

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulun koulutusohjelma

Kati Westerlund

MERENKULUN KAAVAKOKOELMA KANSIPÄÄLLYSTÖLLE

Merikapteenityö 2009

# TIIVISTELMÄ

## KYMENLAAKSON AMMATTKORKEAKOULU

### Merenkulun koulutusohjelma

WESTERLUND, KATI

Merikapteenityö

Työn ohjaaja

Marraskuu 2009

Avainsanat

Merenkulun kaavakokoelma kansipäällystölle

28 sivua + 152 liitesivua

Merikapteeni Jorma Vainio, yliopettaja

kaavat, navigointi, vuorovesi, vakavuus, lasti

Kansipäällystön ammattiaineisiin liittyvää kirjallisuutta on olemassa kohtalaisen paljon, lähinnä ulkomaisina teoksina. Opiskeluun liittyy paljon laskutehtäviä, ja niihin tarvittavia kaavoja löytyy alan oppikirjoista runsaasti, mutta kaavojen hakeminen tekstin seasta ei aina ole tarkoituksenmukaista laskutehtäviä tehdessä. Tarve merenkulun kaavastolle on tekijän opiskeluaikana ollut suuri, ja siitä on poikunut tämän opinnäytetyön idea kerätä kaavat omaksi kokoelmakseen.

Merenkulun kaavakokoelma kansipäällystölle sisältää kansipäällystön työssä tarvittavat keskeisimmät kaavat, jotka on kerätty alan kirjallisuudesta ja luentomuistiinpanoista. Kaavojen paikkansapitävyys on testattu käyttämällä niitä merenkulun laskuissa ja kaavojen kokoaminen on myös edellyttänyt laajojen kokonaisuuksien ymmärtämistä.

Kaavakokoelma on jaettu aihealueittain pienempiin kokonaisuuksiin, jotka sisältävät kullekin aihealueelle tärkeimmät kaavat ja laskumallit. Aihealueet ovat terrestinen navigointi, astronominen navigointi, vuorovesi, aluksen vakavuus, sekä lastilaskut. Matematiikan, kemian ja fysiikan sekä konepuolen ja laivanrakennuksen kaavat on tarkoituksella rajattu pois.

Kaavakokoelma ei itsessään sovellu oppikirjaksi, vaan on tarkoitettu käytettäväksi opetuksen ja oppimateriaalin rinnalla. Kaavakokoelman tarkoitus on myös toimia muistilistana asiat jo hallitseville ja laskumallien tarkoitus on helpottaa laskujen etenemisjärjestyksen muistamista, vaikka edellisestä laskukerrasta olisikin jo vierähtänyt pidempi aika.

Työn edetessä kävi ilmi, että merenkulun kaavoja on olemassa niin paljon, että työn laajuutta piti rajoittaa. Siksi työstä on muodostunut paketti kaavoja, joita merenkulkija todennäköisimmin tarvitsee käytännön työssään sekä ymmärtääkseen aihealueiden perusideat.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Maritime Department

WESTERLUND, KATI

Bachelor's Thesis

Supervisor

November 2009

Keywords

The Collection of Formulas for Maritime Officers

28 pages + 152 pages of appendices

Jorma Vainio, Principal Lecturer

formulas, navigation, tide, stability, cargo

There is quite a considerable amount of literature for maritime officers, mostly written in foreign languages. When studying a Bachelor's Degree in Maritime Studies, students have to learn a large number of calculations and for them they need many formulas which can be difficult to search from the text books while calculating the tasks. This gave an idea for this thesis, which is to collect all formulas for maritime officers in one book.

This collection includes the most important formulas which are needed in the normal work of maritime officers. The formulas were collected from maritime literature and notes taken on lectures. The formulas were tested by using them in maritime calculations.

The collection of formulas was divided into smaller categories according to the subject matters. Every category includes the most important formulas and calculation models for each subject. The categories are terrestrial navigation, celestial navigation, tide, ship stability and cargo calculations. The formulas of mathematics, physics and chemistry and also the formulas for engine officers and naval architects had been left out.

The intention of this thesis is to be used together with other teaching materials, for example text books. It can also be used as a notebook or a check list for those who already know the calculations.

During the progress of this thesis it has become clear that there are so many formulas that the size of the collection would be enormous if all of them were included. The collection includes all the most important formulas, which are used by maritime officers in their everyday work.

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	5
2 MERENKULUN KAAVAT LÄHDEKIRJALLISUUDESSA.....	6
3 KAAVAKOKOELMALLE ASETETUT VAATIMUKSET .....	7
4 KAAVAKOKOELMAN SISÄLTÖ .....	9
4.1 Terrestinen navigointi.....	9
4.1.1 Terrestisen navigoinnin kaavat kaavakokoelmassa.....	9
4.1.2 Terrestisen navigoinnin kaavojen tarpeellisuus nykypäivän merenkulussa .....	10
4.2 Astronominen navigointi .....	12
4.2.1 Astronominen navigointi suhteessa muihin avomerinavigoinnin paikanmäärittämisvälineisiin .....	12
4.2.2 Astronomisen navigoinnin osuus kaavakokoelmassa.....	14
4.3 Vuorovesi.....	15
4.3.1 Vuorovesilaskut aluksella .....	15
4.3.2 Vuorovesilaskut kaavakokoelmassa .....	16
4.4 Aluksen vakavuus .....	16
4.4.1 Vakavuuslaskujen kaavat kaavakokoelmassa.....	17
4.4.2 Vakavuuslaskut käytännön työssä.....	17
4.5 Lastilaskut.....	18
4.5.1 Lastilaskujen osuus kaavakokoelmassa .....	19
4.5.2 Käsintehtyjen lastilaskujen merkitys nykypäivän merenkulussa .....	19
5 KAAVOJEN KÄYTTÄMINEN.....	20
6 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	22
KIRJALLISUUTTA JA MUUTA MATERIAALIA .....	25

## LIITTEET

Liite 1: Kaavakokoelma



## 1 JOHDANTO

Aluksen navigointi, vakavuuden hallinta ja lastinkäsittely ovat olennainen osa kansipäällystön työnkuvaa. Nämä tehtävät sisältävät monia laskutoimituksia, joiden ymmärtäminen ja hallitseminen on kansipäällystölle tärkeää, jotta he voisivat käsitellä alusta turvallisesti ja tarkoituksenmukaisesti. NykYTEKniikka on mahdollistanut monien laitteiden avulla sen, että tietokoneet tekevät suuren osan edellä mainituista töistä ihmisen puolesta, kuten esimerkiksi tankkilaivojen lastivalvomoissa tai integroiduissa navigointijärjestelmissä, tai tarjoavat nopeamman ja (yleensä) luotettavamman tavan saada tietoa, kuten esimerkiksi GPS-järjestelmä (Global Positioning System).

Monen laitteen toimintaperiaate on kuitenkin sama kuin käsin tehdyissä laskutoimituksissa, ja voidakseen ymmärtää laitteiden toimintaa on hyvä taitaa merenkulun peruslaskutoimitukset. Lisäksi nämä taidot tuovat valmiutta siihen, että vian yllättäessä merenkulkija osaa palata perinteisten menetelmien käyttöön, ja yleensäkin kyseisten taitojen voidaan katsoa kuuluvan peruserimiestaitoihin.

Tämän opinnäytetyön tavoite on kerätä kansipäällystön tarvitsemat laskukaavat yhteen, jotta ne olisivat helposti saatavilla. Opiskeluaikani käytössämme ei ollut mitään varsinaista merenkulkijoille tarkoitettua kaavakokoelmaa, ja aloin jo silloin kerätä kaavoja muutamaan vihkoon, mistä kypsyi vähitellen ajatus johdonmukaisesta ja "ehjästä" kokonaisuudesta, josta kaikki tarvittavat kaavat löytyisivät. Kaavojen lisäksi kokoelmaan on kerätty myös pidempiä laskutoimitusmalleja, joihin on listattu kaavoja niiden käyttöjärjestyksen mukaan, mikä helpottaa etenemistä laskutoimitusten eri vaiheissa.

Tarkoituksena on nimenomaan kerätä kaavakokoelma, eikä työ siis sisällä kaavojen matemaattista johtamista tai osoittamista. Kaavojen paikkansapitävyys on testattu laskemalla niiden avulla merenkulun laskutehtäviä. Työ ei ole oppikirja, vaan se on tarkoitettu käytettäväksi opetuksen ja oppimateriaalin rinnalla sekä muistikirjana kyseiset asiat jo hallitseville.

Koska työn aiheena on kansipäällystön ammattiaineiden kaavakokoelma, on työstä rajattu ulos sekä merenkulun konepuolen että laivanrakennuksen tarvitsemat kaavat. Koska saatavilla on myös jo erittäin hyvät kaavakokoelmat eli Maol-taulukot ja Tekniikan kaavasto, ei matematiikan, fysiikan tai kemian kaavoja ole katsottu tarpeelliseksi kirjoittaa uudestaan.



Kuva 1. Laivoja ankkuripaikalla (Kati Westerlund)

## 2 MERENKULUN KAAVAT LÄHDEKIRJALLISUUDESSA

Merenkulun kirjallisuutta kansipäällystölle on olemassa kohtalaisen paljon, tosin suomeksi kirjoitettujen, nykyaikaisten teosten valikoima on aika suppea. Sen sijaan jos on valmis lukemaan kirjoja muilla kielillä, valikoimaa löytyy enemmänkin. Toisaalta moni merenkulun perusasia ei ole vuosien saatossa muuttunut miksikään, kuten esimerkiksi astronomisen navigoinnin periaatteet, ja sen vuoksi osa vanhemmasta kirjallisuudesta on edelleen aivan käyttökelpoista.

Merenkulun laskutehtäviin tarvittavia kaavoja alan oppikirjoista löytyy runsaasti, kuten myös esimerkkejä niiden käytöstä. Kuitenkin laskutehtäviä laskiessa työtä voi hidastaa ja hankaloittaa kaavojen etsiminen oppikirjojen tekstien lomasta. Moneen oppikirjaan on tosin koottu esimerkiksi kirjan taakse kyseisessä kirjassa käytetyt kaavat. Varsinaisia merenkulkijoille tarkoitettuja kaavakokoelmia, jotka sisältäisivät monen eri aihealueen kaavoja, ei ole kuitenkaan monia olemassa.

Rauman merenkulkuopiston kaavakokoelma on rakenteeltaan ja perusidealtaan erilainen kuin tämän opinnäytetyön aiheena oleva kaavakokoelma, jonka tarkoitus on keskittyä vain ammattiaineiden kaavoihin. Rauman merenkulkuopiston kaavakokoelma sisältää ammattiaineiden kaavojen lisäksi paljon muitakin merenkulkuopin-  
toihin liittyviä kaavoja, kuten tärkeimmät matematiikan, fysiikan, kemian ja sähkö-  
tekniikan kaavat. Kaavakokoelmassa on myös muun muassa hyödyllisiä muunnos-  
kertoimia, sähköpiirrosmerkit, aurinkokunnan tiedot, alkuaineiden jaksollinen järjes-  
telmä sekä yksiköiden vertailua ja vakioita. Kuitenkin kaavakokoelman merenkulul-  
linen osuus on aika suppea verrattuna muuhun sisältöön, ja se tekee tämän opinnäyte-  
työn tarpeelliseksi.

Vuosittain ilmestyvä Brown's Nautical Almanac sisältää monia kaavoja ja laskuesi-  
merkkejä, mutta siinä on kaavojen lisäksi myös muun muassa paljon taulukoita ja  
tekstejä, joiden seasta laskukaavoja saa hetken hakea. Åbo Navigationsinstitut on  
julkaissut oman ruotsinkielisen kaavakokoelmansa, Nautisk formelsamlingin, joka  
sisältää terrestisen navigoinnin, avomerinavigoinnin, astronomisen navigoinnin,  
kompassiopin ja vuoroveden kaavat. Ajatellen ammattimerenkulkijaa siitä puuttuu  
kuitenkin aluksen vakavuuteen ja lastimäärien laskemiseen tarvittavat kaavat.

### 3 KAAVAKOKOELMALLE ASETETUT VAATIMUKSET

Kaavojen ja laskumallien kerääminen edellyttää jokaisen aihealueen kokonaisvaltais-  
ta ymmärtämistä. Sen vuoksi pelkästään kaavojen kopioiminen kirjoista opinnäyte-  
työhön ei riitä, vaan asiakokonaisuudet on hallittava ja kaavoja on osattava käyttää  
oikein ja oikeissa yhteyksissä. Lisäksi on tiedettävä, missä muodossa suureet sijoite-  
taan kaavoihin, ja on osattava tulkita vastauksia oikein. Näiden tietojen pohjalta kaa-  
vat mahdollisine ohjeineen, havaintokuvineen ja merkkisääntöineen on kirjoitettu  
kaavakokoelmaan siten, että ne olisivat siellä mahdollisimman helposti käytettävissä  
muodossa.

Kokoelmassa noudatetaan SI-järjestelmää siltä osin, kuin se on mahdollista. Suuri  
osa merenkulussa käytettävistä yksiköistä ei kuitenkaan kuulu SI-järjestelmään. Sel-  
vyyden vuoksi kunkin aihealueen sisällä pyritään käyttämään mahdollisimman yhte-

näisiä lyhenteitä niin suureiden kuin yksiköidenkin tunnuksille. Lyhenteet on lueteltu jokaisen aihealueen alussa ja niitä noudatetaan kyseisen aihealueen kaavoissa. Lisäksi kaavojen yhteydessä on havaintokuvia, joiden tarkoitus on selventää laskuja.



Kuva 2. Auringonnousu Itämerellä (Kati Westerlund)

Kaavojen johtamiset ja osoittamiset matemaattisesti on jätetty pois, koska kyseessä on nimenomaan kokoelma, ja myös siksi, että työstä tulisi muuten aivan liian laaja. Työn ei myöskään ole tarkoitus olla oppikirja, mikä siitä helposti tulee, jos jokaisen kaavan käyttöä varten kirjoitetaan erikseen ohjeet ja laskuesimerkit, vaan laskutoimitukset ja niihin liittyvä teoria on edelleen tarkoitus opettaa oppitunneilla. Osalle kaavoista on kirjoitettu muutama vaihtoehtoinen kaava, mutta kokoelmassa ei ole välttämättä kaikkia olemassa olevia kaavoja, vaan siihen on valittu sellaiset kaavat, joiden on todettu toimivan käytännössä.

Kaavakokoelmaan otettuja kaavoja on testattu käyttämällä niitä merenkulun laskutoimituksissa ja vertaamalla niitä lähteinä käytettyjen oppikirjojen ja luentomuistiinpanojen laskuesimerkkeihin. Kaavakokoelmassa on myös jonkun verran pidempiä, monen kaavan laskumalleja, joiden tarkoituksena on toimia apuna pidempien laskutoimitusten muistilistana. Laskumalleissa kaavat on laitettu siihen järjestykseen, jossa niitä käytetään laskun edetessä.

## 4 KAAVAKOKOELMAN SISÄLTÖ

Kaavakokoelma on jaettu pienempiin kokonaisuuksiin, jotka on jäsennetty edelleen mahdollisimman loogiseen järjestykseen, jotta kulloinkin tarvittavat kaavat löytyisivät helposti ja nopeasti. Seuraavaksi käsitellään lyhyesti kutakin aihealuetta erikseen; mukana on myös muutamia huomioita kaavojen tarpeellisuudesta nykypäivän merenkulussa.

### 4.1 Terrestinen navigointi

Terrestisen navigoinnin voidaan katsoa sisältävän kaikki navigoinnin perustiedot ja -taidot. Näitä ovat rannikkomerenkulku, avomerenkulku, sääoppi, merkintälasku, kompassioppi ja vuorovesioppi. Viimeksi mainittua käsitellään kuitenkin erikseen omassa luvussaan.



Kuva 3. Rönnskärin sammutettu majakka Porkkalassa (Kati Westerlund)

#### 4.1.1 Terrestisen navigoinnin kaavat kaavakokoelmassa

Kaavakokoelman osalta rannikkomerenkulkua varten on poimittu kaavat muun muassa latitudi- ja longitudierojen, suuntien ja suuntimien, sorron ja virran laskemiseen

sekä muutama kaava horisonttietäisyyden laskemiseen. Magneetikompassin osalta kaavakokoelmassa on eksymälasku ja hyrräkompassin osalta hyrräeksymään eli vauhtivirheeseen liittyvät kaavat.

Merkintälaskuun liittyen kaavakokoelmassa on loksodrominavigoinnin 1. ja 2. merkintäkolmion, toisin sanoen keskilatitudimenetelmän ja meridionaalimenetelmän, kaavat. Avomerinavigoinnin osalta mukana on isoympyräpurjehdus, johon sisältyvät "tavalliseen" isoympyräpurjehdukseen liittyvien kaavojen lisäksi myös vertexpisteen, kordakurssien ja yhdistetyn purjehduksen laskemiseen tarvittavat kaavat.

Isoympyräpurjehduksessa ja osassa astronomista navigointia käytettävät laskukaavat perustuvat pallotrigonometrian kaavoihin. Tässä kaavakokoelmassa pallotrigonometriaa ei käsitellä muilta osin kuin sen yllä mainittujen sovellusten muodossa.

#### 4.1.2 Terrestisen navigoinnin kaavojen tarpeellisuus nykypäivän merenkulussa

Vaikka nykyaikaisten alusten komentosillat ovat pullollaan elektroniikkaa, on vahtipäällikön hallittava perusnavigointitaidot, paitsi voidakseen ylipäätänsä ohjata alusta, myös ymmärtääkseen laitteiden toimintaa ja niihin liittyviä toimintarajoituksia, jotta monitorointi olisi mahdollisimman tarkoituksenmukaista. Vikatilanteen sattuessa vahtipäällikön on myös kyettävä turvautumaan perinteisempiin navigointimenetelmiin, jotta aluksen turvallinen kulku voidaan taata. Lisäksi esimerkiksi yksinkertaisemmat autopilotit eivät osaa ottaa huomioon virtaa ja sortoa, vaan vahtipäällikön on itse arvioitava niiden suuruus ja otettava ne huomioon kurssia asetettaessa.

Suuntien, eksymien ja erantojen laskeminen on ensimmäisiä opetettavia navigoinnin perustaitoja. Niihin liittyvien kaavojen tulisi periaatteessa "olla merenkulkijan selkäytimessä", koska niiden laskeminen liittyy niin olennaisesti navigointitaitoihin. Myös suuntimien ja etäisyyksien laskeminen on osa tavallista paikanmäärittystä saaristossa ja rannikolla ja liittyy läheisesti merikarttatyöskentelyyn. Tutka on nykyään oiva apuväline paikanmäärittämiseen, koska sillä saa kätevästi suunnittua rannikon tai



saariston kohteita, kuten esimerkiksi niemenkärkiä tai racon-majakoita, sekä määrittettyä etäisyyksiä niihin.



Kuva 4. Navigointia tutkan avulla (Kati Westerlund)

Useimmilla aluksilla on nykyään käytössä elektroninen merikartta (ECDIS), mutta SOLAS vaatii, että aluksilla on oltava sen lisäksi myös varajärjestelmä, joka on käytännössä usein perinteinen, paperinen merikartta, mutta voi myös olla kahdennettu ECDIS-järjestelmä, jos se täyttää samat vaatimukset kuin paperikartoille on asetettu (Lloyd's Register Rulefinder 2003). Reittisuunnitelma ja aluksen paikka on merkittävä tietyin väliajoin karttaan.

Aluksen magneettikompassia varten on laadittava vuosittain eksymätaulukko. Sen sijaan kompassin justerauksen tulee laivalle tekemään sellainen henkilö, joka on siihen erikoistunut. Hyrräkompassin vauhtivirhettä tarvitsee tuskin laivalla laskea, mutta kaava havainnollistaa hyvin vauhtivirheen periaatteen.

Isoympyräpurjehdusta käytetään lähinnä valtameriä ylitettäessä, kun taas lyhyemmillä matkoilla, kuten esimerkiksi Euroopan liikenteessä, purjehditaan loksodromia pit-

kin. Kuitenkin isoympyräpurjehduslaskut ovat isoympyräpurjehdukseen soveltuvien merikarttojen ohella tarpeen isoympyräreittiä suunniteltaessa. Merkintäkolmioita voidaan käyttää sekä merkintäpaikan laskemiseen loksodromipurjehduksessa että matkavoiton laskemiseen isoympyräreitillä.



Kuva 5. Drogdenin majakka Öresundin suulla (Mikko Westerlund)

## 4.2 Astronominen navigointi

Astronomisella navigoinnilla tarkoitetaan aluksen paikan määrittämistä taivaankappaleiden avulla. Paikanmäärityksen edellytyksenä on, että sekstantilla mitatut taivaankappaleiden korkeudet ja kronometrillä mitatut ajat ovat tarkkoja. Lisäksi on tehtävä laskutoimituksia, jotta mittaustuloksista saadaan sijoittajia.

### 4.2.1 Astronominen navigointi suhteessa muihin avomerinavigoinnin paikanmääritysvälineisiin

Avomerellä kuljettaessa paikanmääritys voidaan tehdä merkintälaskun, taivaankappaleista saatujen sijoittajien tai elektronisten paikanmäärityslaitteiden avulla (Karls-son 2002, 268). Näistä viimeisin on nykyisin käytetyin paikanmäärityskeino ja pai-



kanmääritys taivaankappaleiden sijainnin perusteella sekstantin ja monimutkaisten laskujen kanssa on menettämässä merkitystään.

Elektronisista paikanmäärityslaitteista lähinnä GPS on se, joka on syrjäyttänyt astronomisen navigoinnin käytön. Paitsi helppokäyttöisenä ja nopeana paikanmäärityslaitteena, se on myös tarkempi ainakin niin kauan, kun amerikkalaisten tarkoituksella asettama häiriö on pois käytöstä. Elektronisen paikanmäärityksen haittana on, että laitteet tai satelliitit voivat vikaantua tai häirintä voidaan ottaa käyttöön koska tahansa, jos maailmantilanne muuttuu. Toisaalta ei astronomiseen navigointiin ole aina voitu luottaa, sillä se ei onnistu, mikäli taivas on täynnä pilviä. Lisäksi, lukuun ottamatta auringon meridiaanisivuutusta, taivaankappaleiden avulla paikka saadaan lähinnä nauttisen hämärän aikaan eli silloin, kun taivaankappaleet ovat näkyvissä, mutta kun ei vielä ole liian pimeää. GPS:stä paikan voi katsoa koska vain, eikä se edellytä pitkien laskutoimitusten tekemistä paikan saamiseksi.

Merkintälasku on itsessään aika yksinkertainen tapa saada laskettu paikka laskemalla kuljettu matka ajan ja nopeuden avulla ajettu suunta huomioiden. Se ei kuitenkaan ole täysin luotettava, koska virran ja sorron vaikutusta voi olla vaikea arvioida ja virhe kertaantuu, mitä kauemmaksi lähtöpaikasta on ehditty kulkea.

Astronomisen navigoinnin merkitys merenkulussa pienenee todennäköisesti entisestään tulevaisuudessa, kun eurooppalainen satelliittipaikannusjärjestelmä Galileo otetaan käyttöön. Galileo perustuu 30 satelliitin järjestelmään (Galileo - a global system, 2005), ja sen odotetaan olevan tarkempi ja luotettavampi kuin GPS, koska sitä hallinnoi EU:n siviiliviranomainen (vrt. GPS, joka on USA:n asevoimien hallinnassa) ja koska sen laitteet edustavat uudempaa teknologiaa kuin GPS:n käytössä olevat laitteet (Toinen Galileo-satelliitti radalleen, 2008). Venäläisillä on myös ollut jo yli 15 vuoden ajan käytössään satelliittipaikannusjärjestelmä GLONASS (Global Orbiting Navigation Satellite System), joka on GPS:n tavoin sotilasviranomaisen hallinnoima.

01.10.2009 käyttöön otettu EGNOS (the European Geostationary Navigation Overlay Service) on Galileon edeltäjä ja perustuu kolmeen, geostationaarisia ratoja pitkin kiertävään satelliittiin sekä lukuisiin maa-asemiin. Järjestelmän toiminta perustuu

siihen, että sen lähettämä signaali sisältää tiedon siitä, kuinka tarkkaa ja luotettavaa GPS-satelliittien ja GLONASS-satelliittien antama paikkatieto on. EGNOS-järjestelmällä päästään kahden metrin tarkkuuteen. (What is EGNOS?, 2007; EGNOS 'Open Service' available: a new era for European navigation begins today, 2009)



Kuva 6. MOON Contrast (stewartde)

#### 4.2.2 Astronomisen navigoinnin osuus kaavakokoelmassa

Huolimatta siitä, että astronomista navigointia ei paljoa tarvita nykypäivänä, on se kuitenkin käsitelty kokonaisvaltaisesti kaavakokoelmassa. Astronomisen paikanmäärittäminen on osa merenkulkijan navigointitaitoja ja myös hyvä turva sen varalta, mikäli GPS-järjestelmä tai muu vastaava satelliittipaikannusjärjestelmä sattuu

vioittumaan keskellä valtameriä tai jos yhdysvaltalaiset päättävät asettaa häirinnän takaisin päälle.

Kaavastoon on kerätty yksittäiset kaavat aikamuutoksien, tuntikulmien ja sekstantin virheiden laskemiseen sekä muutama atsimuuttikaava. Lisäksi kaavastossa on paljon laskumalleja, muun muassa korkeusmenetelmät auringolle, kuulle, tähdille ja planeetoille sekä tähden/taivaankappaleen tunnistus.

### 4.3 Vuorovesi

Vuorovesi on ilmiö, joka merenkulkijan on otettava huomioon, jotta hän voi varmistaa, että kölin alla on tarpeeksi vettä. Vuorovesi ei käyttydy samalla lailla kaikissa satamissa, ja sen vuoksi satamakohtaisiin vuorovesitietoihin on syytä perehtyä hyvissä ajoin ennen saapumista. Vuoroveteen voi myös liittyä voimakkaita virtauksia, jotka vaikuttavat aluksen nopeuteen kuljettaessa ja kiinnitysköysien määrään laiturissa.



Kuvat 7 ja 8. Vuorovesi yllätti Grönlannissa (Mikko Westerlund)

#### 4.3.1 Vuorovesilaskut aluksella

Monen sataman internet-sivuilta saa nykyisin valmiina vuorovesitiedot jokaiselle päivälle kyseisen sataman alueella. Kaikilla aluksilla ei kuitenkaan välttämättä ole käytössä internetiä tai se voi lopettaa toiminansa juuri, kun tarvittaisiin vuorovesitie-

toja. Joissakin satamissa agentti tai satamaviranomainen toimittaa laivalle tarvittavat vuorovesitiedot. Laivalla saatetaan kuitenkin tarvita muitakin tietoja kuin korkean- ja matalanveden ajat ja vedenkorkeudet, tai tietoja määränpäänä olevan sataman vuorovesistä saatetaan tarvita jo hyvissä ajoin matkan varrella. Silloin vuorovesilaskutaitoja tarvitaan.

Vuorovesivirtojen käyttäytymisestä eri vuorokaudenaikoina on ainakin tärkeimmiltä vesialueilta, kuten Englannin kanaalista, tehty erillisiä niteitä. Niistä on luettavissa, mihin suuntaan virrat kulkevat milläkin aikavälillä.

#### 4.3.2 Vuorovesilaskut kaavakokoelmassa

Kaavakokoelman vuorovesiosuus on hyvin lyhyt, sillä esimerkiksi Admiralty Tide Tables sisältää loistavat taulukot sivusatamien vuorovesien laskemista ja harmonisen menetelmän käyttöä varten. Vuorovesilaskuja varten tarvitaan joka tapauksessa jonkinlaista vuorovesitaulukkoa, ja kun taulukkokirja jo itsessään sisältää työkalut vuorovesilaskuihin, ei niiden kopioimista kaavakokoelmaan ole katsottu tarpeelliseksi. Lisäksi ATT vol 1:ssä ja osassa vol 2:ta on kullekin kantasatamalle oma, sataman olosuhteisiin nähden tyypillinen käyränsä, jonka avulla vuorovesilaskut ovat helposti tehtävissä. Muille satamille on käytössä yleinen standardikäyrä tai tietyissä tapauksissa jo edellä mainittu harmoninen menetelmä (ATT Vol.1, 2000; ATT Vol. 2, 2000).

Vuorovesilaskujen osalta kaavakokoelmassa on mukana vain faktorisysteemiin kuuluvat kaavat, joiden avulla voidaan laskea vuoroveden korkeus tai aika kantasatamisissa. Faktorisysteemiä voi käyttää vaihtoehtona kantasatamien käyrälle, joskin fakto-reilla laskemisessakin tarvitaan satamakohtaista käyrää.

#### 4.4 Aluksen vakavuus

Aluksen vakavuus on laaja ja turvallisuuden kannalta hyvin olennainen osio. Vakavuuslaskut sivuavat merkittävästi lastilaskuja, mutta selkeyden vuoksi aluksen vakavuus ja lastilaskut on erotettu kaavakokoelmaan kahdeksi eri aihealueeksi.

#### 4.4.1 Vakavuuslaskujen kaavat kaavakokoelmassa

Kaavakokoelmassa aluksen vakavuus on jaettu kahteen osaan: staattinen vakavuus ja dynaaminen vakavuus. Näistä ensimmäinen sisältää sekä yksittäisiä peruskaavoja että laskumalleja erilaisille tilanteille niin pitkittäisen kuin poikittaisenkin vakavuuden osalta. Lisäksi staattisen vakavuuden osioon on laitettu Simpsonin kaavat pintaalojen ja tilavuuksien laskemiseksi. Staattisen vakavuuden osion lopussa on myös laskumalli aluksen vakavuuden laskemiseksi. Dynaaminen vakavuus sisältää laskumalleja kaavoineen lähinnä erilaisia tilanteita varten, kuten esimerkiksi vauriotilanteet, kallistuma, karilleajo ja kuivatelakointi.



Kuva 9. Kohti lastaussatamaa (Mikko Westerlund)

#### 4.4.2 Vakavuuslaskut käytännön työssä

Laivojen vakavuuslaskut on syytä hallita jo siitäkin syystä, että niiden avulla oppii ymmärtämään aluksen käyttäytymistä lastaus-, purkaus- ja painolastitilanteissa. Monilla suomalaisilla laivoilla on nykyisin käytössä Napa-ohjelma, joka laskee aluksen vakavuuden siihen syötettyjen parametrien perusteella. Näitä parametreja ovat mm.

aluksen syväys keulassa, perässä ja keskellä, lastin ja painolastin määrä eri tankeissa/ruumissa, ym. Lisäksi ohjelmaan on syötetty kunkin laivan "strategiset" tiedot, joita ohjelma tarvitsee laskuissa.

Vaikka vakavuustietoja ei itse tarvitsisi käsin laskeakaan, on niitä kuitenkin osattava tulkita, jotta niistä on hyötyä. Esimerkiksi on ymmärrettävä, miten GZ-käyrää luetaan, ja on kyettävä katsomaan, täyttyvätkö Solaksen asettamat vakavuusvaatimukset, jotka ovat osa aluksen merikelpoisuutta. Osittain lastilaskut, kuten full and down ja draft survey, liittyvät läheisesti aluksen staattiseen vakavuuteen, mutta selkeyden vuoksi ne on laitettu omaan osioonsa.

#### 4.5 Lastilaskut

Alukset ryhmitellään niiden kuljettamien lastien perusteella, ja lastimäärät ilmoitetaan eri tavalla erityyppisissä aluksissa. Esimerkiksi tankkilaivoissa ja irtolastilaivoissa lastimäärät mitataan tonneina, kun taas ro-ro-laivoissa ne mitataan kaistametreinä ja konttilaivoissa TEU-yksikköinä. Lastin luonne vaikuttaa myös siihen, millä tavalla lastisuunnitelma toteutetaan. Irtolasti- ja tankkilaivoissa lastimäärien laskemiseen tarvitaan laskukaavoja.



Kuva 10. Lastia puretaan Grönlannissa (Mikko Westerlund)



#### 4.5.1 Lastilaskujen osuus kaavakokoelmassa

Irtolastialusten osalta kaavakokoelmaan on kerätty draft survey siihen liittyvine trimmi-, perpendikkeli-, muoto- ja tiheyskorjauksineen, viljalasku, viljalastin siirtymä sekä puutavarakansilastilasku. Sekä tankkialuksia että irtolastialuksia painolastitankkien osalta koskeva wedge formula on myös mukana. Tankkilaivoihin liittyen kaavakokoelmassa ovat lyhyet peruskaavat raakaöljy- ja öljytuotelasteille ja kemikaalilasteille sekä pidempi lastilasku kaasulasteille (LPG).



Kuva 11. Kevennys (Kati Westerlund)

#### 4.5.2 Käsintehtyjen lastilaskujen merkitys nykypäivän merenkulussa

Monella irtolastialuksella yliperämies, yhdessä draft survey -tarkastajan kanssa, laskee edelleen käsin lastin määrän draft surveyyn avulla. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että laskutoimitukset on tehtävä ainakin kahdesti: lasti päällä olevan laivan paino ennen purkausta tai lastauksen jälkeen sekä tyhjän aluksen paino ennen lastausta tai purkauksen jälkeen. Monella aluksella saattaa myös olla käytössään varustamon tai aluksen oma ohjelma, joka laskee lastimäärän (ja myös aluksen vakavuuden) siihen syötettyjen parametrien perusteella. Kaikki satamat eivät kuitenkaan välttämättä hy-

väksy näillä ohjelmilla tehtyjä laskuja, ja sen vuoksi ne on kyettävä laskemaan käsin tarpeen vaatiessa.

Solaksen VI luvussa mainitaan kansainvälinen viljakoodi (International Code for the Safe Carriage of Grain in Bulk), jota viljaa kuljetettavien alusten on noudatettava (SOLAS 1997, 427). Viljakoodiin on kirjattu tarkat vakavuusvaatimukset aluksille, jotka kuljettavat viljaa bulk-lastina (Part A, 7 Stability Requirements), ja aluksilla on tehtävä tietyt laskutoimitukset, jotta kyseisten vakavuusvaatimusten voidaan todeta täyttyvän. Kohdassa 7.2 sanotaan erityisesti:

Before loading bulk grain the master shall, if so required by the Contracting Government of the country of the port of loading, demonstrate the ability of the ship at all stages of any voyage to comply with the stability criteria required by this section (Lloyd's Register Rulefinder 2003).

Viitaten yllä olevaan lainaukseen aluksen päällikön on siis pystyttävä osoittamaan, että alus täyttää sille asetetut vakavuusvaatimukset. Käytännössä hänen on siis pystyttävä esittämään laskutulokset aluksen vakavuudesta kyseessä olevassa lastitilanteessa.

## 5 KAAVOJEN KÄYTTÄMINEN

Kuten on jo aikaisemmin mainittu, on kaavakokoelma tarkoitettu käytettäväksi opetuksen ja opetusmateriaalin rinnalla. Syynä tähän on lähinnä se, että pelkästään kaavakokoelmaa selaamalla laajat asiakokonaisuudet sekä kaavojen käyttötarkoituksiin liittyvät asiayhteydet voivat jäädä ymmärtämättä. Lisäksi kaavakokoelmaan on mahdollonta sisällyttää jokaiseen kaavaan liittyvät ohjeet niin täydellisinä, että muuta opetusta ei tarvittaisi, ilman että kaavakokoelmasta tulisi oppikirja. Tähän sopiva vertailukohta on esimerkiksi Maol-taulukot, jossa ei ole kaavojen lisäksi minkäänlaisia selityksiä, vaan oletuksena on, että kaavojen käyttö opetetaan koulussa.



Poiketen kuitenkin esimerkiksi edellä mainitusta Maol-taulukosta tähän kaavakoelmaan on pyritty laatimaan jonkun verran kaavojen "käyttöohjeita", kuten merkisääntöjä ja ohjeita siitä, minkälaisessa muodossa joitakin suureita sijoitetaan kaavoihin. Ohjeet eivät välttämättä kata kaikkea, ja siitä johtuen on muistettava, että opetuksen osuus on myös merkittävä.

Monissa laskuissa käytettävillä merkkisäännöillä tarkoitetaan ensinnäkin sitä, että tietyt kaavoihin sijoitettavat suureet saavat tietyn etumerkin (plus tai miinus) ominaisuuksiensa mukaan. Tästä tavallisin kaavakokoelmassa esiintyvä esimerkki on latitudien ja longitudien jako niin, että pohjoiset latitudit ja itäiset longitudit ovat positiivisia eli plusmerkkisiä, kun taas eteläiset latitudit ja läntiset longitudit ovat negatiivisia eli miinusmerkkisiä. Toiseksi kyse on myös siitä, että kun suureet sitten sijoitetaan kaavoihin edellä mainittujen etumerkkien kanssa, on yleensä - tosin ei kaikissa tapauksissa - myös tuloksen etumerkistä pääteltävissä tiettyjä asioita, kuten esimerkiksi isoympyrälaskuissa lähtösuuntaa laskettaessa todellinen lähtösuunta.

Muita esimerkkejä merkkisääntöjen käyttökohteista ovat muun muassa eksymät ja erannot sekä astronomisen navigoinnin atsimuuttilaskut. Näistä ensimmäisten avulla voidaan laskea aluksen tosisuunta, magneettisuunta tai kompassisuunta, ja tällöin merkkisäännöt rajoittuvat vain eksymien ja erantojen käyttöön, kun taas laskun tulos, joka on jokin edellä mainituista suunnista, on ilman minkäänlaista etumerkkiä ja jää siten myös ilman merkkisääntöjen tuomaa tulkinnanvaraa. Toisena esimerkkinä olleissa atsimuuttilaskuissa taas merkkisääntöä käytetään niin kaavoihin sijoitettavien deklinaation ja latitudin kanssa kuin lopputulosta tulkittaessakin.

Sellaisissa kaavoissa, jossa on merkki  $\pm$ , on kyseinen merkki tarkoitus korvata suoraan suureen merkillä. Esimerkiksi jos suureen merkki on -, laitetaan tuo miinusmerkki suoraan  $\pm$ -merkin tilalle. Tällaisia kaavoja käytetään esimerkiksi suuntien ja suuntimien laskemiseen.

Merkkisääntöjä käytettäessä on muistettava myös matematiikan perussäännöt. Toisin sanoen sijoitettaessa lukuja kaavoihin, joissa on plus- tai miinusmerkkejä, on muistettava, että kaksi samaa merkkiä (+ ja + tai - ja -) toteutuvat plussana ja kaksi eri

merkkiä (+ ja - tai - ja +) toteutuvat miinuksena. Oiva esimerkki löytyy magneettikompassin eksymälaskusta, jossa eksymäkertoimia laskettaessa joidenkin eksymien merkki vaihtuu kaavaan sijoitettaessa, koska kaavassa on miinusmerkki.

Toisaalta osan laskuista voi laskea myös niin, että merkkisäännöt jätetään huomiotta, mutta silloin laskuun liittyvä käytännön tilanne ja kaikki muut siihen liittyvät tekijät, lopputuloksen päättelemisen mukaan lukien, on mietittävä maalaisjärjellä. Esimerkiksi laskettaessa loksodromilaskuja keskilatitudi- tai meridiaalimenetelmällä käytetään ensimmäistä tai toista merkintäkolmiota ja laskeminen onnistuu helpoiten merkkisääntöjä noudattamalla, mutta on mahdollista tehdä myös siten, että kolmion asento päätellään lähtö- ja tulopaikan mukaan ja lopullinen suunta lasketaan sen mukaan, miten kolmio asettuu kompassiruuuun verrattuna. Toki on myös hyvä muistaa, että maalaisjärjen käyttö on hyväksi laskettaessa kaikkia laskuja, menetelmästä riippumatta.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn alkuperäinen tarkoitus oli kerätä yhteen kaikki olemassa olevat kaavat, joita kansipäällystö saattaisi työssään ja opiskellessaan tarvita. Mitä pidemmälle työ eteni, sitä selvemmäksi alkoi käydä, että kaavoja on olemassa niin paljon, että työn laajuus ja sitä varten varatut resurssit eivät riittäisi niiden kaikkien käsittelymiseen. Siksi kaavastosta on lopulta tullut kansipäällystön käytännössä tarvitsemien kaavojen peruskokoelma.

Kaavojen vertailu eri oppikirjojen välillä osoittautui työlääksi ja hitaaksi, sillä käytetyt lyhenteet vaihtelevat paljon oppikirjasta toiseen. Tietenkin kussakin kirjassa on käytetty kauttaaltaan yhteneväistä merkistöä, mutta jo seuraavassa kirjassa voivatkin olla käytössä aivan toisenlaiset lyhenteet. Ennen kuin kaavoista on saanut selkokuvan toisiinsa verrattuna, oli muutettava kaikki kaavat sellaiseen kirjoitusmuotoon, että niissä on käytössä samat lyhenteet.

Tässä olisikin kehitystarvetta merenkulun alalla, jossa niin moni asia on jo kansainvälistetty ja yhtenäistetty: merenkulussa käytettäville lyhenteille pitäisi luoda SI-

järjestelmää vastaava yhtenäinen lyhenteiden merkistö, jonka käyttö, kulttuurista ja maasta riippumatta, ei aiheuttaisi sekaannusta.

Yhteisesti sovittuja lyhenteitä puoltaisi myös se, että monessa englanninkielisessä kirjassa kaavat on usein kirjoitettu sanoilla, eli lyhenteitä ei ole käytetty ollenkaan. Tällöin on vaikea yhdellä silmäyksellä nähdä, mistä kaavasta on kysymys. Kaavojen hahmottaminen käy nopeammin ja helpommin, kun ne on kirjoitettu yksinkertaisesti lyhenteillä sen sijaan, että ne olisi kirjoitettu joskus jopa rivin mittaisilla selityksillä.

Brittiläinen kirja *Ship Stability for Masters and Mates* (Derrett 1982) toi myös esille sen, kuinka englantilainen tapa kirjoittaa matemaattisia laskuja poikkeaa varsin selvästi suomalaisesta tavasta. Esimerkiksi seuraava laskuesimerkki kirjan sivulta 294 saattaa ihmetyttää suomalaista:

$$\text{Tan list} = \sqrt[3]{\frac{2.2.12}{12,250.4 \cdot 2}}$$

Sama lasku voidaan kirjoittaa suomalaisella tavalla seuraavasti:

$$\text{Tan list} = \sqrt[3]{\frac{2 \times 2 \times 12}{12250 \times 4,2}}$$

Oman haasteensa kaavakokoelmaa tehdessä on tuonut se, että kaavat ohjeineen ja havaintokuvineen on pitänyt saada kirjoitettua sellaiseen muotoon, että käyttäjät ymmärtävät ne oikein. Muutoin kaavakokoelmalla ei olisi mitään merkitystä muiden merenkulkijoiden apuna. Tämän ymmärtäminen vaati sen, että veljeni kyseenalaisti horisonttietäisyyslaskun siihen asti, että olin tyhjentävästi selittänyt hänelle sen käytötarkoituksen ja esittänyt sekä laskelmat että niiden tulokset merikartalla. Se opetti ottamaan etäisyyttä työhön ja tarkastelemaan sen ymmärrettävyyttä ulkopuolisen näkökulmasta.

Kaavakokoelman kerääminen on ollut oiva tapa kerrata tärkeitä asioita merikapteenin teoreettisesta koulutuksesta ja laajentaa ammattitaitoon liittyvää tietämystä. Työn te-

keminen on ollut hyvin mielenkiintoista ja avartanut näkemystäni siitä, miten laajoista kokonaisuuksista kokoelmassa olevissa aihealueissa onkaan kysymys. On ollut valitettavaa huomata, että merikapteenikoulutuksen opetussuunnitelmaan on varattu aivan liian vähän aikaa varsinaisten ammattiaineiden opetusta varten, esimerkiksi astronomisen navigoinnin kurssilla ei ole ehditty käydä läpi läheskään kaikkea olennaista asiaa. Merenkulkijan ammattitaidosta hyvin olennainen osa koostuu tietenkin käytännön taidoista, mutta niitä varten on hyvä tietää ja taitaa teoreettiset perusteet, joita kukaan tuskin ehtii enää laivassa opettaa.

Jatkoa ajatellen heitänkin siis ilmaan haasteen: Kuka tekisi vastaavanlaisen merenkulun kaavakokoelman konepuolelle?



Kuva 12. Vanavesi (Kati Westerlund)

## KIRJALLISUUTTA JA MUUTA MATERIAALIA

Admiralty Tide Tables 2000. Volume 1 NP 201-00. United Kingdom and Ireland (including European Channel Ports). 1999. Taunton, Somerset: The Hydrographer of the Navy (The United Kingdom Hydrographic Office).

Admiralty Tide Tables 2000. Volume 2 NP 202-00. Europe (excluding United Kingdom and Ireland), Mediterranean Sea and Atlantic Ocean. 1999. Taunton: The Hydrographer of the Navy (The United Kingdom Hydrographic Office).

Alava, T. 2006. Säiliöalusten lastioperointi. Luennot ja luentomateriaali syksy 2006. Kotka: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Brown, N. (toim.). Brown's Nautical Almanac 2007. Glasgow: Brown, Son & Ferguson, Ltd.

Clark, I. C. 2002. The Management of Merchant Ship Stability, Trim and Strength. London: The Nautical Institute.

Derrett, D. R. 1982. Ship Stability for Master and Mates. 6. painos. London: Stanford Maritime Limited.

van Dokkum, K., ten Katen, H., Koomen, K. & Pinkster, J. 2007. Ship Stability. 2. painos. Enkhuizen: DOKMAR.

EGNOS 'Open Service' available: a new era for European navigation begins today [online]. European Space Agency, 2009. Saatavissa: [http://www.esa.int/esaNA/SEM2HGF280G\\_egnos\\_0.html](http://www.esa.int/esaNA/SEM2HGF280G_egnos_0.html) [viitattu 02.10.2009].

Engberg, T. & Schuback, B. 1986. Navigation 1. Terrestrial navigation. Värnamo: AB Fälths Tryckeri.

Forsén, M. 1980. Nautisk formelsamling. Åbo Navigationsinstitutts publikationsserie No 8.

Galileo - a global system [online]. European Space Agency, 2005. Saatavissa: [http://www.esa.int/SPECIALS/Galileo\\_Launch/SEM4OD8A9HE\\_0.html](http://www.esa.int/SPECIALS/Galileo_Launch/SEM4OD8A9HE_0.html) [viitattu 30.09.2009].

Handbook of Magnetic Compass Adjustment [online]. Bethesda, MD: National Geospatial-Intelligence Agency, 2004. Saatavissa: <https://www1.nga.mil/ProductsServices/NauticalHydrographic/Related%20Documents/HoMCA.pdf> [viitattu 26.10.2009].

Huhtinen, M. & Hyttinen, J. GPS ja muut paikannusjärjestelmät [online]. Virtuaali-amk. Saatavissa: <http://www.ncp.fi/koulutusohjelmat/metsa/PaikkatietoWWW/paikannus/galileo.html> [viitattu 30.09.2009].

Huss, M. 2007. Fartygs stabilitet. Stockholm: JURE förlag AB.

Karlsson, S. (toim.) 2002. Merenkulun perusteet rannikolta avomerelle. 1. painos. Helsinki: Edita.

Laakso, J. Vakavuuden perusteet. Power point -esitys.

Lloyd's Register Rulefinder. Version 9.0. 2003. Lloyd's Register of Shipping.

MAOL-taulukot. 1996. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Matusiak, J. 1995. Laivan kelluvuus ja vakavuus. 4. korjattu painos. Helsinki: Otatie-to oy.

Rauman merenkulkuopiston kaavakokoelma. Rauma: Rauman merenkulkuopisto.

Rudberg, P. & Varenius, B. 1983. Navigation 2. Astronomisk navigation. Tidvattenlära. Värnamo: AB Fälths Tryckeri.

Räisänen, P. (toim.) 2000. Laivatekniikka. Modernin laivanrakennuksen käsikirja. 2., korjattu painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

SOLAS. Consolidated Edition 1997. 1997. 2. painos. London: International Maritime Organization.

Teemun avomerikurssin luentomateriaali vuodelle 2004-2005 [online]. Turun Navigaatioseura, 2005. Saatavissa:

<http://www.turunavigaatioseura.fi/koulutus/avomeri/luennot.htm>

[viitattu 28.11.2008].

Tekniikan kaavasto. Matematiikan, fysiikan ja lujuusopin peruskaavoja sekä SI-järjestelmä. 2002. 4. painos. Jyväskylä: Tammertekniikka.

Toinen Galileo-satelliitti radalleen [online]. MBnetin uutiset 30.4.2008, 2008. Saatavissa: <http://www.mbnet.fi/uutiset/index.asp?Uutinen=2521> [viitattu 30.09.2009].

Usmi, M. 2002. Magneetikompassi. Luentomoniste. Kotka: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Vainio, J. 2005. Astronominen navigointi. Luennot ja luentomateriaali kevät 2005. Kotka: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Vainio, J. 2006. Kuivalastialusten lastioperointi. Luennot ja luentomateriaali syksy 2006. Kotka: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Vainio, J. 2004. Laivateoriat 1. Luennot ja luentomateriaali syksy 2004. Kotka: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Vainio, J. 2006. Laivateoriat 2. Luennot ja luentomateriaali syksy 2006. Kotka: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Vainio, J. 2007. Lastioppi 2. Luennot ja luentomateriaali kevät 2007. Kotka: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Vainio, J. 2004. Terrestinen navigointi. Luennot ja luentomateriaali syksy 2004 - kevät 2005. Kotka: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

What is EGNOS? [online]. European Space Agency, 2007. Saatavissa:  
[http://www.esa.int/esaNA/GGG63950NDC\\_egnos\\_0.html](http://www.esa.int/esaNA/GGG63950NDC_egnos_0.html) [viitattu 02.10.2009].

2009 Nautical Almanac. Commercial Edition. 2008. United Kingdom Hydrographic Office. Arcata: Paradise Cay Publications, Inc.