

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulun koulutusohjelma

Pekka Meyer

OPAS TALVIMERENKULKUUN JA JÄÄNMURTOAVUSTUKSEEN NELI-  
POTKURISELLA JÄÄNMURTAJALLA

Opinnäytetyö 2012

## TIIVISTELMÄ

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulun koulutusohjelma

MEYER, PEKKA

Opas talvimerenkulkuun ja jäänmurtoavustukseen nelipotkurisella jäänmurtajalla,  
27 sivua + 71 liitesivua

Työn ohjaaja

Opettaja Joni Hietakangas

Toimeksiantaja

Arctia Shipping Oy

Marraskuu 2012

Avainsanat

Talvimerenkulku, jäänmurto, jäänmurtajat

Tämän opinnäytetyön aiheena on neljällä potkurilla varustetun perinteisen jäänmurtajan tekemä talvimerenkulun avustustoiminta. Arctia Shipping Oy:lle laaditun oppaan tavoitteena on selventää jäänmurtajan käyttämiä toimintatapoja sen avustuksessa kauppalaivoja jään peittämällä alueilla. Työhön on sisällytetty myös ohjeita kauppalaivalle kylmillä alueilla tapahtuvaa navigointia varten.

Tutkimus- ja esityskeinoksi valikoituivat käytännöllisimmäksi havaitsemani kuvallinen ilmaisutapa ja kerronta. Työn tekijän opasta varten tuottamat kuvat on esitetty kokeneimmille jäänmurtoammattilaisille työn etenemisen aikana haastatteluiden yhteydessä. Kuvia voidaan pitää luotettavina. Jään rakenne ja koostumus kuitenkin vaihtelevat, joten kuvia täytyy käsitellä yleisluonteisina ohjeina.

Lopputuloksena on saatu muodostettua kuvaus jäänmurtajan käyttämisestä avustusmenetelmistä ja keinoista. Johtopäätöksenä voidaan sanoa, että neljällä potkurilla varustettu jäänmurtaja on tehokas väline talvimerenkulun avustamiseen. Työstä voidaan myös päätellä, että kuvallinen ilmaisutapa on tehokas keino tiedon välittämiseen. Jatkotutkimuksen aiheeksi työn tekijä suosittelee liikkuvan animaatiokuvan ja opetusvideoiden käyttämistä aluksen käsittelyn ja talvimerenkulun opastuksessa.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Marine Technology

MEYER, PEKKA

Guidance for Winter Navigation And for Icebreaking with the Icebreaker Fitted with Four Propellers.

Bachelor's Thesis

27 pages + 71 pages of appendices

Supervisor

Joni Hietakangas, Lecturer

Commissioned by

Arctia Shipping Oy

November 2012

Keywords

winter navigation, icebreaking, icebreakers

The subject of the thesis is winter navigation assistance with a traditional icebreaker which is fitted with four propellers. The aim of the guide book prepared for Arctia Shipping was to clarify methods and practises used by an icebreaker when assisting ships in ice infested waters. The thesis also includes practical advice for the merchant vessels to navigate in cold regions.

Figurative expression and explanations were selected as the method of research and presentation. The figures made for the guide book were shown to experienced icebreaker professionals during interviews which were carried out in the process of research. Information shown on the pictures can be considered reliable. The structure and composition of ice varies constantly, because of this the figures must be consider as general guideline.

The outcome of the thesis is a description to the assisting methods and practises used in icebreaker assistance. In conclusion, an icebreaker fitted with four propellers is an effective vessel for assistance in winter navigation. Also, figurative expression is a practical way to provide information. Recommendations for further research could be the study of moving animated images and teaching videos to be used in teaching ship handling and winter navigation.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO	5
2	TALVIMERENKULKU	5
	2.1 Jää Suomen rannikoilla	7
	2.2 Jäänavigoinnin riskit ja alukseen kohdistuvat kuormat	9
	2.3 Jäävastus ja jäänmurtaminen	11
	2.4 Jäänmurto Suomessa	13
	2.5 Neljällä potkurilla varustettu jäänmurtaja ja Urho-luokan jäänmurtajat	13
3	LAIT JA MÄÄRÄYKSET	15
	3.1 Miehistöön ja aluksiin kohdistuvat vaatimukset	16
	3.2 Lakien ja määräysten vaikutukset tiivistetysti	17
4	OPAS	19
	4.1 Työprosessi, työn aloitus ja taustamateriaali	20
	4.2 Haastattelut	20
	4.3 Havainnointi	21
	4.4 Havainnoinin lajit	22
	4.5 Kuvallinen ilmaisutapa ja kuvien valmistuminen	22
	4.6 Oppaan viimeistely ja oppaan lopullinen rakenne	23
5	TYÖN LOPPUTULOKSEN TARKASTELU	24
	5.1 Lopputulos	24
	5.2 Päätelmät ja suositukset	24
	LÄHTEET	25
	LIITTEET	
	Liite 1. Kuva jäänmurron kehityksestä	
	Liite 2. Aihio.gif	

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on talvimerenkulku ja jäänmurtoavustus. Työn yhteydessä laadittiin ”Opas talvimerenkulkuun ja jäänmurtoavustukseen nelipotkurisella jäänmurtaajalla”. Tässä raporttiosuudessa käsitellään oppaan valmistumisprosessia ja selvitetään työhön vaikuttaneita taustatietoja. Ajatus oppaan tekemisestä sai alkunsa työn tekijän havainnosta, että neljällä potkurilla varustetun jäänmurtaajan käsittelystä ja avustuksen rutiinitoiminnoista on heikosti kirjallista materiaalia saatavilla. Oppaaseen on lisätty myös hieman ohjeita kauppa-alukselle joka etenee tai on saapumassa jään peittämille alueille.

Opas ei ole Arctia Shipping Oy:n vaatimuksesta julkinen, eikä se näin ollen ole tämän opinnäytetyön julkisen version liitteenä.

Oppaan tarkoituksena on tuottaa uusille perämiehille ja muille asiasta kiinnostuneille, esim. opiskelijoille, helposti sisäistettävää tietoa talvimerenkulusta. Oppaassa käsitellään suomalaisten murtaajien toimintatapoja, ei ruotsalaisten tai venäläisten käyttämiä toimintatapoja. Tutkimus ja opas on rajattu käsittelemään vain neljällä potkurilla varustetun murtaajan toimintaa, vaikka useat avustustaktiikat ovat periaattessa samoja myös muilla jäänmurtaajatyypeillä. Siitä on siis rajattu pois kahdella potkurilla, Aquamastereilla tai Azibodeilla varustetut murtaajat. Oppaasta on rajattu pois myös jääluokkavaatimukset ja muu lainsäädännöllinen sisältö, koska opas on haluttu pitää käytännönläheisenä.

Opinnäytetyön ohjaajana toimi opettaja Joni Hietakangas ja oppaan valmistumisen vaatimiin haastatteluihin ja tarkastuksiin osallistuivat useat kokeneet Arctia Icebreaking Oy:n kansipäällystön jäsenet. Arctia Shipping Oy: puolesta ohjaavina henkilöinä toimivat Hanna Suutarla ja Kai Valtari.

## 2 TALVIMERENKULKU

Suomen rannikolla on jäätä joka vuosi marraskuun puolivälistä huhtikuun loppuun, ja kovina talvina Suomen kaikki satamat voivat jäätyä. Koska 90 prosenttia Suomen viennistä tapahtuu meritse ja euromääräisestikin mitattuna 70 prosenttia, on ainoa ratkaisu ympärivuotisen kaupan turvaamiseksi jään murtaminen. Viennin kasvusta kertoo se, että vuonna 1991 yhteensä 26 000 laivaa kuljetti 60 miljoonaa tonnia rahtia,

kun vuonna 2011 luvut olivat noin 107 miljoonaa tonnia ja noin 36 000 laivaa. Jäänmurtaajat pitävät ympärivuotisesti auki 23 talvisatamaa. (Turunen & Partanen 2011, 21; Kujala & Riska 2010, 1; Meriliikennetilastot 2012.)

Tilastot osoittavat, että jääpeitteen laajuus vaihtelee paljon. Jäätalvet luokitellaan viiteen eri luokkaan seuraavasti: erittäin leuto, leuto, keskimääräinen, ankara, erittäin ankara. Talven tilastollinen sijoittuminen määräytyy sen päivän mukaan, jolloin jäätä esiintyy talven kuluessa laajimmalla mitatulla pinta-alalla. Luokitus perustuu siis vain mitattuun pinta-alaan, eikä se ota huomioon jään laatua, jolla on suuri merkitys merenkulun sujuvuuteen. Ahtautunut jää aiheuttaa enemmän ongelmia merenkululle kuin tasainen jää. Vuosisadan ankarampia talvia oli 1986-1987, jota taas seurasi yksi kaikkien aikojen leudoimmista talvista. Vaikka talvi olisi tilastollisesti leuto, ei se tarkoita, että talvi olisi merenkulullisesti helppo, kuten ei ankara talvikaan välttämättä tarkoita sitä, että talvi olisi ollut merenkulullisesti Suomen rannikoilla erityisen vaikea. Leutoinkin talvina jää vaikuttaa Suomen, Ruotsin, Viron, Venäjän sekä Latvian merenkulun sujuvuuteen. Ankarina talvina jäätä esiintyy myös muiden Itämeren alueen valtioiden rannikoilla. Eräissä teknillisessä korkeakoulussa valmistuneessa opinnäytetyössä tarkastateltiin talven ankaruuden vaikutusta jäämurtaajien opeointipäiviin. Havainto oli, että ankarana jäätalvena jäämurtaajille kertyi 1200 opeointipäivää, jolloin kaikki Suomen jäämurtaajat olivat käytössä. Jos nykyistä alusliikennetiheyttä verrataan erittäin ankaraan jäätalveen 1986-1987, huomataan, että Perämerellä ei saavutettaisi jäänmurtoille asetettuja palvelusvaatimuksia, vaan ajaututtaisiin jopa 10 tunnin odotusaikoihin. Havaittiin myös, että leutoina talvina käytössä on vain 3-4 murtaajaa. (Turunen & Partanen 2011, 21; Vainio & Lumiaro 2012; Kujala, P. 2008)

Talvimerenkulkujärjestelmällä tarkoitetaan infrastruktuuria, johon kuuluu kolme tekijää (Kujala & Riska 2010, 7):

**Kauppa-alukset:** Varustamot käyttävät ja kehittävät aluksia jotka ovat soveliaita jäissäkulkuun.

**Jäänmurtaajat:** Kaikille aluksille, jotka täyttävät liikennerajoitusten vaatimukset, annetaan jäänmurtoavustusta kaikkiin 23 talvisatamaan.

Viranomaistoiminnot: Liikenne rajoitukset määräävät ne alukset, joille annetaan jäänmurtoavustusta. Suomalais-ruotsalaiset jääluokkavaatimukset asettavat ehdot alusten rakenteellisen lujuuden ja konetehon suhteen. Väylämaksut määräytyvät jääluokan ja vetoisuuden mukaan. Kauppa-aluksilta veloitetaan väylämaksu 10 ensimmäiseltä satamakäynniltä vuoden alusta lukien, kun taas matkustaja-aluksilta peritään maksu 30 matkasta.

Talvimerenkululla tarkoitetaan jään peittämällä alueilla tapahtuvaa navigointia. Lain alusten jääluokista ja jäänmurtaja-avustuksesta mukaan (1121/2005) Liikennevirasto huolehtii jäänmurtaja-avustuksen saatavuudesta Suomen vesialueilla jääolosuhteiden niin vaatiessa. Avustusta annetaan Liikenneviraston nimeämiin talvisatamiin ja erikseen määriteltyihin muihin kohteisiin. Satama-alueilla avustuksesta vastaa satama. Liikennevirasto huolehtii jäänmurtaja-avustuksen saatavuudesta myös Suomen aluevesien ulkopuolella, jos avustus suomalaisiin satamiin tai satamista on tarpeen Suomen ulkomaankaupan turvaamiseksi tai perustuu toisen valtion kanssa tehtyyn sopimukseen. (Liikennevirasto 2011)

Jäänmurtopalveluilla tarkoitetaan jäissä tapahtuvaa alusten avustamista ja avustamiseen liittyvää hinaamista, ja se on maksutonta. (Valtion maksuperustelaki 150/2009; Laki alusten jääluokista ja jäänmurtaja-avustuksesta 1121/2005).

Jäänmurtoavustukseen oikeutettuja ovat alukset, jotka täyttävät Liikenneviraston kyseiseen satamaan asettamat liikenne rajoitukset. Liikenne rajoitukset taas perustuvat lakiin alusten jääluokista. (Liikennevirasto 2011)

## 2.1 Jää Suomen rannikoilla

Tilastollisesti keskimääräiset talvet ovat Suomen rannikoilla olleet merenkulullisesti kaikkein vaikeimpia. Keskimääräisinä talvina pakkasjaksojen väliin tulevat leudommat kovatuuliset jaksot aiheuttavat jään liikkumista, jolloin jäät kasautuvat rantoja ja kiintojään reunoja vasten. Pakkasjakson taas alkaessa alkaa avoimeksi tulleen meren pintaan taas muodostua uutta jäätä, joka taas seuraavan tuulisen jakson seurauksena ajautuu ja kasaantuu vasten kiintojään reunoja muodostaen sohjovöitä ja ahtojäätä. Esimerkiksi Perämerellä tämä ilmiö on havaittavissa siten, että kovasta yhteinäisestä jäästä muodostuva jäälautta ajelehtii tuulen työntämänä Perämeren reunasta toiseen

ollen välillä Suomen rannikolla ja välillä taasen Ruotsin puolella Perämerta. (Vainio & Lumiaro 2012)

Kiintojäällä tarkoitetaan tasaista, rannoissa kiinni olevaa liikkumatonta jääkenttää. Muuta jäätä kutsutaan ajojääksi ja sille on tyypillistä rikkonaisuus. Ulkomerellä jäälautat eivät pysy yhtenäisinä vaan rikkoutuvat ja ajautuvat taas yhteen muodostaen röykkiöitä. Tärkein ajojäättä kuvaava suure on jään peittävyys asteikoilla 1-10. (Kujala & Riska 2010, 22)

Kasautunutta jäätä kutsutaan ahtojäiksi ja jäävalleiksi. Ahtojäättä esiintyy tyypillisesti siellä, minne tuuli puhaltaa. Yleensä se syntyy kiintojään reunaa vasten rannikon läheisyydessä, mutta ahtojäättä syntyy myös avomerellä jäälautojen puristuessa toisiaan vasten. Ahtojäät esiintyvät röykkiökenttinä ja paikoin valleina, joilla on yleisesti pitkä mutkitteleva muoto. Ahtojäähän pätee Arkhimeden laki, jonka vuoksi veden alla on 9-kertaisesti massaa verrattuna sen vedenpinnalla näkyvään osaan. Tavallisesti veden yläpuolella oleva osa on 0,3-3,0 m korkea ja vedenalainen köliosia 5 - 7-kertainen. Suurimmat vallit Itämerellä ovat olleet 3,5 m korkeita ja 28 m syviä. Jäävallin köli muodostuu lähinnä irtopaloista. Vallin pysyessä muuttumattomana pidemmän ajan myös irtonaiset palat alkavat jäätyä yhteen muodostaen konsolidisoituneen kerroksen, joka on 40 – 70 % paksumpaa kuin ympäröivä tasainen jää. Ahtojäät muodostavat ongelman talvimerenkululle, koska vallin läpäisy tapahtuu hitausvoimien avulla eikä potkurin työnnön avulla, vaatii se paljon tehoa. Valleissa ongelmana on aluksen kiinni juuttuminen. Aluksen kohdatessa vallin työntyy se siihen niin syväälle, että aluksen pysähtyessä on sekä eteen että taaksepäin tarvittava voima suurempi kuin saatavilla oleva propulsiotyöntö. Keskeinen vaatimus kauppalaivalle onkin, että aluksen rungon muoto ja saatavilla oleva peruuttamiseen tarvittava propulsioteho olisi riittävä, jotta alus kykenisi peruuttamaan ulos vallista ottaakseen taas uuden vauhdin sen sijaan, että se jää kiinni valliin. Aluksen liikettä vastustavat jään puristava voima sekä aluksen paikalla ollessa sen on voitettava myös lepokitka. (Kujala & Riska 2010, 22,23,35,36,38,75,76 ;Vainio & Lumiaro 2012)

Puristava jääkenttä vaikuttaa siten, että rännissä kulkevan aluksen kylkiä vasten puristuvat jään reunat aikaan saavat suuren vastuslisän joka kasvaessaan pysäyttää aluksen. Puristuksen yhä kasvaessa voi se aiheuttaa alukselle vaurion. (Kujala & Riska 2010, 36,115)



Jään liikkeeseen eniten vaikuttava voima Itämerellä on tuuli. Tuulen vaikutus on vallitseva, jos tuulen nopeus on yli 5 m/s. Jään nopeus on noin 1-3 % tuulen nopeudesta. Mitä tiiviimpi jääkenttä on, sen hitaampi sen liike on. Jään liikesuunta poikkeaa tuulen menosuunnasta noin 10-30 % oikealle maapallon pyörimisestä johtuvien Coriolis-voimien vuoksi. Jään liikkeeseen vaikuttavat myös vallitsevat virtaukset, jään ja veden suhteellinen kitka sekä jääkenttien sisäinen kitka. (Kujala & Riska 2010, 22; Vainio & Lumiaro 2012)

Paikkoihin, joissa laivat ajavat toistuvasti samasta kohdin, syntyy jäärännejä. Ränneissä jääpalat muodostuvat pyöreiksi. Halkaisijaltaan ne ovat noin 0,3 m mutta joukossa voi olla 1,5 m halkaisijaltaan olevia paloja. Ränni on keskeltä ohuempi, kun taas reunoilta se voi olla 2-3 m paksu. (Kujala & Riska 2010, 23)

## 2.2 Jäänavigoinnin riskit ja alukseen kohdistuvat kuormat

Talvimerenkulkuun liittyy enemmän riskejä kuin kesäaikaan tapahtuvaan merenkulkuun. Näistä mainittakoon jään aiheuttamat aluksen runkoon kohdistuvat rasisitukset, ohjain ja -propulsiolaitteisiin kohdistuvat rasisitukset, aluksen koneistoon ja jäähdytykseen kohdistuvat ongelmat sekä jäistä johtuva yhteentörmäyksen riskin kasvaminen ja liikkuvan jään aiheuttama karilleajon riskin kasvaminen. Jääröykkiöt näkyvät myöskin tutkalla, jolloin inhimillisen virheen riski kasvaa, jos tutkakuvaa tulkitaan väärin. Jäät voivat myös rikkoa ja siirtää paikoiltaan navigoinnin apuvälineitä. (Haapio 2002; Pohjanpalo 1978, 221,222; Research Report No:57 2005)

Laivat raportoivat Liikennevirastolle havaitsemansa jäävauriot. Näin saadaan tietoa jäävauriosta ja siitä, ovatko jääsääntöjen vaatimukset oikealla tasolla. (Kujala & Riska 2010, 140)

Tyypillisiä vauriota ovat potkurivauriot, joissa yksi tai useampi potkurinlapa katkeaa tai alkaa halkeilla. Nämä potkurivauriot syntyvät yleensä tilanteissa, joissa alusta peruutetaan jäätä vasten tai yksittäinen suuri jäänpala iskeytyy vasten potkuria. Peräsinvauriot myöskin syntyvät peruutettaessa alusta jäätä vasten peräsimen ollessa eri asennoissa kuin keskellä. Aluksen runkoon kohdistuvat jäävauriot syntyvät yleensä jään puristavasta vaikutuksesta aluksen pitkää suoraa sivua vasten. Jään puristuksesta aiheutuvat voimat voivat olla suurempia kuin voimat, joita esimerkiksi jäänmurtajan keulassa esiintyy sen murtaessa jäätä. (Kujala & Riska 2010,115,141,144)

Liikennevirasto ei vastaa viivästyksistä, vahingoista tai menetyksestä, joka kohtaa avustettavaa Liikenneviraston tarjoamien jäänmurtopalvelujen yhteydessä. Korvausvelvollisuutta ei myöskään voida kohdistaa Liikenneviraston yhteistyökumppaneihin. Aluksille annetaan avustusta ja neuvoja niiden omalla vastuulla ja ne ovat yksin vastuussa omasta navigoinnistaan. (Liikennevirasto 2011; Liability Statement, Baltic Icebreaking Management 2012)

Jäänmurtajan avustaessa, hinatessa ja leikatessa irti kiinni jääneitä aluksia johtaa se väistämättä aina yhteentörmäysriskin kasvamiseen. Periaate, että vahingon sattuessa kumpikin osapuoli vastaa itse omista vahingoistaan, helpottaa jäänmurtohenkilöstön asemaa. Uusia perämiehiä ei lasketa ajamaan jäänmurtajaa, ennen kuin heillä on riittävän pitkä valvottu harjoittelu takanaan. (Liikennevirasto 2011 ; Jääsalo 1980, 11; haastattelut 2012)

Jääkuormalla tarkoitetaan aluksen ja jään suhteellista liikettä. Tämän liikkeen vuoksi jää murtuu, taipuen ja murskautuen, koska aluksen liike-energia käytetään aluksen jyskintään ja kohousliikkeeseen, toisin sanoen hidastuvuuteen. Suurin kuorma saavutetaan, kun aluksen tunkeutuma jäähän on suurin tai hetkellä jolloin jää tai itse alus menee rikki. Jääkuormaa voidaan käsittää syntyvän kuudessa eri tilanteessa aluksen kulkiessa eteenpäin: 1. Alus törmää suoraan jään reunaan, jolloin kuorma kohdistuu keulan alueelle. 2. Alus törmää vinosti jään reunaan, jolloin laivan suunta muuttuu. Jos törmäys tapahtuu aluksen ollessa rännissä, voimia kohdistuu keulan lisäksi myös peräolkapäähän, jolloin alus pyrkii kääntymään ja kallistumaan. 3. Alus kulkee tasaisessa jäässä samalla murtaen sitä. Aluksen keula törmää toistuvasti murtokuvion mukaiseen jäänreunaan. Iskuja ja jääkuormaa tulee aluksen keulan molemmille puolille tasaisesti. 4. Alus kulkee valliutuneessa jääkentässä, käsitellään kuten tasaisen jään aiheuttama jääkuorma. 5. Alus kulkee rännissä, jolloin siihen ei kohdistu suuria kuormia, koska jääpalat ovat pieniä suhteessa aluksen kokoon. 6. Laivaan kohdistuva jään puristus. Jää puristuu laivan kylkiä vasten aiheuttaen suuria kuormia kylkien alueella, etenkin jos alus on pysähtynyt. (Kujala & Riska 2010, 78,111,112,115,116)

M/t Kemira on laiva, joka instrumentoitiin jääkuormamittauksia varten keulasta, keskilaivasta ja peräolkapäiden kohdalta. Maksimikuormat ovat olleet keulassa 1850 kN/m<sup>2</sup>, keskilaivassa 892 kN/m<sup>2</sup> ja perässä 1167 kN/m<sup>2</sup>. (Kujala & Riska 2010, 129)

### 2.3 Jäävastus ja jäänmurtaminen

Jäävastus on keskimääräinen laivan liikettä vastustava voima. Tarkasteltaessa aluksen jäävastusta huomataan, että se koostuu kohtuullisen vakioista tasaisesta voimasta ja erillisistä iskumaisista piikeistä. Vakiovoima syntyy lohjenneiden jääpalojen upottamisesta ja kaikkien kitkavoimien voittamisesta. Iskumaiset voimat syntyvät aluksen keulan osuessa jään reunaan murtaen sen murskaamalla, taivuttamalla tai näiden yhdistelmällä. Iskumaiset kuormitukset aiheuttavat sen, että laiva ei kykene kulkemaan jatkuvasti hitaalla nopeudella vaan kohdatessaan korkean iskumaisen kuorman se pysähtyy, koska sen hitaus ei synnyttä riittävää voimaa. Tieteellisesti ajatellen jäävastus jakautuu kolmeen osaan: jään murtuminen, jään upottaminen, nopeus ja kitka. Kitka vaikutus ei nykytiedon valossa olekaan niin yksiselitteinen; eräissä kokeissa on havaittu, että murskautuneen jään reuna voi joissakin tapauksissa toimia jonkinlaisena voiteluna, jolloin kitkakerroin romahtaa. (Kujala & Riska 2010 ,32,33,40,43,111)

Jään peittämällä alueilla kuljettaessa liikutaan avovesinavigoinnista poiketen usein hiljaisilla nopeuksilla, mutta kuitenkin käytössä tulisi olla suuria akselitehoja. Lisäksi jäät aiheuttavat suuria iskumaisia kuormituksia potkureilaitteistoihin ja potkurin lapoihin. Dieselsähköisellä koneistolla saadaan potkuriakselista suuri vääntömomentti ja teho myös pienillä potkuriakselin pyörimisnopeuksilla. On havaittu aluksen liikkeelle lähtövoimien olevan suurempi kuin jäävastuksen aluksen liikkuessa hiljaisella nopeudella. Tämä ilmiö selittyy lepokitkalla ja sillä, että laivan ollessa paikoillaan nojaa se jään reunaan laajemmalla alueella. Tästä johtuen ensimmäisen taivutusmurtuman aikaansaamiseksi tarvitaan enemmän voimaa kuin aluksen jo liikkuessa. (Kujala & Riska 2010, 13,38)

Jään murtaminen perustuu yksinkertaisesti siihen, että jäänmurtajan tai muun aluksen kulkiessa sen kalteva keulalinja murtaa jään taivuttamalla sitä ja samalla aluksen runko työntää jään lohkeine sivuilleen ja alleen. Taivutusprosessissa aluksen keula osuu ensin jään reunaan murskatun sitä, kunnes alaspäin suuntautuva voima ylittää jään taivutuslujuuden. Sitten aluksen liikkeen ja kiinteän jään tuen ansiosta lohjennut pala kääntyy ja painuu alaspäin. Kulkiessaan jään läpi alus taivuttaa jäätä koko keulansa alueelta, pois lukien keularangan ja olkapäiden alueen, jossa tapahtuu jään murskaantumista. Pahimmillaan keularangan alueella tapahtuva jään murskaantuminen aiheuttaa jopa 20-30 % koko alukseen kohdistuvasta jäävastuksesta. Itämeren jääoloissa ei

voida sanoa, että alus nousisi jään päälle murtaen sen, vaan mieluummin kohoilun ja jyskinnän hitausvoimat ovat niin suuret, että niillä murretaan jää. Alus nousee jään päälle vain, jos jää on kyllin paksua eivätkä hitausvoimat riitä jään murtamiseen. Toisin sanoen alus jää kiinni. Alus ei todennäköisesti pääse uudestaan liikkeelle ilman jäänmurron apuvälineitä. (Liite 1). (Kujala & Riska 2010 ,32,37) Mitä loivempi keulan kulma on, sen vähemmällä energialla jää murtuu, koska jäähän syntyy taivutusmurtuma helpommin. (Turunen & Partanen 2011; Kujala & Riska 2010, 38). Paras jäätä murtava tulos saavutetaan, kun tähän keulan muotoon yhdistetään neljällä potkurilla varustettu jäänmurtaja, jonka potkureista keulimmaisat pyörivät sisään päin työntäen eteenpäin kuljettaessa voimakkaasti vettä rungon alle ja sivuille, vähentäen huomattavasti rungon ja jään välistä kitkaa. Peräpotkurit pyörivät ulospäin työntäen rikkoutuneen jään ehjän jääkannen alle, jolloin tehty uoma jää puhtaaksi.(Arctia) Urho-luokan suunnittelussa hyväksi käytetyt jäämallikokeet osoittivat, että jään ja rungon välisestä hankauksesta syntyvä mekaaninen kitka on eräs suurin kokonaisvastustukseen vaikuttava tekijä. Kiintojäässä jäänmurtajan keula murtaa jäätä taivuttamalla ja murskaamalla irti jäälauttoja, jotka kääntyvät ja painautuvat laivan runkoa vasten. Yksi osa energiasta kuluu tämän jäätä pinnalle nostavan hydrodynaamisen voiman voittamiseen. Kaikissa vaiheissa on mukana jään ja rungon välistä kitkaa, jonka suuruus riippuu rungon pinnoituksesta ja rungon geometriasta. Jään päällä oleva lumi lisää myös kitkaa. Jääaltaassa tehtyjen kokeiden tuloksena muutettiin keulan muotoa ja keulapotkureiden kannattimien muotoa ja sijaintia. Tällä saavutettiin noin 40 % jäänvastuksen vähenemä. (Pohjanpalo 1978). Jäänmurtajien keulan alaosassa on usein myös jääaura, jonka pitäisi poikkeuttaa jääpalat sivuille ennen niiden joutumista potkureihin. Lisäksi on vielä kehitetty matalakitkainen epoksimaali Inerta 160 ja rungon jäävyöhykkeelle räjäyttämistekniikkaa käyttäen kiinnitetty ruostumaton teräslevy. Hyvän jääkeulan vaatiman pienen vertikaalikulman varjopuolena voidaan pitää ison laakean keulan alttiutta pohjaiskuihin avovesiolosuhteissa kuljettaessa sekä huonoa täyteläisyyskerrointa. Myös perinteinen bulbi on huono jääominaisuuksiltaan, jos sen rankakulma on vesiviivalla pystysuora. Kauppaalusten keulansuunnittelu jääolosuhteita varten on usein kompromissi. (Kujala & Riska 2010 ,36,37,46,81,87)

Aluksen ohjailuominaisuuksiin jäissä vaikuttavat paitsi ympäröivät jääolosuhteet, käytössä oleva propulsiolaitteisto, rungon pituus, keulan muoto ja ennen kaikkea peräolkapäiden muoto. Mitä pystymmät peräolkapäiden kaaret ovat, sen huonommin alus

kääntyy jäissä. Esimerkiksi aluksen kääntyessä oikealle, jään aiheuttamat voimat kohdistuvat keulan oikeaan etuneljännekseen ja vasemmalla puolella koko rungon matkalta keulasta perään, voiman ollessa suurin peräolkapäiden kohdalta. (Kujala & Riska 2010, 78)

## 2.4 Jäänmurto Suomessa

Talviset olosuhteet Suomen rannikoilla vaihtelevat vuosittain. Suomen kansantalouden ollessa riippuvainen vientipainotteisesta teollisuudesta ja elinkeinoelämästä, tarvitsee ulkomaankauppa toimiakseen häiriöttömästi myöskin talvikuukausina avukseen jäänmurtaajia. Jäänmurtaajat avustavatkin joka talvi lukuisia teollisuudelle tärkeitä kauppaluksia hinaamalla, irtileikkaamalla, saattamalla ja pitämällä väylät kulkukelpoisina sekä muutoinkin varmistamalla talvisen kauppamerenkulun turvallisuutta. (Arctia)

Talven jääolosuhteista riippuen jäänmurron työmäärä vaihtelee yleensä 500:n ja 1000:n jäänmurtaajien operointipäivien välillä. Tällä hetkellä Suomen suurin jäänmurtovarustamo on Arctia Shipping Oy. Se on kokonaan valtion omistama osakeyhtiö. Arctia operoi viidellä perinteisellä jäänmurtaajalla ja kahdella ns. monitoimimurtaajalla. (Arctia)

Suomen talvimerenkulun turvaamisen alkuaikoina ympärivuotisesti liikennöitävinä pidettiin vain Hanko ja Turku. 1920-luvulla auki pidettävien satamien joukkoon pääsivät myös Helsinki, Kotka, Pori ja Rauma, tosin vain leutoina talvina. 1950-luvulla talviliikennöinti laajeni myös Haminaan ja Kaskisiin. Vasta 1960-luvulla mukaan otettiin Perämeren satamia. 1970-luvulla tehtiin poliittinen päätös pitää kaikki nykyiset talvisatamat auki ympäri vuoden. Vuodesta 1976 lähtien kaikki 23 talvisatamaa ovat olleet liikennöitävissä ympäri vuoden. (Kujala & Riska 2010, 9-11)

## 2.5 Neljällä potkurilla varustettu jäänmurtaaja ja Urho-luokan jäänmurtaajat

Vuonna 1953 valmistunut Voima oli ensimmäinen jäänmurtaaja, johon sitä rakennettaessa asennettiin yhden sijasta kaksi sisäänpäin pyörivää keulapotkuria. Koska keulapotkurit ovat huonoja työnnön tuottajia johtuen suuresta työnnönvähennyksestä, on ilmeistä, että kasvanut suorituskyky saavutettiin keulapotkurien huuhteluvaikutuksesta, joka vähentää rungon ja jään välistä kitkaa, jolloin jäämassojen ja sohjon aiheuttama kitka pienenee. Peräpotkurien vesivirta myös työnsi jäälaatat tehokkaasti kiinto-

jään alle, jolloin murtajan tekemä ränni jäi hyvin puhtaaksi. (Kujala & Riska 2010, 87; Turunen & Partanen 2011, 121)

Voimaan asennettiin dieselsähköinen koneistoratkaisu. Nelilapaisten teräspotkureiden pyörimisnopeutta ja suuntaa voitiin säätää suoraan komentosillalta. Voima osoittautui todella ketteräksi. (Turunen & Partanen 2011, 122-123)

Halkaisijaltaan 3,5 metrin kokoiset keulapotkurit osoittautuivat liian suuriksi, koska niiden akselilinjat vaurioituivat jääahtaumissa. Seuraavaksi rakennettaviin karhu-luokan murtajiin asennettiin pienemmät keulapotkurit. Voimasta saatujen hyvien kokemusten vuoksi koko jäänmurtajalavasto uusittiin. Samalla konseptilla valmistui seuraavien vuosien kuluessa Karhu-jäänmurtajaluokka saaristokäyttöön ja Tarmo-murtajasarja avomerikäyttöön. Voima perusparannettiin Wärtsilän Helsingin telakalla vuosina 1978 - 1979. (Turunen & Partanen 2011, 123)

Vuonna 1975 käyttöön otettua Urho-luokkaa telakalla suunniteltaessa oli mahdollista käyttää hyväksi uusinta teknologiaa edustavia jäämallikokeita. Avovesiolosuhteissa kulkevien alusten runkoja oli simuloitu jo allaskokeissa aikaisemminkin, mutta vasta jäädytettävän altaan rakentaminen mahdollisti mallikokeiden hyödyntämisen myös jäänmurtajien suunnittelussa. Allastesteissä simuloitiin jäänmurtajan kykyä edetä mahdollisimman pienellä vastuksella tasaisessa jäässä ja kykyä murtautua mahdollisimman hyvin läpi ahtojäävalleista. (Turunen & Partanen 2011, 125; Arctia)

Urho-luokan jäänmurtajien uppouma oli kasvanut 60 prosenttia edeltävään sarjaan eli Tarmo-luokan murtajiin verrattuna, mutta kuitenkin jäänvastus oli kolmanneksen pienempi. (Turunen & Partanen 2011, 125; Arctia)

24 metriä leveä Urho-luokka oli myös vanhempia murtajia leveämpi, koska Itämerellä vierailevien kauppa-alusten koko oli kasvanut. Urho-luokan keulapotkurit pyörivät sisäänpäin, jotta ne työntäisivät eteenpäin ajettaessa vettä rungon alle. Keulapotkurit ovat myös peräpotkureita pienemmät, koska huuhteluvaikutus on parempi suurilla potkurien pyörimisnopeuksilla. Vesihuuhtelu pienentää jään ja rungon välistä kitkaa. Peräpotkurit pyörivät ulospäin, jolloin potkurivirta työntää murrettua jäätä ehjän jääkannen alle ja murrettu ränni jää avoimemmaksi. (Kujala & Riska, 2010, 87; Turunen & Partanen 2011, 125; Arctia)

Suomen 23 talvisatamaa ovat pysyneet kulkukelpoisina ympäri vuoden Urhon käyttöön otosta lähtien. Urho ja sen sisaralukset kykenevät avustamaan laivoja Itämeren kaikissa olosuhteissa. (Turunen & Partanen 2011, 124)

Urhossa oli myös ensimmäistä kertaa käytössä kallistusjärjestelmä, jonka kolme kallistuspumpua pystyvät kallistamaan alusta 13 astetta aikaperiodin ollessa noin 50 sekuntia. (Arctia).

### 3 LAIT JA MÄÄRÄYKSET

Seuraavat lait ja määräykset vaikuttavat talvimerenkulkuun Suomen aluevesillä:

Sopimus Suomen, Norjan, Ruotsin ja Tanskan välillä jäänmurtaajien yhteistoiminnasta (36/1961)

Laki alusten jääluokista ja jäänmurtaaja-avustuksesta (1121/2005)

Laki alusten jääluokista ja jäänmurtaaja-avustuksesta annetun lain muuttumisesta (1308/2009)

Liikenneviraston talvisatamia koskevat liikennerajoitukset.

Väylämaksulaki 22.12.2005/1122

Valtion maksuperustelaki (150/1992)

Aluksen rakennetta ja konetehoa koskevat talviliikennevaatimukset. Jääluokkamääräykset ja niiden soveltaminen. (Trafi).

Hyväksytyjen luokituslaitosten antamia luokitusmerkintöjä vastaavat suomalaiset jääluokat ja aluksen jääluokan vahvistamista varten tarvittavat tiedot ja selvitykset. (Trafi).

Laki julkisista hankinnoista (348/2007).

SOLAS, MARPOL, STCW -95 -yleissopimukset.

### 3.1 Miehistöön ja aluksiin kohdistuvat vaatimukset

Liikennevirasto on luonut talvimerenkulun ohjeistuksen yhteistyössä teollisuuden, varustamojen ja rahtaaajien kanssa. Osapuolet kantavat vastuunsa Suomen talviliikenteestä ja pyrkivät järjestämään tuonti- ja vientikuljetukset aluksilla, jotka ovat nykyäikaisia, koneteholtaan riittävän voimakkaita, hyvin jäissä kulkevia ja joita kuljettaa pätevä miehistö. (Liikennevirasto 2011)

Suomalais-ruotsalaisissa jääsäännöissä on konetehovaatimuksen perustaksi valittu rännivastus. Laivarännit syntyvät laivojen kulkiessa toistuvasti samasta kohdin. Rännivastus koostuu karkeasti kolmesta tekijästä: voimasta joka vaaditaan rännimassan siirtämiseen, kitkasta ja nopeusvaikutuksesta. Rännivastus on laskennallinen, mutta laskennassa on pyritty vastaavuuteen tyypillisen raskaskulkuisen rännin kanssa. 1AS-jääluokkaan on vielä lisätty vaatimus, jonka mukaan aluksen on kyettävä murtamaan myös rännin pinnalla oleva 0,1 m paksuinen jäätynyt kerros. Rännin paksuus keskeltä mitattuna on mitoittava parametri. 1A Super = 1,0 m + 0,1 m konsilidoitunut kerros, 1A = 1,0 m 1B = 0,8 m 1C = 0,6 m Sääntöjen tavoitteena on varmistaa, että kauppaalus pystyy ylläpitämään 5 solmun nopeuden mitoittavassa rännissä sekä turvaamaan sen, että jäänmurtaaja-avustus ei kärsisi liikaa toistuvasti jäihin kiinni jäävien alusten takia. (Kujala & Riska 2010, 62,63,64,65,72)

Ohjeistuksen tavoitteena on Suomen kauppamerenkulun turvallisuuden ja sujuvuuden takaaminen kustannustehokkaasti jääolosuhteissa. Tavoitteena on myös varmistaa teollisuuden kilpailukyky lyhyin odotusajoin. (Liikennevirasto 2011)

Suomen ja Ruotsin välisen jäänmurtoyhteistyösopimuksen 3. artiklan ja siihen liittyvän lakiehdotuksen mukaan sekä edelleen voimassa olevan sopimuksen Suomen, Norjan, Ruotsin ja Tanskan välillä jäänmurtaajien yhteistoiminnasta (36/1961) mukaan sopimusosapuolet sitoutuvat pitämään hallinnassaan jäänmurtaajia, joilla on kokenut ja hyvin koulutettu päällystö.

Liikenneviraston jäänmurtosopimusten palvelutasovaatimukset edellyttävät, että jäänmurtaajien koko talven avustusnopeuksien keskiarvon tulisi olla normaaliavustuksessa 8-10 kn. ja hinauksissa 8-9 kn. Yksittäisen kauppa-aluksen jäänmurtoaavustuksen odotusaika ei saa ylittää neljää tuntia. (Liikennevirasto 2011)



### 3.2 Lakien ja määräysten vaikutukset tiivistetysti

*Sopimus Suomen, Norjan, Ruotsin ja Tanskan välillä jäänmurtaajien yhteistoiminnasta (36/1961)* velvoittaa Suomen Valtion ylläpitämään jäänmurtajalaiivastoa, joka on riittävä, toimintakuntoinen, hyvin varustettu ja joissa tulee olla pätevä ja hyvin koulutettu henkilöstö.

*Laki alusten jääluokista ja jäänmurtaaja-avustuksesta (1121/2005) sekä Laki alusten jääluokista ja jäänmurtaaja-avustuksesta annetun lain muuttumisesta (1308/2009).* Tämän lain tarkoituksena on alusliikenteen turvallisuuden ja sujuvuuden lisääminen jääolosuhteissa sekä alusliikenteestä ympäristölle aiheutuvien haittojen ehkäiseminen.

Suomen ja Ruotsin merenkulkuviranomaiset ovat vuodesta 1971 lähtien kehittäneet ja julkaisseet ns. suomalais-ruotsalaisia jääluokkasääntöjä (FSICR). Suomessa alusten jääluokista on säädetty alusten jääluokista ja jäänmurtaaja-avustuksesta annetussa laissa (1121/2005) (Trafi 2012)

Liikennevirasto huolehtii jäänmurtaaja-avustuksen saatavuudesta Suomen vesialueella jääolosuhteiden niin vaatiessa. Avustusta annetaan Liikenneviraston nimeämiin talvisatamiin ja Liikenneviraston erikseen määrittelemiin muihin kohteisiin.

Liikennevirasto huolehtii jäänmurtaaja-avustuksen saatavuudesta myös Suomen vesialueen ulkopuolella, jos avustus suomalaisiin satamiin tai satamista on tarpeen Suomen ulkomaankaupan turvaamiseksi taikka perustuu toisen valtion kanssa tehtyyn yhteistyösopimukseen.

Alukset kuuluvat jääluokkiin seuraavasti:

- 1) jääluokkaan I A Super alus, jonka rakenne, koneteho ja muut ominaisuudet ovat sellaisia, että se pystyy kulkemaan vaikeissa jääolosuhteissa pääsääntöisesti ilman jäänmurtaajan avustusta;
- 2) jääluokkaan I A alus, jonka rakenne, koneteho ja muut ominaisuudet ovat sellaisia, että se pystyy kulkemaan vaikeissa jääolosuhteissa tarpeen mukaan jäänmurtaajan avustamana;

3) jääluokkaan I B alus, jonka rakenne, konetehto ja muut ominaisuudet ovat sellaisia, että se pystyy kulkemaan keskivaikeissa jääolosuhteissa tarpeen mukaan jäänmurtajan avustamana;

4) jääluokkaan I C alus, jonka rakenne, konetehto ja muut ominaisuudet ovat sellaisia, että se pystyy kulkemaan helpoissa jääolosuhteissa tarpeen mukaan jäänmurtajan avustamana;

5) jääluokkaan II alus, joka on teräsrunkoinen ja rakenteeltaan avomerikelpoinen ja joka siitä huolimatta, että alusta ei ole vahvistettu jäissä kulkua varten, pystyy omalla kuljetuskoneistolla kulkemaan erittäin helpoissa jääolosuhteissa;

6) jääluokkaan III alus, joka ei kuulu 1–5 kohdassa tarkoitettuun jääluokkaan. (Trafi 2012)

*Liikenneviraston talvisatamia koskevat liikennerajoitukset.* Liikennevirasto rajoittaa jääntilanteen vaikeutuessa heikkojen alusten saapumista talvisatamiin asettamalla aluksen jääluokkaan ja kantavuuteen kohdistuvia vaatimuksia. Lisäksi voi olla vielä kyseiseen satamakäyntiin kohdistuvia minimivaatimuksia kuljetettavan lastin määrän suhteen. Jos vaatimukset eivät täyty, alus ei ole oikeutettu ilmaiseen jäänmurtoavustukseen. (Liikennevirasto 2011)

*Väylämaksulaki 22.12.2005/1122.* Aluksilta perittävän väylämaksun euromääräiseen suuruuteen vaikuttaa aluksen jääluokka. Mitä korkeampi jääluokitus aluksella on, sitä pienempi väylämaksu alukselta peritään. Jäänmurrosta koituvat kustannukset katetaan väylämaksuista kerätyillä tuloilla.

*Valtion maksuperustelaki (150/1992),* takaa myös osaltaan sen, että jäänmurtoavustus on maksutonta. Maksua ei voida periä suoritteesta, joiden tuottamisen ei voida katsoa kohdistuvan suoranaisesti yksittäiseen henkilöön, yritykseen eikä muuten tarkoin rajattuun ryhmään.

*Laki julkisista hankinnoista (348/2007).* Hankintamenettelyssä sovelletaan julkisista hankinnoista annettua lakia (348/2007). Valtion on kilpailutettava jäänmurtosopimukset.

*Aluksen rakennetta ja konetehoa koskevat talviliikennevaatimukset. Jääluokkamääräykset ja niiden soveltaminen.* Laissa ja sen nojalla annetuissa määräyksissä jääluokkasääntöjä kutsutaan jääluokkamääräyksiksi. Kunkin aluksen rakennusajankohdasta riippuu, mitä jääluokkasääntöjä siihen sovelletaan. Tästä on määrätty tarkemmin vuoden 2010 jääluokkamääräyksissä. (Trafi 2012)

Jääluokkasäännöissä määritellään jäissä liikkuvan aluksen minimikonetehto, rungon lujuus sekä koneiston ja potkurin lujuus. Aluksen jääluokka vaikuttaa sen nettovetoisuuteen ja siten aluksen maksaman väylämaksun suuruuteen. Jääluokalla on merkitystä myös siihen, minkälaista jäänmurtoavustusta alus on oikeutettu saamaan. (Trafi 2012)

Kaiken kaikkiaan jääluokkasäännöillä pyritään takaamaan, että Itämerellä liikennöivillä aluksilla on riittävät ominaisuudet jäissä liikkumista varten ja että talviliikenne olisi turvallista ja mahdollisimman sujuvaa. (Trafi 2012)

*Hyväksytyjen luokituslaitosten antamia luokitusmerkintöjä vastaavat suomalaiset jääluokat ja aluksen jääluokan vahvistamista varten tarvittavat tiedot ja selvitykset.* Trafi on myös antanut määräykset hyväksytyjen luokituslaitosten antamia luokitusmerkintöjä vastaavista suomalaisista jääluokista (ns. vastaavuusluettelo). Jos aluksella on hyväksytyyn luokituslaitoksen antama luokitusmerkintä jääluokasta, alus saa suomalaisen jääluokan IA Super, IA, IB, IC, II tai III vastaavuusluettelon mukaisesti. Vastaavuusluetteloä koskeva määräys sisältää myös tarkemmat määräykset jääluokan vahvistamista varten tarvittavista tiedoista ja selvityksistä. (Trafi 2012).

IMO:n alaiset yleissopimukset SOLAS (The International Convention for the Safety of Life at Sea) ja MARPOL (The International Convention for the Prevention of Pollution) määräävät ne vaatimukset, jotka aluksen sitä rakennettaessa on täytettävä. STCW–yleissopimus määrittelee aluksella palvelevan henkilöstön koulutuksen ja vahdinpidon minimitason. (Trafi 2012)

#### 4 OPAS

Työn tavoitteena oli tuottaa helppolukuinen, nopeasti sisäistettävä kuvallinen opas jään murtamisesta neljällä potkurilla varustetulla jäänmurtajalla. Työhön haluttiin

myös sisällyttää ohjeita kauppalaivoille. Työn tekijän tavoitteena oli tuottaa tekstin lisäksi havainnollistavia kuvia.

#### 4.1 Työprosessi, työn aloitus ja taustamateriaali

Työ sai alkunsa työn tekijän havaitessa, että jäänmurtajien toimintataktiikoista on huonosti materiaalia saatavilla. Työn tekijä itse työskentelee jäänmurtajissa, joten aiheen valinta oli luonnollinen.

Työn tekijä havaitsi jo varhaisessa vaiheessa, että neljäpotkurisen jäänmurtajan käsittelystä on huonosti kirjallista materiaalia saatavilla. Näin ollen oli selvää, että materiaali oli itse tuotettava lähes alusta alkaen. Talvimerenkulusta itsessään materiaalia on saatavilla mutta se on laadultaan vaihtelevaa. Kirjallisen materiaalin heikosta saatavuudesta johtuen oppaan ja työn pääasiallisiksi tutkintameteodeiksi valikoituivat osallistuva havainnointi (observointi) sekä havaintojen oikeellisuuden reflektointi ja korjaaminen asiantuntijoiden teemahaastatteluiden avulla (tapaustudkimus). (Hirsjärvi ym. 2009, 183,143.) Omia käsityksiä ja havaintoja siis peilattiin toisten ammattilaisten avulla. Haastateltaviksi valittiin henkilöitä, joilla katsottiin olevan erityistä ammattitaitoa kysymyksissä, jotka nousivat esille opasta tehtäessä. Erityisen ammattitaidon määrittelyssä painotettiin useampien vuosien kokemusta kyseisessä ammatissa. Muina tutkimustavan valintaan tukevin seikkoina voidaan pitää seuraavia: *“Käsitys tutkittavasta ilmiöstä on muodostunut kokemuksen ja käytännön työn perusteella”* (Hirsjärvi ym. 2009, 73.) *“Pohdi, miten tutkimuksesi tuloksia voidaan käyttää hyväksi, esimerkiksi miten niiden avulla voidaan parantaa ammattillista koulutusta”*. (Hirsjärvi ym. 2009, 78.) Toisaalta aiheen valintaa vastaan taas on seuraava: *“2. Älä valitse aihetta, josta ei löydy lähdekirjallisuutta. Vain useiden lähteiden kanssa työskennellessäsi voit kehittää ajatuksiasi, käyttää tutkijan taitojasi, arvioida materiaalia ja järjestellä aineistoa”*. (Hirsjärvi ym. 2009, 80.)

#### 4.2 Haastattelut

Haastatteluja työn tekijä suoritti talvella 2011-2012 oppaan kuvien vielä ollessa ruutupaperihahmotelmia. Lisää haastatteluja työn tekijä suoritti työn ollessa jo loppusuoralla, syksyllä 2012. Haastattelut toteutettiin pääosin yksilöhaastatteluin.

Haastattelun etuina voidaan pitää sen joustavuutta aineistoa kerätessä. Voidaan selventää haastateltavan vastauksia enemmän kuin postikyselyssä. Haluttaessa voidaan selventää saatuja tai jo valmiina olevia vastauksia. Voidaan syventää saatavia tietoja. Voidaan esimerkiksi pyytää perusteluja esitetyille mielipiteille ja lisäkysymyksiä voidaan käyttää tarpeen mukaan. (Hirsjärvi ym. 2009, 205.)

Haastatteluissa käytetty teemahaastattelu on lomake- ja avoimen haastattelun välimuoto. Teemahaastattelussa on tyypillistä, että haastattelun aihepiirit ovat ennakolta tiedossa. (Hirsjärvi ym. 2009)

### 4.3 Havainnointi

Työn tekijä on suorittanut havainnointia työskennellessään suomalaisissa jäänmurta-jissa neljänä talvikautena.

Havainnoinnin suurena etuna voidaan pitää sitä, että sen avulla saadaan välitöntä, suoraa tietoa toiminnasta. Sen avulla päästään luonnollisiin ympäristöihin. Voidaan sanoa, että se on todellisen elämän ja maailman tutkimista; se välttää keinotekoisuuden, joka on monien muiden menetelmien rasitteena. (Hirsjärvi ym. 2009, 213)

Havainnointia on kritisoitu siitä, että havainnoija saattaa häiritä tilannetta ja että havainnoinnin toteuttaminen vie runsaasti aikaa. Havainnoinin avulla voidaan kuitenkin kerätä mielenkiintoista ja monipuolista aineistoa. (Hirsjärvi ym. 2009, 213-214) Kuten jo edellä mainittiin, työn tekijä työskentelee jäänmurtaajissa ja on näin ollen voinut havainnoida osana työyhteisöä oman työnsä ohessa. Voidaan katsoa, että havainnoitsijan kuullessa työyhteisöön ja hänen suorittaessaan havainnointia tästä positiosta havainnoinnin vaikutus muuhun yhteisöön ja sen toimintatapoihin on vähäisempi.

Kysymystä havainnoitsijan objektiivisuudesta ja siten havaintojen oikeellisuudesta on pyritty avaamaan käyttämällä tulosten, omien kokemusten avaamiseen teemahaastatteluja. Teemahaastattelujen avulla on voitu varmistaa omien havaintojen oikeellisuutta käyttämällä muiden asiantuntijoiden antamaa korjaavaa ja vahvistavaa palautetta.

#### 4.4 Havainnoinin lajit

Havainnoinnin menetelmiä on useita. Menetelmät voidaan kuvata kahdella jatkumolla. Ensimmäinen kuvaa sitä, miten tiukasti säädeltyä havainnointi on. Ääripäät ovat seuraavat: havainnointi voi olla systemaattista ja tarkasti säädeltyä, tai se voi olla täysin vapaata ja luonnolliseen toimintaan mukautunutta. Toinen jatkumo kuvaa sitä, millainen on havainnoijan rooli tilanteessa. Hän voi olla tarkkailtavan ryhmän jäsen, tai hän voi olla täysin ulkopuolinen. Näiden ulottuvuuksien pohjalta syntyvät myös havainnoinnin lajit ja nimitykset: Systemaattinen havainnointi on systemaattista ja jäseneltyä kun taas osallistuva havainnointi on vapaasti tilanteeseen muotoutuvaa ja havainnoija on ryhmän toimintaan osallistuva. Osallistuvassa havainnoinnissa on tyypillistä, että tutkija osallistuu tutkittavien ehdoilla heidän toimintaansa. Tutkimukset ovat usein kenttätutkimuksia ja tutkija pyrkii pääsemään havainnoitavan ryhmän jäseneksi. (Hirsjärvi ym. 2009, 214-16)

Tässä työssä käytettiin hyväksi osallistuvaa havainnointia, jota työn tekijä pystyi jatkuvasti passiivisesti taustalla käyttämään hyväkseen sen aiheuttamatta vaivaa tai häiriöitä sen työyhteisön työskentelyyn ja arkirutiineihin jonka jäsen työn tekijä itsekin on. Havainnoidulle työyhteisölle annettiin myös mahdollisuus vaikuttaa saatuihin kokemuksiin tarjoamalla sen jäsenille mahdollisuus osallistua teemahaastatteluihin. Näin tutkimuksen eettiset ulottuvuudet voitiin asianmukaisesti toteuttaa.

#### 4.5 Kuvallinen ilmaisutapa ja kuvien valmistuminen

Työn tavoitteena oli tuottaa helppolukuinen opas jäänmurtoon. Kuvallinen ilmaisutapa oli tehokas keino tämän tavoitteen saavuttamiseksi. Toisekseen kyseisten asioiden selvittäminen pelkästään kirjallisia keinoja käyttäen olisi ollutkin liki mahdotonta.

Kuvien tekeminen opasta varten oli työtaakaltaan suurin piirtein samaa luokkaa kuin kirjallisen osuuden tuottaminen. Kuvien pohjana käytettiin Autocad-ohjelmalla piirrettyä jäänmurtajan pohjapiirrosta. Tämä pohjapiirros siirrettiin sitten Microsoft PowerPoint -ohjelmaan, jossa kuvaa muokattiin lisäämällä siihen 8 nuolta kuvaamaan potkureiden vetosuuntaa, 6 kpl nuolia kuvaamaan jäänmurtajan rungon liikesuuntaa. Lisäksi lisättiin sijainnille numero. Samanlainen kuva tuotettiin myös kuvaamaan kauppa-alusta sillä erotuksella että, tähän piirrettiin vain yksi potkuri. Nämä kuvat tallennettiin aihoksi (liite 2). Microsoft PowerPoint -ohjelman valmiista instrumenteista

valittiin vielä erilaisia objekteja kuvaamaan tarpeelliseksi katsottuja asioita. Kuvan valmiiksi muokkaaminen alkoi monistamalla kuvaan tarvittava määrä aluksien kuvia ja poistamalla alusta kuvaavasta aiheesta ylimääräiset objektit. Tämän jälkeen jokaiseen kuvaan lisättiin tarvittavat objektit, viivat, nuolet jne. kun alukset oli aseteltu oikeille paikoilleen kuvassa. Tämän jälkeen kuvat tallennettiin sekä ppt. -muodossa että tallennuskapasiteettia säästävänä GIF-kuvatiedostona, joka sitten liitettiin oppaaseen oikealle paikalleen, skannatun ruutupaperikuvan tilalle. Oppaan tekstiosuus oli jo valtaosin valmis tässä vaiheessa.

#### 4.6 Oppaan viimeistely ja oppaan lopullinen rakenne

Oppaan viimeistelyyn kuului sen esittäminen ja läpikäyminen kokeneiden jäämurta- jien kansipäällystön jäsenten kanssa. Näin saatiin varmistettua, että opas on oikein laadittu. Tarkistuksen aikana oppaaseen tehtiin pieniä lisäyksiä haastatteluiden perusteella. (Haastattelut, 2012)

Valmis opas sisältää 69 sivua ja 32 kuvaa. Opas alkaa osalla, jossa käsitellään asioita, jotka liittyvät tilanteeseen, jossa kauppa-alus kulkee jään peittämällä alueilla ilman jäänmurtoavustusta. Tässä osassa käydään läpi perusasioita, joita kylmille alueille saapuvan tai siellä jo olevan aluksen henkilökunnan tulisi ottaa huomioon. Tässä ensimmäisessä osassa kerrotaan myös seikoista, jotka mahdollistavat aluksen etenemisen jatkumisen turvallisesti mahdollisimman pitkään ilman, että sen tarvitsisi turvautua jäänmurtaja-avustukseen.

Seuraavassa osassa käsitellään hinausta. Tämä osa oppaasta sisältää yleisiä asioita hinauksesta, hinausta koskevat ohjeet avustettavalle, hinausta rajoittavat tekijät, hinaustapahtuman kuvailun alusta aina sen loppumiseen sekä ongelmatilanteet, jotka hinausyhdistelmää voivat kohdata ja toimintaohjeet ko. tilanteisiin.

Kolmannessa osassa käsitellään useita murta- jien yleisesti käyttämiä jäihin kiinni jääneen aluksen irtileikkausmenetelmiä. Tässä osassa kerrotaan myös muita jäänmurta- jien käyttämiä toimintatapoja ja rutiineja, joita voidaan käyttää hyödyksi erilaisissa tilanteissa. Osa sisältää myös ohjeita yhteentörmäyksen välttämiseksi ja muita turvallisuuteen liittyviä asioita.

Neljäs ja viides osa oppaasta käsittelevät rännien kunnossapitoa ja vallin läpäisyä.

## 5 TYÖN LOPPUTULOKSEN TARKASTELU

### 5.1 Lopputulos

Työn tekijä on tyytyväinen lopulliseen oppaaseen. Myöskin opinnäytetyön hankkeistamisosapuoli, Arctia Shipping Oy oli tyytyväinen oppaaseen, hyväksyen sen sellaisenaan ilman muutoksia. Kuvat ovat verrattain selkeitä, vaikka kuvien ja työn tekijällä ei paljoa kokemusta kuvien tekemiseen tarvittavien ohjelmien käytöstä työn alkaessa ollutkaan. Valmis opas on esitetty kokeneille jäänmurron ammattilaisille ja todettu oikein laadituksi. Työn tekijä uskoo, että oppaasta on apua talvimerenkulusta ja jäänmurtotoiminnasta kiinnostuneille. Työn tekijän tavoitteena oli myös tuottaa opinnäytetyönä jotakin, josta olisi käytännön hyötyä sekä itselle että mahdolliselle lukijalle. Edellä mainitut huomioiden opas täyttää sille asetetut vaatimukset.

### 5.2 Päätelmät ja suositukset

Valmiista oppaasta voidaan päätellä, että kuvallinen opas on tehokas keino tiedon välittämiseen. Jäänmurtaajista itsessään voidaan todeta, että neljällä potkurilla varustettu jäänmurtaaja on tehokas työkalu jäänmurtoavustukseen. Nelipotkurinen jäänmurtaaja on kaksipotkurisia jäänmurtaajia ketterämpi, mikä mahdollistaa nopeamman ja turvallisemman avustustapahtuman. Se myöskin kykenee liikkumaan äärimmäisissä jääolosuhteissa, joissa muut jäänmurtaajat eivät kykenisi etenemään. Liikenteen jatkuva kasvu sekamiehistöineen Itämeren kylmillä alueilla tarvitsee tuekseen opastusta siitä, kuinka kylmillä ja jään peittämällä alueilla tulisi toimia. Turvallisuuden lisäämiseksi tulisi olla saatavilla ilmaista jäänavigointia ja jäänmurtoavustusta koskevaa informaatiota.

Oppaan tekijä suosittelee jatkotutkimuksen aiheeksi liikkuvan animaatiokuvan käyttöä aluksen käsittelyn opetuksessa ja valmennuksessa. Kauppa-aluksia varten työn tekijä suosittelee jäänavigointia ja jäänmurtoavustustoimintaa koskevien opetusvideoiden tai tietokoneanimaatioiden ilmaista jakelua suoraan kaikille aluksille.



## LÄHTEET

Arctia, Icebreaking. Saatavissa:

[http://www.arctia.fi/saannollisen\\_varman\\_ja\\_turvallisen\\_meriliikenteen\\_varmistaja](http://www.arctia.fi/saannollisen_varman_ja_turvallisen_meriliikenteen_varmistaja)  
(viitattu 10.11.2011), <http://www.arctia.fi/urho> (viitattu 12.9.2012)

Haapio, Antti. 2002. *Navigation in Ice Infested Waters and Icebreaker Assistance*. Meriturva.

Haastattelut 2012. Kansipäällystön haastattelut, 12/2011, 1-4/2012, 9/2012, 10/2012. Haastattelijana Pekka Meyer.

Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P., 2009. *Tutki ja kirjoita*. Tammi.

*Jääluokkamääräykset 2010 ja niiden soveltaminen*. Saatavissa:

[http://www.finlex.fi/data/normit/36441-Jaaluokkamaaraykset\\_2010\\_TRAFI\\_31298\\_03.04.01.00\\_2010\\_FI.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/36441-Jaaluokkamaaraykset_2010_TRAFI_31298_03.04.01.00_2010_FI.pdf) (viitattu 3.11.2012)

Jääsalo, H. 1980. *Pohjoiset satamat auki*. Kustannusosakeyhtiö Pohjoinen.

Kujala, P. *www.merikotka.fi*. 2007. Saatavissa:

[http://www.merikotka.fi/tiedotteet/ylanurkka\\_Kujala\\_170307.pdf](http://www.merikotka.fi/tiedotteet/ylanurkka_Kujala_170307.pdf) (viitattu 19.10.2012)

Kujala, P. *www.merikotka.fi*. 2008. Saatavissa:

[http://www.merikotka.fi/tiedotteet/20080415\\_Tarvitaanko%20Suomenlahdella%20e-naa%20jaanmurtajia\\_KySa.pdf](http://www.merikotka.fi/tiedotteet/20080415_Tarvitaanko%20Suomenlahdella%20e-naa%20jaanmurtajia_KySa.pdf). (viitattu 19.10.2012)

Kujala, P & Riska, K. 2010. *Talvimerenkulku*. Espoo: Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu.

*Laki alusten jääluokista ja jäänmurtaja-avustuksesta (1121/2005)* Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2005/20051121> (viitattu 3.11.2012)

*Laki alusten jääluokista ja jäänmurtaja-avustuksesta annetun lain muuttumisesta (1308/2009)*. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20091308> (viitattu 3.11.2012)

*Laki julkisista hankinnoista (348/2007)*. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070348> (viitattu 3.11.2012)

Laurell, S. ja Riimala, E. *Through ice and snow. The story of Finnish winter navigation*. Ship Historical Society of Finland, Layout Estrex Oy, 1985. (Liite 1)

Liability Statement, Baltic Icebreaking Management. *Baltice.org*. 2012. Saatavissa: [http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/baltice/liability\\_and\\_disclaimer](http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/baltice/liability_and_disclaimer). (viitattu 17.10.2012)

Liikennevirasto, 2011. *Suomen Talvimerenkulku*. Saatavilla: [http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/ammattiliikenteen\\_palvelut/talvimerenkulku](http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/ammattiliikenteen_palvelut/talvimerenkulku) (viitattu 3.11.2012)

Meriliikennetilastot. Saatavissa: [http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/liikennevirasto/tilastot/liikennemaarat/ulkomaan\\_meriliikenne](http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/liikennevirasto/tilastot/liikennemaarat/ulkomaan_meriliikenne) (viitattu 18.10.2012)

Pohjanpalo, J. 1978. *100 vuotta Suomen talvimerenkulkua*. Merenkulkuhallitus.

Research Report No:57. Riska, K., Hänninen, S., Jalonen, R., 2005. Saatavissa: [http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/fma\\_fimerenkulun\\_palvelut/talvimerenkulku/utkimus/Winter%20Research%20Board/No%2057%20A%20preliminary%20risk%20analysis.pdf](http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/fma_fimerenkulun_palvelut/talvimerenkulku/utkimus/Winter%20Research%20Board/No%2057%20A%20preliminary%20risk%20analysis.pdf). (Viitattu 21.10.2012)

*Sopimus Suomen, Norjan, Ruotsin ja Tanskan välillä jäänmurtajien yhteistoiminnasta (36/1961)*. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1961/19610036> (viitattu 03.11.2012)

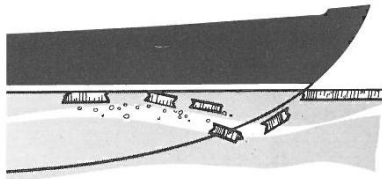
Trafi. Merenkulku. Saatavissa: [www.trafi.fi/merenkulku](http://www.trafi.fi/merenkulku). (Viitattu 24.10.2012)

Turunen, A. Partanen, P. 2011. *Raakaa Voimaa: Suomalaisen jäänmurtamisen tarina*. Jyväskylä. Atena.

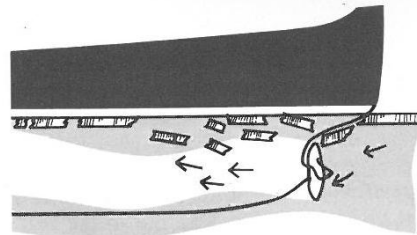
Vainio, J. & Lumiaro, R. Jäätalven ankaruus. Itämeriportaali. Saatavissa:  
[http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/yleiskuvaus/jaa/fi\\_FI/jaatalven\\_ankaruus/](http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/yleiskuvaus/jaa/fi_FI/jaatalven_ankaruus/).  
(viitattu 20.10.2012)

*Valtion maksuperustelaki (150/1992)*. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1992/19920150> (viitattu 3.11.2012)

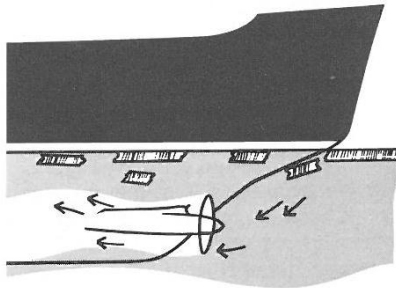
*Väylämaksulaki 22.12.2005/1122*. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20051122> (viitattu 3.11.2012)



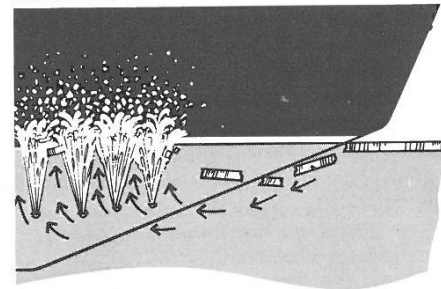
Bow Shapes:  
Murtaja 1890  
Rounded spoon  
bow



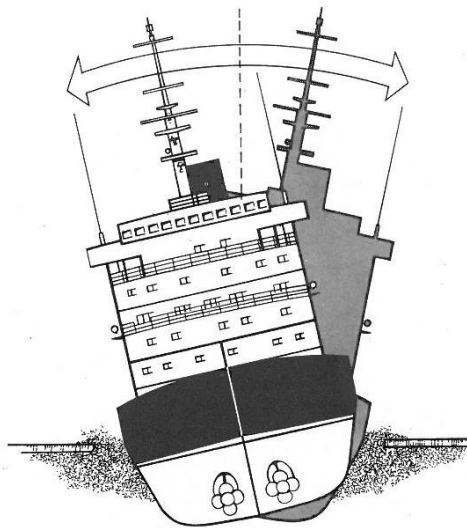
Bow Shapes:  
Sampo 1892  
Cutting forefoot,  
the first with  
one bow screw



Bow Shapes:  
Voima 1953  
Cutting forefoot,  
the first with  
twin bow screws



Bow Shapes:  
New Building 1986 (Karhu 2)  
Cutting forefoot,  
water-air bubbling system



### Breaking the Ice

Formerly, ice was broken by machine power and the mass of the hull.

Then began the long period of bow propellers. They were used for lowering the ice resistance. More recently, other means have also become available.

It is essential for an icebreaker to have good lubrication between ice and hull so as to diminish the friction, thus lessening resistance and reducing the need for power.

Modern icebreakers and icegoing ships generally have an air-bubbling system which is economical as well as efficient and which may also be used as a bowthruster.

### Heeling system

An icebreaker caught in ice can free herself by using her heeling system to pump ballast water from one side to the other.

Icebreakers are normally fitted with one or several pairs of heeling tanks.

Three pairs of heeling tanks, with pumps capable of transferring 610 tons of water from one side to the other in 50 seconds, permit a heeling angle of 13°. The heeling control equipment is placed in the wheel house and allows either manual or automatic operation.

