

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU
Merenkulku / merikapteenin suuntautumisvaihtoehto

Antti Mattsson

OPAS KALLISTUSKOKEEN SUORITTAMISEEN

Opinnäytetyö 2013

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulku

MATTSSON, ANTTI

Opas kallistuskokeen suorittamiseen

Opinnäytetyö

32 sivua+ 22 liitesivua

Työn ohjaaja

Opettaja Joni Hietakangas

Toimeksiantaja

Gadlab Engineering

Toukokuu 2013

Avainsanat

kallistuskoe, laivat, vakavuus, vakavuusoppi, oppaat

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja laatia opas aluksen kallistuskoetta suorittaville henkilöille, joilla on vähän tai ei ollenkaan kokemusta aiheesta. Oppaan laatiminen oli ajankohtaista, sillä tiukentuvien viranomaismääräysten vuoksi kallistuskokeen suorittaminen tulee ajankohtaiseksi esimerkiksi sellaisille kotimaanliikenteen aluksille, joilta sitä ei aiemmin ole vaadittu. Aiheesta ei myöskään ole aiemmin kirjoitettu vastaavankaltaista opasta, joten asiaa ennalta tuntemattoman voi olla hankala tietää, minkälaisia asioita hänen tulee ottaa huomioon kallistuskoetta suunnitellessaan.

Työtä kirjoitettaessa käytettiin pääasiallisina lähteinä Kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n Intact stability -koodia sekä vakavuusopin yleisteoksia. Tämän lisäksi työtä laadittaessa tietoa hankittiin haastatteleamalla suomalaisia laivanrakennusalan asiantuntijoita, joiden tietotaidon turvin lähdekirjallisuudessa olleet aukot voitiin paikata.

Opinnäytetyö on kaksiosainen: ensimmäinen osa kattaa itse työn laatimisesta kirjoitetun raportin, toinen osa varsinaisen kallistuskoeoppaan.

Loppupäätelmänä voitaneen todeta, että työ täyttää sille lähtötilanteessa asetetut kriteerit: oppaasta tuli kattava mutta samalla kuitenkin niin selkeä, että myös asiaa ennalta tuntemattoman merenkulkijan on helppo selvittää, mitä asioita hänen on otettava kallistuskoetta suunnitellessaan huomioon.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Degree Programme in Marine Technology

MATTSSON, ANTTI

Guide to an Inclination Experiment

Bachelor's Thesis

32 + 22 pages of appendices

Supervisor

Joni Hietakangas, Lecturer

Commissioned by

Gadlab Engineering

May 2013

Keywords

inclination experiment, ship's stability, guide

The administrative orders concerning the intact stability of smaller vessels sailing in domestic traffic were recently tightened in Finland. Because of this, many ship owners and mariners now face the mandatory task of carrying out inclination experiments on vessels where no tests have been conducted before. Although conducting the experiment is required for making the obligatory stability analyzes, only little helpful information concerning inclination experiments is available.

Therefore, the purpose of this thesis was to create a guidebook to help people with little knowledge of intact stability in their task of conducting an inclination experiment. The thesis is divided into two separate sections: the first section describes how the thesis was conducted and explains for example the legislative background of the subject, whereas the second part is the actual guidebook.

The necessary information was obtained mainly by studying IMO Intact Stability Code, statements by various classification societies and the Finnish law. Three experts on the field of naval architecture were also interviewed on the subject.

In conclusion, the study succeeded in creating a helpful guidebook in Finnish of conducting the inclining experiment.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	Johdanto.....	8
2	Kallistuskoe	9
2.1	Kallistuskokeen lainsäädännöllinen tausta.....	10
2.2	Kallistuskokeen matemaattinen teoria.....	12
2.3	Kallistuskokeen edellytykset.....	16
2.4	Toiminta kallistuskokeessa.....	17
3	Kallistuskokeessa käytettävät välineet	19
3.1	Kallistuman mittaamiseen käytettävä välineistö	19
3.2	Kallistuskokeessa käytettävät painot ja niiden siirtomenetelmät	21
4	Opas kallistuskokeen suorittamiseen	23
4.1	Johdanto.....	24
4.2	Mikä on kallistuskoe ja miksi niitä tehdään?	24
4.3	Edellytykset kallistuskokeelle	24
4.4	Esivalmistelut	25
4.5	Kokeen suoritus	27
4.6	Pöytäkirja ja laskelmat.	29
5	Loppupohdinnat	29
	LÄHTEET.....	31

LIITTEET

Liite 1. Opas kallistuskokeen suorittamiseen.

KÄSITTEET

Ankkuriboxi	Tila, jossa ankkuriketju on ankkurin ollessa nostettuna
Draft survey	Aluksen tarkan vesiviivan määrittäminen varalaitamittauksilla
IBC-astia	Nestekuljetuksiin tarkoitettu trukilla siirrettävä standardipakkaus
IMO	Kansainvälinen merenkulkujärjestö; International Maritime Organization
Klinometri	Kallistuman havaitsemiseen käytettävä mekaaninen tai elektroninen laite
Kurottaja	Teleskooppivarrella varustettu trukki
Laatugraafi	Koordinaatistopaperi, jossa seurataan kallistumaa suhteessa kallistavaan momenttiin
Metasentri	Aluksen vaihtokeskuspiste
Muotovakavuusvarsi	Vakavuusmomenttivarren aluksen runkomuodosta johtuva komponentti
Painoinventaario	Kallistuskokeen jälkeen poistettavien ja lisättävien esineiden luettelo, jonka yhteydessä eritellään esineiden massa ja painopistekorkeus
Painovakavuusvarsi	Vakavuusmomenttivarren aluksen painopistekorkeudesta johtuva komponentti
Peilaus	Tankin nestepinnan korkeuden tai tyhjän tilan määrittäminen.
Slammata	Pinnoittaa tai tasoittaa sementillä
Trimmi	Laivan perä- ja keulasyväyden välinen ero

Ullage	Tankin suurimman korkeuden ja nestepinnan välinen ero
Vakavuus	Aluksen pyrkimys palautua takaisin pystyasentoon ulkopuolisen voiman aiheuttaman poikkeaman jälkeen
Varalaita	Aluksen vesiviivapinnan yläpuolisen vesitiiviin osan korkeus

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä on tutkimuksen kohteena laivoille vakavuuden määrittämiseksi suoritettava kallistuskoe, josta tehty pöytäkirja kuuluu lähes aina aluksen asiapapereihin. Opinnäytetyössä tehdyn tutkimuksen pohjalta laadittiin opas kallistuskokeen suorittamiseen. Kallistuskokeen suorittaminen on yleensä virallinen tapahtuma, jota valvoo luokituslaitoksen asiamies tai paikallinen viranomainen. Kallistuskokeeseen liittyvä tieto on kuitenkin osa jokaisen merenkulkijan perustietoutta. Esimerkiksi aluksella, joka lastaa kansilastia, saattaa olla tarpeellista lastauksen lopuksi määrittää aluksen todellinen painopiste ennen satamasta lähtöä (Soininen 2013). Tässä opinnäytetyössä keskitytään vain niin sanottuun viralliseen kallistuskoetilanteeseen, mutta opas auttaa myös epävirallisemmissä koetilanteissa, joissa huolellinen perämies vain haluaa varmistua aluksensa turvallisuudesta.

Opinnäytetyössä selvitetään, millaisia erityyppisiä koejärjestelyjä on mahdollista käyttää alustyyppi ja kallistuskokeen tämänhetkinen lainsäädännöllinen perusta huomioiden. Tehdyn tutkimuksen pohjalta on luotu opinnäytetyön varsinainen tulos: Opas kallistuskokeiden suorittamiseen, joka on julkaistu opinnäytetyön osana.

Kallistuskokeen periaatetta tai sen suorittamista käsittelevää kirjallisuutta on saatavilla suhteellisen niukasti. Aihetta sivutaan pintapuolisesti useissa alusvakavuutta käsittelevissä teoksissa, mutta seikkaperäisemmin siihen on paneuduttu käytännössä ainoastaan eri luokituslaitosten tapauskohtaisissa ohjeistuksissa sekä IMO:n Intact Stability-koodin liitteessä. Lisäksi kallistuskoea käsitellään lyhyesti Teemu Pitkäsén vuonna 2005 kirjoittamassa erään vanhan höyrylaivan kunnostusta käsittelevässä merikapteenityössä, mutta sellaisia opinnäytteitä, joissa keskityttäisiin yksinomaan ja syvemmin kallistuskokeeseen ei aiemmin ole julkaistu.

Aiheeseen liittyvä matemaattis-teoreettinen pohja on säilynyt muuttumattomana, mutta sitä koskeva lainsäädäntö on kuitenkin aikojen saatossa muuttunut paljon. Varsinkin kallistuskokeen vaatiminen yhä pienemmiltä aluksilta käytännössä jopa verrattain tihein määräajoin asettaa koejärjestelyille uusia haasteita. Yleensä kallistuskoe suoritetaan uudisrakennuksen yhteydessä ennen aluksen luovutusta

tilaajalle, mutta tuoreet säädösmuutokset ovat luoneet tilauksen jo pitkään olemassa olleiden alusten kallistuskokeille. Nyt ja tulevaisuudessa järjestetään kallistuskokeita yhä useammin erityisesti kotimaanliikenteen aluksille.

Koska kallistuskoetta käsittelevää materiaalia on olemassa kohtuullisen vähän, mutta aihe on toisaalta laaja ja sen syvämpi ymmärtäminen vaatii huolellista perehtymistä, katsottiin laadullisen tutkimuksen palvelevan työn tarkoituksia parhaiten.

Kvalitatiiviselle eli laadulliselle tutkimukselle on ominaista, että aineistoa kerätessä ei pyritä hankkimaan suurta määrää erilaisia lähteitä, vaan keskitytään paremminkin löytämään käsiteltäviin kysymyksiin mahdollisimman laaja-alaisia vastauksia.

Kvalitatiivisen tutkimuksen avulla ei pyritä etsimään yhtä kaiken kattavaa oikeaa vastausta, vaan ratkomaan jo entuudestaan tunnettuja ongelmia. (Vilka,2005, 97–99.)

Monissa nyt uusia määräyksiä seuraavissa kallistuskokeissa kyse on verrattain pienestä aluksesta, johon riittävän pitkän heilurin sijoittaminen on hankalaa, joten yhtenä tutkimusaiheena oli myös selvittää viranomaisten kanta uuden tekniikan käyttöön, erityisesti mitä tulee digitaalisten klinometrien tarkkuus-, tarkastus- ja kalibrointivaatimuksiin

Kuten jo aiemmin on todettu, kallistuskokeiden matemaattinen teoria on pysynyt käytännössä muuttumattomana pitkään. Sitä on tarkoitus käsitellä opinnäytetyössä taustatietona, johon kallistuskokeen suorittaminen pohjautuu. Jotta lukijan olisi mahdollista ymmärtää aihetta jopa ilman aikaisempaa perehtymistä, esitellään matemaattinen teoria opinnäytetyössä.

2 KALLISTUSKOE

Laivan suunnitteluvaiheessa määritellään aluksen tuleva muoto tarkasti, jolloin toinen laivan vakavuuteen vaikuttava tieto eli muotovakavuusvarsii määräytyy jo ennen kuin alus itse on olemassa. Toista vakavuuden komponenttia eli painovakavuusvartta lasketaan myös suunnitteluvaiheessa (Matusiak 1995, 135), mutta koska laivan rakennus- ja varusteluvaiheessa tapahtuu jatkuvasti muutoksia, tarvitaan laivan painopisteen tarkkaa määrittämistä varten kallistuskoe (Tupper 1996, 53). Laivan painopiste saattaa muuttua sen käyttöänsä aikana. Kansirakenteisiin tehdään muutoksia,

tankkeja slammataan sementillä, varustelua tai koneistoa voidaan muuttaa. Tällaisissa tapauksissa saattaa aluksen painopiste muuttua, ja se joudutaan määrittämään taas uudelleen kallistuskokeen avulla. (Mattsson 2013.)

2.1 Kallistuskokeen lainsäädännöllinen tausta.

Aiemmin alusten teknisistä vaatimuksista säädettiin Suomen laissa asetuksin, mutta yksinkertaistaakseen ja nopeuttaakseen kansainvälisen säädännön toimeenpanoa kansalliseen lainsäädäntöön antoi Valtioneuvosto Liikenteen turvallisuusvirastolle valtuuden säätää alusten teknisestä turvallisuudesta määräyksin (Uttula 2012). Trafin antaessa uuden vakavuusmääräyksensä kumosi Valtioneuvosto vanhat vakavuudesta annetut asetukset (Merenkulkuhallituksen määräykset alusten vakavuudesta 1.8.1972, Dnro 2134/72/101 ja Merenkulkuhallituksen päätös hinaajien vakavuudesta 9.12.1985, Dnro 1679/82/101). Aluskohtaisesti vaikuttavia säädöksiä esitellään yksinkertaistetusti seuraavassa Trafin osana uusia vakavuusmääräyksiä julkaisemassa taulukossa (Trafi 2013).

Taulukko 1. Määräysten soveltaminen (Trafi 2013)

Alustyyppi	Mitkä alukset	Liikenne- alue	Ehjän aluksen vakavuus	Painon tarkas- tus	Vaurioituneen aluksen vakavuus	Vaurion torjunta - kaavio
Matkustaja-alus	kaikki	kansainv. ja A	IS	5 v.	SOLAS II-1	SOLAS II-1
Matkustaja-alus	uudet	B, C ja D	2009/45/EY	5 v.	2009/45/EY	2009/45/EY
Matkustaja-alus *	uudet	I, II ja III	TraFi	----	TraFi	TraFi
Matkustaja-alus	olemassa olevat, L ≥ 24 m	B, C ja D	TraFi	----	TraFi	TraFi
Matkustaja-alus *	olemassa olevat	I, II ja III	TraFi	----	TraFi	TraFi
Suurnopeusalus	kaikki	kansainv. ja A	SOLAS X	5 v.	SOLAS X	SOLAS II-1
Suurnopeusalus	kaikki	B, C ja D sekä I	2009/45/EY	----	2009/45/EY	SOLAS II-1
Säiliöalus	vetoisuus ≥ 150 GT	kaikki	MARPOL	----	MARPOL	----
Lastialus	uudet L ≥ 80 m	kansainv.	IS	----	SOLAS II-1	SOLAS II-1
Lastialus	kaikki	II ja III	TraFi	----	----	----
Lastialus	kaikki	I	----	----	----	----
Kalastusalus	kaikki L ≥ 24 m	kaikki	97/70/EY	10 v.	----	----
Kalastusalus	uudet 15 m ≤ L < 24 m	kaikki	TraFi	----	----	----
Hinaaja	teho ≥ 150 kW	kaikki	TraFi	10 v.	----	----
Proomu	L ≥ 24 m	≥ II	TraFi	----	----	----
Puskuproomu- yhdistelmä	kaikki	≥ II	TraFi	----	----	----
Ponttoni	kansilastilla, L ≥ 24 m	kansainv.	TraFi	----	----	----
Ruoppaaja	kaikki	kaikki	TraFi	----	----	----

, jossa

- GT = aluksen bruttovetoisuus;
- * = matkustaja-alukset, joihin ei sovelleta non-SOLAS-direktiiviä;
- TraFi = tämä vakavuusmääräys.

Voidaan yleistää, että nykyisin pääsääntöisesti matkustaja-aluksille täytyy järjestää kallistuskoe, jotta ne voisivat osoittaa vakavuutensa täyttymisen laskelmin. Tästä on tosin eräitä poikkeuksia. Kokonaan vapautettuja uuden määräyksen vaatimuksista ovat sellaiset olemassa olevat kotimaan liikennealueen I matkustaja-alukset, joissa matkustajat oleskelevat vain yhdellä kannella. Lisäksi sellaiset matkustaja-alukset eivät välttämättä tarvitse kallistuskoea, jotka ovat osa saman telakan identtisten alusten sarjaa, joista kahdelle ensimmäiselle on järjestetty kallistuskoe ja näiden kokeiden tulokset ovat keskenään yhtenevät. Näiden poikkeuksien lisäksi voi Liikenteen turvallisuusvirasto jonkun seuraavista kriteereistä täytyessä hyväksyä tapauskohtaisesti riittävän vakavuuden osoitettavaksi kokeellisin menetelmin ilman laskelmia.(Trafi 2013.)

- Kyseessä on uusi kotimaanliikennealueen I tai II matkustaja-alue, jonka pituus on alle 15 metriä ja jota ei ole rakennettu teräksestä tai vastaavasta materiaalista.
- Kyseessä on olemassa oleva kotimaanliikennealueen I alue, jonka pituus on alle 24 m ja joka on rakennettu teräksestä tai vastaavasta materiaalista ennen vuotta 1998.
- Kyseessä on olemassa oleva kotimaanliikennealueen I alue, jonka pituus on alle 24 metriä ja jota ei ole rakennettu teräksestä tai vastaavasta materiaalista.

Erikoinen ristiriita uusissa vakavuusmääräyksissä on, etteivät ne erittele olemassa olevien matkustaja-alusten kohdalla ei-teräsrakenteisia alle 15 m pitkiä aluksia, joiden liikennealue on kotimaa II. Uusien tällaisten alusten ollessa kyseessä on annettu mahdollisuus tapauskohtaisesti osoittaa vakavuus kokeellisesti, mutta jo olemassa olevat alukset joutuvat tekemään sen laskelmin.(Trafi 2013.)

A-, B-, C- ja D-luokan matkustaja-aluksille tulee tehdä 5 vuoden välein painontarkastus. Mikäli painontarkastuksessa todetaan aluksen painon muuttuneen yli 2 % tai pitkittäisen painopisteen siirtyneen yli 1 % aluksen pituuteen nähden, on aluksen vakavuusaineisto uusittava eli alukselle on tehtävä uusi kallistuskoe.(Trafi 2013.)

Kotimaanliikenteen lastialuksilta vaaditaan vakavuuslaskelmien tekoa, poikkeuksena liikennealueen I lastialus. Vakavuuslaskelmien teko edellyttää kallistuskokeen suorittamista, mikäli lastialus ei ole osa saman telakan sarjaa, joista kahdelle ensimmäiselle on tehty kallistuskokeet ja niiden tulokset ovat toisiaan vastaavat.

Kallistuskoetta ei tarvitse suorittaa kotimaan liikennealueen II lastialukselle, mikäli laskelmissa käytetään painopistettä, joka on turvallisella tasolla (esimerkiksi ylimmän kannen korkeudella). (Trafi 2013.)

Kalastusaluksille täytyy kallistuskoe suorittaa laadittaessa vakavuusaineistoa. Lisäksi kaikille yli 24 metriä pitkille kalastusaluksille tulee suorittaa kymmenen vuoden välein painon ja vakavuuden tarkastus. Mikäli painontarkastuksessa havaitaan aluksen painon muuttuneen yli 2 % tai pitkittäisen painopisteen siirtyneen yli 1 % aluksen pituuteen nähden, on aluksen vakavuusaineisto uusittava eli alukselle on tehtävä uusi kallistuskoe. (Trafi 2013.)

Kuten kalastusaluksillekin, tulee myös hinaajille laatia laskettu vakavuusaineisto ja suorittaa pohjatietojen saamiseksi kallistuskoe. Myös hinaajilta vaaditaan kymmenen vuoden välein painon ja vakavuuden tarkastelu, jonka seurauksena voidaan joutua laatimaan uusi vakavuusaineisto, mikäli samat kriteerit painon kasvusta tai painopisteen siirtymisestä täyttyvät kuin kalastusalusten tapauksessa. (Trafi 2013.)

2.2 Kallistuskokeen matemaattinen teoria.

Laivan vakavuusmomenttiin vaikuttavat tekijät voidaan jakaa paino- ja muotovakavuusvarteen. Jälkimmäinen näistä on tiedossa jo siitä asti, kun laivan suunnitteluvaiheessa on suunniteltu tuleva runkopinta alukselle. (Matusiak 1995, 133.) Painovakavuusvarsikin voidaan laskea teoreettisesti suunnitteluvaiheessa, mutta valmiin laivan painopiste saattaa poiketa suunnitellusta, ja siksi luovutusvaiheessa alukselle järjestetään kallistuskoe (Tupper 1996, 53).

Havainnollistetaan kallistuskokeen matematiikkaa seuraavalla laskuesimerkillä. Laiva jonka uppouman massa on 9000 t ja vaihtokeskuksen etäisyys kölipisteestä 7 m kallistettiin tekemällä kahdeksan poikittaissuuntaista painonsiirtoa pituudeltaan 18 m 4 tonnin painoilla. Painonsiirtojen aiheuttama keskimääräinen heiluripoikkeama pituudeltaan 10 m pitkään heiluriin oli 0,125 m. (Taylor & Tang, 2006, 45).

Kokeen aikana laivassa oli seuraavat kevyeen laivaan kuulumattomat painot:

Painon kuvaus	Massa (t)	Painopisteen korkeus kölipisteestä (m)
Kallistuspainot	16,0	12,2
Polttoaine	100,0	9,4
Makeavesi	70,0	10,7
Vesipainolasti	180,0	6,1
Sekalaista	40,0	11,6

Lasketaan kallistuskokeen hetkinen GM seuraavalla kaavalla:

$$GM = \frac{w * d_1}{\Delta * \tan \theta}$$

jossa GM on vaihtokeskuskorkeus (m) , w on kallistuspainon massa (t),
 d_1 on siirtomatka, (m) Δ on uppouman massa, (t) θ on aluksen kallistuma (°)

Käytettäessä heiluria voidaan kallistuskulman tangentti laskea seuraavasti:

$$\tan \theta = \frac{d_2}{l_1}$$

jossa: d_2 on heilurin poikkeama (m) l_1 on heilurin pituus (m)
 Kallistetun aluksen tapauksessa:

$$\tan \theta = \frac{0,125 \text{ m}}{10 \text{ m}} \qquad \tan \theta = 0,0125$$

Eli kallistetun laivan GM lasketaan:

$$GM = \frac{4 \text{ t} * 18 \text{ m}}{9000 \text{ t} * 0,0125}$$

$$GM = 0,64 \text{ m}$$

Painopisteen korkeus kölipisteestä:

$$KG = KM - GM$$

$$KG = 7,0 \text{ m} - 0,64 \text{ m}$$

$$KG = 6,36 \text{ m}$$

Vähennetään ylimääräiset painot:

Kuvaus	Massa	Painopistekorkeus kölipisteestä	Momentti tonnimeetreinä
Aluksen massa kallistuskokeessa	9000,0	6,36	57 240,0
Kallistuspainot	-16,0	12,2	-195,2
Polttoaine	-100,0	9,4	-940,0
Makeavesi	-70,0	10,7	-749,0
Vesipainolasti	-180,0	6,1	-1098,0
Sekalaista	-40,0	11,6	-464,0
Kevyt alus	8594,0		57 793,8

Lasketaan kevyen laivan KG ja GM

$$\text{kevyen laivan KG} = \frac{53793,8 \text{ tm}}{8594 \text{ t}}$$

$$\text{kevyen laivan KG} = 6,26 \text{ m}$$

$$\text{kevyen laivan } GM = 7,0 \text{ m} - 6,26 \text{ m}$$

$$\text{kevyen laivan } GM = 0,74 \text{ m}$$

(Taylor & Tang, 2006, 45).

Koska vapailla nestepinnoilla on merkittävä vaikutus aluksen vaihtokeskuskorkeuteen, on ne otettava huomioon kallistuskoetta suoritettaessa. Suoraseinäisille tankeille voidaan laskea korjaus seuraavasti:

M_{fs} on vapaan nestepinnan momentti (tm)

l_2 on tankin pituus (m)

b on tankin leveys (m)

ρ on tankissa olevan nesteen tiheys (t/m^3)

$$M_{fs} = \frac{l_2 * b^3 * \rho}{12}$$

$$\text{vapaan nestepinnan korjaus} = \frac{M_{fs}}{\Delta}$$

(IMO, 2008)

Oletetaan että edellisen esimerkin aluksessa oli kallistuskokeen aikana puolillaan oleva suoraseinäinen makeavesitankki, jonka leveys on 7,0 m ja pituus 8,0m.

Lasketaan tankin aiheuttamama vapaan nestepinnan korjaus.

$$M_{fs} = \frac{8,0 \text{ m} * 7,0 \text{ m}^3 * 1,0 \text{ t/m}}{12}$$

$$M_{fs} = 228,7 \text{ tm}$$

$$\text{vapaan nestepinnan korjaus} = \frac{228,7 \text{ tm}}{8594 \text{ t}}$$

$$\text{vapaan nestepinnan korjaus} = 0,03 \text{ m}$$

kevyen laivan korjattu GM = 0,74 m + 0,03m

kevyen laivan korjattu GM = 0,77m

kevyen laivan korjattu KG = 7 m – 0,77m

kevyen laivan KG = 6,23m

2.3 Kallistuskokeen edellytykset

IS-koodin mukaisesti alukselta, jolle kallistuskoe järjestetään, edellytetään seuraavaa:

- Aluksen tulisi olla mahdollisimman valmis ja kokeen suorittamisen jälkeen lisättävän painon tulisi olla tarkasti määriteltävissä. Mikäli esiintyy epävarmuutta asennettavien objektien painosta tai painopistekorkeudesta, on koe parasta suorittaa niiden asentamisen jälkeen.
- Aluksen tulisi olla mahdollisimman vapaa työkaluista, puhallushiekasta, jätteistä tai muusta kevyen painoon kuulumattomasta.
- Ylimääräiset henkilöt tulee poistaa ennen kallistuskokeen suorittamista.
- Kansien tulee olla puhtaita lumesta, jäätstä sekä vedestä. Kansilla oleva vesi voi aiheuttaa vaikutuksiltaan vaikeasti määriteltävän vapaan nestepinnan.
- Kaikki aluksen tankeissa olevat nesteet tulee huomioida kallistuskokeessa. Vajaiden tankkien määrä tulee minimoida ja niissä olevien nesteiden viskositeetti ja tiheys vallitsevassa lämpötilassa selvittää.
- Aluksen tulee sijaita rauhallisessa paikassa, jossa esimerkiksi virta, sivuuttavien alusten potkurivirrat tai rannan putkista tapahtuvat poistopurkaukset eivät häiritse koetta.
- Veden syvyyden tulee olla riittävä, jottei alus ole kosketuksissa pohjaan missään kokeen vaiheessa.
- Aluksen kiinnitys ei saa rajoittaa kallistumaa. Rampit, syöttökaapelit, letkut yms. tulee myös vähentää minimiin ja ne, jotka pysyvät kiinnitettyinä, on pidettävä löysinä, jotteivat ne häittäisi vapaata kallistumista.
- Aluksen tulee olla mahdollisimman suorassa, kun kallistuspainot ovat aloitusasennossaan. Vallitsevan kallistuman ja trimmin vesiviivapinta-alaa muuttava vaikutus tulee ottaa huomioon. (IMO 2008.)

2.4 Toiminta kallistuskokeessa.

Toiminnan kallistuskokeessa voi jakaa kolmeen osaan: painoinventaarioon, Draft surveyhin ja varsinaiseen kallistuskokeeseen. Nämä voidaan suorittaa siinä järjestyksessä, kuin tilanteeseen parhaiten sopii. Mikäli sääolosuhteet uhkaavat huonontua saattaa olla viisasta suorittaa itse kallistuskoe ennen kahta muuta vaihetta. Draft survey ja kallistus tulisi kuitenkin aina suorittaa ajallisesti mahdollisimman lähellä toisiaan, jotteivat ympäristölliset olosuhteet ehtisi muuttua. (IMO 2008.)

Kallistuskoepäivänä on syytä varata runsaasti aikaa ennen koetta tehtäville tarkastuksille. Mikäli kallistuskokeen alus on suuri, on mahdollista, ettei kaikkea ehditä tarkastaa samana päivänä, vaan tarkastustyöt on aloitettava jo edellisenä päivänä. Normaalit työturvallisuusnäkökohdat, jotka koskevat suljettuihin tiloihin menoa, on syytä ottaa huomioon. Tilojen täytyy olla turvallisessa kunnossa, jotta valvova viranomainen voi halutessaan ne tarkastaa. Tyhjien tankkien tulee siis olla hyvin tuuletettuja ja kaasuvapaaksi mitattuja. Tankit peilataan, pilssit, ankkuriboxit yms. tarkastetaan, jotta varmistuttaisiin, että niiden tila on ennalta suunnitellun mukainen. Tankeista, jotka aiotaan pitää kokeen aikana täysinä, varmistutaan, että ne ovat niin täysiä, ettei vapaita nestepintoja muodostu. (IMO 2008.)

Aluksesta tarkastetaan, että se on vaadittavassa kunnossa, toisin sanoen aikaisemmin valvovalle viranomaiselle ilmoitetut asiat pitävät paikkansa. Kallistuskokeen jälkeen lisättävät painot ovat pysyneet ennallaan ja laiva on mahdollisimman tyhjä vähennettävistä painoista eli ylimääräisestä tavarasta ja jätteestä. (IMO 2008.)

Painoinventaariossa luetteloidaan esineet, niiden painot ja sijainti laivassa. Lisättävien poistettavien ja siirrettävien esineiden painon tulisi olla tarkoin tiedossa, mutta joskus paino joudutaan arvioimaan. Painoa arvioitaessa tulee noudattaa seuraavia yleisohjeita. (IMO 2008.)

- Laivan yläosiin lisättävien objektien massa arvioidaan ylöspäin.
- Laivan alaosiin rakenteissa lisättävien objektien massa arvioidaan alaspäin.
- Laivan ylärakenteista poistettavien objektien massa arvioidaan alaspäin.
- Laivan alarakenteista poistettavien objektien massa arvioidaan ylöspäin.

- Ylemmäs laivan rakenteissa siirrettävien objektien massa arvioidaan ylöspäin.
- Alemmas laivan rakenteissa siirrettävien objektien massa arvioidaan alaspäin.

Poistettavien painojen luetteloon kuuluvat ainakin kallistuskoetta varten alukseen tuodut painot, heilurit, ihmiset sekä muu materiaali (IMO 2008.). Suositeltavaa on painojen merkitseminen sekä luetteloon että laivan piirustuksiin. Erityisesti tankkien sisällön merkitsemisessä muistiin tulee olla erityisen huolellinen, koska virheen vaikutus lopputulokseen voi olla verrattain suuri. (Mattsson 2013). Tankkien tilannetta dokumentoitaessa on hyvä tapa merkitä kaikki laskuvaiheet muistiin, alkaen pinnankorkeudesta tai ullagesta lopulliseen painomäärään (IMO 2008).

Aluksen uppouman määrittämiseksi otetaan kallistuskokeen yhteydessä tarkat syväys- ja varalaitelukemat. Jotta lukemat vastaisivat kallistuskoetta, tulee ne ottaa juuri ennen kokeen suoritusta tai heti sen jälkeen. Lukemia otettaessa tulee kaikkien kokeeseen osallistuvien henkilöiden sekä kallistuskokeessa käytettävän välineistön olla paikoillaan aluksessa Suositeltavaa on ottaa molemmilta puolilta viisi varalaitelukemaa tasavälein ja lisäksi lukea aluksen omat syväysmerkit. Otettaessa varalaitelukemia on ensiarvoisen tärkeää dokumentoida tarkasti mistä paikasta ne on otettu. Selvitettäessä aluksen todellista uppoumaa käytetään aluksen syväysmerkkejä referenssinä varalaitelukemista saadulle tiedolle. Mikäli lukemissa on ristiriitaisuuksia, tulee niiden syy selvittää ja lukemat ottaa uudestaan. Tarkkojen lukemien saamiseksi tarvitaan usein pienikokoista venettä. Aallokon vaikutus saadaan poistettua käyttämällä syväydenmittausputkea (draft tube). Kallistuskoepaikan veden tiheys tulee olla selvillä tai se pitää selvittää. Jos veden tiheys selvitetään itse, tulee ison laivan ollessa kyseessä ottaa useampia näytteitä laivan eri kohdista ja käyttää niiden tiheyden keskiarvoa. (IMO 2008.)

Heilureilla kallistumaa mitattaessa heilurin lanka värähtelee usein hieman. Tällöin mittaaja arvioi värähtelyn keskiarvon ja merkitsee sen mittaustulokseksi. Mikäli mittaajalle tai kokeen johtajalle syntyy epäilystä mittausten kelvollisuudesta, on mittaukset molemmilla heiluriasemilla ja tarvittaessa painonsiirto tehtävä uudelleen. Kallistuspainoja siirretään aluksessa vain poikittaissuuntaisesti, mikäli pitkittäissiirtymää vain on mahdollista välttää. Näin menetellään siksi, jotta trimmi pysyisi muuttumattomana kokeen ajan. Jokaisen painonsiirron jälkeen täytetään tulokset laatugraafiin, johon merkitään kallistava momentti (paino kerrottuna siirtomatalla) sekä aikaansaatu heiluripoikkeama. Kun koe on suoritettu, käydään mitattu aineisto läpi

koetta valvovan viranomaisen kanssa, jotta se on varmasti asianmukaista ja paikkansa pitävää. (IMO 2008.)

3 KALLISTUSKOKEESSA KÄYTETTÄVÄT VÄLINEET

Kallistuskokeessa käytettävät välineet voidaan jaotella seuraavasti: välineet, jotka liittyvät aluksen kallistamiseen, sekä välineet, jotka liittyvät tehtäviin mittauksiin (IMO 2008).

3.1 Kallistuman mittaamiseen käytettävä välineistö

Tärkein mittauksiin liittyvä yksittäinen instrumentti on laite, jota käytetään kallistuman havaitsemiseen. Tämä laite tarkoittaa yleensä yksinkertaista mekaanista heiluria, mutta myös U-putkien ja elektronisten klinometrien käyttö on mahdollista. IMO:n suositusten mukaan kallistuskokeessa tulisi käyttää aina yhtä heiluria muiden laitteiden lisäksi, mikäli se on vain mahdollista. (IMO2008.)

Kallistuskokeessa käytettävä heiluri koostuu yksinkertaisimmillaan ohuesta langasta, jonka päähän on ripustettu paino (Mattsson 2013). Kallistuskokeessa tulisi käyttää nestevaimennettua heiluria, jotta saataisiin eliminoitua ylimääräisten liikkeiden vaikutus heiluriin. Hyvä vaimennus saavutetaan käyttäessä mineeraliöljyä vaimennukseen (IMO 2008), mutta vedellä on muita etuja öljyyn nähden, kuten ympäristöystävällisyys läikkymisen sattuessa sekä astioiden pysyminen puhtaina (Mattsson 2013). Nestevaimennuksen tehoa voidaan lisätä käyttämällä painoa, johon on lisätty lapoja sen liikevastuksen kasvattamiseksi (Kotiranta 2013).

U-letkun soveltuvat kallistuman mittaamiseen varsinkin, mikäli aluksen tilat rajoittavat heilureiden käyttöä (Mattsson 2013). Intact Stability -koodissa edellytetään käytettävän U-letkun rakenteelta seuraavaa (IMO 2008):

- U-letkun molemmat päät tulee sijoittaa niin ulkolaidalle kuin mahdollista. Päiden tulee olla yhtä kaukana laivan keskilinjasta ja lähden ylöspäin mahdollisimman pystysuora.

- Jotta pinnankorkeus olisi helposti luettavissa ja mahdolliset ilmakuplat havaittavissa, tulee U-letkuna käyttää läpinäkyvää muoviletkua.
- U-letku tulee koeponnistaa paineella ennen koetta, jotta varmistuttaisiin sen vesitiivyydestä.
- Vaakasuoran etäisyyden U-letkun nousujen välillä tulee olla riittävän suuri, jotta saavutettaisiin vähintään 15 cm ero vesipatsaassa, kun alus on kokeen aikaisessa suurimmassa kallistumassaan
- Veden käyttö U-letkun nesteenä on normaalisti suositeltavaa, mutta myös muita matalaviskositeettisiä nesteitä voidaan harkita.
- U-letkun tulee olla vapaa ilmakuplista eikä siinä saa olla esteitä nesteen vapaalle virtaamiselle.
- Auringonpaisteessa lämpötilaerojen muodostuminen letkun kohtien välille tulee ehkäistä.
- Mikäli koe suoritetaan lämpötilassa, joka alittaa veden jäätymispisteen, tulee käyttää veden ja pakkasnesteen seosta.
- Sateen sattuessa tulee estää ylimääräisen veden pääsy U-letkuun.

Klinometrit soveltuvat kallistuman mittaamiseen etenkin aluksilla, joiden rakenne hankaloittaa muiden menetelmien käyttöä. Nykyisin on saatavilla elektronisia klinometrejä, jotka ovat kooltaan kompakteja sekä mittaustarkkuudeltaan hyviä. (Soininen 2013). IS-ohjeet suosittelevat tosin myös vähintään yhden heilurin käyttöä klinometrin lisänä. Ohjeessa myös edellytetään, että käytettävä laite on paikallishallinnon tarkoitukseen hyväksymä. (IMO 2008.)

Kallistuman havaitsemiseen käytettävien laitteiden lisäksi tarvitaan kallistuskokeen suorittamiseen muitakin tarvikkeita. IS-koodi suosittelee varaamaan käytettäväksi seuraavat esineet (IMO 2008.) :

- riittävän tarkkoja mittoja heilureiden liikkeiden mittaamiseen
- teräviä lyijykynä heilureiden liikkeiden merkitsemiseen

- liitua kallistuspainojen paikkojen merkitsemiseen
- tarpeeksi pitkä mittanauha, jolla voidaan mitata kallistuspainojen siirtomatkat ja tehdä myös tarvittavat muut mittaukset
- riittävän pitkä peilauspilkki, jolla on mahdollista suorittaa tarpeelliset pinnankorkeus- ja ullagemittaukset
- veden ominaistiheysmittari, jossa asteikko ainakin 0,999 – 1,030
- muiden aluksen tankeissa olevien nesteiden tiheyden määrittämiseen soveltuvat ominaistiheysmittarit
- laadunvarmistusgraafi, johon voidaan merkitä kallistuma suhteessa kallistavaan momenttiin
- suorakulma mitatun vesiviivan piirtämiseksi linjapiirustukseen
- paperivihko asioiden merkitsemiseksi muistiin
- räjähdysturvallinen mittauslaite tankkien ja suljettujen tilojen ilmakehän mittaamiseen.
- lämpömittari
- syvyydenmittausputkia (draft tubes), joiden avulla saadaan aallokon vaikutus eliminoitua

3.2 Kallistuskokeessa käytettävät painot ja niiden siirtomenetelmät

Kallistuspainoja valittaessa tulee aina pitää mielessä kallistettavan aluksen kannen lujuus (IMO 2008). Mikäli ajatellaan vain tavallisille rahtilaivoille tehtäviä kallistuskokeita, voi tämä vaikuttaa triviaalilta asialta, mutta varsinkin pienempien alusten ollessa kyseessä, on tämä ensisijaisen tärkeää (Soininen 2013).

Kallistuskokeissa käytettäviltä painoilta voidaan yleisesti edellyttää mm. seuraavia ominaisuuksia (IACS 2013):

- Painojen tulee olla kooltaan kompakteja.
- Painojen massakeskipisteen tulee olla helposti määriteltävissä.

- Painoihin tulee olla merkittyinä numero ja niiden massa.

Aluksen omaa painolastijärjestelmää käytetään harvoin kallistuskokeen suorittamisessa, koska tarkan vesimäärän arviointi tankeissa on vaikeaa ja yleensä pumppaaminen hidasta. Aluksen tankkeja käytetään kallistamiseen, jos muut ratkaisut ovat hankalia tai mahdottomia. (Soininen 2013.) Mikäli painolastivettä käytetään kallistuskokeessa on IS-säännösten mukaan syytä huomioida seuraavat tekijät (IMO 2008):

- Käytettävien tankkien tulisi olla suoraseinäisiä, jotta vältettäisiin ilmataskujen syntyminen tankkeihin. Mikäli muita kuin suoraseinäisiä tankkeja käytetään, tulee täyttöasteen olla sellainen, että veden pinta välttää tankissa olevat taskut, kolot ja askelmat.
- Kokeessa käytettävien painolastitankkien tulee sijaita suoraan vastakkain, jotta vältettäisiin painonsiirron vaikutus aluksen trimmiin.
- Painolastiveden tiheys tulee määrittää ja kirjata muistiin.
- Jokainen kokeessa käytettävä tankki täytyy peilata käsin aina painonsiirron jälkeen.
- Käytettävissä tulee olla jokaisen tankin tarkat peilaus- tai ullagetaulukot.

Trukkilavoille punnitut painot ovat verrattain yleinen ratkaisu tehtäessä kallistuskokeita. Yleensä tapana on käyttää joko teräslevyn paloja tai betonivalukappaleita ja punnita lavan paino nosturilla, kurottajalla tai pumppukärryillä, jossa on vaaka. Trukkilavoja siirretään kallistuskokeen aikana pienemmissä aluksissa pumppukärryillä ja suuremmissa trukilla. (Kotiranta 2013.) Vedellä täytetyt IBC-astiat vastaavat muuten ominaisuuksiltaan trukkilavoille punnittuja painoja, mutta niillä on joitakin etuja. IBC-astiat voidaan kuljettaa ja siirtää tyhjinä ja täyttää vasta ennen kokeen alkua. Huomiotavaa IBC-astioissa on, että niitä voidaan käyttää painoina ainoastaan aivan täysinä, jotta vältettäisiin vapaan nestepinnan muodostuminen. IBC-astioita siirretään kallistuskokeen aikana kuten trukkilavoja. Ne voidaan myös tyhjentää heti kokeen päätyttyä, jolloin ne ovat

helposti siirrettävissä. (Mattsson 2013.) Vesitynnyrit soveltuvat erityisesti pienten alusten kalliskokeiden kallistuspainoiksi (IMO 2008). Tyhjät tynnyrit ovat helposti siirrettävissä käsivoimin ja ne voidaan täyttää vasta, kun ne ovat kallistuskokeen aloituspaikalla (Kotiranta 2013). Kuten IBC-astiat, on myös tynnyrit täytettävä niin, ettei vapaata nestepintaa pääse muodostumaan (IMO 2008). Kallistuskokeen päätyttyä voidaan tynnyrit laskea tyhjiksi kannelle ja ne ovat helposti kuljetettavissa pois. Tynnyreitä on mahdollista siirtää pystyasennossa käsivoimin kallistamalla ja vierittämällä. Mikäli tynnyreitä käytetään vaaka-asennossa, voidaan niille käyttää järjestelyä, jossa tynnyreitä vieritetään niille laudoista tehtyä rataa pitkin. (Mattsson 2013.)

4 OPAS KALLISTUSKOKEEN SUORITTAMISEEN

Tavoitteena oli laatia opas, joka sisältää tarvittavan tiedon kallistuskokeesta sellaiselle henkilölle, joka ei ole aikaisemmin kallistuskoetta tehnyt, mutta joka hallitsee merenkululliset ja alustekniset perusasiat. Kallistuskokeen teoriasta on kirjoitettu lähinnä kirjoissa, jotka käsittelevät alusten vakavuuden matemaattista teoriaa, mutta kallistuskokeen käytännön järjestelyistä ei painettua sanaa ole kovinkaan paljon olemassa. Lähinnä saatavilla on vain erilaisia check-listoja, jotka käsittelevät kokeen suorittamisen perusedellytyksiä. Kokeen tekijää auttavaa ohjeistusta ei ole ollut yleisesti saatavilla, vaan tieto on täytynyt hankkia kokemuseräisesti tai saatu perimätietona.

Opasta kirjoitettaessa tukeuduttiin paljon IS-säännösten ohjeisiin, joihin myös Liikenteen turvallisuusvirasto viittaa määräyksessään. Säännösten ohjeissa on erittäin hyvin koostettu olennaisimmat asiat, joskin tapa esittää ne ei ole kovin helppolukuinen. Aineistoa hankittiin myös haastattelemalla joitakin asiantuntijoita, jotta saataisiin kokemuseräistä tietoa oppaaseen. Matemaattista osuutta kirjoitettaessa turvauduttiin erilaisiin laivasuunnittelua ja vakavuutta käsitteleviin kirjallisuuslähteisiin, joista koostettiin yksinkertaisin laskuesimerkein havainnollistettuna riittävä matemaattinen tieto kallistuskokeesta.

Oppaan sisältö noudattaa johdonmukaisuuden vuoksi samaa kronologista järjestystä, jossa asiat suoritetaan oikeassa koetilanteessa. Toisin sanoen opas alkaa päätöksestä

suorittaa alukselle kallistuskoe ja päättyy siihen, kun pöytäkirja on valmis ja tarvittavat laskelmat tehty.

4.1 Johdanto

Johdantoluvussa käydään läpi oppaan sisältö, jotta käyttäjän olisi helppo selvittää, miksi ja mitä varten opas on laadittu. Johdannossa myös lyhyesti mainitaan oppaan taustasta osana opinnäytetyötä.

4.2 Mikä on kallistuskoe ja miksi niitä tehdään?

Toisessa luvussa luodaan yleiskatsaus kallistuskokeeseen ja siihen, miksi kokeita suoritetaan. Lisäksi luvussa käydään lyhyesti läpi kallistuskokeen yleinen mekaniikka ja tavat, joilla koe voidaan eri tilanteissa suorittaa. Luvussa on eritelty toisistaan virallisemmat, viranomaisten valvonnan alla suoritettavat kallistuskokeet, joiden perusteella tehdään aluksen varsinainen vakavuusaineisto, sekä sellaiset epävirallisemmat lastaustilanteissa tehtävät kokeet, jotka palvelevat lähinnä aluksen henkilökunnan omia intressejä. Lisäksi luvussa on selkeästi esitetty, milloin ja minkälaisille aluksille kallistuskoe tulee Liikenteen turvallisuusvirasto Trafín määräysten mukaan suorittaa. Näin ollen esimerkiksi opasta lukevan ei tarvitse erikseen lukea lakikirjoja tai viranomaisaineistoa, mikäli hänelle on epäselvää, tuleeko kallistuskoe suorittaa kyseessä olevalle alukselle.

4.3 Edellytykset kallistuskokeelle

Kolmannessa luvussa käydään läpi, mitä alukselta vaaditaan, jotta kallistuskoe voidaan suorittaa onnistuneesti. Luvussa on eritelty toisistaan sekä telakkaolosuhteissa uudisrakennusaluksille suoritettavien kallistuskokeiden olosuhdevaatimukset että jo valmistuneille aluksille tehtävien kokeiden olosuhde-edellytykset. Luvun päällimmäisenä tarkoituksena on auttaa kallistuskokeen suorittajia välttämään turhaa työtä, sillä koeolosuhteiden merkitystä kokeen onnistumisen kannalta ei voida liiaksi korostaa. Näin ollen onkin tärkeää, että koetta suorittava henkilökunta todella ymmärtää niiden täyden merkityksen. Uudisrakennuksille tehtäviä kokeita suoritettaessa on ensisijaisen tärkeää tietää, milloin alus on sellaisessa

rakennusvaiheessa, että koetulos on luotettava. Jos laivan rakennusvaihe ei vielä koetta suoritettaessa täytä kallistuskokeen vähimmäiskriteeriä, ei koetulosta voida pitää validina, eikä käteen jää muuta kuin hukkaan heitettyjä työtunteja. Sama tilanne pätee myös satamassa suoritettaviin kokeisiin: jos säätila, muu liikenne, tankkien täyttöaste, virtaus, riittämätön syvyys tai muut ulkoiset olosuhteet pääsevät vaikuttamaan koetuloksiin, joudutaan koe suorittamaan myöhemmin uudelleen.

4.4 Esivalmistelut

Neljäs, kallistuskokeen esivalmisteluja käsittelevä luku, on selkeästi oppaan pisin. Tämä kertoo omaa kieltään siitä, miten äärimmäisen tärkeässä asemassa huolellinen valmistautuminen ja pohjatyöt ovat kallistuskokeen onnistuneen suorittamisen kannalta. Näitä valmisteluita käsitelläänkin luvussa peräti seitsemän alaluvun voimin. Lähteenä oppaan esivalmisteluihin on käytetty pääasiallisesti IS-koodia. Koodista löytyy suurin osa oppaassa käsitellyistä valmisteluista, joskin aiheita on käsitelty hieman eri tavoin. Koodi tarkastelee esivalmisteluja niin sanotusti ranskalaisten viivojen kautta, eikä se tarjoa kokeen suorittajan avuksi minkäänlaisia tarkistus- tai muistilistoja.

Luku on jaettu yhteensä seitsemän eri alalukuun, joista ensimmäisessä käsitellään ennen koetta annettavia viranomaisilmoituksia. Tämäkin luku palvelee ensisijaisesti niitä, joilla ei välttämättä ole aiempaa kokemusta kallistuskokeiden tekemisestä. On tärkeää muistaa, ettei kallistuskoetta voida pitää virallisena ilman valvovan viranomaisen hyväksyntää, joten ennakko-ilmoituksella voidaan kirjallisesti varmistaa, missä ja milloin koe suoritetaan sekä mitä tietoja on vähintään dokumentoitava.

Toisen alaluvun alla käsitellään itse alukselle tehtäviä valmisteluita. Luvussa esimerkiksi muistutetaan, että mahdollisimman luotettavien ja totuudenmukaisten tulosten saamiseksi aluksen varastot on tyhjennettävä kaikesta ylimääräisestä tavarasta sekä jätteestä. Lisäksi alaluvussa mainitaan, millaisia erikoistoimenpiteitä talviolosuhteet aiheuttavat aluskohtaisille esivalmisteluille, ja selvitetään, millaisessa tilassa aluksen vesi-, jäte- ja polttoainetankkien tulisi olla kokeen aikana.

Kolmannessa alaluvussa käsitellään kokeen kenties ulkoisesti näkyvintä osaa, kallistuspainoja. Alaluvussa selvitetään, millaisia painoja on yleisesti saatavilla sekä millaiset painot soveltuvat parhaiten erilaisiin koetilanteisiin. Luvun luettuaan voi kallistuskokeen alukselleen suorittava yrittäjä helpommin päätellä, mitä hänen on otettava huomioon valitessaan käytettäviä kallistuskoepainoja sekä mikä on hänen tapauksessaan paras tapa liikutella niitä. Lisäksi alaluvussa on erikseen mainittu, että painolastivettä voidaan käyttää kallistamiseen ainoastaan viranomaisten niin erikseen salliessa, sillä sen käyttöön liittyy monia seikkoja, jotka voivat vääristää koetulosta.

Neljännän alaluvun alla käsitellään kallistuskokeissa kenties yleisimmin käytettyä mittalaitetta, heiluria. Mikäli kokeen suorittajat päättävät mitata kokeessa aikaansaatuja kallistumia juuri tavanomaisilla lankaheilureilla, on tärkeää, että he osaavat mitoittaa ja sijoittaa heilurit oikein, sillä kokeen tulokset riippuvat ensisijaisesti heilureiden luotettavuudesta. Alaluvussa neuvotaankin millaisia, heilureiden tulisi rakenteeltaan olla, minne ne tulee sijoittaa ja kuinka niiden liikettä on mittaustuloksen parantamisen vuoksi viisainta vaimentaa. Lisäksi Alaluvussa muistutetaan, että mikäli alukselta ei valmiiksi löydy sopivan suojaisaa sijoituspaikkaa heilurille, on viisainta rakentaa väliaikaisia kevytrakenteisia tuulensuojia heilureiden ympärille, sillä pienikin sivutuuli voi aiheuttaa vääristäytystä. Asian kriittisyyden vuoksi heilureiden oikeaoppista asentamista on havainnollistettu kuvalla.

Viidennessä alaluvussa käydään läpi niin sanottujen U-letkujen sekä klinometrien käyttöä kallistumien mittaamisessa. On eritelty, millaisia ominaisuuksia käytettäviltä U-letkuilta vaaditaan, jotta mittaustuloksia voidaan pitää luotettavina, sekä millaisia järjestelyitä niiden käyttäminen ylipäättään vaatii. U-letkun käyttämiseen annetaan melko perusteelliset ohjeet, sillä lähtökohtaisesti voidaan olettaa, että letkun käyttäminen mittalaitteena on ensikertalaiselle vieraampaa kuin vastaavasti tavallisen lankaheilurin käyttö. Jos tavallisen heilurin tai U-letkun käyttäminen tuottaa aluksen rakenteiden vuoksi hankaluuksia, kerrotaan oppaassa myös mahdollisuudesta käyttää mittaamiseen klinometrejä. Alaluvussa kuitenkin muistutetaan, että klinometrin tulee täyttää IS-koodissa erikseen mainitut minimivaatimukset, jotta sen avulla voidaan saada hyväksyttäviä mittaustuloksia.

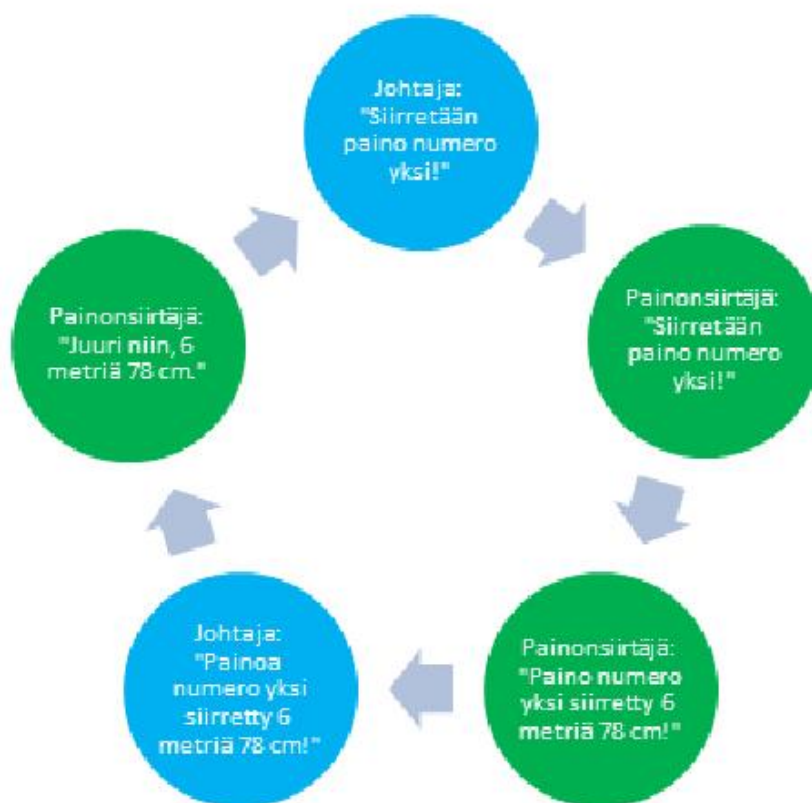
Kuudennessa alaluvussa on lueteltu, mitä muuta välineistöä kokeen suorittajan on syytä ottaa mukaan. Alauku toimii ikään kuin muistilistan tavoin, sillä tarvikkeet on lueteltu selkeänä listana. Listalta löytyy tavaroita aina kynistä ja muistivihjoista erillisiin laadunvarmistusgraafeihin sekä veden ominaistiheysmittareihin. Sinänsä osa listalla olevista esineistä saattaa ensisilmäyksellä vaikuttaa triviaaleilta tai itsestään selviltä, mutta koetilanteessa on kuitenkin mukavampaa, että kaikki tarpeellinen välineistö lyijykyniä ja mittanauhoja myöten on valmiina paikalla, eikä kokeen suorittaminen tämän vuoksi viivästy. Jos koetta suoritettaessa havaitaan puutteita, voi inhimillisestä unohduksesta aiheutua suuria kustannuksia, mikäli koetta ei voida suorittaa aikataulussa.

Seitsemännessä alaluvussa käsitellään aluksen kiinnitystä sellaisissa tapauksissa, joissa laiva on kokeen aikana laiturissa. Alaluvussa opastetaan kiinnittämään alus niin, että kiinnitysköysien ja niiden aiheuttaman jännityksen vaikutus lopputulokseen voidaan minimoida. Lisäksi alaluvussa muistutetaan, että myös laakongit, sähkökaapelit, letkut ja muut pienemmät aluksesta laiturille kulkevat yhteydet voivat vaikuttaa syntyviin kallistumiin.

4.5 Kokeen suoritus

Viidennessä luvussa käsitellään oppaan varsinaista pääaihetta, kallistuskokeen suorittamista. Kuten opas muutenkin, on viides luku jäsennetty loogisesti kronologiseen järjestykseen niin, että teksti seuraa tapahtumien todellista kulkua. Näin ollen oppaan lukija voi helpommin varmistaa, että hän on suorittanut kaikki vaadittavat työvaiheet oikeassa järjestyksessä. Luvussa muistutetaan lisäksi vielä kertaalleen, että esivalmistelut tulee tehdä huolella, jotta koe voidaan aloittaa suunnitellun aikataulun mukaisesti. Myös annetun ennakoilmoituksen merkitystä korostetaan uudelleen, sillä on todennäköistä, että läsnä oleva viranomaisedustaja haluaa tarkistaa, että alus ja välineet ovat sellaisessa kunnossa, kuin kokeen aloittaminen edellyttää. Luvussa ohjeistetaan myös oikeaoppinen proseduuri aluksella sijaitsevien painojen luettelointiin sekä neuvotaan, kuinka sellaisten objektien, joiden tarkkaa painoa ei tunneta, paino tulee arvioida. Viidennessä luvusta löytyy myös tarkka ohjeistus siihen, kuinka aluksen syväys tulee mitata, jotta mittaukset ovat mahdollisimman todenmukaisia ja kokeen tulos näin ollen luotettavampi.

Luvussa annetaan lisäksi esimerkkimalli kallistuskoeryhmän jäsenten välisestä työnjaosta ja kerrotaan, mitkä tehtävät kuuluvat kunkin vastuualueeseen. Esimerkkiä noudattamalla työryhmä voi varmistaa, että kaikki tarvittavat työvaiheet tulevat tehdyksi sekä samalla välttään turhilta virheiltä ja unohduksilta, joita helposti syntyy, mikäli työntekijät eivät ole täysin selvillä omista vastuistaan. Tämän lisäksi oppaassa ohjeistetaan käyttämään koetilanteen vaatimaan kommunikointiin niin sanottua closed loop -menetelmää, jossa työryhmän jäsenet toistavat saamansa komennot sekä ohjeet. Menetelmän avulla voidaan varmistaa, että kaikki työryhmän jäsenet ovat ymmärtäneet ohjeistuksen oikein, sekä helpommin huomata, mikäli kommunikoinnissa esiintyy puutteita.



Kuva1 Closed loop -kommunikointimenetelmä

Luvussa annetaan myös ohjeita koetilanteessa mahdollisesti vastaan tulevien pulmatilanteiden varalta ja välttämiseksi. Ohjeiden avulla kokeen suorittajat voivat helposti välttää tavanomaisimmat virhe- ja poikkeamatilanteet.

4.6 Pöytäkirja ja laskelmat.

Viimeisen alaluvun tarkoitus on esitellä kallistuskokeen tekijälle kallistuskokeeseen liittyviä laskelmia ja pöytäkirjaa. Suomen kielellä on saatavana erinomaisia oppikirjoja, jotka käsittelevät aluksen vakavuuslaskentaa, joten luvun tarkoituksena ei ole niinkään opettaa lukijaa tekemään laskelmia vaan auttaa ymmärtämään kallistuskoeprosessia kokonaisuutena. Tämä auttaa kiinnittämään huomiota koetta suoritettaessa sen tarkkuuden kannalta tärkeisiin asioihin.

Alalukua laadittaessa pohjaututtiin suurelta osin David Taylorin ja Alan Tangin kirjaan *Merchant Ship Naval Architecture*. Laskuesimerkki lainattiin suoraan kirjasta. Kaavoja pelkistettiin hieman entisestään, jotta perusteoria olisi mahdollista omaksua nopealla lukaisulla. Alaluvussa esitellään kallistuskokeen matemaattinen perusteoria ja demonstroidaan sen soveltamista yksinkertaistetun laskuesimerkin avulla. Kaavat esitellään sellaisenaan, eikä niitä erikseen johdeta tai perustella.

5 LOPPUPOHDINNAT

Kaiken kaikkiaan opinnäytetyön tekeminen oli vaativa ja haastava, mutta samalla kuitenkin palkitseva ja opettavainen projekti. Työtä tehdessäni opin paitsi kallistuskokeesta, myös lainsäädäntöprosessin kulusta, erilaisista tutkimus- ja tiedonkeruumetodeista sekä tutkivasta kirjoittamisesta.

Vaikka kallistuskokeen laatiminen ja sen valmistelu olikin minulle jo entuudestaan tuttua, valaisi työn laatimisprosessi huomattavasti lisää asian lainsäädännöllistä ja hallinnollista taustaa. Hieman kärjistäen voidaankin sanoa, että jos aiemmin tiesin, kuinka kallistuskoe suoritetaan, tiedän nyt myös miksi ja mihin säädöksiin nojautuen se tulee toteuttaa.

Työn tärkeimpänä tavoitteena oli luoda kattava mutta samalla kuitenkin selkeä ja helppolukuinen opas kallistuskokeen suorittajille. Mielestäni valmis opas täyttää sille alussa asetetut kriteerit: aiheeseen paneudutaan tarkasti ja huolellisesti, mutta toisaalta oppaassa on onnistuttu välttämään liiallista teoreettisuutta ja sellaista syvämatemaattista ammattikieltä, joka voi helposti hämmentää asiaan aiemmin

vihkiytymätöntä kallistajaa. Uskon, että valmistunut opas on laadultaan sellainen, että itseni lisäksi myös opinnäytetyön hankkeistanut yritys voi olla siihen tyytyväinen.

LÄHTEET

- IACS. Guidance notes for carrying out an inclination test. s.a. Saatavilla:
http://www.dft.gov.uk/mca/guidance_inclining_test_procedure-6.pdf. Viitattu 20.3.2013.
- IMO. 2008. International Code on Intact Stability. Saatavilla:
[http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=24839&filename=267\(85\).pdf](http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=24839&filename=267(85).pdf). Viitattu 15.3.2013.
- Kotiranta, Roope. tekninen johtaja. Surma Henkilöhaastattelu 15.4.2013.
- Mattsson, Jorma. erikoissuunnittelija, Gadlab Engineering. Henkilöhaastattelu 11.4.2013.
- Matusiak, Jerzy. 1995. Laivan kelluvuus ja vakavuus. Helsinki: Otatieto OY.
- Soininen, Mikko. pääsuunnittelija, Elomatic. Henkilöhaastattelu 16.4.2013.
- Taylor, David & Tang, Alan. 2006. Merchant Ship Naval Architecture. Lontoo: The Institute of Marine Engineering, Science and Technology.
- Trafi 2013. Määräys TRAFI/18516/03.04.01.00/2012. Saatavilla:
http://www.finlex.fi/data/normit/40377-TRAFI_18516_03_04_01_00_2012_FI_Vakavuusmaarays.pdf. Viitattu 1.4.2013.
- Tupper, Eric. 1998. Introduction to Naval Architecture. Third Edition. Oxford: Butterworth & Heinemann.
- Uttula, Aleks. 2012. Alusturvallisuuden perusteella annettavat määräykset. Liikenteen turvallisuusvirasto. Saatavilla:
http://www.trafi.fi/filebank/a/1326369682/b1b0b575cdd7f44a802a85a9c859e620/8886-Alusturvallisuuden_perusteella_annettavat_maaraykset_-_Uttula.pdf. Viitattu 3.4.2013.

Vilka, Hanna. 2005. Tutki ja kehitä. Helsinki: Tammi.

KUVALÄHTEET

Taulukko 1. Liikenteen turvallisuusvirasto. 2013. Määräys
TRAFI/18516/03.04.01.00/2012.