM = \frac{0,07}{0,05} = 1,28$$

KM	7,98
GM	1,28
KG	6,70

Eli mikäli edellä mainitussa esimerkissä halutaan, että suurin kallistuskulma ei ole isompi kuin 3 astetta, täytyy KG:n arvo olla silloin enintään 6,70m. KG arvoa saadaan alaspäin siirtämällä aluksen painopistettä alaspäin. (Rhodes 2009, 238-247).

7.3 Trafin määräykset koskien nostoja

*” Sen lisäksi, mitä alustyypin ja liikennealueen mukaan muuten tässä määräyksessä vaaditaan, ruoppaajien ja nostoja suorittavien alusten on täytettävä seuraavat vaatimukset: Ruoppaajalle ja nostoja suorittavalle alukselle laskeaan aluksen työssä esiintyvä, esimerkiksi nostosta aiheutuva, suurin kallistuskulma, jolloin: 1) kallistuskulma ei saa ylittää 10°; 2) aluksen kannen reuna ei saa mennä veteen; 3) avoimella aluksella kohtisuoran etäisyyden vedenpinnasta alimpaan vuotokohtaan on oltava vähintään 0,05*B”.*

(TRAFI/36291/03.04.01.00/2016.)

8 TULOKSET

Tiiviin ja kattavan lastioppaan tekeminen oli melko haastavaa. Pyrin käsittelemään opinnäytetyössäni kattavasti asioita, joita kappaletavara- ja projektilasteja käsiteltäessä tulee huomioida. Helppolukuisen ja luotettavan materiaalin löytäminen oli myös haastavaa. Mielestäni esimerkit ja kuvat antoivat opinnäytetyöhöni hyvää informatiivista sisältöä. Työn olisi voinut myös rajata paremmin, mutta siitä huolimatta sain mielestäni hyvän paketin, josta näkee mitä asioita kappaletavara- ja projektilasteja kuljettaessa täytyy huomioida. Ohjaavan opettajan puolelta ohjaus oli esimerkillistä, ja kysymyksiin sai nopeasti vastauksen, eikä tarvinnut itse jäädä hakkaamaan päätä seinään. Opinnäytetyön oli tarkoitus valmistua joulukuun mennessä, mutta työkiireiden takia se vähän venyi. Mielestäni työkokemus sillä hetkellä oli tärkeämpää, kuin mahdollisimman nopea työn valmistuminen.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Lastinkäsittely on iso osa perämiesten ja yliperämiesten työtä laivoilla. Merenkulun koulutuksessa lastinkäsittely on hyvin pieni osa opetussuunnitelmaa. Nykyisin tietokoneilla pystytään laskemaan vakavuutta ja suunnittelemaan lastausta tehokkaasti, mutta mielestäni asioiden opettelu myös manuaalisesti on tärkeää ja siihen tulisi kiinnittää enemmän huomiota. Vahva lastinkäsittelyn osaaminen varmistaa suomalaisen kansipäällystön pärjäämisen kasvavassa kansainvälisessä kilpailussa. Kappaletavara- ja projektilasteilla ja niiden erityisosaamisella voidaan luoda monipuolisempia kuljetuskokonaisuuksia ja räätälöidä niitä asiakkaan tarpeiden mukaan, josta moni on asiakas varmasti halukas maksamaan. Suomalainen merimies on kansainvälisesti tarkasteltuna kallis investointi, joten hinnalla kilpailu voi olla haastavaa. Usein kuullaan laivoilla puhuttavan, kuinka suomalainen merenkulku tulee kuolemaan ja niin edelleen. Joten mielestäni laatu ja monipuolisuus ovat suomalaisten kilpailuvaltit. Olenkin monesti miettinyt, että mikä täällä kannattaa ja hiljalleen olen tullut siihen tulokseen, että jatkuva oppiminen ja itsensä kehittäminen niin yksilötasolla kuin yritystasolla on avain menestykseen.

LÄHTEET

American club. Transport Guidance for Steel Cargoes s.a. PDF-tiedosto. Saatavissa: http://www.american-club.com/files/files/steel_cargo_guide.pdf [viitattu 19.09.2017].

Cargo handling book. 2016. PDF-tiedosto. Saatavissa: https://issuu.com/cargotec/docs/cargo_handling_book_2016_20160521_w/104 [viitattu 27.12.2017].

CSS Code. 2011. Code of safe practice for cargo stowage and securing. International Maritime Organization.

Dokkum, K. 2006. Ship Knowledge: Covering Ship Design, Construction and Operation. Dokmar.

Experienced in just-in-time operations. 2018. ESL Shipping internetsivut. Saatavissa: <https://www.eslshipping.com/en/company/what-we-do/> [viitattu 17.11.2017].

Guidelines for storage and handling BlueScope Steel's products. 2013. PDF – tiedosto. Saatavissa: <http://www.bluescopesteel.com.au/files/dmfile/GuidelinesStorageAndHandlingBlueScopSteelProductsMarch2013.pdf> [viitattu 9.10.2017].

International Code on Intact Stability. 2008. IMO. PDF-tiedosto. Saatavissa: <http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-%28MSC%29/Documents/MSC.267%2885%29.pdf> [Viitattu 28.02.2018]

Kiuru J-P. 2016. Merenkulun kuljetustekniikka: Laivateoriasta käytäntöön. Imatra: Skylark Consulting.

Kuormansidonnin käsikirja. 1998. ICHCA Suomen osasto ry.

London P&I Club. 2016. Bulk Carrier ventilation. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://www.londonpandi.com/common/updateable/downloads/documents/5608lpreviewissue2february2016f.pdf> [viitattu 19.02.2018].

Loss prevention guides. 2007. Cargo stowage and securing. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://maritimecyprus.files.wordpress.com/2016/09/00-cargo-stowage-and-securing-north-of-england.pdf> [viitattu 5.1.2018].

M/S Pasila 2018. ESL Shipping internetsivut. Saatavissa: <https://www.eslshipping.com/en/fleet/ships/m-s-pasila> [viitattu 17.01.2018].

NAPA-lastiohjelman kotisivu. Loading Computer. Saatavissa: <https://www.napa.fi/Ship-Operations/Loading-Computer> [viitattu 16.02.2018].

Rhodes, M. 2009. Ship Stability OOW. Witherby Seamanship International Ltd.

Standard cargo. 2009. A guide to the carriage of steel cargo. PD-tiedosto. Saatavissa: http://www.standard-club.com/media/23969/CT_standard_cargo_steel_disclaimer_final_art-2.pdf [viitattu 7.11.2017].

TRAFI/36291/03.04.01.00/2016.Trafin määräys koskien vakavuutta. saatavissa: https://www.finlex.fi/data/normit/42526/TRAFI_36291_03_04_01_00_2016_FI_Alusten_vakavuus.pdf [Viitattu 28.02.2018]

Videck. 2017. Lashing and Securing, Get on Board.Internetsivut. Saatavissa: www.videck.com [viitattu 21.12.2017].

KUVALUETTELO

Kuva 1: ESL Shipping Pasila alus. ESL Shipping internetsivut. Saatavissa: <https://www.eslshipping.com/en/fleet/ships/m-s-pasila> [viitattu 17.01.2018].

Kuva 2: Peltirullien sijoittelu ja lukitus. American club. Transport Guidance for Steel Cargoes s.a. PDF-tiedosto. Saatavissa: http://www.american-club.com/files/files/steel_cargo_guide.pdf [viitattu 19.09.2017].

Kuva 3: Peltirullien sijoittelu. American club. Transport Guidance for Steel Cargoes s.a. PDF-tiedosto. Saatavissa: http://www.american-club.com/files/files/steel_cargo_guide.pdf [viitattu 19.09.2017].

Kuva 4: Peltirullien sijoittelu. American club. Transport Guidance for Steel Cargoes s.a. PDF-tiedosto. Saatavissa: http://www.american-club.com/files/files/steel_cargo_guide.pdf [viitattu 19.09.2017].

Kuva 5: Peltirullien sidontaa terässpannoilla. Standard cargo. 2009. A guide to the carriage of steel cargo. PD-tiedosto. Saatavissa: http://www.standard-club.com/media/23969/CT_standard_cargo_steel_disclaimer_final_art-2.pdf [viitattu 7.11.2017].

Kuva 6: Teräslevyjen sijoittelussa teräslevyt tulee olla tarkasti päällekkäin. Guidelines for storage and handling BlueScope Steel's products. 2013. PDF – tiedosto. Saatavissa: <http://www.bluescopesteel.com.au/files/dmfile/GuidelinesStorageAndHandlingBlueScopSteelProductsMarch2013.pdf> [viitattu 9.10.2017].

Kuva 7: Teräslevyjen sijoittelussa huomioitavia asioita. Guidelines for storage and handling BlueScope Steel's products. 2013. PDF – tiedosto. Saatavissa: <http://www.bluescopesteel.com.au/files/dmfile/GuidelinesStorageAndHandlingBlueScopSteelProductsMarch2013.pdf> [viitattu 9.10.2017].

Kuva 8: Teräsputket sidottuna ruumassa. Standard cargo. 2009. A guide to the carriage of steel cargo. PD-tiedosto. Saatavissa: http://www.standard-club.com/media/23969/CT_standard_cargo_steel_disclaimer_final_art-2.pdf [viitattu 7.11.2017].

Kuva 9: Esimerkki Macgregorin siirrettävistä välikansista Cargo handling book. 2016. PDF-tiedosto. Saatavissa: https://issuu.com/cargotec/docs/cargo_handling_book_2016_20160521_w/104 [viitattu 27.12.2017].

Kuva 10: Hogging. Kiuru J-P. 2016. Merenkulun kuljetustekniikka: Laivateoriasta käytäntöön. Imatra: Skylark Consulting.

Kuva 11: Sagging. Kiuru J-P. 2016. Merenkulun kuljetustekniikka: Laivateoriasta käytäntöön. Imatra: Skylark Consulting.

Kuva 12: Esimerkki taivutusvoimista ja niiden raja-arvoista. Kiuru J-P. 2016. Merenkulun kuljetustekniikka: Laivateoriasta käytäntöön. Imatra: Skylark Consulting.

Kuva 13: Esimerkki leikkausvoimista eli Shear forces. Kiuru J-P. 2016. Merenkulun kuljetustekniikka: Laivateoriasta käytäntöön. Imatra: Skylark Consulting.

Kuva 14: Esimerkki tietokoneella lasketuista leikkausvoimista ja niiden raja-arvoista. Kiuru J-P. 2016. Merenkulun kuljetustekniikka: Laivateoriasta käytäntöön. Imatra: Skylark Consulting.

Kuva 15: Havainne kuvaa hydrostaattisista pisteistä. Kiuru J-P. 2016. Merenkulun kuljetustekniikka: Laivateoriasta käytäntöön. Imatra: Skylark Consulting.

Kuva 16: KN ja GZ. Kiuru J-P. 2016. Merenkulun kuljetustekniikka: Laivateoriasta käytäntöön. Imatra: Skylark Consulting.

Kuva 17: GZ-käyrä. Kiuru J-P. 2016. Merenkulun kuljetustekniikka: Laivateoriasta käytäntöön. Imatra: Skylark Consulting.

Kuva 18: Dynaamisen vakavuuden kuvausta GZ-käyrän ja heeling armin avulla. Kiuru J-P. 2016. Merenkulun kuljetustekniikka: Laivateoriasta käytäntöön. Imatra: Skylark Consulting.

Kuva 19: Simpsonin ensimmäisen säännön kaava. Kiuru J-P. 2016. Merenkulun kuljetustekniikka: Laivateoriasta käytäntöön. Imatra: Skylark Consulting.

Kuva 20: Esimerkki M/V Peguinin KN-taulukosta. Rhodes, M. 2009. Ship Stability OOW. Witherby Seamanship International Ltd.

Kuva 21: Esimerkki graafisesti kuvatuista KN-arvoista. Vakavuus ja viippauslaskemat moodle Alexander Shaub 2018 saatavissa:
https://moodle.xamk.fi/pluginfile.php/734478/mod_resource/content/2/Kuva%2012..pdf

Kuva 22: Pitkittäisen vakavuuden tärkeimpiä pisteitä. Kiuru J-P. 2016. Merenkulun kuljetustekniikka: Laivateoriasta käytäntöön. Imatra: Skylark Consulting.

Kuva 23: Trimitaulukko on oiva apu loppulastaukseen. Kiuru J-P. 2016. Merenkulun kuljetustekniikka: Laivateoriasta käytäntöön. Imatra: Skylark Consulting.

Kuva 24: Laskelmissa ensin otetaan paino kellvuuspisteeseen. Rhodes, M. 2009. Ship Stability OOW. Witherby Seamanship International Ltd.

Kuva 25: Sitten siirretään paino halutulle paikalle. Rhodes, M. 2009. Ship Stability OOW. Witherby Seamanship International Ltd.

Kuva 26: Dynaamisen vakavuuden laskeminen trapetsikaavalla eli puolisuunnikasmenetelmällä ja vakavuuden peruskriteerit kuvattuna.

Kuva 27: Esimerkkejä eräiden materiaaliparien kitkakertoimista. Kuormansiannon käsikirja. 1998. ICHCA Suomen osasto ry.

Kuva 28: Kuva lastiin vaikuttavista kiihtyvyyksistä aluksen eri kohdissa CSS Code. 2011. Code of safe practice for cargo stowage and securing. International Maritime Organization.

Kuva 29: Lastin kiinnittämisessä suositellut kulmat. CSS Code. 2011. Code of safe practice for cargo stowage and securing. International Maritime Organization.

Kuva 30: Lastin sidonta lastiyksikön ympäri. CSS Code. 2011. Code of safe practice for cargo stowage and securing. International Maritime Organization.

Kuva 31: Lastin sidontatarpeen laskemista varten tehty taulukko. Loss prevention guides. 2007. Cargo stowage and securing. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://maritimecyprus.files.wordpress.com/2016/09/00-cargo-stowage-and-securing-north-of-england.pdf> [viitattu 5.1.2018].

Kuva 32: Esimerkki lastin paikan vaikutuksesta lastin sidontatarpeeseen. Loss prevention guides. 2007. Cargo stowage and securing. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://maritimecyprus.files.wordpress.com/2016/09/00-cargo-stowage-and-securing-north-of-england.pdf> [viitattu 5.1.2018].

Kuva 33: Toinen esimerkki lastin paikan vaikutuksesta lastin sidontatarpeeseen. Loss prevention guides. 2007. Cargo stowage and securing. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://maritimecyprus.files.wordpress.com/2016/09/00-cargo-stowage-and-securing-north-of-england.pdf> [viitattu 5.1.2018].

Kuva 34: Tukien hitsaaminen voi olla oiva keino varmistaa lastin pysyminen paikallaan. Loss prevention guides. 2007. Cargo stowage and securing. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://maritimecyprus.files.wordpress.com/2016/09/00-cargo-stowage-and-securing-north-of-england.pdf> [viitattu 5.1.2018].

Kuva 35: Ympyrän muotoisen kappaleen kiilaus. Kuormansidonnan käsikirja. 1998. ICHCA Suomen osasto ry.

Kuva 36: Lastiyksikkö laiturilla. Rhodes, M. 2009. Ship Stability OOW. Witherby Seamanship International Ltd.

Kuva 37: Lastiyksikkö nousee laiturilta ja laivan painopiste muuttuu. Rhodes, M. 2009. Ship Stability OOW. Witherby Seamanship International Ltd.

Kuva 38: Lastiyksikköä aletaan siirtää kohti laivaa, jolloin painopiste muuttuu edelleen. Rhodes, M. 2009. Ship Stability OOW. Witherby Seamanship International Ltd.

Kuva 39: Lastiyksikkö lasketaan ruuman pohjalle, jolloin laiva saa lopullisen painopisteensä. Rhodes, M. 2009. Ship Stability OOW. Witherby Seamanship International Ltd.

Kuva 40: Suurimman sallitun kallistuman laskemiseen tarkoitettu kaava. Rhodes, M. 2009. Ship Stability OOW. Witherby Seamanship International Ltd.