

# Talviolosuhteiden vaikutus Suomen ulkomaankaupan tarvitsemaan laivatonnistoon



Merenkulkulaitoksen sisäisiä julkaisuja 4/2005

# Talviolosuhteiden vaikutus suomen ulkomaankaupan tarvitsemaan laivatonnistoon



9863



**Merenkulkulaitos**

Helsinki 2005  
ISBN 951-49-2100-3  
ISSN 1456-7814





Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri)  <b>Kaj Riska, Catherine Daley, Samuli Hänninen, Spiro Pahos, Janne Valkonen: VTT</b>	Julkaisun laji <b>Merenkululaitoksen julkaisuja</b>	
	Toimeksiantaja <b>Merenkululaitos</b>	
	Toimielimen asettamispäivämäärä	
Julkaisun nimi <b>TALVIOLOSUHTEIDEN VAIKUTUS SUOMEN ULKOMAANKAUPAN TARVITSEMAAN LAIVATONNISTOON</b>  <b>Tiivistelmä</b> Tutkimuksessa tarkastellaan lisääntynyttä laivatonniston tarvetta talvikautena, kun laivaliikenne hidastuu jääolojen takia. Tavoitteena on pystyä ennustamaan lisätonniston tarve ankaran talven ankarimpana kuukautena – maaliskuussa – jotta katettaisiin ulkomaankaupan kuljetukset.  Tutkimustyö on tehty kolmessa osassa, joista viimeisessä päästiin arvioimaan lisätonniston tarvetta. Kaksi ensimmäistä osaa on raportoitu erikseen ja tässä raportissa käsitellään tutkimuksen kolmatta osaa, lisätonniston tarvetta. Ensimmäisessä osassa tarkastellaan liikenne-rajotusten asettamista jääolosuhteiden pohjalta. Tavoitteena oli kehittää jääolosuhteita kuvaava parametri, joka ottaisi huomioon tasaisen jään paksuuden lisäksi kuljetun matkan jäissä ja jääkentän valliintuneisuuden. Liikenne-rajotusten perustaksi kehitettiin ekvivalentin jään paksuuden käsite, joka kalibroitiin annettuja liikenne-rajotuksia käyttäen.  Tutkimuksen toisessa osassa tarkastellaan tavarakuljetusmääriä Suomen satamiin. Tarkastelun pohjana oli Merenkululaitoksen tilastot marraskuulta 2002 joulukuuhun 2003. Lopputuloksena oli satamaryhmä- ja kuukausikohtainen laskelma satamassa vierailleiden laivojen kantavuudesta ja lukumäärästä. Liikennetilastot osoittavat, että kuljetusmäärissä ei tapahtunut suurta pudotusta talvikuukausina – poislukien nopeiden matkustaja-alusten liikenne Helsingin ja Tallinnan välillä. Jos arvioidaan jäänmurtajan odotukseen kuluva aika ja myös matkanopeuden hidastuminen, voidaan päätellä, että muita irtolastialuksia tarvitaan eniten lisää (67 kpl maaliskuussa). Suhteellisesti eniten lisää tarvitaan irtolastialuksia, 20 % maaliskuun laivamäärästä ja toiseksi eniten muita kuivalastialuksia, 14 % maaliskuun laivamäärästä.  Tutkimuksen tulokset ovat alustavia ja mahdollisessa jatkotutkimuksessa olisi tarkasteltava koko talven kuljetuksia, jolloin talven vaiheet ja myös eri liikenne-rajotusten vaikutukset ja alusten todelliset reitit olisi otettava huomioon, alusten todellinen nopeus jäissä itsenäisesti ja sitten jäänmurtajan avustamana olisi tarkasteltava keskimääräisen nopeuden sijaan, tarkempi kuljetus-tarve olisi laadittava tarkastelemalla kunkin sataman kuljetuksia tarkemmin.		
Avainsanat (asiasanat) Itämeren jääolosuhteet, liikenne-rajotukset, ulkomaankaupan kuljetukset, tonnistorarve		
Muut tiedot		
Sarjan nimi ja numero <b>Merenkululaitoksen julkaisuja 4/2005</b>	ISSN <b>1456-7814</b>	ISBN <b>951-49-2100-3</b>
Kokonaissivumäärä <b>66</b>	Kieli <b>Suomi</b>	Hinta Luottamuksellisuus
Jakaja	Kustantaja	

D-80

Tilaus: Merenkululaitos 14.12.2003

**TALVIOLOSUHTEIDEN VAIKUTUS SUOMEN  
ULKOMAANKAUPAN TARVITSEMAAN  
LAIVATONNISTOON**

Tutkijat: Kaj Riska, Catherine Daley, Samuli Hänninen, Spiro Pahos,  
Janne Valkonen

Hyväksytty:

Petri Varsta, TkT  
Professori

Otaniemi 15.12.2004

**Laivalaboratorio**  
**TEKNILLINEN KORKEAKOULU**



## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	3
2.	LIIKENNERAJOITUSTEN ASETTAMINEN	4
3.	LAIVALIIKENNETILASTOT	9
	3.1 Liikennetilastot	9
	3.2 Välittömät johtopäätökset liikennetilastoista	11
4.	TALVEN VAIKUTUS MERIKULJETUKSIIN	12
5.	YHTEENVETO	16
	LÄHTEET	18

## LIITTEET

1. LASKELMAT EKVIVALENTISTA JÄÄNPAKSUUDESTA TALVINA 1986, 1987, 1988, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 ja 2003 JA VERTAILU LIIKENNERAJOITUSTEN PÄIVÄMÄÄRIIN
2. SUOMEN MERIKULJETUSMÄÄRÄT SATAMARYHMITTÄIN
3. LISÄTONNISTON TARVE SATAMARYHMITTÄIN KOLMEN ERILAISEN TALVEN VAIKUTUSSKENAARION MUKAAN

## 1. JOHDANTO

Tutkimuksessa tarkastellaan lisääntyntä laivatonniston tarvetta talvikautena, kun laivaliikenne hidastuu jääolojen takia. Tavoitteena on karkeasti pystyä ennustamaan lisätonniston tarve ankaran talven ankarimpana kuukautena – maaliskuussa – kattamaan ulkomaankaupan kuljetukset.

Talvikaudella Itämeren jääpeite aiheuttaa laivaliikenteelle viivästyksiä ja myös suoranaisia esteitä. Viivästyksset syntyvät laivojen pidentyneestä kulkumatkasta ja hidastuneesta nopeudesta jäiden aiheuttaman vastuksen takia, mitkä johtavat pidentyneisiin kulkuaikeihin sekä myös jäänmurtajan odotusajoista. Esteet puolestaan syntyvät siitä, että saadakse jäänmurtaja-avustusta, aluksen on täytettävä liikenne-erajoitusten vaatimukset (minimi jääluokka ja kantavuus).

Tutkimustyö on tehty kolmessa osassa, joista viimeisessä päästiin arvioimaan lisätonniston tarvetta. Kaksi ensimmäistä osaa on raportoitu erikseen ja tässä raportissa käsitellään tutkimuksen kolmatta osaa, lisätonniston tarvetta. Ensimmäisessä osassa arvioitiin liikenne-erajoitusten asettamista jääolosuhteiden pohjalta. Tavoitteena oli kehittää jääolosuhdeparametri, joka ottaisi huomioon tasaisen jään paksuuden lisäksi kuljetun matkan jäissä ja jääkentän valliintuneisuuden. Tästä osasta valmistui osaraportti (K. Daley: Use of Equivalent Ice Thickness in Winter Navigation Restrictions, TKK laivalaboratorio, S-5, 2004).

Tutkimuksen toisessa osassa tarkasteltiin tavarakuljetusmääriä Suomen satamiin. Tarkastelun pohjana oli Merenkulkulaitoksen tilastot marraskuulta 2002 joulukuuhun 2003. Tilastot oli annettu kullekin satamalle erikseen jakaen laivat pääosin kymmeneen erilaiseen laivatyyppiin ja antaen kuljetusmäärän laivan kantavuutena – jakaen lisäksi laivat eri jääluokkiin. Tehokkaan tilaston käsittelyn vuoksi satamat jaettiin kymmeneen satamaryhmään, joille tavallisesti annetaan yhteinen liikenne-erajoitus. Lopputuloksena tämän laajan tilaston käsittelystä oli satamaryhmä- ja kuukausikohtainen laskelma satamassa vierailleiden laivojen kantavuudesta ja lukumäärästä (S. Pahos & J. Valkonen: View of the Traffic in all the 23 Winter Ports in Finland, TKK laivalaboratorio, S-6, 2004).

Edelliset selvitykset muodostavat tämän tutkimuksen lopullisen raaka-aineen tonnistonarveselvitystä varten. Tässä raportissa on esitetty lyhyt yhteenveto edellä mainituista kahdesta ensimmäisestä selvityksestä ja sitten esitelty tutkimuksen pääasialliset tulokset. Tutkimustuloksia on pidettävä alustavina, ja seuraava vaihe tutkimuksessa olisi tilastollisen materiaalin tarkempi selvittäminen laivojen reitin, satamassa vierailleen laivoston kokoonpanon ja myös todellisen jäissäkulkukyvyn mukaan.

## 2. LIIKENNERAJOITUSTEN ASETTAMINEN

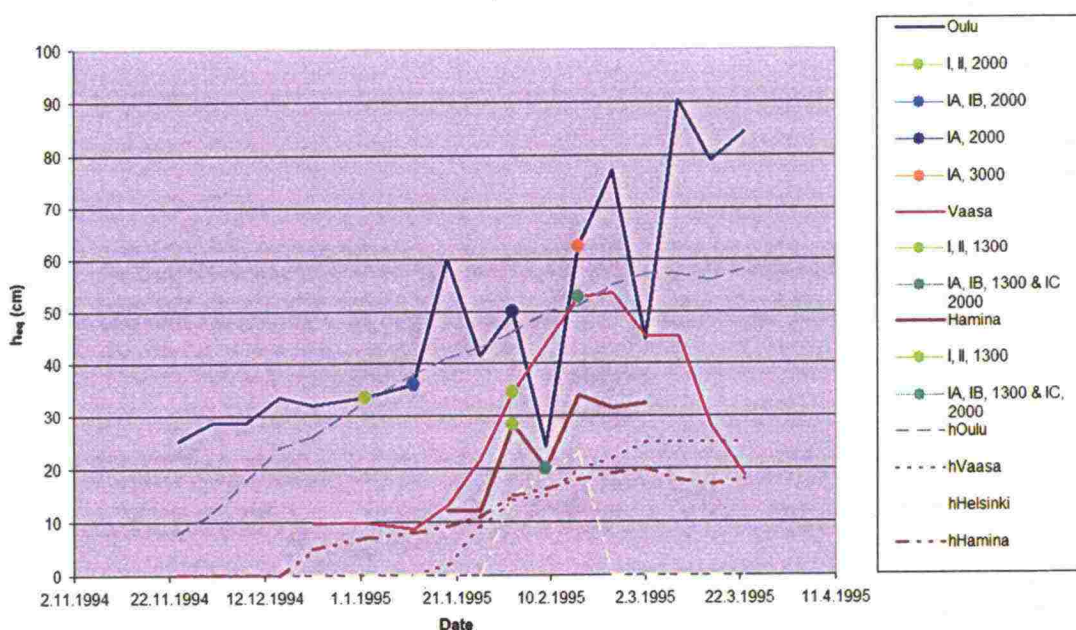
Tarkastellaan seuraavassa liikennerajoitusten asettamista nk. ekvivalentin jään paksuuden  $h_{eq}$  perusteella. Ekvivalentin jään paksuuden tavoitteena on ottaa huomioon jääpeitteestä muutkin tekijät kuin tasaisen jään suurin paksuus. Tälläisiksi tekijöiksi valittiin jään valliintuneisuus ja kuljettu matka jäissä. Ekvivalentin paksuuden johdossa mukailtiin jään paksuuden ja laivan kulkeman matkan vaikutusta laivan kokemiin jääkuormiin (vrt. Daley 2004). Lopulliseksi ekvivalentin paksuuden yhtälöksi johdettiin seuraava

$$h_{eq} = h_i \cdot e^{2,36 \cdot H} \cdot \left[ 1 + H \ln \left( \frac{L}{L^*} \right) \right]^{0,6},$$

missä  $L$  on jään reunan etäisyys satamasta [mpk],  $h_i$  tasaisen jään paksuus,  $L^*$  etäisyyden skaalausluku ( $L^*=50$  mpk) ja  $H$  vakio, joka kuvaa jääkentän valliintuneisuutta.

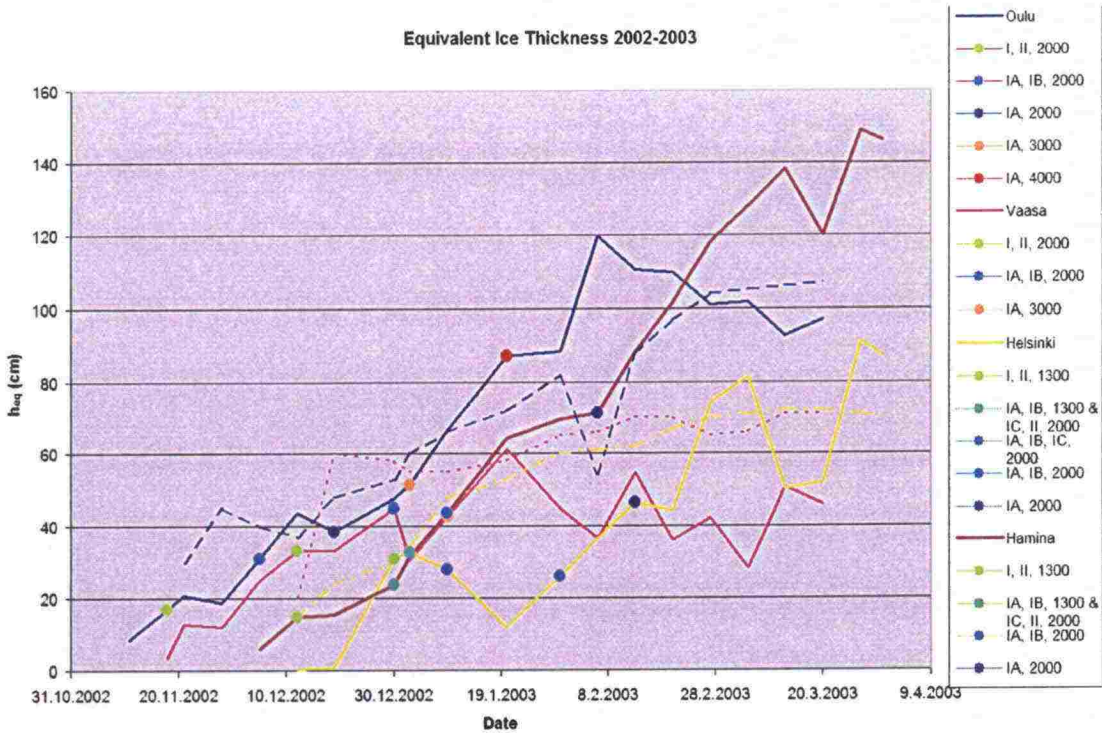
Ekvivalentin paksuuden määritelmän soveltuvuutta liikennerajoitusten antamiseen tarkasteltiin erilaisina talvina. Tarkastelussa laskettiin ekvivalentti jään paksuus ja verrattiin sitä tasaisen jään paksuuteen neljässä satamassa: Oulu, Vaasa, Helsinki ja Hamina. Laskelmien kaikki tulokset on esitetty liitteessä 1; seuraavassa on laskelmien tulos kolmena erilaisena talvena – leutona, keskimääräisenä ja ankarana, kuvat 1 – 3.

Equivalent Ice Thickness 1994-1995

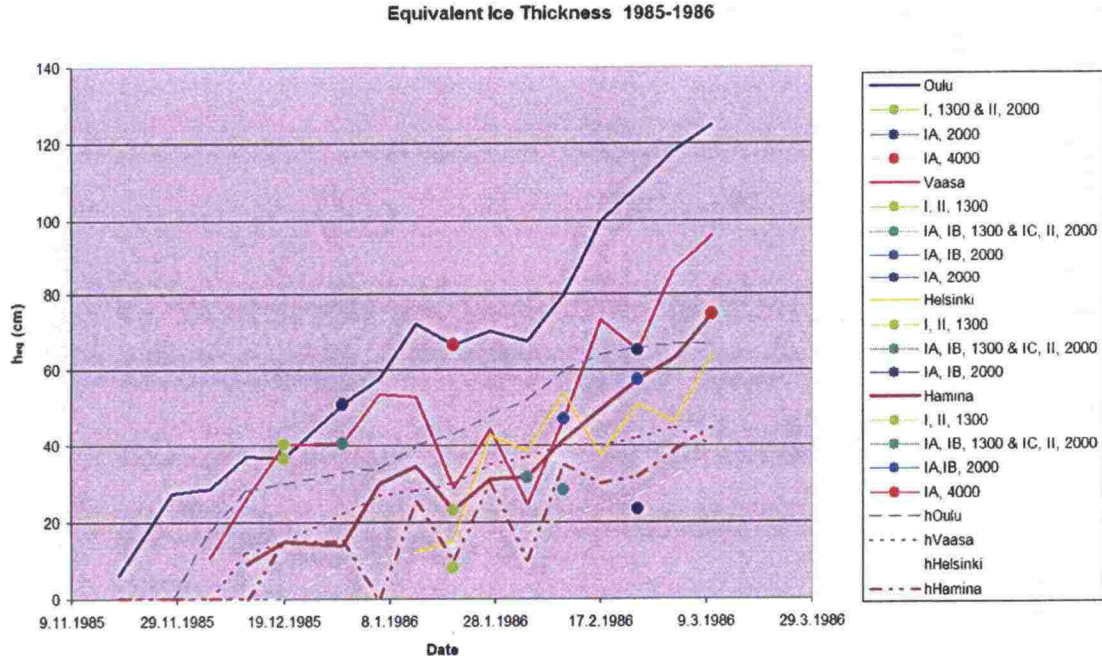


Kuva 1. Ekvivalentti jään paksuus (yhtenäiset viivat) verrattuna tasaisen jään paksuuteen (katkoviivat) kolmessa satamassa värikoodein (Helsingissä ei juuri ollut jäätä). Eri liikennerajoitusten antamishetki on merkitty täplällä ekvivalentin paksuuden kuvaajaan. Talvi 1995 oli leuto.





Kuva 2. Ekvivalentti jään paksuus (yhtenäiset viivat) verrattuna tasaisen jään paksuuteen (katkoviivat) neljässä satamassa värikoodein. Eri liikenerajoitusten antamishetki on merkitty täplällä ekvivalentin paksuuden kuvaajaan. Talvi 2003 oli keskimääräinen.



Kuva 3. Ekvivalentti jään paksuus (yhtenäiset viivat) verrattuna tasaisen jään paksuuteen (katkoviivat) neljässä satamassa värikoodein. Eri liikenerajoitusten antamishetki on merkitty täplällä ekvivalentin paksuuden kuvaajaan. Talvi 1986 oli ankara.

Ekvivalentin paksuuden vertailu annettun liikenerajoituksen ajankohtana on esitetty Taulukossa 1. Jääluokka IB on vaadittu kun ekvivalentti jään paksuus on ollut keskimäärin n. 40 cm ja jääluokka IA kun sen on ollut keskimäärin 50 cm – vaikka

tietysti hajontaa esiintyy paljon. Näitä ekvivalentin paksuuden arvoja voidaan verrata esimerkiksi HELCOM:in Ice Expert Working Groupin antamiin suosituksiin liikenne rajoitusten antamisajankohdaksi. Ice EWG suositteli, että vaaditaan jääluokka IB, kun tasaisen jään paksuus on 30 – 50 cm ja jääluokka IA Super, kun tasaisen jään paksuus ylittää 50 cm. Kuvasta 3 nähdään, että esimerkiksi Ouluun vaadittiin jääluokka IA, kun ekvivalentti jään paksuus oli 50 cm mutta tasaisen jään paksuus vain hieman yli 30 cm. Ekvivalentin jään paksuuden määritelmä näyttää siis toimivan.

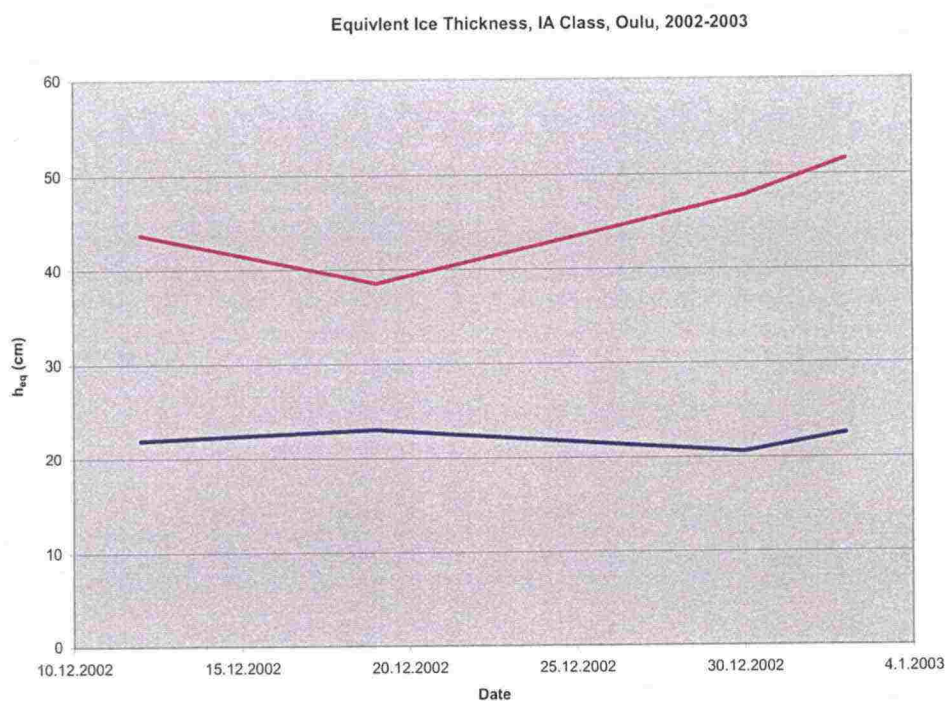
Taulukko 1. Ekvivalentti jään paksuus ajankohtana, jolloin eri liikenne rajoitukset on annettu.

Ekvivalentti jään paksuus eri liikenne rajoitusten antamispäivänä [cm]							
Jääluokka	I, II		IA, IB		IA		
DWT	1300	2000	1300	2000	2000	3000	4000
	41,6	41,6	66,7	54,9	58,6	69,1	108,7
	31,6	36,7	63,2	47,0	50,8	66,7	74,6
	30,8	26,3	51,0	210,2	65,3	71,1	93,9
	38,1	29,5	40,5	57,5	64,7	54,3	62,8
	36,7	33,7	129,2	40,8	44,0	62,4	64,9
	40,4	26,9	31,7	35,7	49,9	52,1	78,7
	60,2	13,2	47,7	39,9	83,5	49,6	80,5
	22,9	24,2	42,7	36,1	18,9	88,0	95,0
	33,3	17,5	35,8	23,9	49,1	49,4	87,1
	13,4	17,3	52,7	34,0	82,4	57,5	
	22,0	22,9	34,1	20,6	46,7	58,2	
	34,5	18,1	17,7	36,1	39,2	65,6	
	20,0	16,9	51,5	65,7	41,6	51,6	
	26,9	22,9	33,2	37,1	30,0	42,7	
	24,9	17,0	44,7	26,9	54,6		
	12,2	33,3	19,4	24,2	24,4		
	18,4		25,3	53,1	56,9		
	19,6		25,1	50,2	50,1		
	32,2		20,5	18,5	41,7		
	27,1		25,9	49,0	43,6		
	15,6		32,8	39,7	38,5		
	9,8		23,7	32,3	46,6		
	25,9			18,2	75,5		
	31,2			28,9			
	14,7			9,6			
				11,4			
				31,1			
				45,2			
				28,0			
				26,0			
				43,7			
Keskiarvo	27,4	25,5	<b>41,6</b>	41,1	<b>50,3</b>	61,2	82,9
Hajonta	11,4	8,8	24,0	34,1	16,4	11,7	14,9

Edellä johdettu ekvivalentin jään paksuuden lauseke on päätelty perustuen laivojen kokemuksiin jääkuormiin. Liikennerajoitukset toisaalta ottavat huomioon myös laivojen kulkukyvyn jäissä. Näin liikenne säilyy sujuvana, kun jäissä kulkuun huomattavasti soveltuvat alukset eivät enää liikennöi. Tätä varten tutkittiin myös hieman ekvivalentin jään paksuuden määrittämistä laivan kulkukyvyn pohjalta. Tätä varten tutkittiin laivan kulkuaikojia jäissä nk. transit simulointi – ohjelman avulla. Ohjelma laskee laivan liikettä jääkentässä, jossa on tasaista jäätä ja valleja (La Prairie et al. 1995). Ohjelman avulla laskettiin laivan kulkuaika ilman jäänmurtaajan avustusta tietyn pituiselle reitille -  $T(h_i)$  - olettaen jään olevan vain tasaista jäätä ja vastaavasti todelliselle valliintuneelle reitille -  $T(H_R)$ . Näiden kulkuaikojen suhteen avulla määriteltiin kulkuaikoihin perustuva ekvivalenttinen paksuus seuraavasti

$$h_{eq} = \frac{T(H_R)}{T(h_i)} \cdot h_i.$$

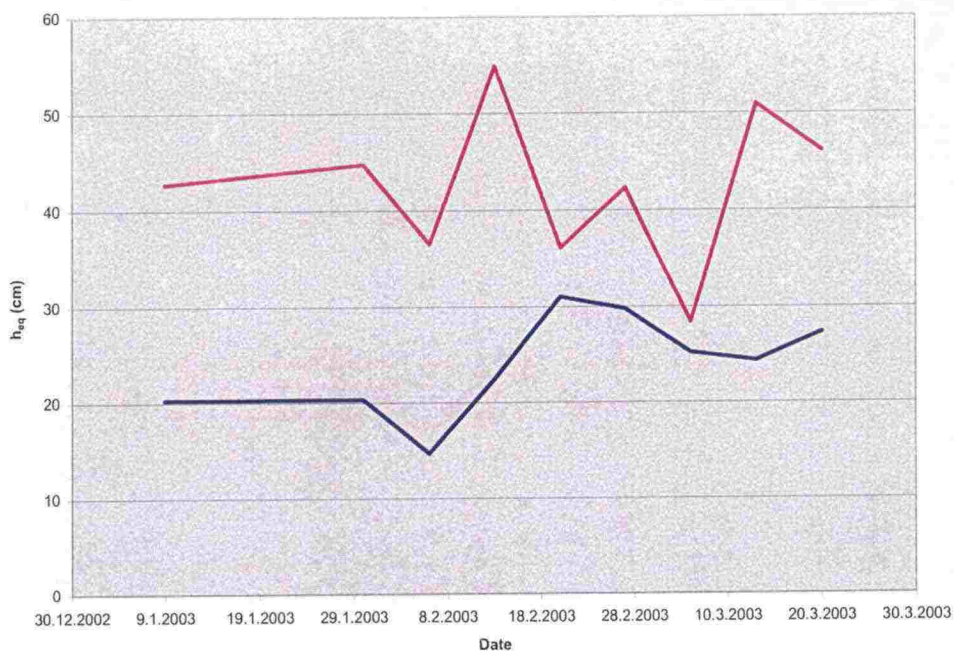
Tämän laivan itsenäisen purjehduksen kulkuaikaan perustuvan ja jääkuormitukseen perustuvan ekvivalentin jäänpaksuuden arvoja on esitetty kuvissa 4 –6.



Kuva 4. Jääkuormitukseen ja kulkuaikaan perustuvan ekvivalentin jään paksuuden vertailu tyypilliselle IA – jääluokan laivalle matkalla Ouluun talvella 2003.

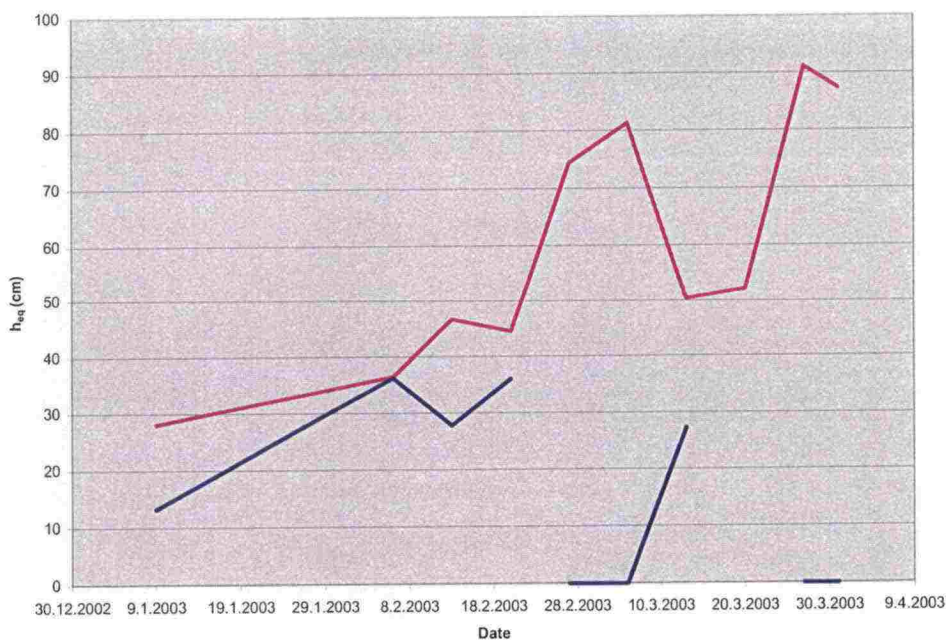


Equivalent Ice Thickness, IA, Vaasa, 2002-2003



Kuva 5. Jääkuormitukseen ja kulkuaikaan perustuvan ekvivalentin jään paksuuden vertailu tyypilliselle IA – jääluokan laivalle matkalla Vaasaan talvella 2003.

Equivalent Ice Thickness, Class IA ship, Helsinki, 2002-2003



Kuva 6. Jääkuormitukseen ja kulkuaikaan perustuvan ekvivalentin jään paksuuden vertailu tyypilliselle IA – jääluokan laivalle matkalla Helsinkiin talvella 2003.

Yllä olevista kuvista nähdään, että kaksi erilaista määritelmää antavat erilaisia tuloksia, mutta että tuloksien trendi on samanlainen ja vain tasoero erottaa ne toisistaan. Koska jääkuormitukseen perustuva määritelmä pohjaa laajaan mittausaineistoon ja myös koska sen antamat tulokset ovat samankaltaisia kuin HELCOM:in jäätyöryhmän suositukset, voidaan tämän määritelmän käyttöä puolustaa.

### 3. LAIVALIIKENNETILASTOT

#### 3.1 Liikennetilastot

Tonniston talviaikaisen lisätarpeen arvioimiseksi tarvitaan tietoa ulkomaan kaupan laivaliikenteestä. Tässä tutkimuksessa käytetään Merenkululaitoksen keräämää tilastoa vuodelta 2003 laiva liikenteestä. Tilastossa on lueteltu jokainen laivakäynti Suomen satamiin (päivämäärä, laivan IMO-koodi, laivan nimi, laivan tyyppi, lippu, kantavuus). Toisena tilastona on käytetty laivan jääluokkaa; ja nämä yhdistämällä saatiin lopullinen käytettävä tilasto kunkin sataman liikenteestä kuukausittain jaettuna eri jääluokkiin ja laivatyyppeihin. Laivatyyppit tilastoissa on jaettu yhdeksään pääluokkaan, joista kahdeksaa käytettiin tässä tutkimuksessa, taulukko 2. Tyypilliset irtolastialukset ovat bulkkialuksia (hiiltä yms.) ja tyypilliset muut kuivalastialukset kuljettavat esimerkiksi propseja.

Taulukko 2. Laivatyyppijako

MKL:n koodi	Laivatyyppi
10	Matkustaja-alus
20	Matkustaja-autolautta
40	Lastilautta (ro-ro)
50	Konttialus
60	Irtolastialus
70	Muu kuivalastialus
80	Säiliöalus
90	Muu

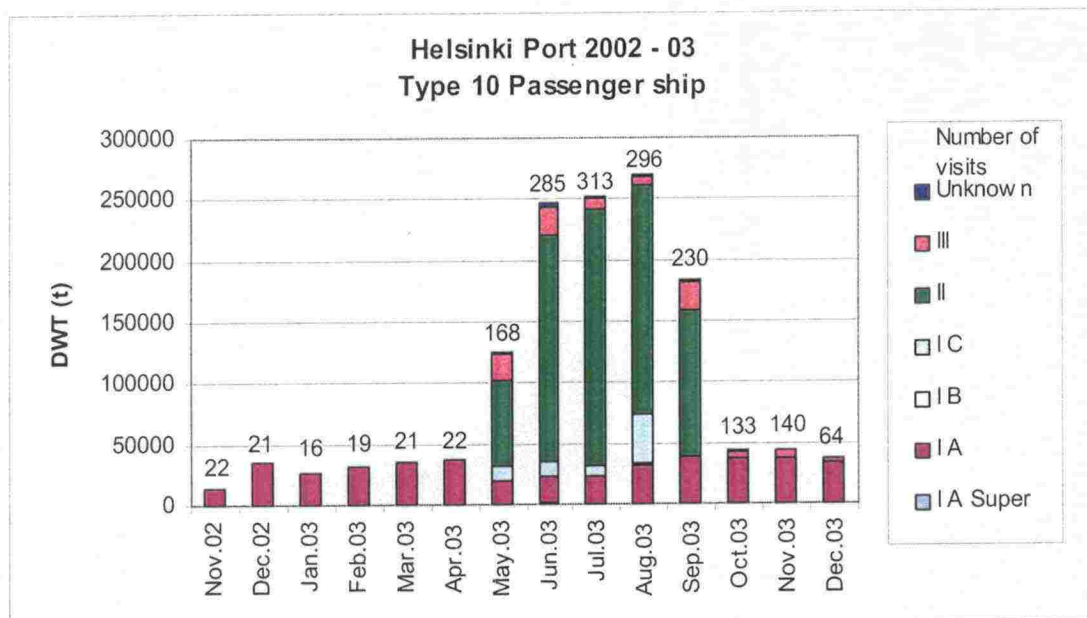
Satamakohtaiset tilastot on annettu kutakin 23:a talvisatamaa kohti. Tämä määrä eri satamia koettiin liian suureksi ja siksi yhdistettiin eri satamia kymmeneen eri satamaryhmään. Valintaperuste satamaryhmissä oli se, että ko. satamille annetaan tavallisesti samat liikennerajoitukset. Käytetyt satamaryhmät on esitelty taulukossa 3.

Taulukko 3. Tutkimuksessa käytetyt satamaryhmät

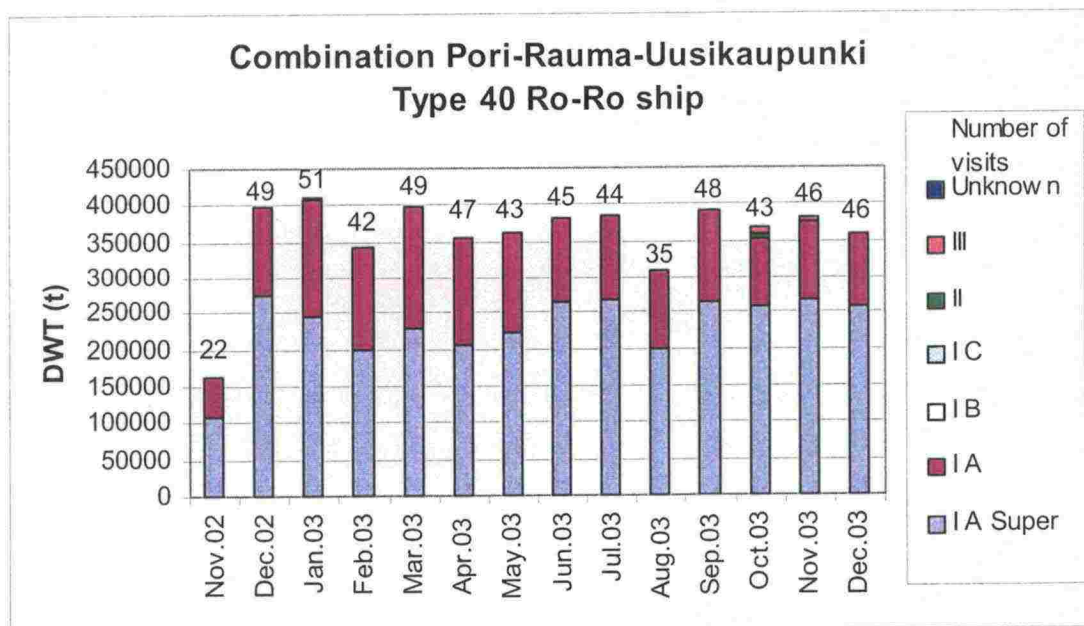
no.	Satamaryhmä	Satamat
1	Pohjoinen satamaryhmä	Tornio, Kemi, Oulu, Raah
2	Koillinen satamaryhmä	Kokkola, Pietarsaari
3	Merenkurkun satamaryhmä	Vaasa, Kaskinen
4	Selkämeren satamaryhmä	Pori, Rauma, Uusikaupunki
5	Saaristomeren satamaryhmä	Naantali, Turku
6	Eteläinen satamaryhmä	Hanko, Koverhar
7	Läntinen Suomenlahti	Inkoo, Kantvik
8	Helsinki	Helsinki
9	Porvoo	Porvoo (Sköldvik)
10	Itäinen Suomenlahti	Loviisa, Kotka, Hamina



Esimerkkejä tilastojen pohjalta johdetusta aineistosta on esitetty kuvissa 7-9. Täydelliset tilastot on esitetty liitteessä 2.

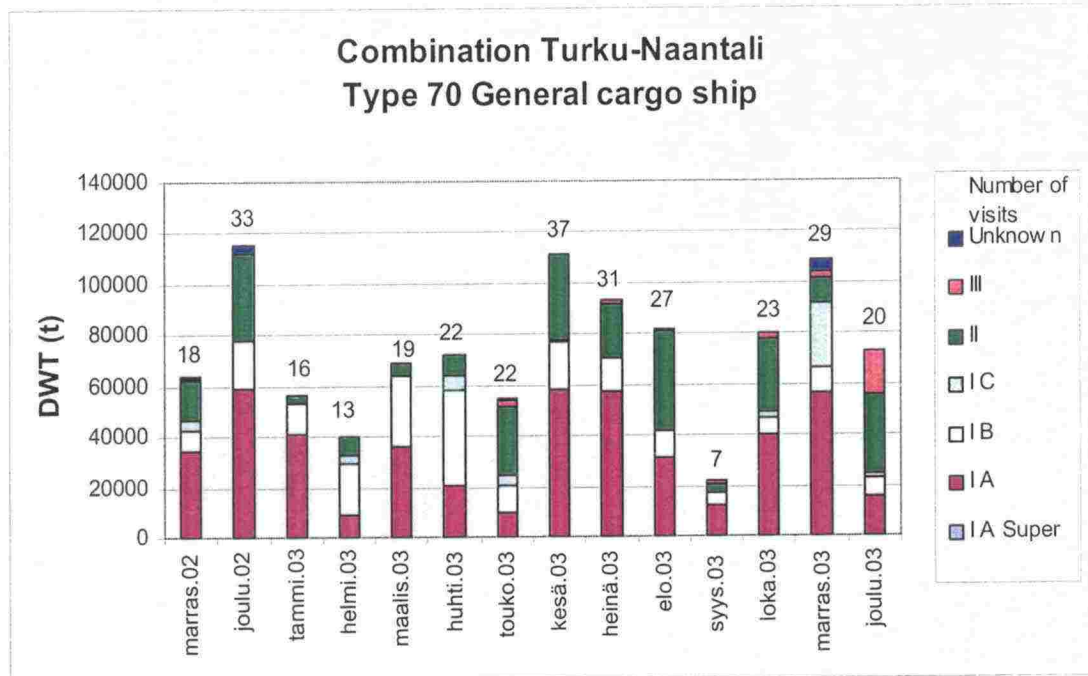


Kuva 7. Helsingin sataman matkustaja-alusliikenne vuonna 2003 jaettuna kuukausiin ja laivojen jääluokkiin.



Kuva 8. Selkämeren satamaryhmän ro-rolin lienne vuonna 2003 jaettuna kuukausiin ja laivojen jääluokkiin.





Kuva 9. Saaristomeren satamaryhmän muiden kuivalastilaivojen liikenne vuonna 2003 jaettuna kuukausiin ja laivojen jääluokkiin.

### 3.2 Välittömät johtopäätökset liikennetilastoista

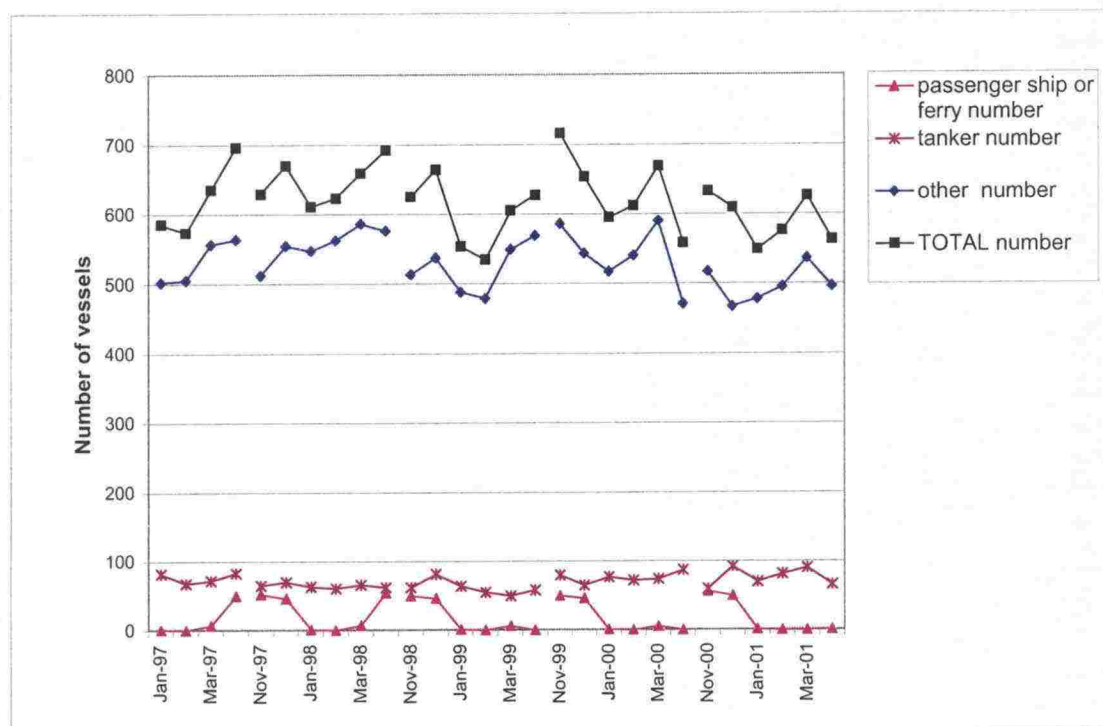
Laivaliikennetiedon tilastolliseston käsittelyn pohjalta voidaan välittömästi tehdä joitakin johtopäätöksiä. Nämä perustuvat mm. siihen, että talvella 2003 annettiin kohtuullisen tiukkoja liikennerajoituksia; Ouluun IA 4000 dwt, Vaasaan IA 3000 dwt, Helsinkiin IA 2000 dwt ja Haminaan IA 2000 dwt. Seuraavat välittömät havainnot perustuvat liitteen 2 tilastoihin:

- Vain harvassa satamassa on havaittavissa liikennerajoitusten vaikutus. Suurin se on Helsingin satamassa matkustaja-alusten kohdalla johtuen Viron nopeakulkuisten alusten liikenteestä. Liikennemäärässäkään ei ole havaittavissa laskua talvikautena. Ainoastaan muiden irtolastialusten luokassa (70) on havaittavissa pieni pudotus talvella.
- Ro-roalus- ja konttialusliikenteessä on vain IA ja IA Super-jääluokan aluksia.
- Matkustaja-autolauttaliikenteessä on myös IB-jääluokan aluksia liikenteessä (Saaristomeren satamaryhmässä).
- Irtolastialusten (60) ja muiden kuivalastialusten (70) ryhmissä on suurta vaihtelua kuukaudesta toiseen. Tämä ei kuitenkaan johtune talvesta.

Kaikkiaan siis keskimääräisenä talvena – kuten talvi 2003 kaikkiaan Suomen merialueilla oli - talven vaikutusta merikuljetuksiin ei ole havaittavissa esimerkiksi laivamäärien vähenemisenä talvikuukausina. Tässä ei ole otettu huomioon muita talven aiheuttamia tekijöitä kuten mahdollista rahtitason muutosta. Tätä voisi jäljittää esimerkiksi tarkastelemalla sitä, muuttuuko kussakin satamaryhmässä vierailleiden alusten koostumus talvi- ja muiden kuukausien välillä.

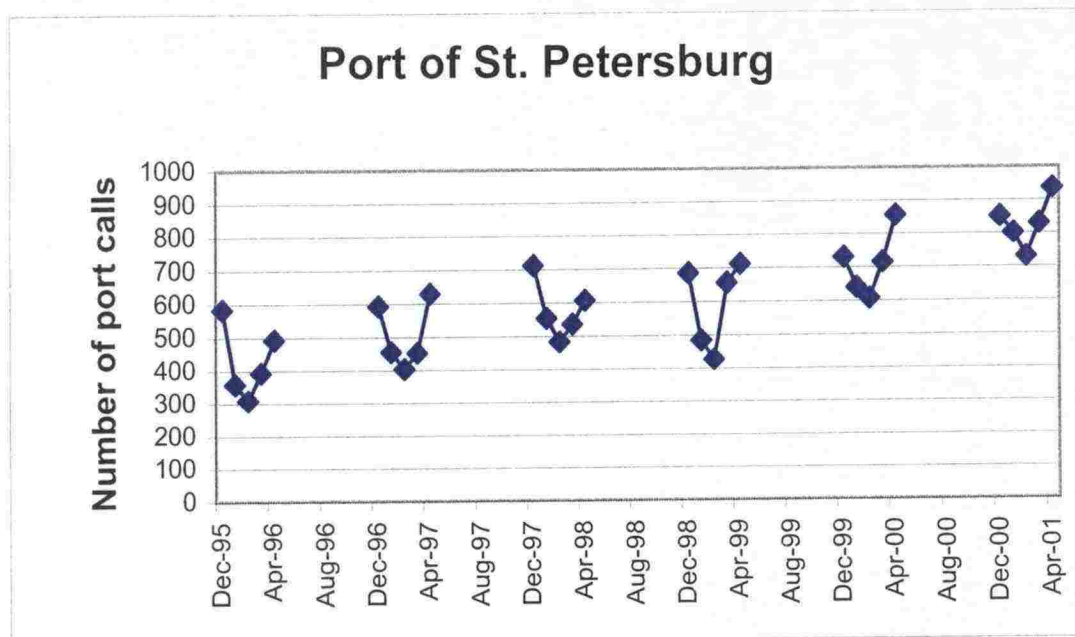
#### 4. TALVEN VAIKUTUS MERIKULJETUKSIIN

Tämän projektin tavoitteena oli arvioida keskimääräisen ja ankaran talven vaikutusta merikuljetuksiin. Talven 2003 edellä esitetty analyysi osoittaa, että liikennerajoitukset eivät juuri muuta liikennemääriä tai -profiilia keskimääräisenä talvena. Tämä johtunee siitä, että toisaalta laivakalusto on mukautunut talven vaatimuksiin, jolloin ympäri vuoden liikennöidään jäävahvistetulla tonnistolla – ja toisaalta, että jäänmurtajapalvelut ovat riittävän tehokkaita keskimääräisenä talvena. Tämä johtopäätös tehtynä vain yhden talven pohjalta saa vahvistusta jos tarkastellaan useita edellisiä talvia, kuva 10. Esimerkiksi itäisen Suomenlahden satamaryhmässä ei ole havaittavissa merkittävää vähenemistä muiden laivojen kuin matkustaja-alusten määrässä.



Kuva 10. Loviisan, Kotkan ja Haminan laivaliikenne viiden talven aikana mitattuna laivakäynneillä (VTT 2002).

Se, että kyse on sekä soveltuvasta laivakalustosta että hyvin toimivasta jäänmurtojärjestelmästä nähdään, jos tarkastellaan Pietarin talvikuukausien liikennettä, kuva 11. Pietari on tietysti Suomenlahden pohjukassa, jonne läntiset tuulet painavat Suomenlahden jäitä mutta tämä tekijä toistuu joka vuosi ja siksi kuljetusjärjestelmän voisi olettaa mukautuvan siihen – maantiedettä ei voi muuttaa.



Kuva 11. Pietarin liikenne laivakäynteinä kuutena talvena (VTT 2002).

Seuraavassa tarkastellaan siis ankaran talven vaikutusta Suomen merikuljetuksiin, koska keskimääräisenä talvena ei talven vaikutusta, ainakaan talven 2003 perusteella, pysty havaitsemaan. Tilastollisen materiaalin määrän laajuuden vuoksi rajoitetaan tarkastelu vain maaliskuun kuljetuksiin ja tarkastellaan maaliskuuta 2003 yhtenä kokonaisuutena. Ankaran talven määritelmä tässä tarkasteltavassa tapauksessa on se, että jään reuna on Gotlannin eteläkärjen latitudilla. Tällaisia talvia oli vuosina 1963-1980 noin joka kymmenes (Leppäranta et al. 1988). Jäätalvet 90-luvulla ovat olleet hieman mainittua tarkastelujaksoa leudommat ja keskiarvo viimeisen 15 vuoden ajalta antaisikin hieman pienemmän peittoisuuden ankarallekin talvelle. Suuruusluokkana kuitenkin tässä käytetty arvio ankarasta talvesta puolustaa paikkaansa.

Keskitetään tarkastelu siihen, kuinka paljon lisätonnistoa tarvittaisiin kuljettamaan maaliskuun 2003 rahtimäärät, jos otetaan huomioon talven vaikutukset. Talven vaikutus määritellään tässä joko tiukoiksi liikennerajoituksiksi tai laivojen kulkuajan pidentymiseksi. Kulkuajan pidentymiseen vaikuttaa kulkunopeuden hidastuminen jäissä ja jäänmurtajan odotus. Kulkuajan pidentymisen vaikutus lasketaan karkeasti olettamalla laivojen keskimääräiseksi matkaksi matka määräsatamaan Hollannista, ja laskemalla sitten avovesimatka-aika ja matka-aika, kun osa reittiä on jäissä.

Ankarana talvena jääpeitteen ollessa laajimmillaan maaliskuun alussa matka jään reunasta satamaan vaihtelee satamaryhmittäin. Seuraavassa laskelmassa käytetään seuraavia matkoja jäiden läpi kuhunkin satamaryhmään, taulukko 4. Matka Gotlannin eteläkärkeen oletetaan 820 mpk:ksi. Lisäksi lisätonniston tarvetta arvioitaessa tarvitaan laivan nopeus avustettuna ja myös keskimääräinen jäänmurtajan odotusaika. Nämä arviot saadaan jäänmurtajatarpeen simuloinnista (Nokelainen et al. 2004). Arvot vastaavat kovaa talvea ja tilannetta, että Perämerellä on 4 jäänmurtajaa, Selkämerellä 3 jäänmurtajaa ja Suomenlahdella 2 jäänmurtajaa.



Taulukko 4. Jään peittämä matka jään reunasta kuhunkin satamaryhmään.

Satamaryhmä	Matka jään reunasta satamaan $L_{ice}$ [mpk]	Keskimääräinen avustusnopeus $V_{ice}$ [solmua]	Keskimääräinen jäänmurtajan odotusaika $T_{odotus}$ [h]
Pohjoinen satamaryhmä	550	9,8	13,3
Koillinen satamaryhmä	470	9,8	13,3
Merenkurkun satamaryhmä	380	9,8	11,2
Selkämeren satamaryhmä	260	9,8	9,0
Saaristomeren satamaryhmä	240	8,8	9,0
Eteläinen satamaryhmä	210	8,8	9,0
Läntinen Suomenlahti	240	8,5	4,3
Helsinki	270	8,5	4,3
Porvoo	290	8,5	4,3
Itäinen Suomenlahti	340	8,5	4,3

Tarkastellaan nyt kolmea eri skenaariota:

1. Asetetaan ankarat liikennerajoitukset; vaaditaan Perämerelle jääluokka IA Super ja muualle IA (kaikissa kokoluokissa)
2. Arvioidaan aluksien kulkuajan pidentymistä käyttäen keskimääräisiä avustusaikoja ja matkaa jään reunasta. Oletetaan avovesimatkan pituuden olevan  $L_{OW} = 820$  mpk. Satama-ajaksi oletetaan  $T_{lastaus} = 12$  h.
3. Otetaan jäiden hidastavan vaikutuksen lisäksi huomioon jäänmurtajan odotusaika.

Tilastoista saadaan keskimääräinen laivamäärä per aikayksikkö kullekin satamalle ja kullekin laivatyyppille ja tätä sataman sykliä sitten hidastetaan edellä mainituilla oletuksilla siten, että lastimäärä ja myös laivojen lukumäärä pienenee tarkasteltavana kuukautena suhteen

$$K = \frac{\text{matka} - \text{aika avovedessä}}{\text{matka} - \text{aika jäissä}} = \frac{L / V_{OW} + T_{lastaus}}{L_{OW} / V_{OW} + L_{ice} / V_{ice} + T_{lastaus} + T_{odotus}},$$

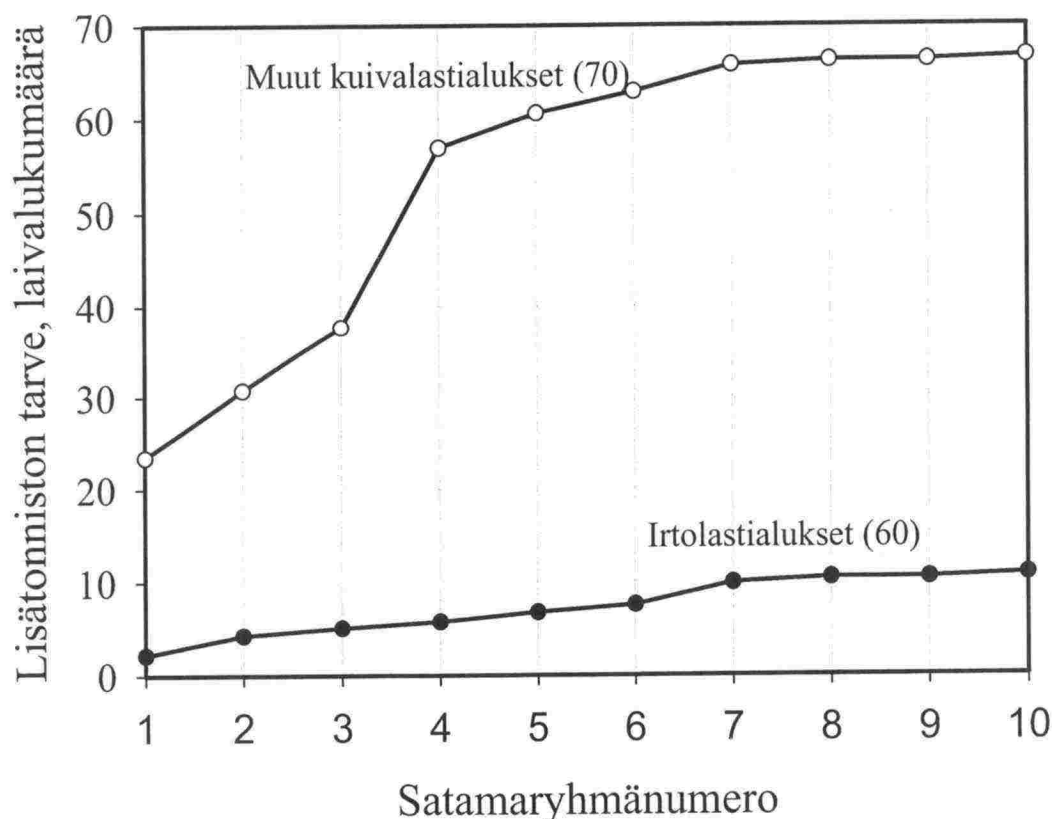
missä avovesinopeudeksi  $V_{OW}$  on oletettu 15 solmua ja kokonaismatka on  $L = L_{OW} + L_{ice}$ . Tuloksissa on myös erotettu pelkästään jäänmurtajan odotuksesta tulevan tonnistarve (vähentämällä tulokset kummankin tekijän mukana ollessa ja vain hidastuneen nopeuden vaikutuksesta) vaikka tämä suure on hieman keinotekoinen, koska silloin oletettaisiin laivan odottavan jäänmurtajaa mutta kulkevan reitin avovesinopeudella. Kaikki laskelmien tulokset on esitetty liitteessä 3.

Tuloksista huomataan välittömästi, että tiukentuneet liikennerajoitukset vaikuttavat pääosin irtolastialusten ja muiden kuivalastialusten ryhmiin. Näissä ryhmissä on

eniten aluksia, joiden jääluokka on Perämeren liikenteessä korkeintaan IA ja muilla merialueilla alla IA jääluokan. Lisäksi vielä lauttaliikenteessä Saaristomerelle on IB jääluokan aluksia, joiden tilalle tarvittaisiin suurehko määrä korvaavaa tonnista tiukkojen liikennerajoitusten aikaan.

Kulkuajojen pidentymisen vaikutusta tarkastellessa havaitaan, että usein toistuvassa liikenteessä näyttää tarvittavan lisää kalustoa. Tämä on kuitenkin lähtöoletuksista johtuva harha, koska tämä liikenne on pääsääntöisesti Viroon tai Ruotsiin suuntautuvaa, joten se aikatauluihin perustavana ja myös keskimääräisenä talvena kokonaan jäissä kulkevana ei ole herkkä talven vaihtelulle keskimääräisestä ankaraan. Liitteeseen 3 on merkitty huomautuksin tämä edellä mainituista oletuksista poikkeava liikenne. Myös tankkialusliikenne poikkeaa yllämainituista oletuksista, koska osa siitä kulkee Primorskin ja Sköldvikin välillä ja osa rannikkoliikenteessä.

Ainoastaan irtolastialusten ja muiden kuivalastialusten ryhmässä lisätonniston tarve on merkittävä. Tämä tarve on esitetty kumulatiivisena kuvassa 12 alkaen pohjoisesta satamaryhmästä ja summaten aina seuraava ryhmä edelliseen. Tarve on noin 70 alusta koko kuukauden jaksolla, eli noin 2 uutta alusta liikennöimään päivässä. Tätä on hyvä verrata kokonaismäärään, joka muiden kuivalastialusten ryhmässä on 480 laivaa ja irtolastialusten ryhmässä 54 laivaa. Kaikkiaan siis muita kuivalastialuksia tarvitaan 14 % lisää ja irtolastialuksia 20 % lisää.



Kuva 12. Lisätonniston tarve laivakäynteinä koko Suomen liikenteessä. Muiden kuivalastialusten ryhmässä tarvittaisiin kaksi uutta alusta päivässä kantamaan vuoden 2003 maaliskuun rahdit. Pohjoinen satamaryhmä on no. 1 ja itäisen Suomenlahden ryhmä on 10.

## 5. YHTEENVETO

Tässä tarkastelussa on selvitetty talvisten liikenne rajoitusten antamisen perusteita sekä talviolosuhteiden aiheuttamaa lisätonniston tarvetta Suomen merikuljetuksiin. Liikenne rajoitusten perustaksi kehitettiin ekvivalentin jään paksuuden käsite. Tämä kalibroitiin annettuja liikenne rajoituksia käyttäen ja todettiin, että IB rajoitus annetaan keskimäärin, kun  $h_{eq}$  on 40 cm ja IA, kun  $h_{eq}$  on 50 cm. Tasaisen jään paksuus hetkellä, kun ekvivalentti jään paksuus ylittää ym. rajan, on selkeästi pienempi. Ekvivalentin jään paksuuden käyttäminen voisi selkeyttää liikenne rajoitusten antamista. Käsitteen varjopuolena voidaan todeta mm. valliintumista kuvaavan parametrin (H) määrittämisen vaikeus.

Vuoden 2003 laivaliikennetilastojen tarkastelu osoittaa, että kuljetusmäärissä ei tapahtunut mainittavaa pudotusta talvikuukausina – pois lukien nopeiden matkustaja-alusten liikenne Helsingin ja Tallinnan välillä. Jos sitten tarkastellaan ankaran talven aiheuttamaa haittaa mitattuna kulkuajan hidastumisella jäänmurtajan avustuksessa ja myös jäänmurtajan odotusajan takia, todetaan, että ainoastaan irt- ja kuivalastialusten alusryhmässä esiintyy lisätonnistontarvetta. Muut lisätonnistontarpeet (kun siis käytetään samaa laskentamenetelmää kaikkiin alusryhmiin) ovat näennäisiä, koska laskelma ei ottanut huomioon alusten todellista reittiä (Helsinki-Tukholma, Turku-Tukholma ja myös Sköldvik-Primorsk). Tämä päätelmä lisätonniston tarpeesta on kuitenkin yksinkertaistettu; siinä ei ole huomioitu mahdollista kuljetusten siirtymistä muille kuukausille, aluskoon kasvua tai vain käytettyjen alusten jääluokan parantamista. Tärkeimmät johtopäätökset selvityksestä listan muodossa ovat siis

1. Keskimääräisenä talvena kuten talvi 2003 ei eri satamien kuljetusmäärissä tai satamakäynneissä tapahtunut juurikaan muutosta – pois lukien Helsingin sataman matkustaja-alus liikenne. Tämä osoittaa, että Suomen talviliikennejärjestelmä toimii hyvin
2. Ro-ro liikenteessä on eniten IA Super jääluokan aluksia, n. 70 % koko määrästä. Matkustaja-autolautoista noin puolet on jääluokkaa IA Super kun taas konttialukset ovat pääosin jääluokkaa IA
3. Ainoastaan irtolastialuksien kohdalla muiden kuin IA Super ja IA jääluokan laivojen määrä on merkittävä
4. Kaikkiaan Suomen merikuljetuksista selvästi yli puolet dwt-määräisesti kulkee IA Super ja IA jääluokan laivoilla
5. Ankaran jäätalven sattuessa ei synny suurta lisätonniston tarve tammikuussa laivatyyppiryhmissä kuin irtolastialukset ja muut kuivalastialukset.
6. Jos arvioidaan jäänmurtajan odotukseen kuluva aika ja myös matkanopeuden hidastuminen, voidaan keskimääräisesti päätellä, että muita irtolastialuksia tarvitaan lukumääräisesti eniten lisää (67 kpl maaliskuussa)
7. Suhteellisesti eniten lisää tarvitaan irtolastialuksia, 20 % maaliskuun laivamäärästä ja toiseksi eniten muita kuivalastialuksia, 14 % maaliskuun laivamäärästä



Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan pitää alustavina ja mahdollisessa tarkemmassa jatkotutkimuksessa olisi tarkasteltava:

- Koko talven kuljetuksia, jolloin talven vaiheet ja myös eri liikennerajoitusten vaikutukset tulisivat otettua huomioon,
- Alusten todelliset reitit olisi otettava huomioon,
- Alusten todellinen nopeus jäissä ensin itsenäisesti ja sitten jäänmurtajan avustamana olisi tarkasteltava vain keskimääräisen nopeuden sijaan,
- Tarkasteltavana tässä tutkimuksessa oli maaliskuun 2003 kuljetukset. Tätä tarkempi kuljetustarve olisi laadittava tarkastelemalla kunkin sataman kuljetuksia tarkemmin sekä
- Jäänmurtajien odotusaikoihin vaikuttaa suomalaisten ja ruotsalaisten jäänmurtajien käyttö ankarana talvena ja nämä odotusajat olisi arvioitava tarkemmin.

## LÄHTEET

La Prairie, D., Riska, K. & Wilhelmson, M. 1995: A Transit Simulation Model for Ships in Baltic Ice Conditions. TKK laivalaboratorio, rpt. nr. M-200, 38 s.

Leppäranta et al. 1988: Itämeren talven vaiheet, Merentutkimuslaitos, rpt nr. 254, supplement 2, Helsinki, 83 s.

Nokelainen, A. et al. 2004: Suomen talvimerenkulun kehittäminen – Jäänmurtajatarpeen simulointityökalu, Merenkululaitoksen julkaisuja 2/2004, Helsinki, 72 s.

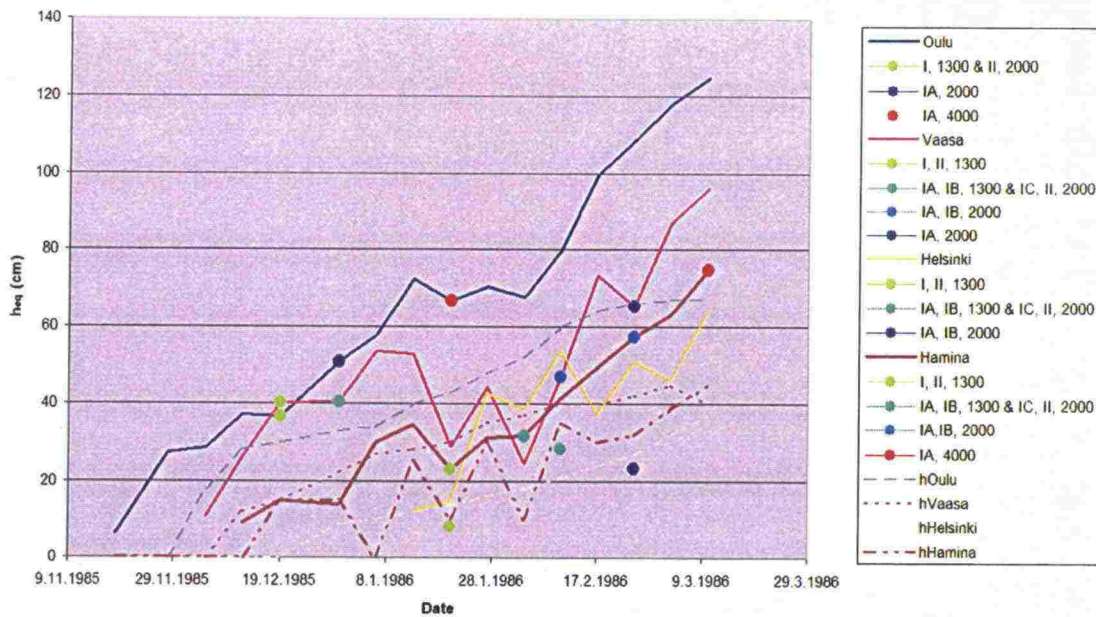
VTT 2002: The implementation of the VTMISS-system for the Gulf of Finland, Formal Safety Assessment –study. Research Report VAL34-013153.

**LIITE 1**

**LASKELMAT EKVIVALENTISTA JÄÄNPAKSUUDESTA TALVINA  
1986, 1987, 1988, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 ja 2003 JA  
VERTAILU LIIKENNERAJOITUSTEN PÄIVÄMÄÄRIIN**

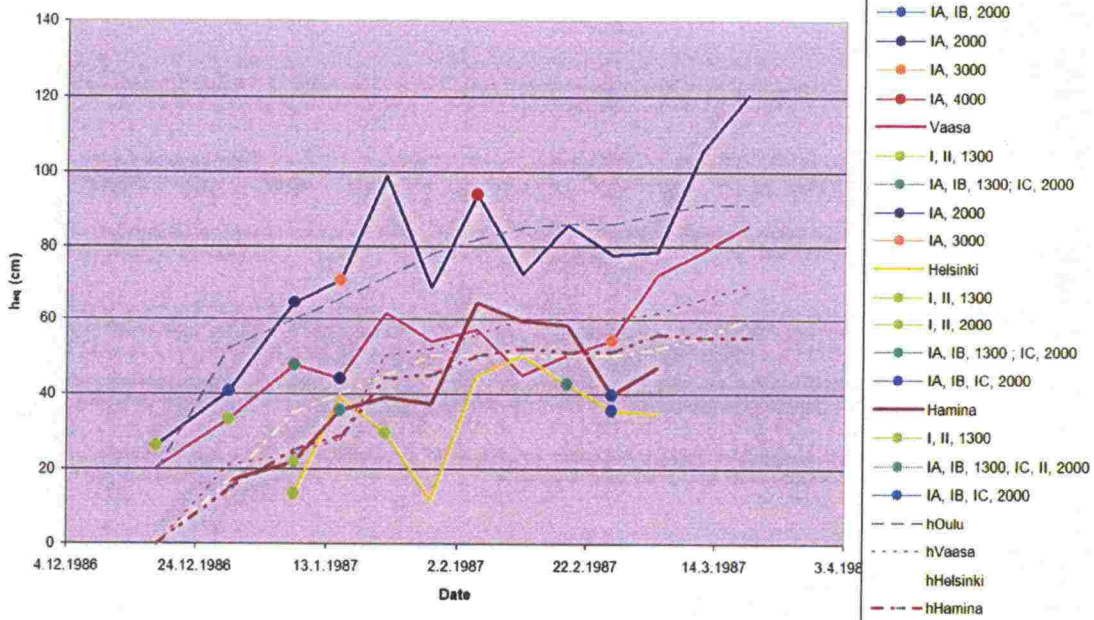


Equivalent Ice Thickness 1985-1986



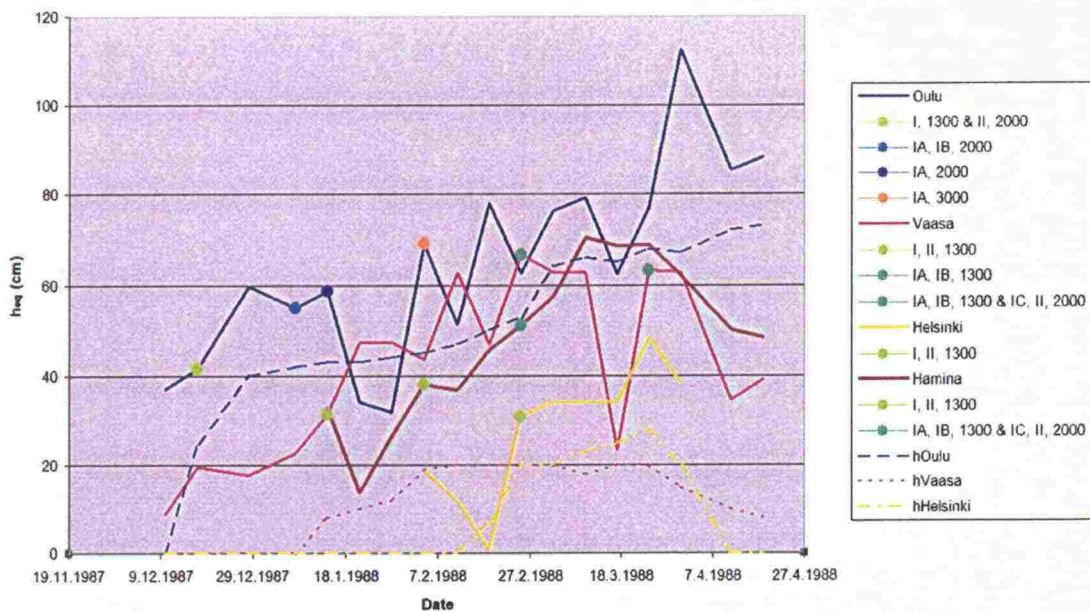
Kuva 1.1. Talvi 1985-1986 (ankara)

Equivalent Ice Thickness 1986 - 1987



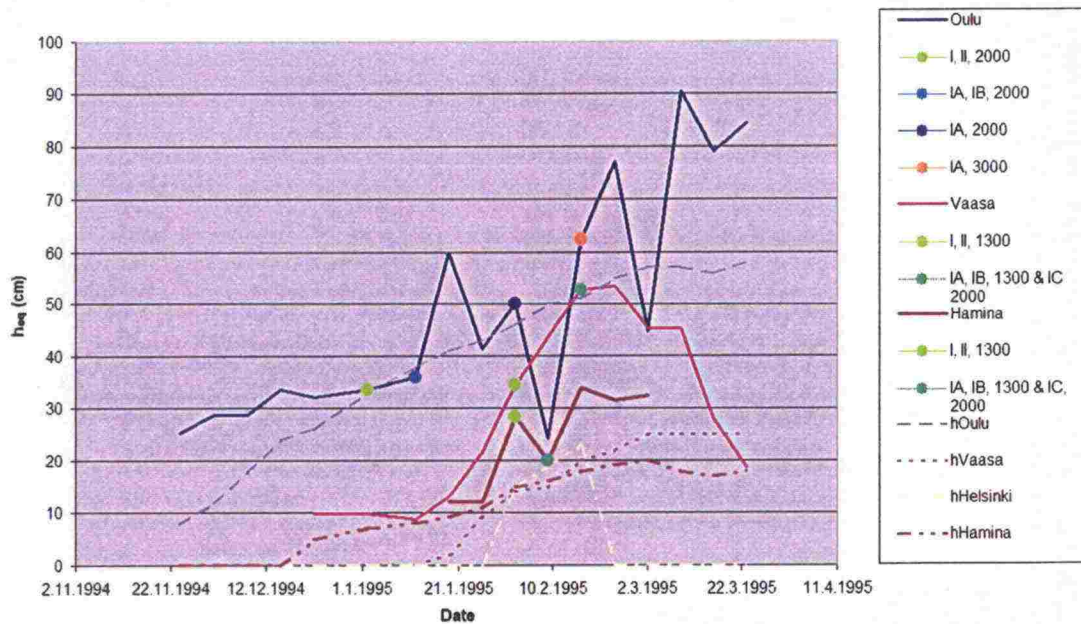
Kuva 1.2. Talvi. 1986-1987 (ankara).

Equivalent Ice Thickness 1987-1988



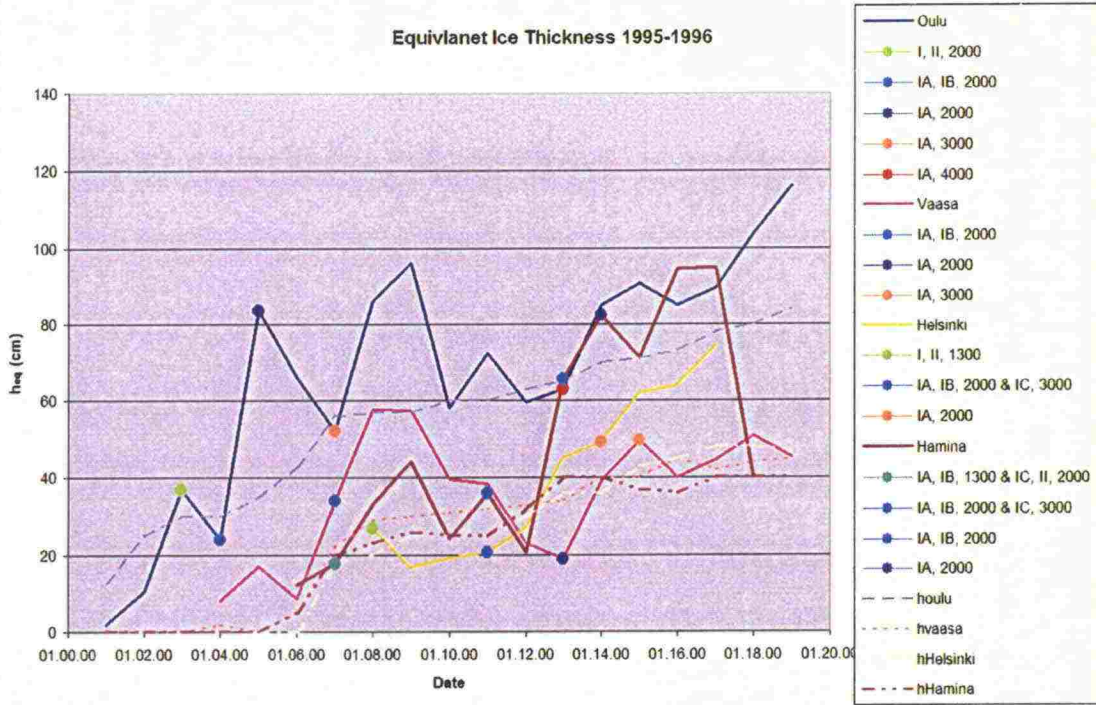
Kuva 1.3. Talvi 1987-1988 (leuto).

Equivalent Ice Thickness 1994-1995

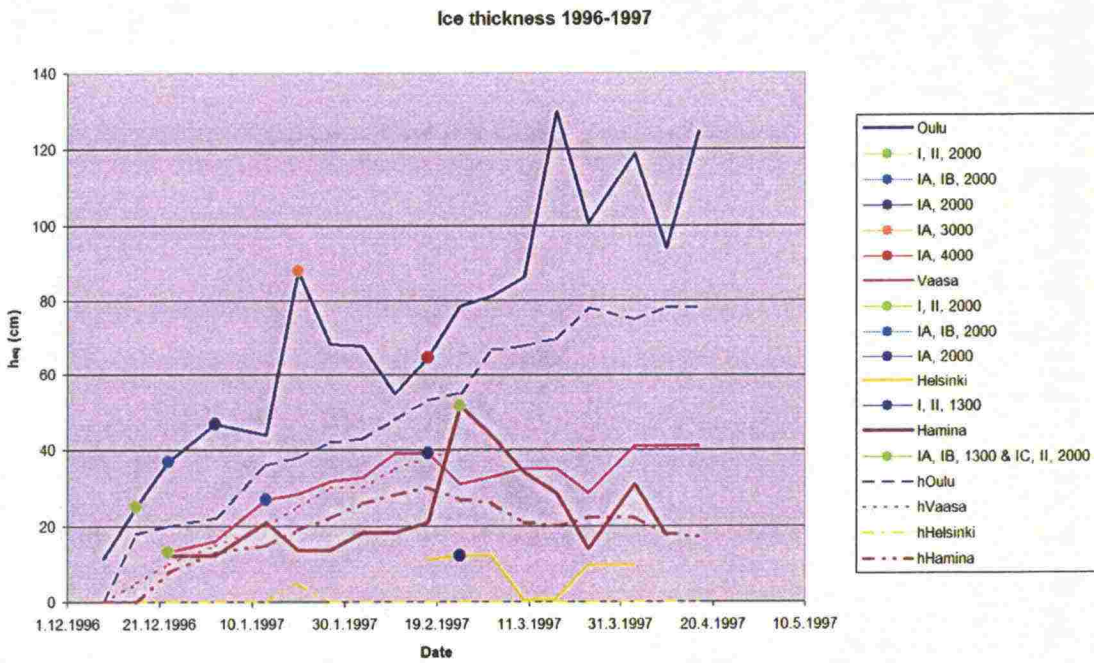


Kuva 1.4 Talvi 1994-1995 (erittäin leuto), Helsingissä ei juuri ollut jätää.





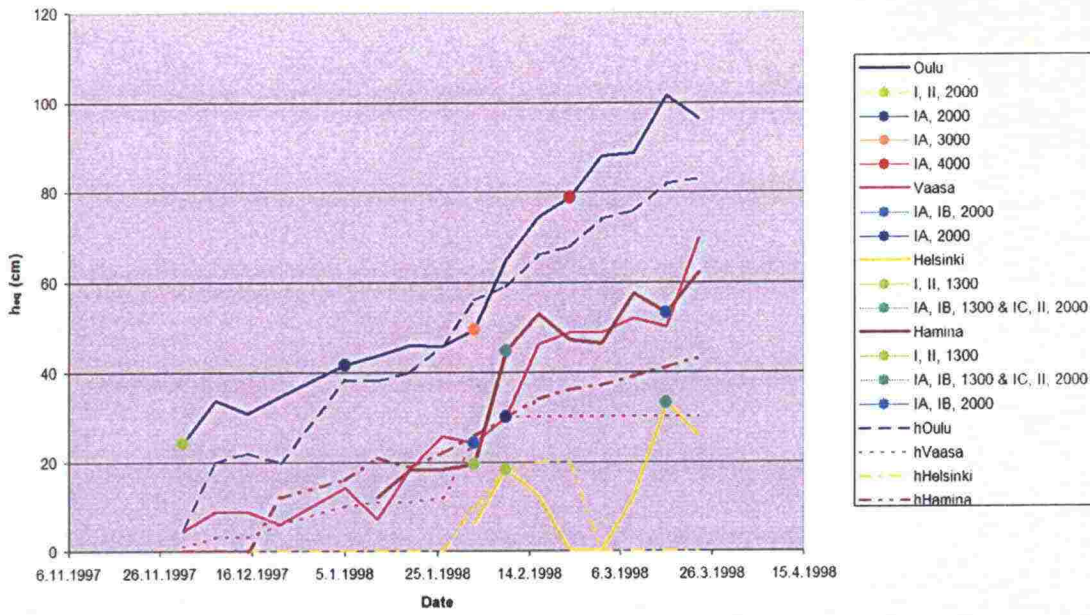
Kuva 1.5. Talvi 1995-1996 (keskimääräinen).



Kuva 1.6. Talvi 1996-1997 (leuto).

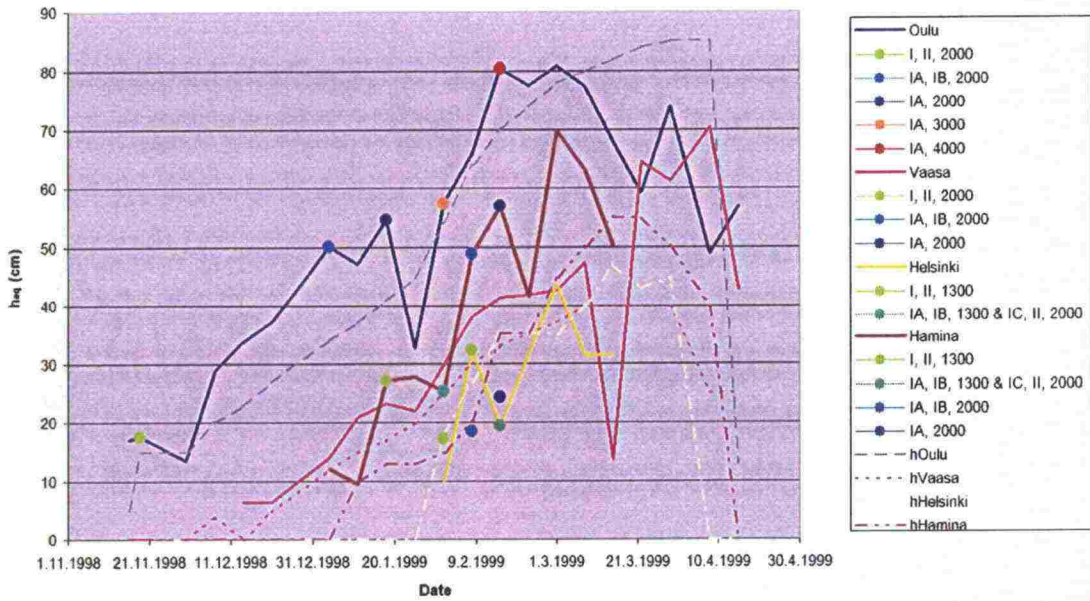


Equivalent Ice Thickness 1997-1998



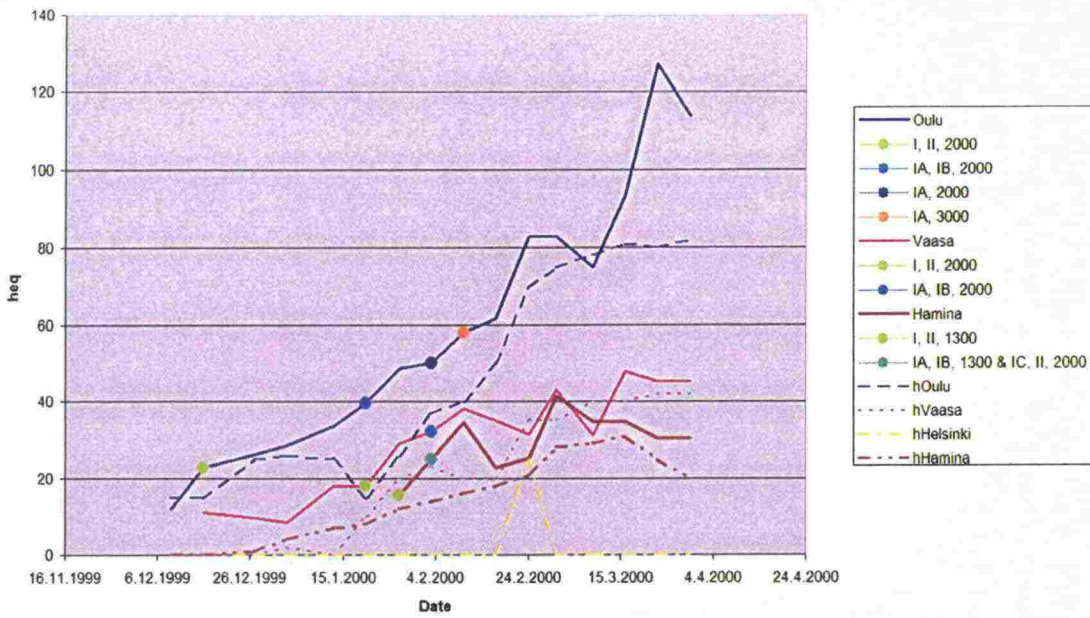
Kuva 1.7. Talvi 1997-1998 (leuto).

Equivalent Ice Thickness 1998-1999



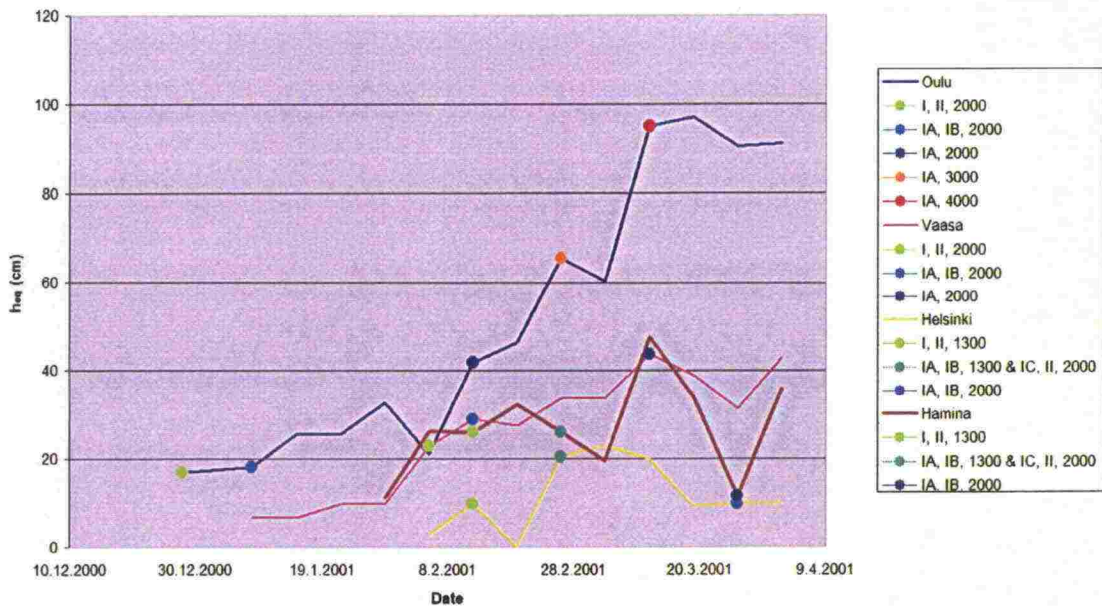
Kuva 1.8. Talvi 1998-1999 (keskimääräinen).

Equivalent ice thickness 1999-2000



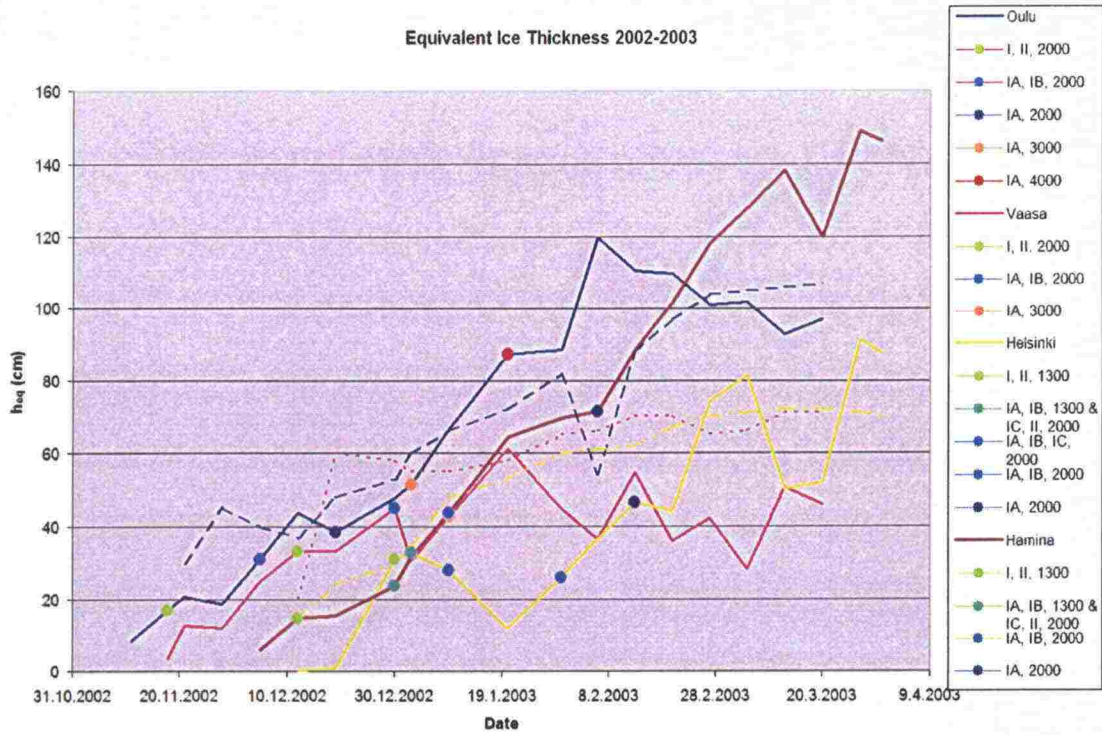
Kuva 1.9. Talvi 1999-2000 (leuto), Helsingissä ei juuri ollut jäätä.

Equivalent Ice Thickness 2000-2001



Kuva 1.10. Talvi 2000-2001 (leuto), jään paksuusarvoja ei ollut saatavilla.





Kuva 1.11. Talvi 2002-2003 (keskimääräinen).

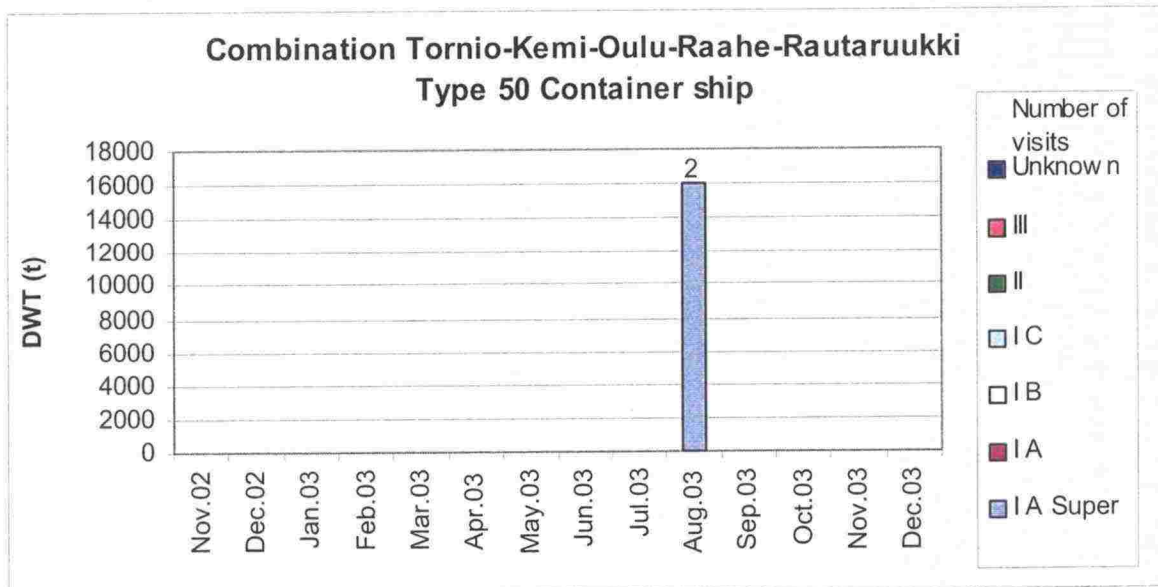
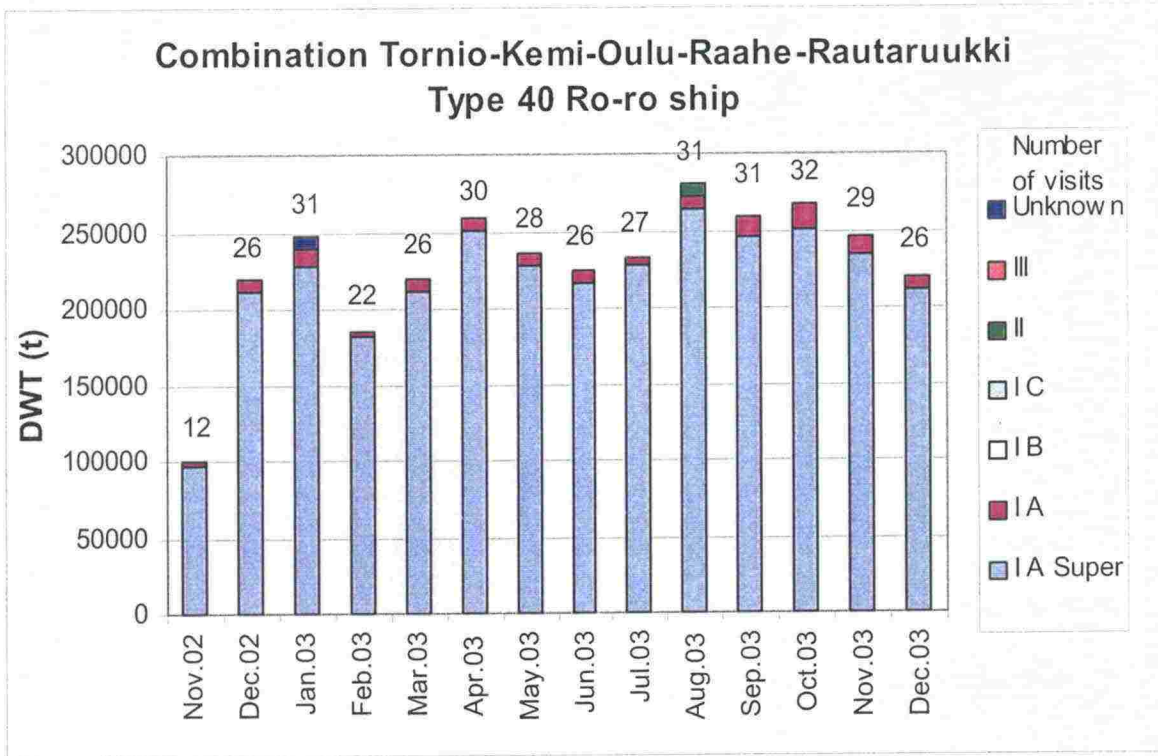


## **LIITE 2**

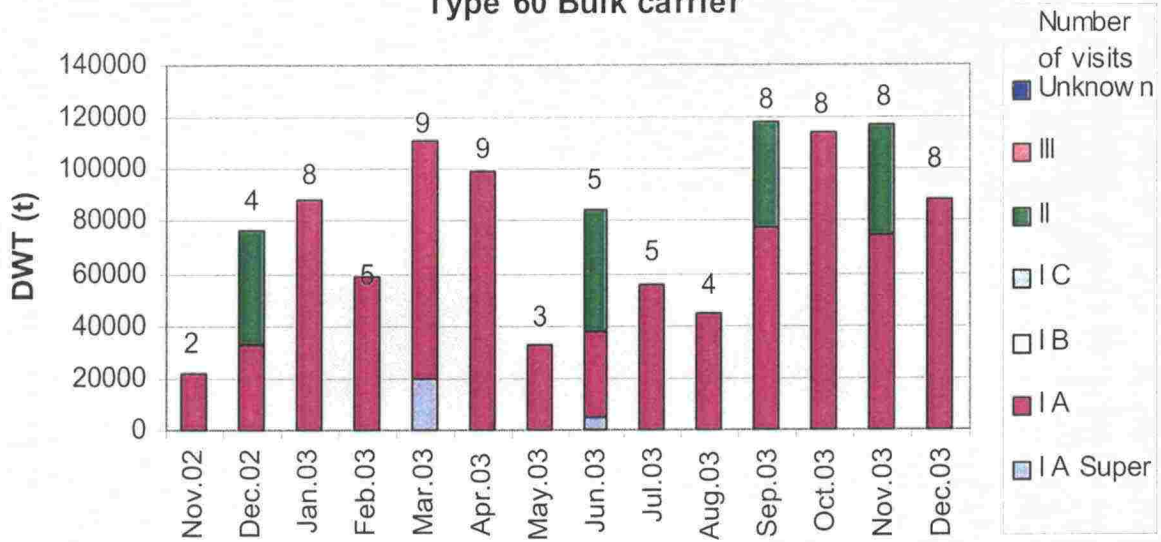
### **SUOMEN MERIKULJETUSMÄÄRÄT SATAMARYHMITTÄIN**

Seuraavissa kuvissa on annettu kuukautinen yhteenlaskettu satamissa vierailleiden laivojen kantavuus ja lukumäärä jaettuna eri laivatyyppihin marraskuun 2002 ja joulukuun 2003 välillä.

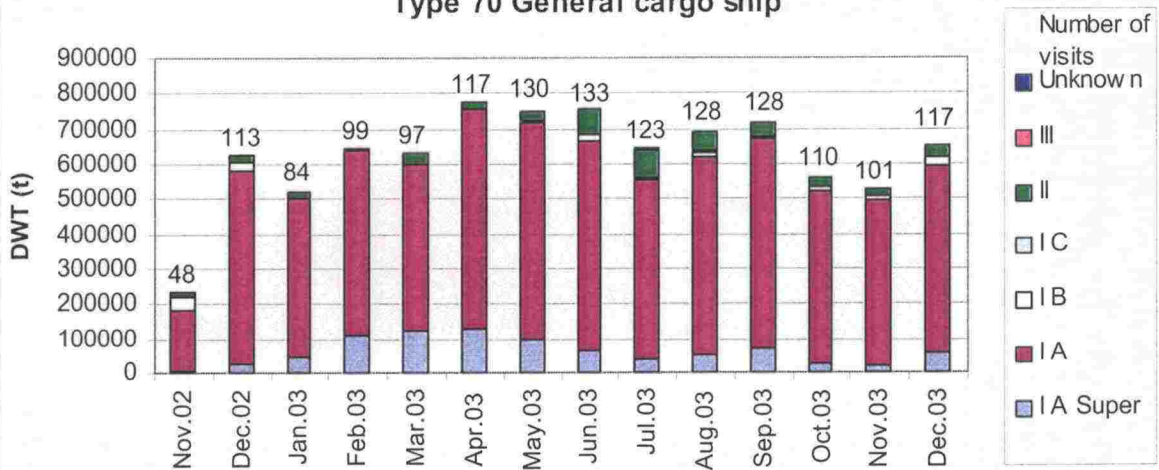
Pohjoinen satamaryhmä: Tornio, Kemi, Oulu, ja Raahе.



CombinationTornio-Kemi-Oulu-Raahe-Rautaruukki  
Type 60 Bulk carrier

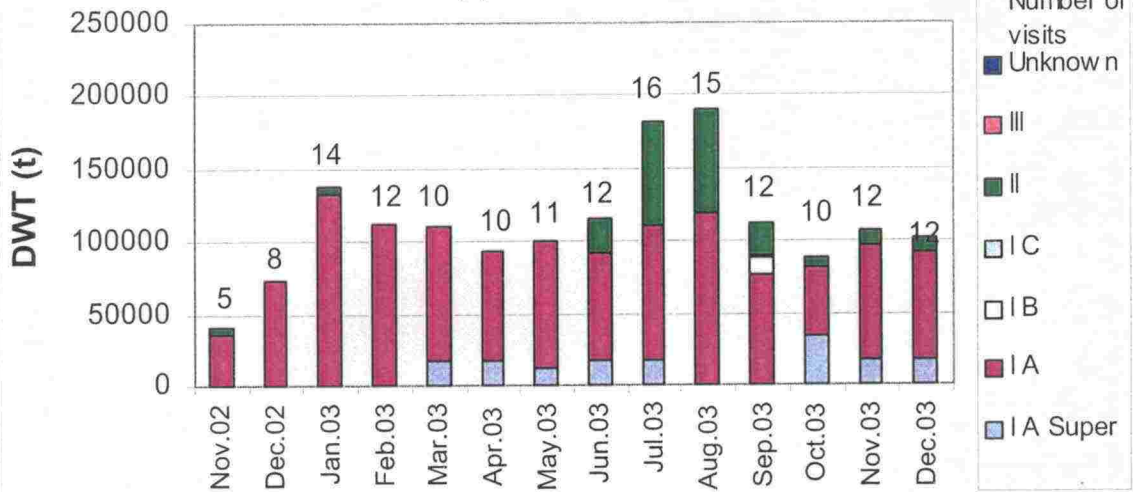


Combination Tornio-Kemi-Oulu-Raahe-Rautaruukki  
Type 70 General cargo ship

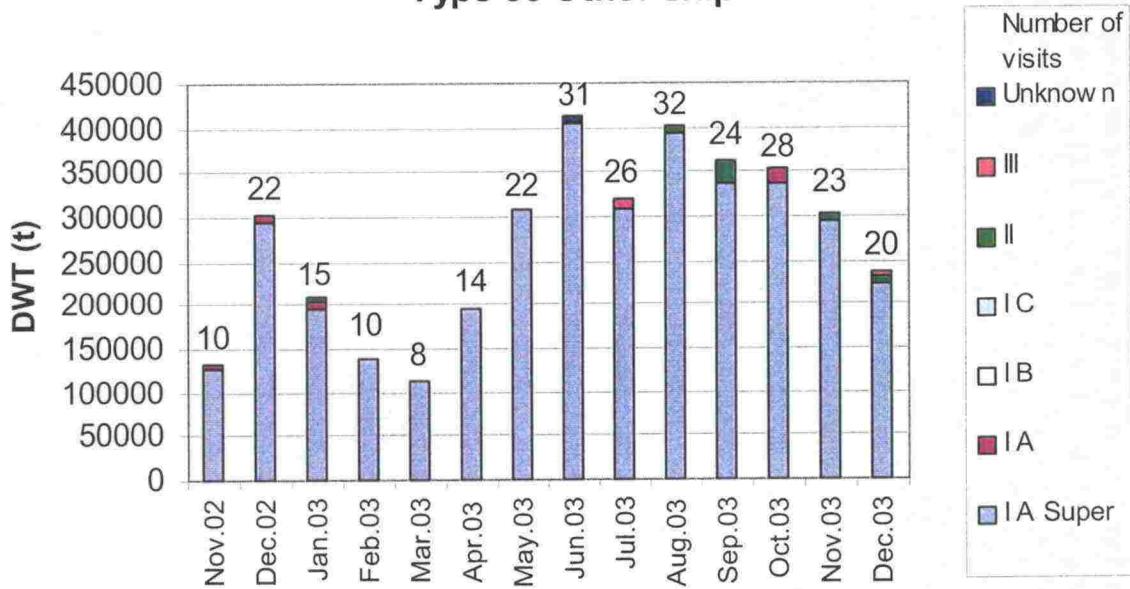




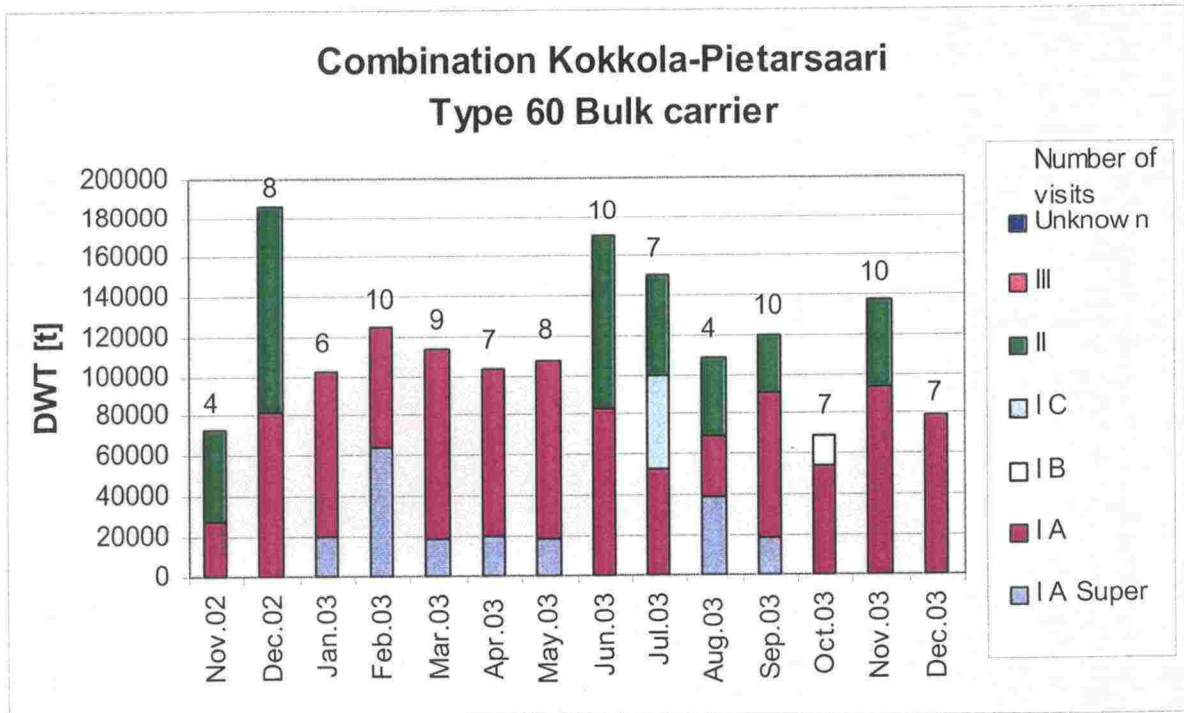
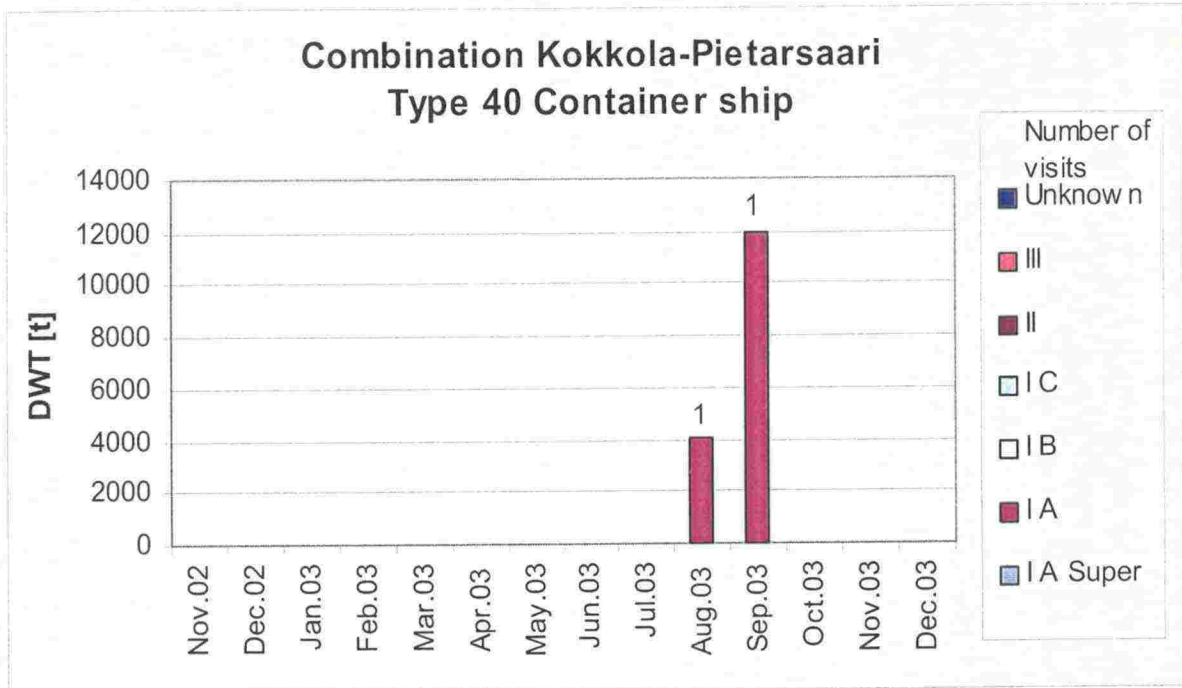
### Combination Tornio-Kemi-Oulu-Raahe-Rautaruukki Type 80 Tanker



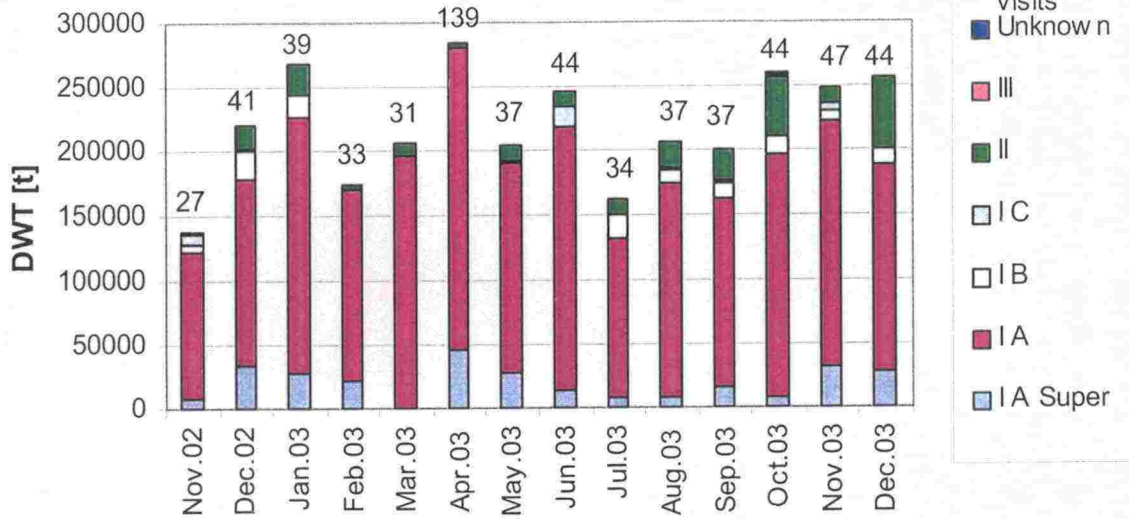
### Combination Tornio-Kemi-Oulu-Raahe-Rautaruukki Type 90 Other ship



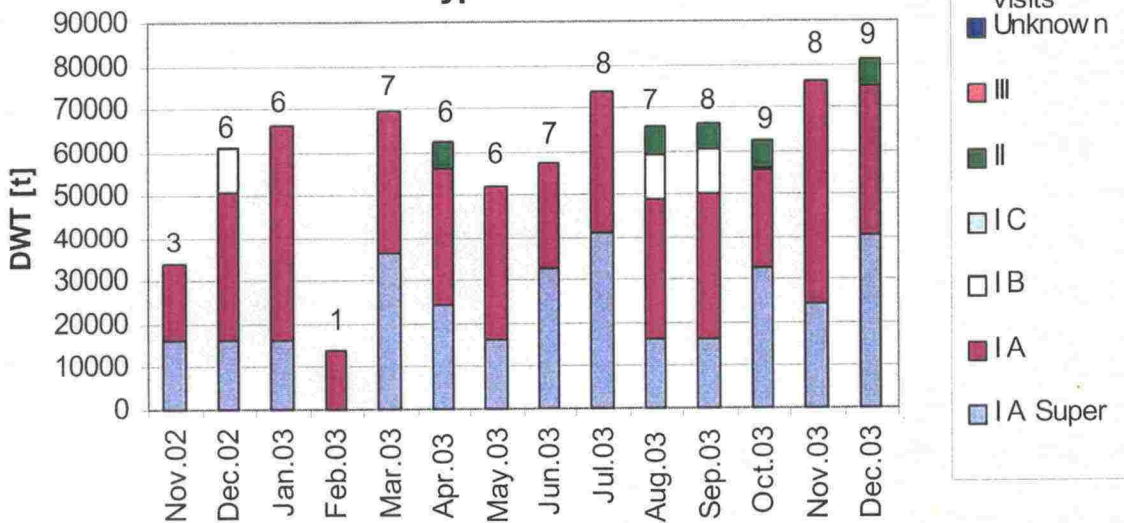
Koillinen satamaryhmä:: Kokkola ja Pietarsaari.



### Combination Kokkola-Pietarsaari Type 70 General cargo ship

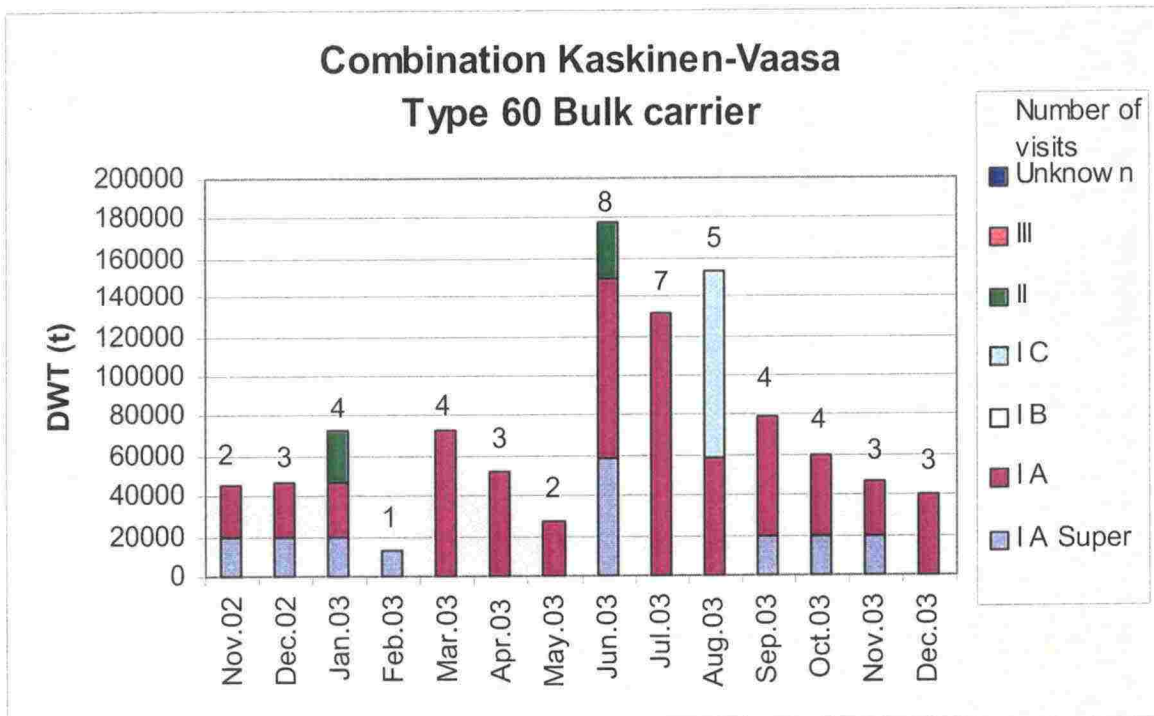
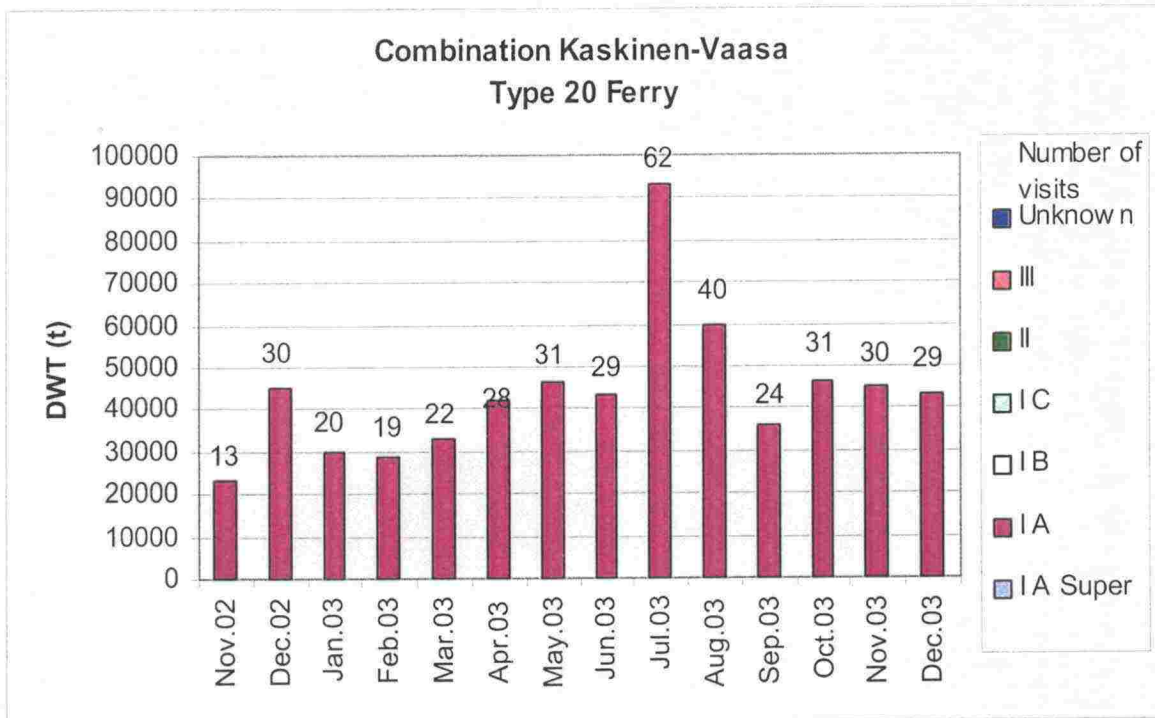


### Combination Kokkola-Pietarsaari Type 80 Tanker

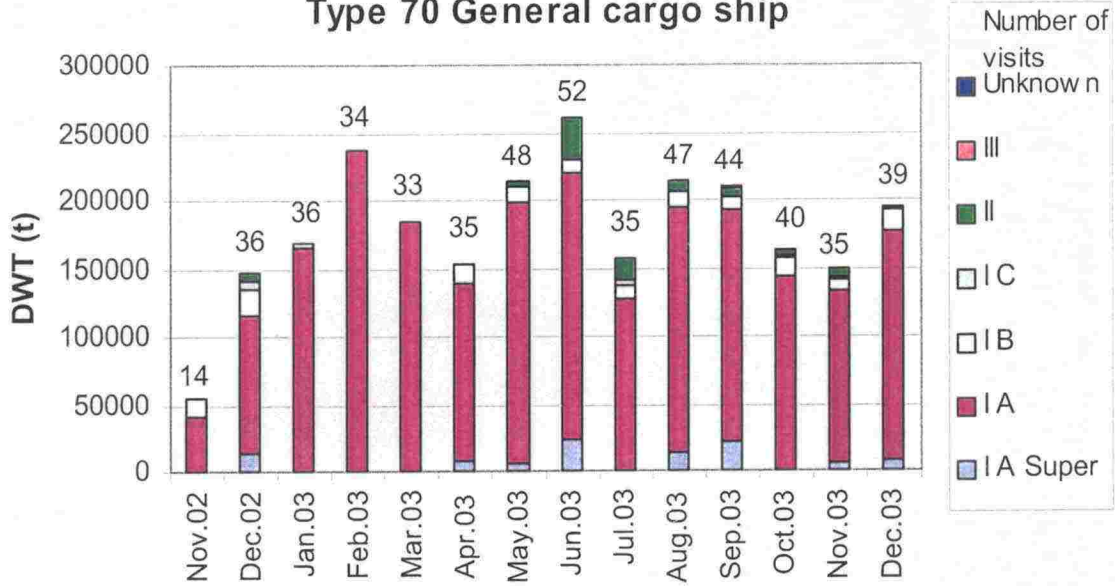




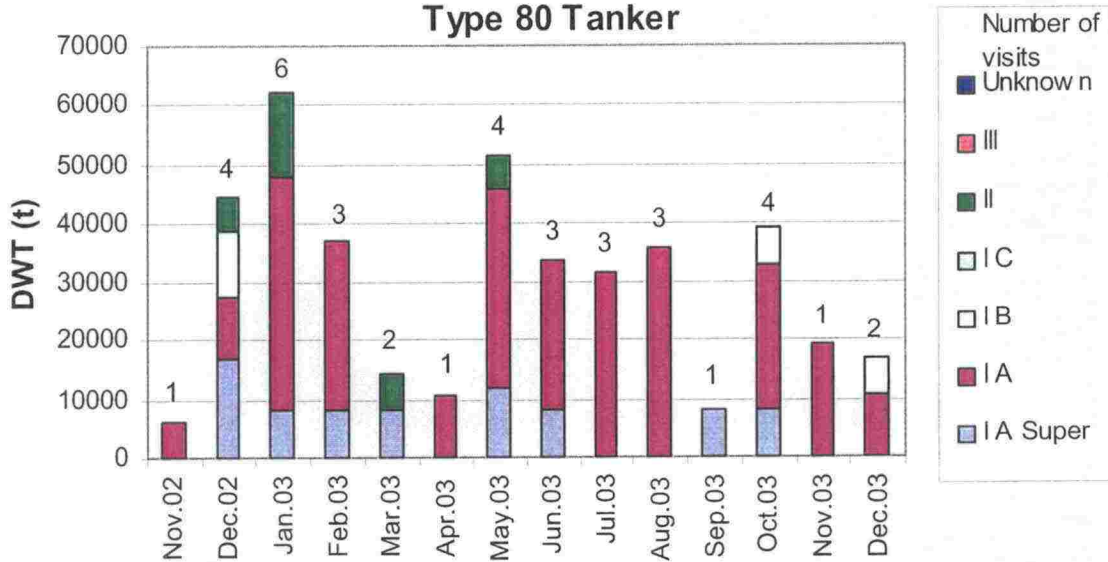
Merenkurkun satamaryhmä: Kaskinen ja Vaasa



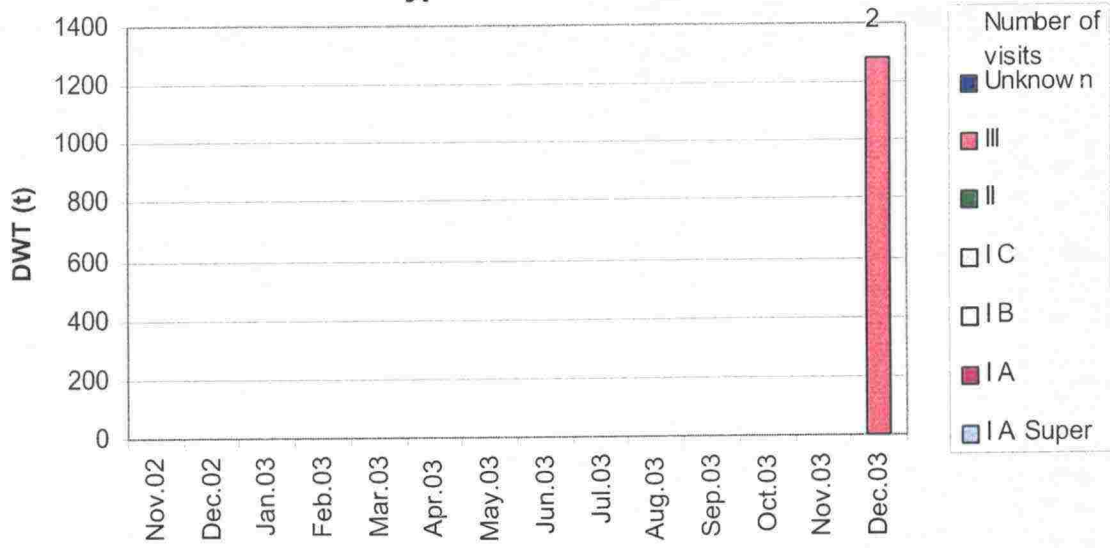
### Combination Kaskinen-Vaasa Type 70 General cargo ship



### Combination Kaskinen-Vaasa Type 80 Tanker

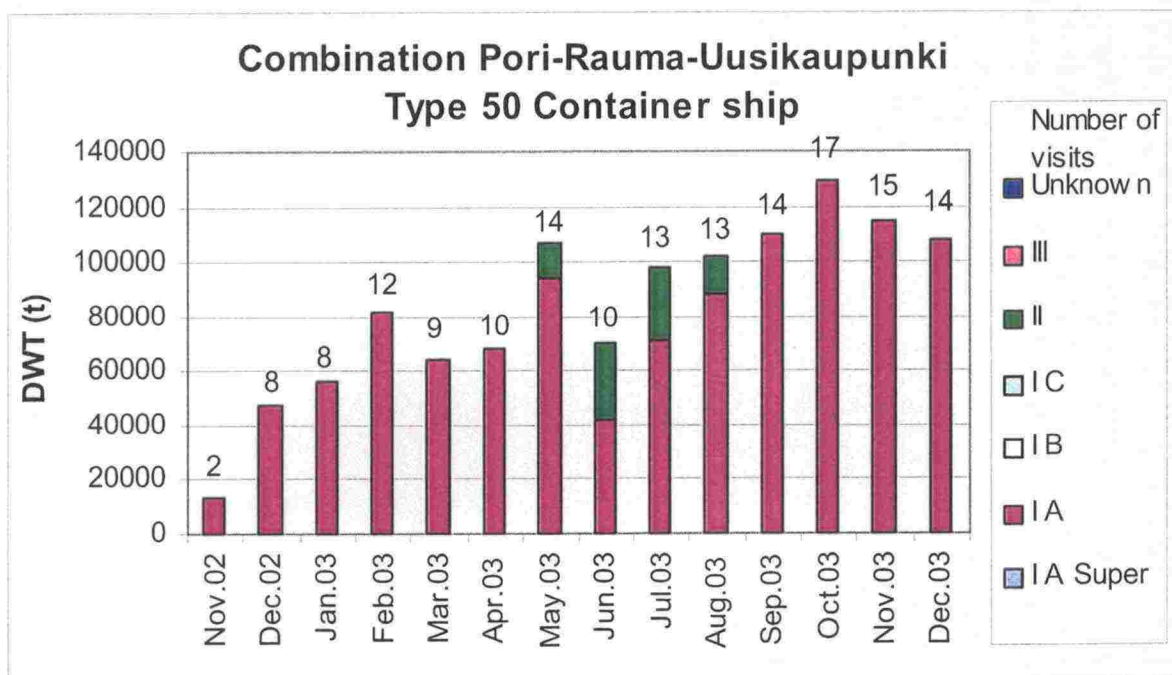
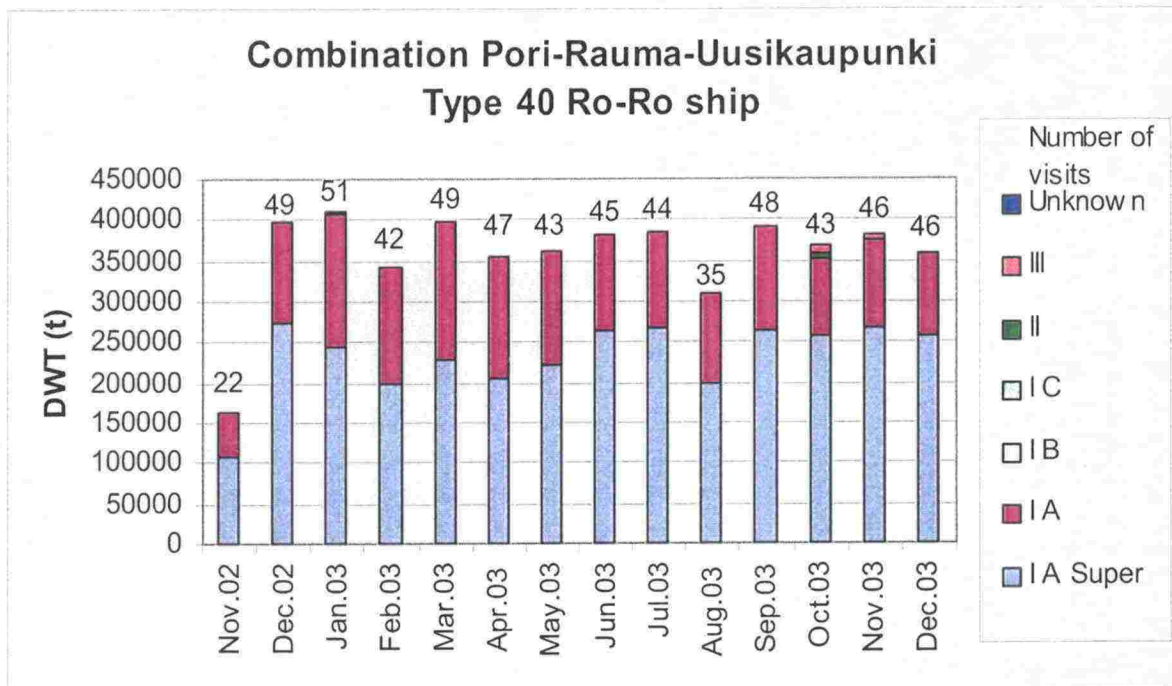


### Combination Kaskinen-Vaasa Type 90 Other vessel



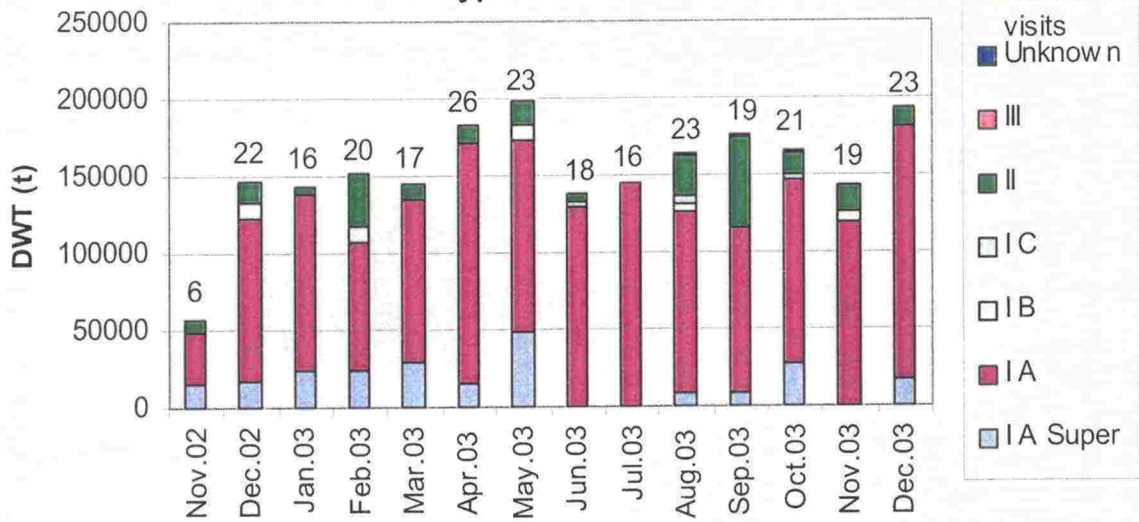


Selkämeren satamaryhmä:: Pori, Rauma ja Uusikaupunki

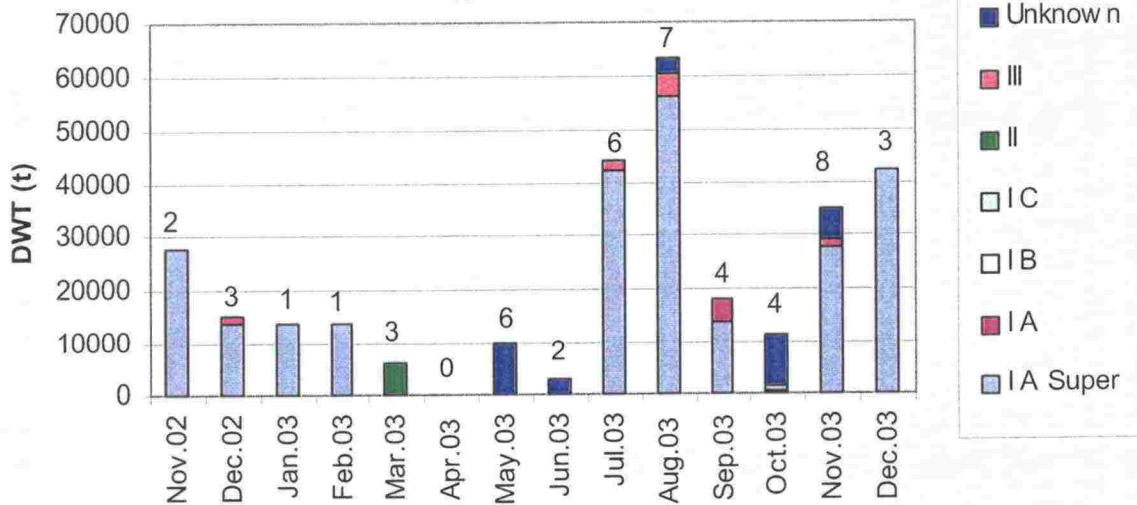




**Combination Pori-Rauma-Uusikaupunki  
Type 80 Tanker**

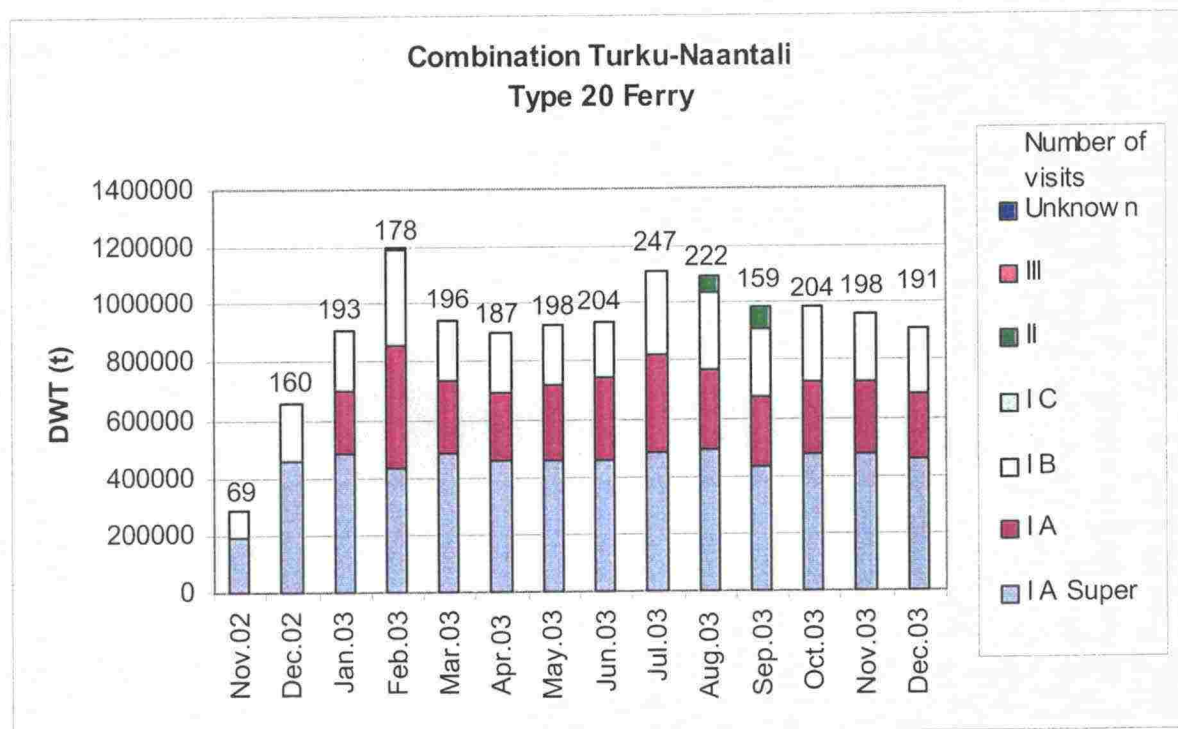
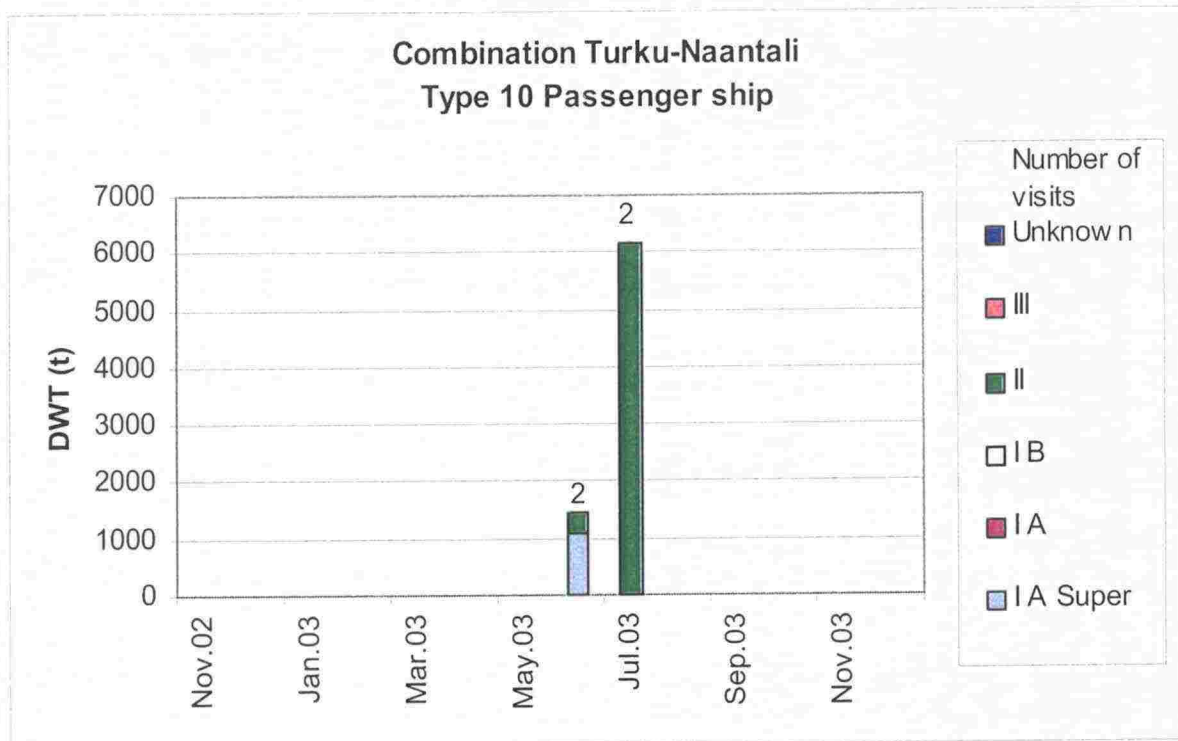


**Combination Pori-Rauma-Uusikaupunki  
Type 90 Other ship**

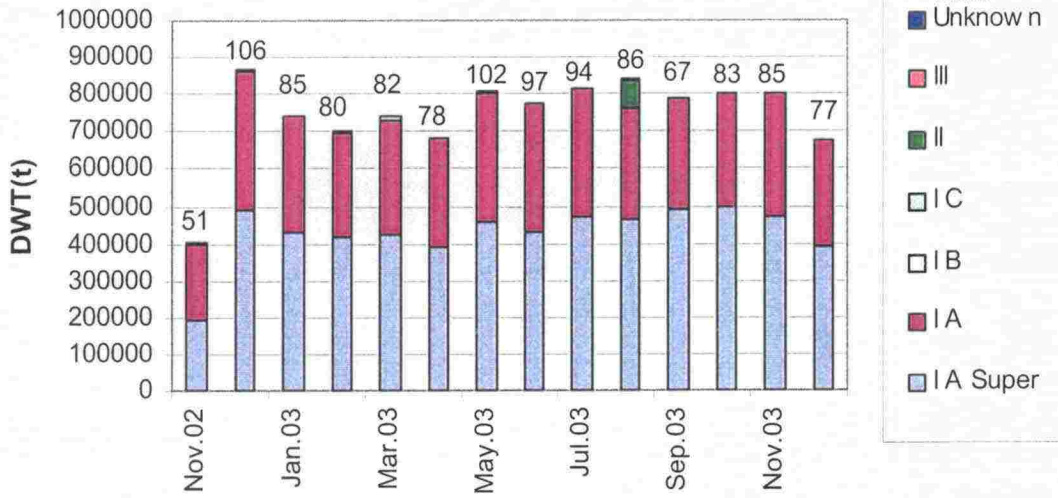




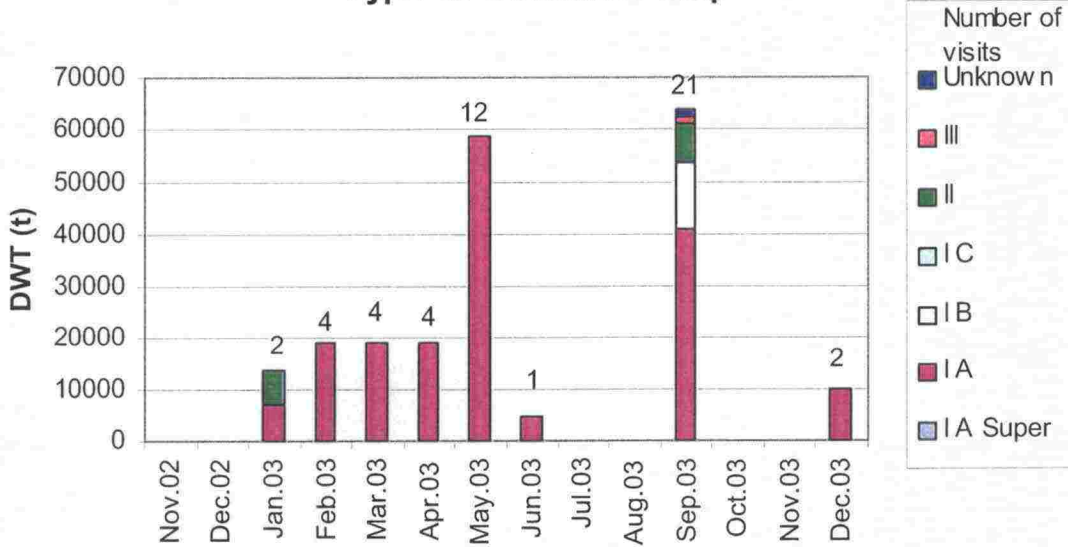
Saaristomeren ryhmä:: Turku ja Naantali.



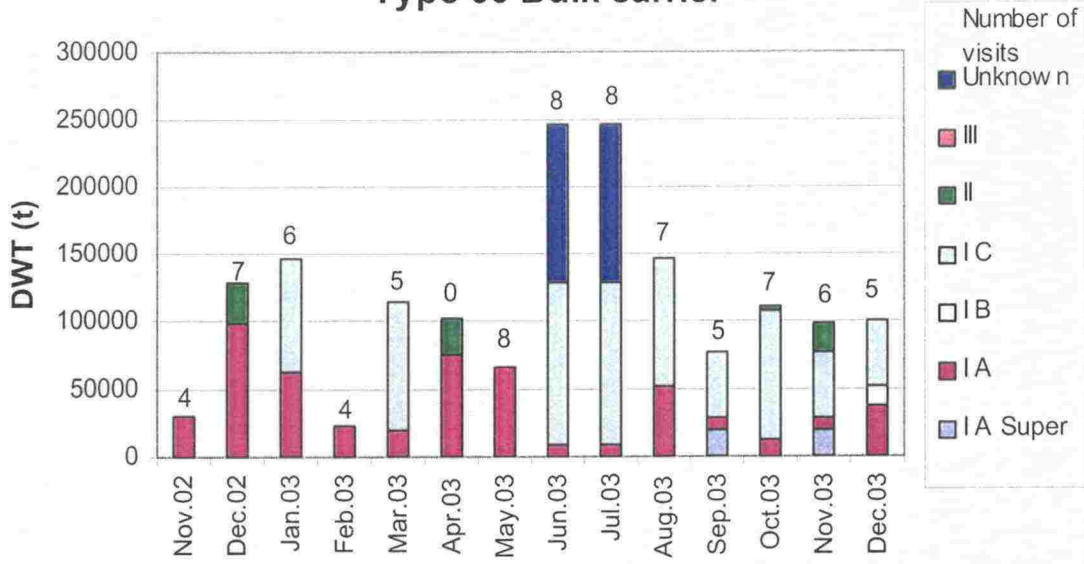
### Combination Turku-Naantali Type 40 Ro-ro ship



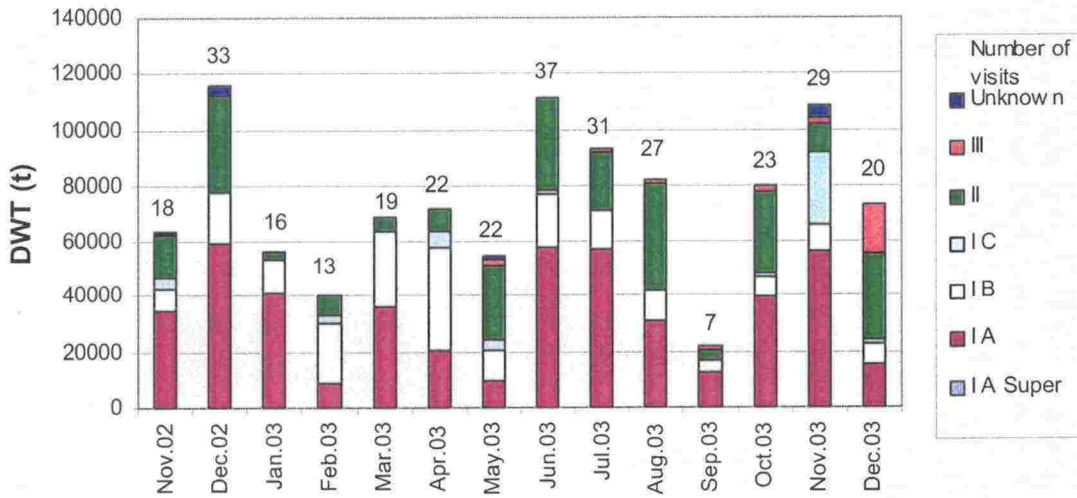
### Combination Turku-Naantali Type 50 Container ship



### Combination Turku-Naantali Type 60 Bulk carrier

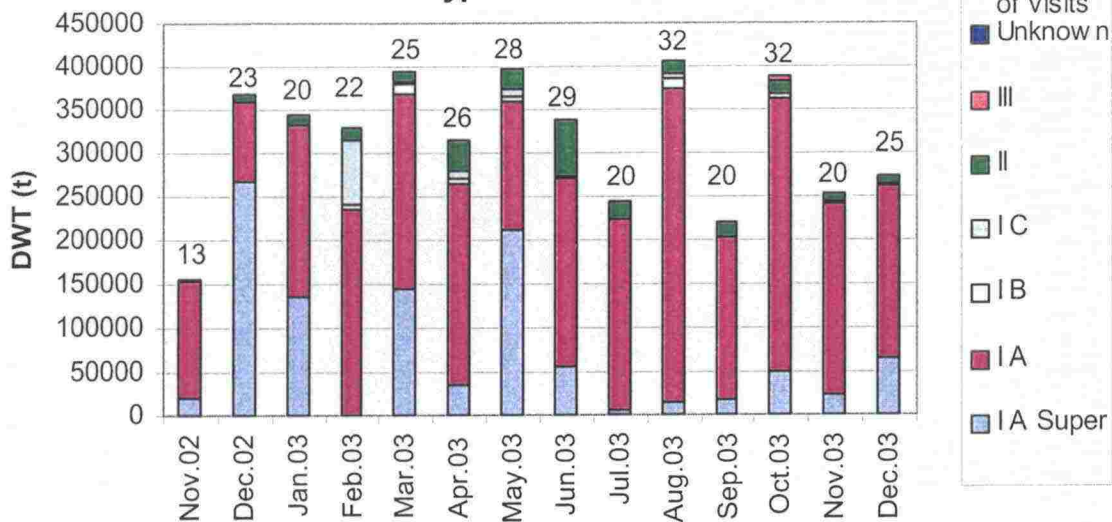


### Combination Turku-Naantali Type 70 General cargo ship

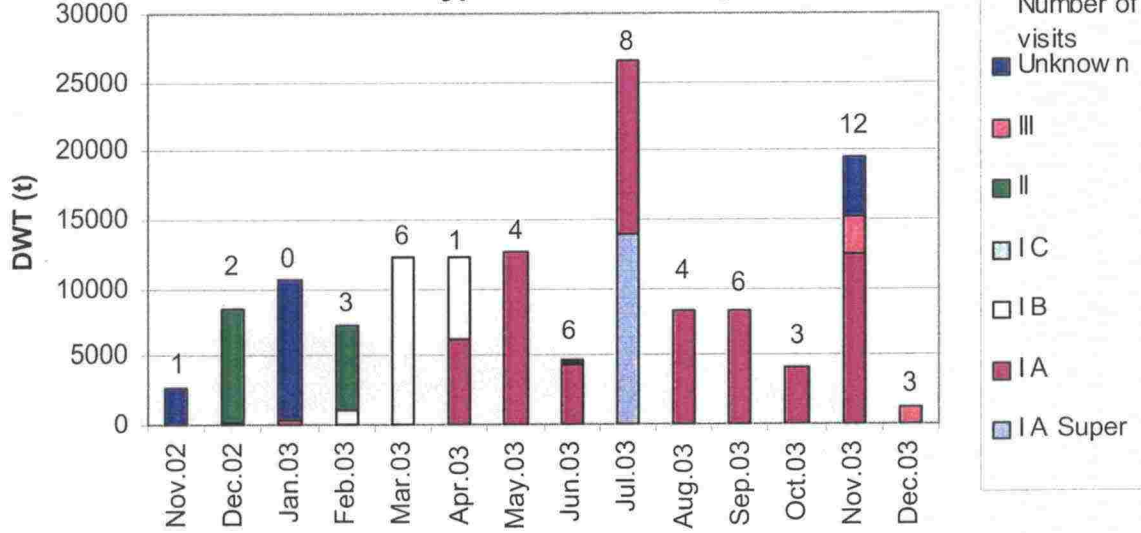




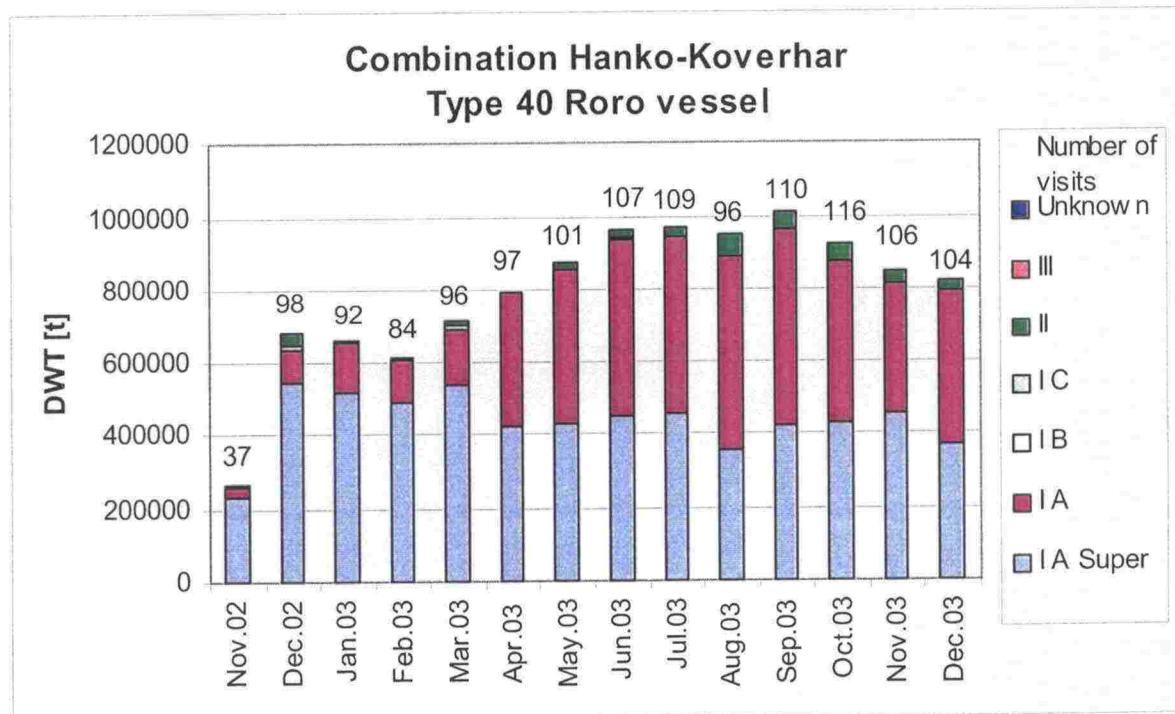
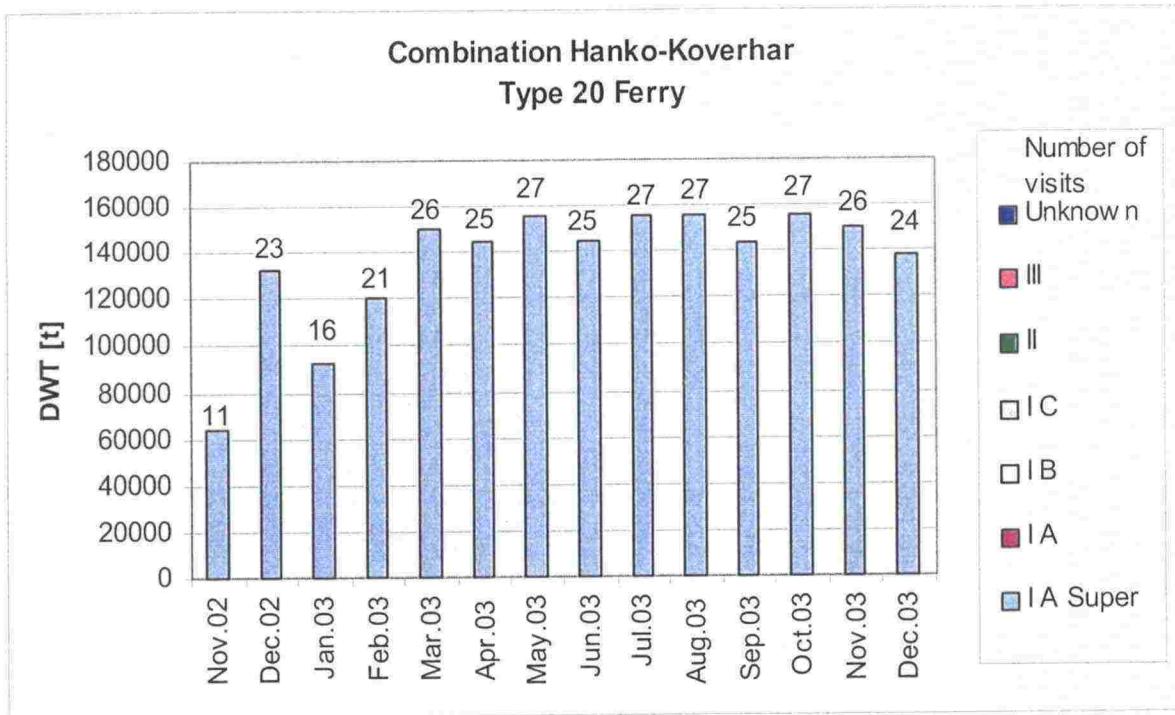
**Combination Turku-Naantali  
Type 80 Tanker**



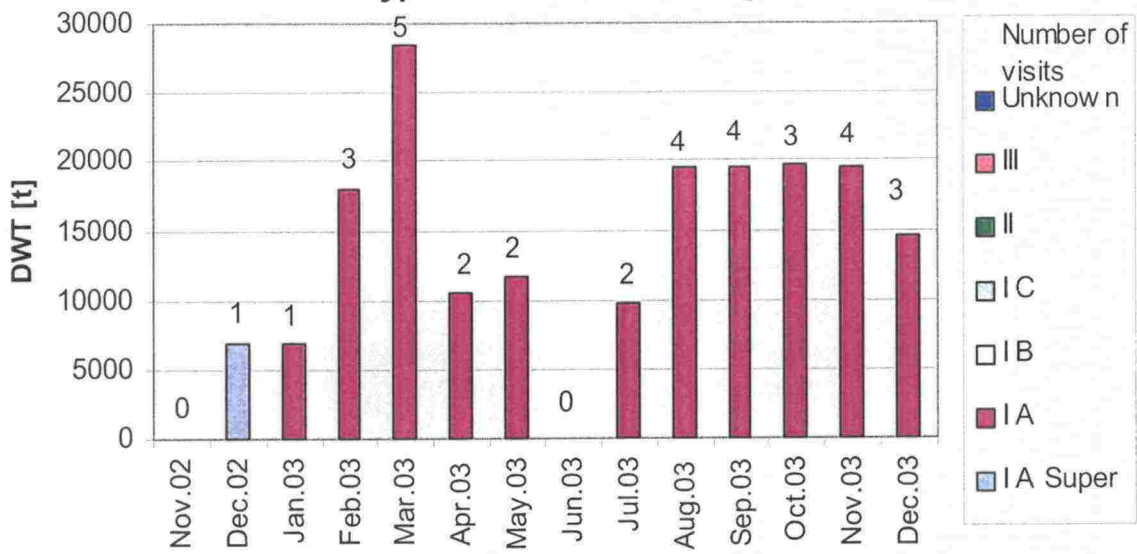
**Combination Turku-Naantali  
Type 90 Other ship**



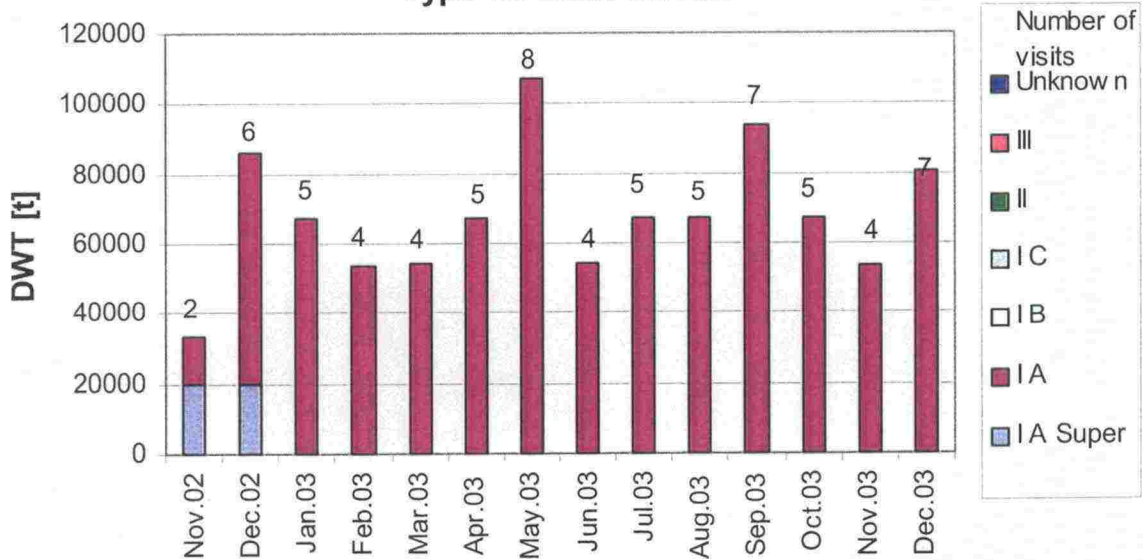
Eteläinen satamaryhmä: Hanko ja Koverhar



### Combination Hanko-Koverhar Type 50 Container ship

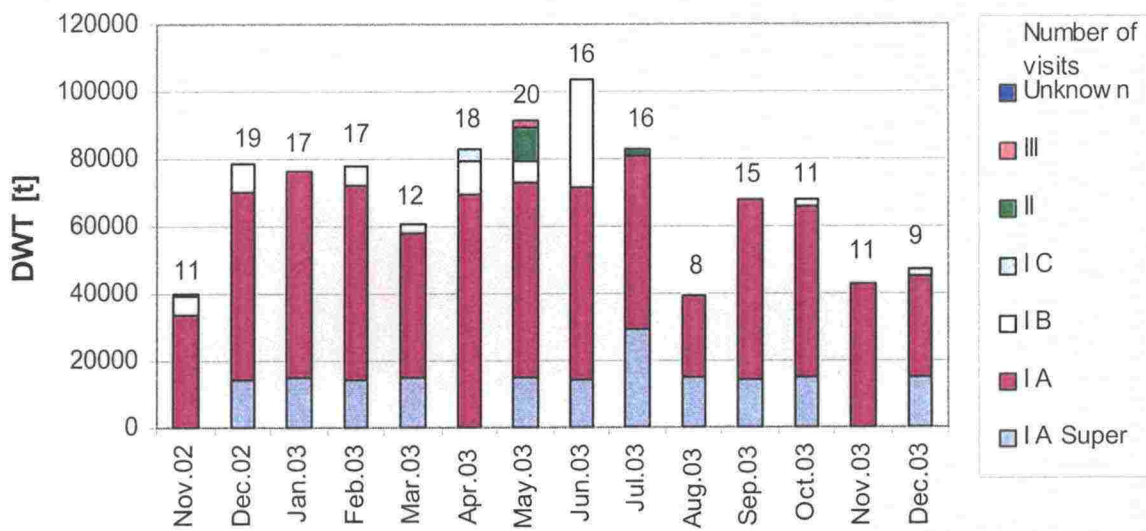


### Combination Hanko-Koverhar Type 60 Bulk carrier

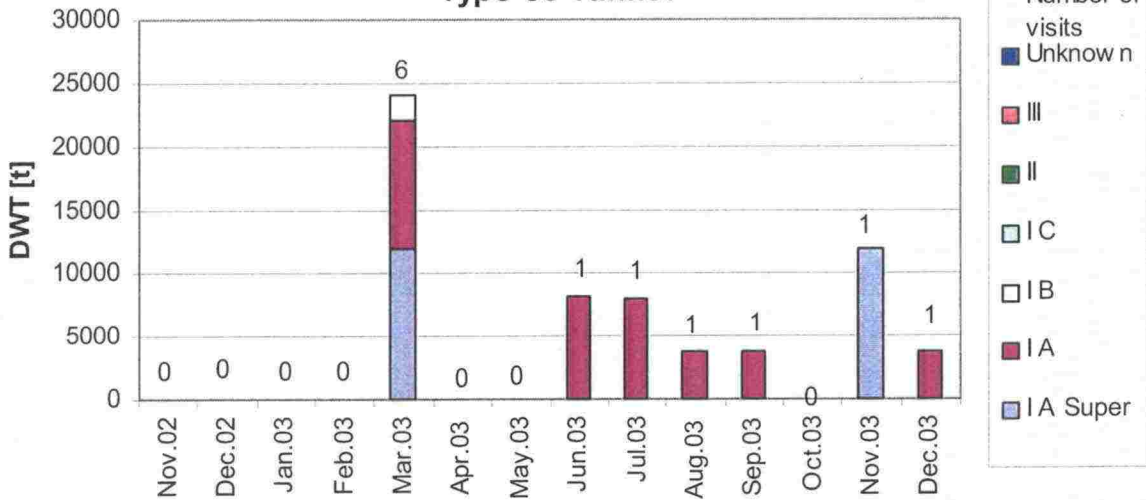




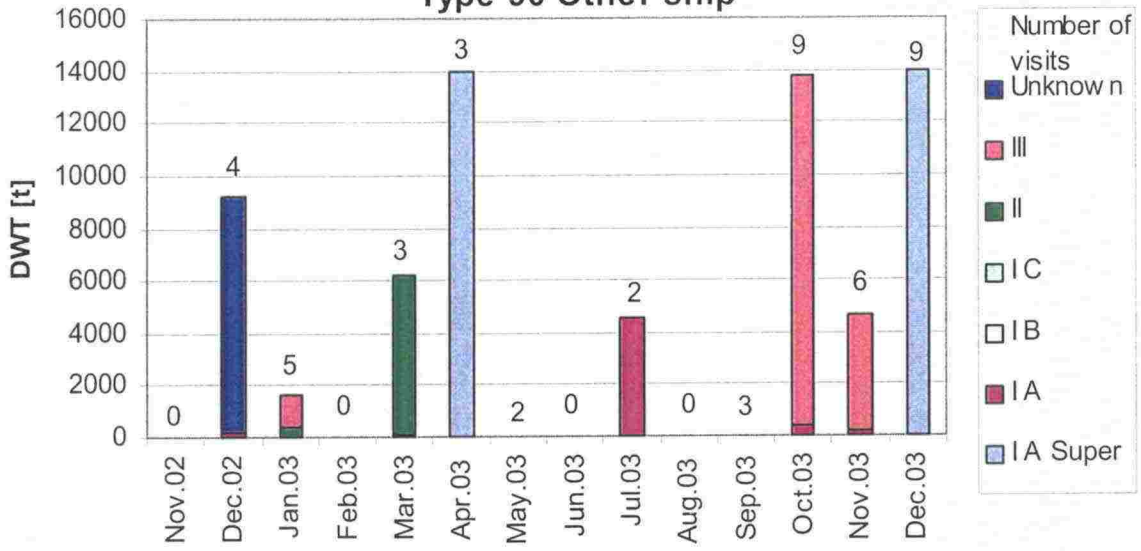
Combination Hanko-Koverhar  
Type 70 General Cargo ship



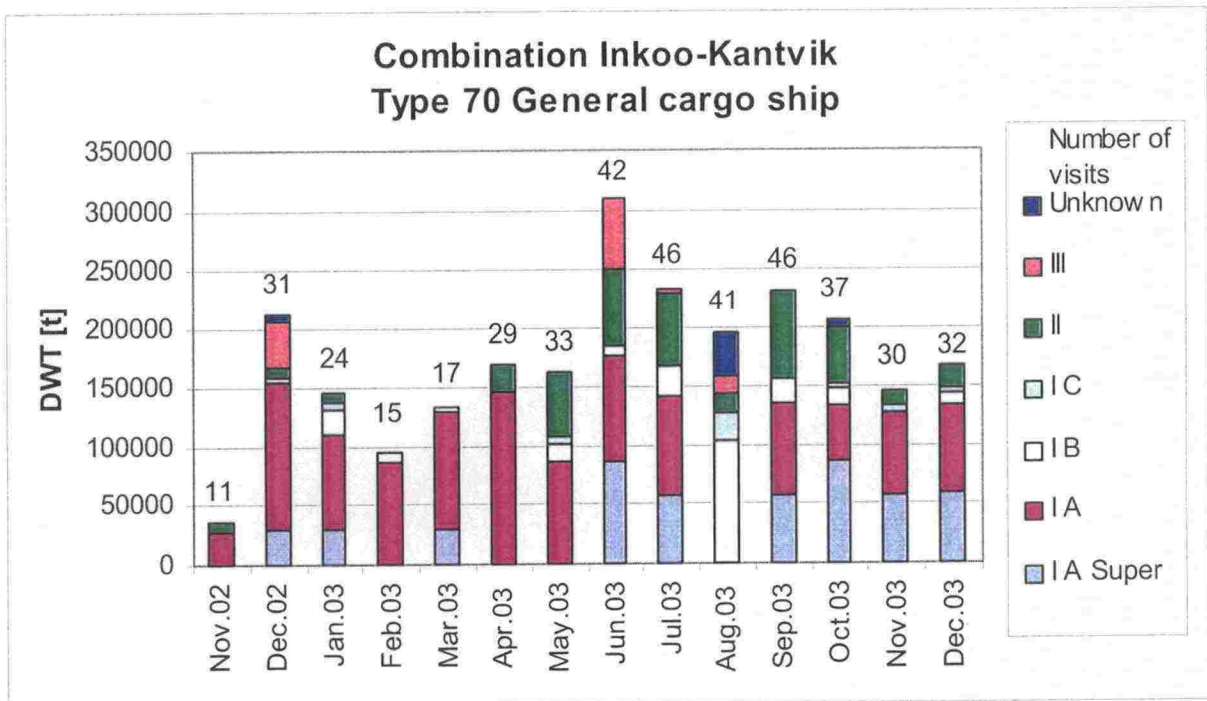
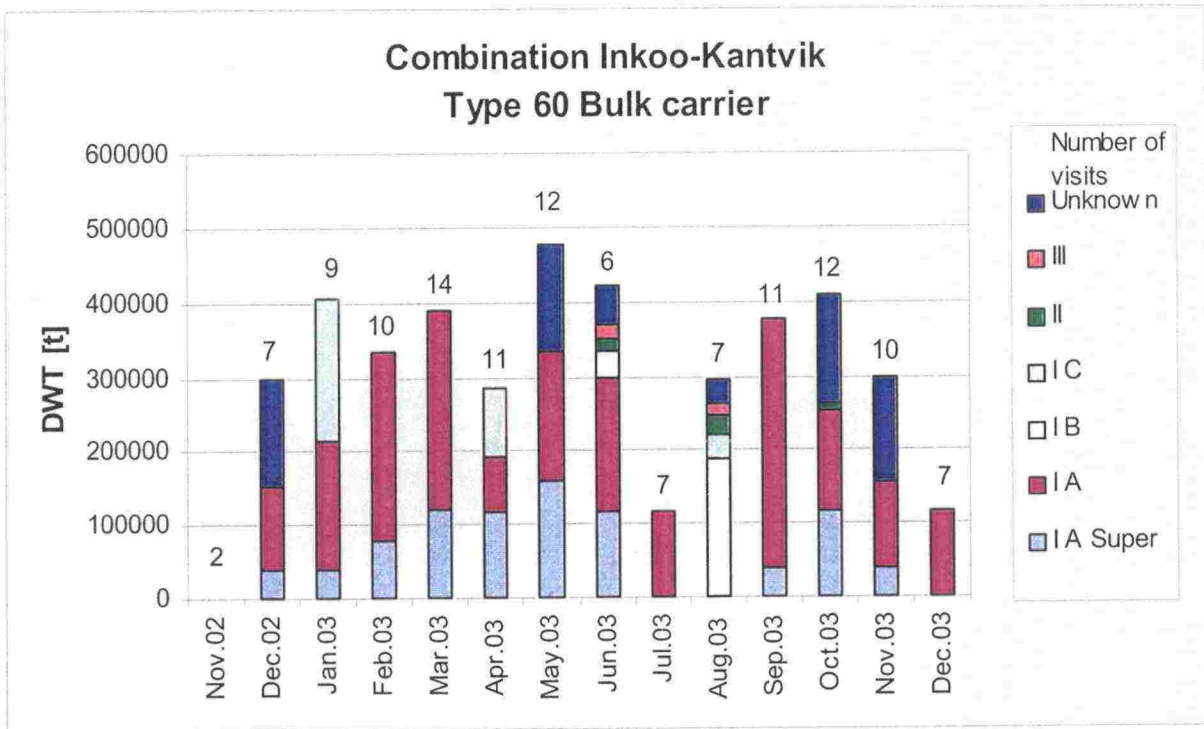
Combination Hanko-Koverhar  
Type 80 Tanker



### Combination Hanko-Koverhar Type 90 Other ship

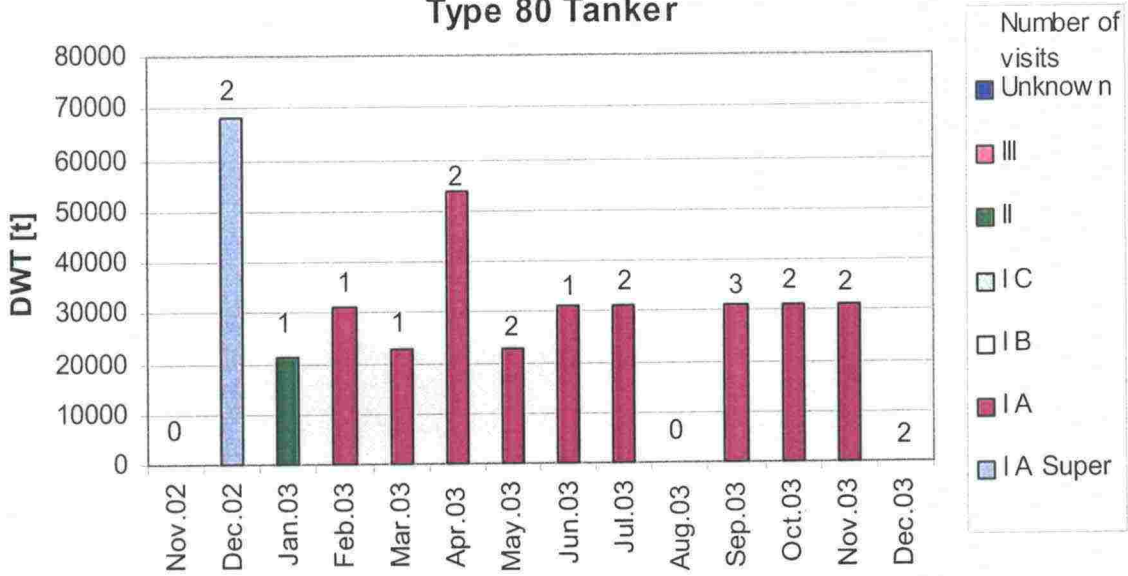


Läntinen Suomenlahti: Inkoo ja Kantvik

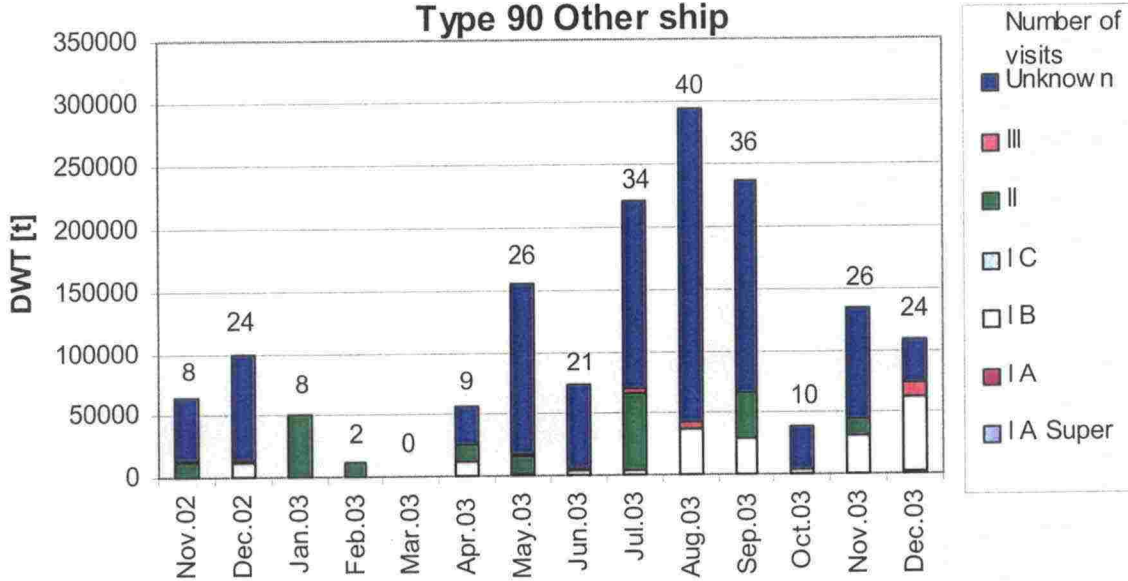




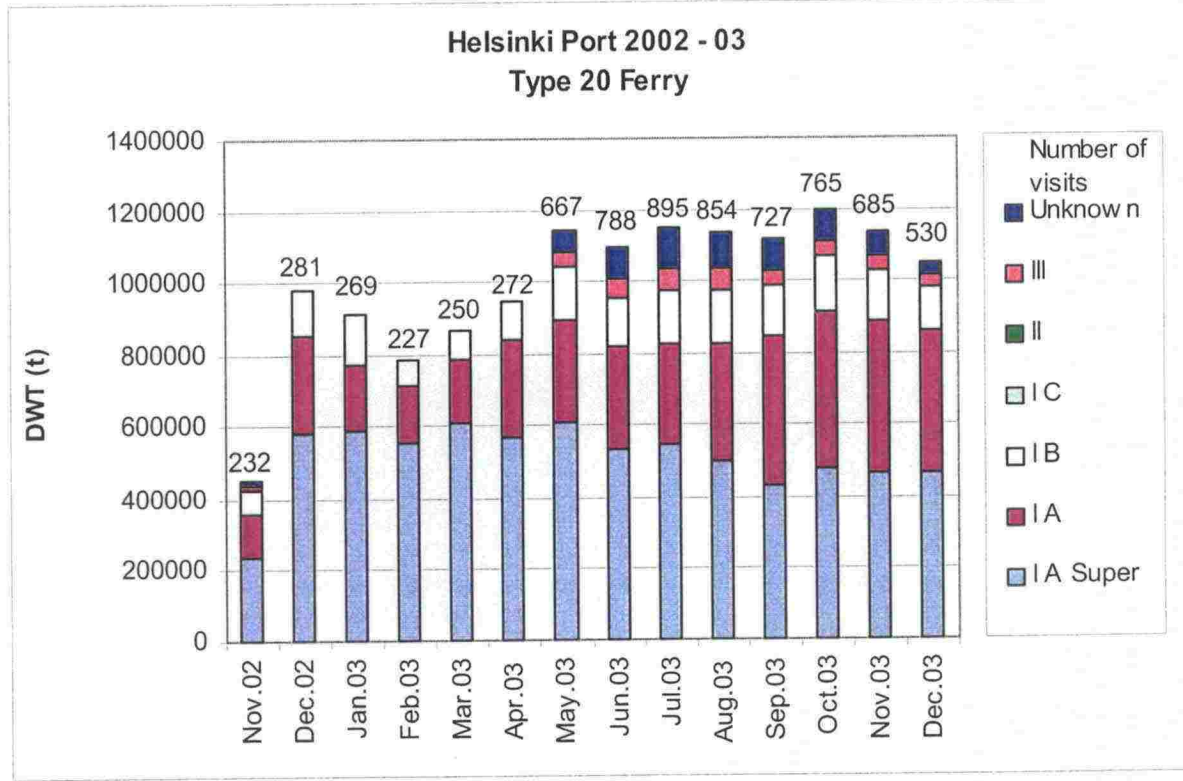
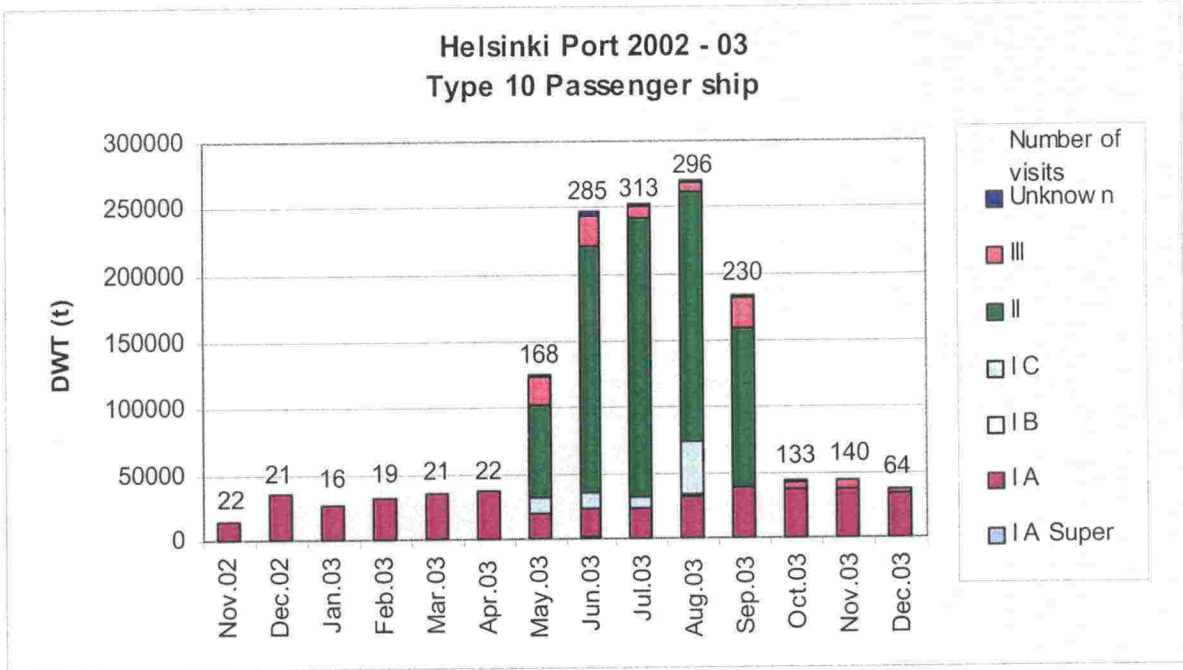
### Combination Inkoo-Kantvik Type 80 Tanker



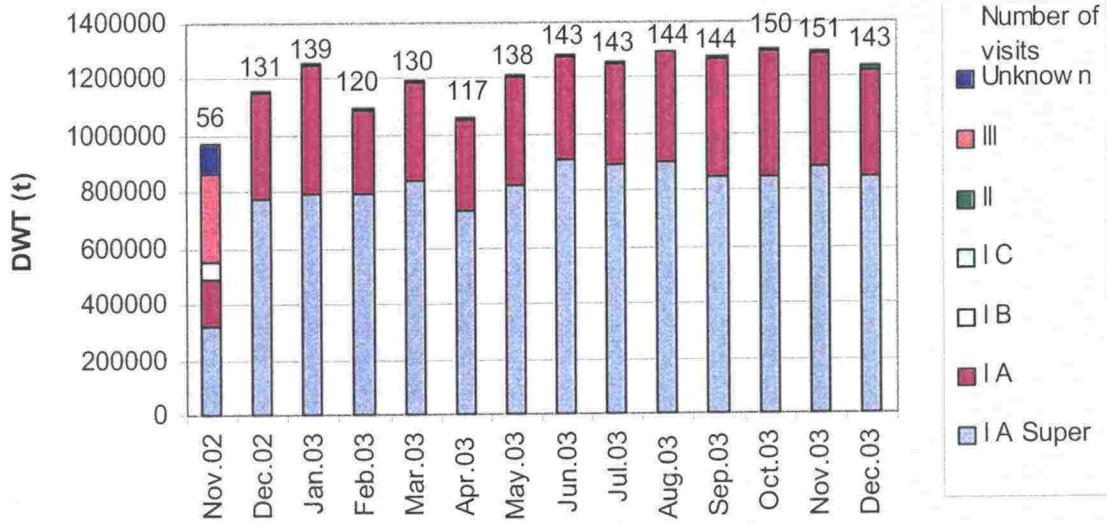
### Combination Inkoo-Kantvik Type 90 Other ship



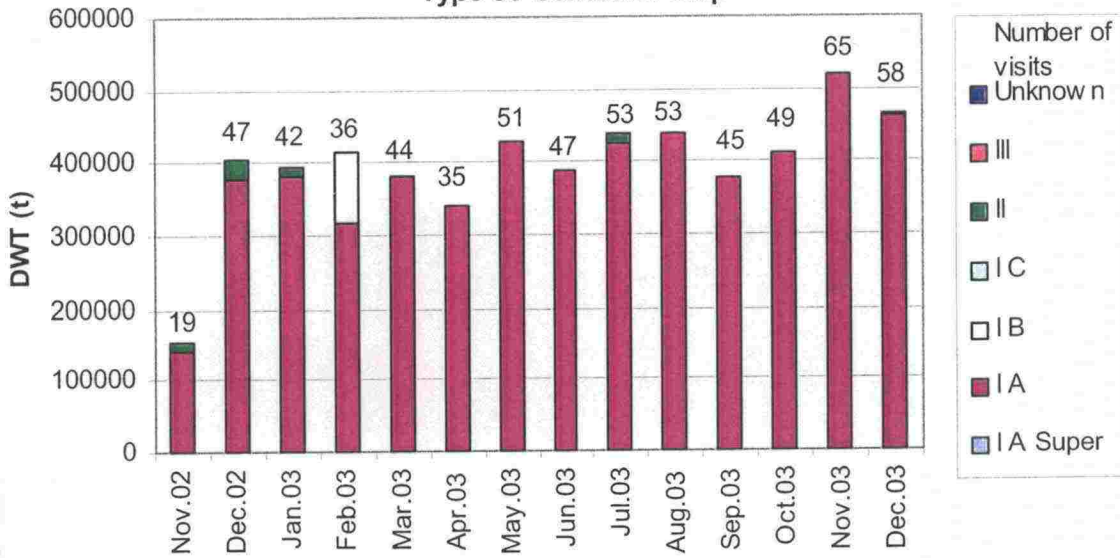
# Helsingin satama



Helsinki Port 2002 - 03  
Type 40 Ro-ro ship

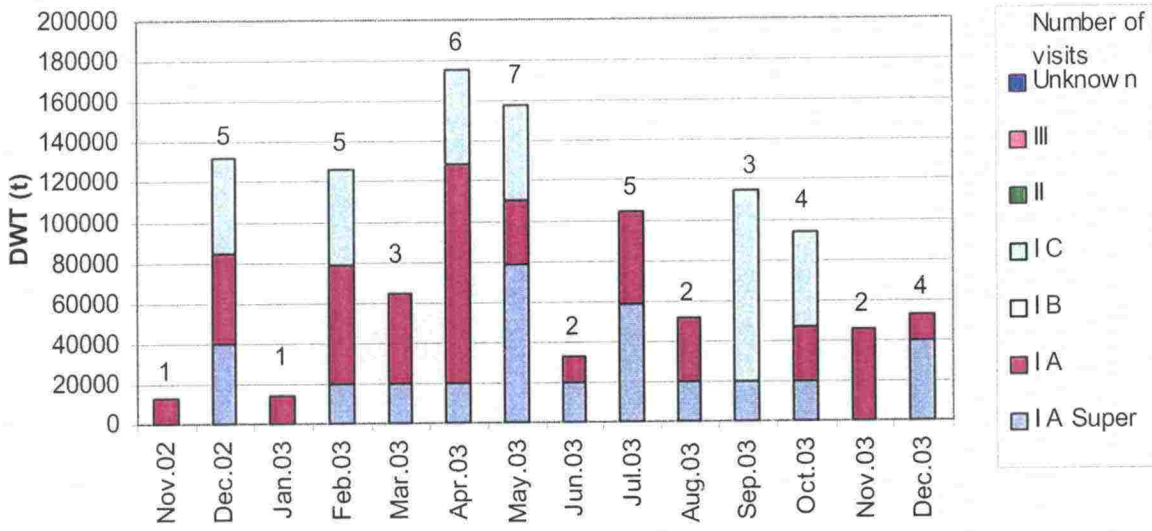


Helsinki Port 2002 - 03  
Type 50 Container ship

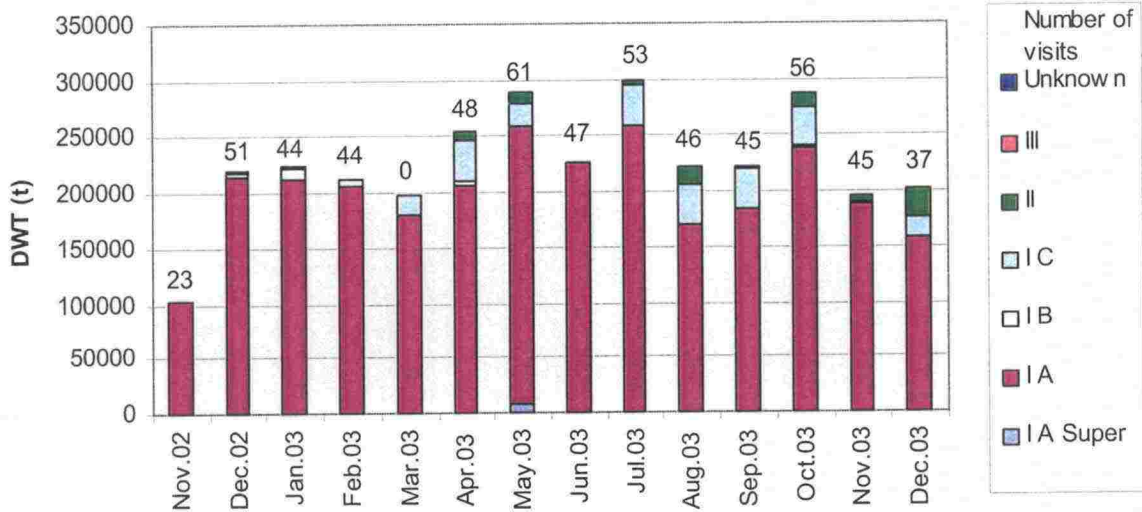




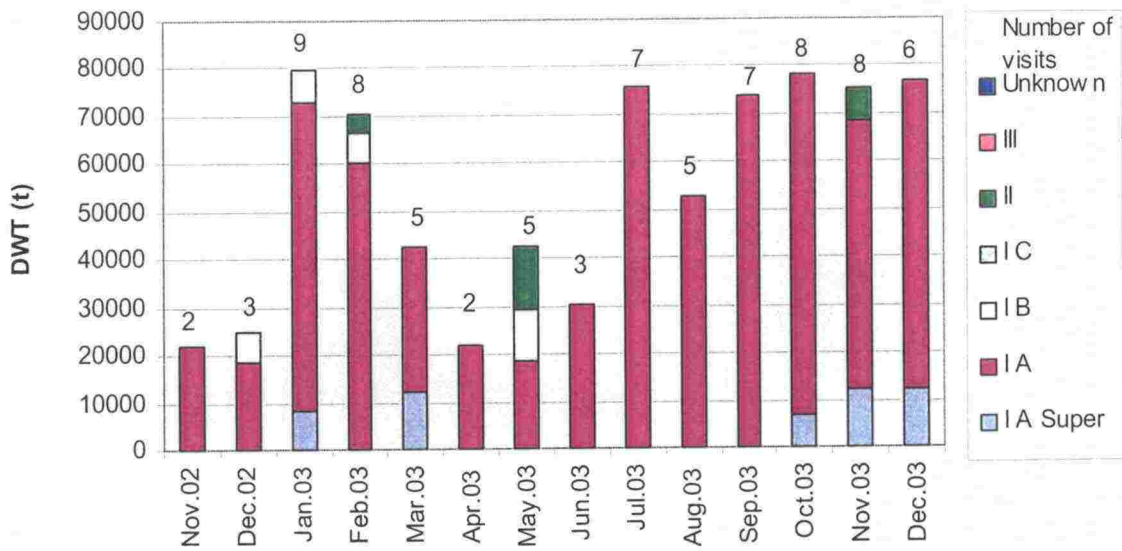
Helsinki Port 2002 - 03  
Type 60 Bulk carrier



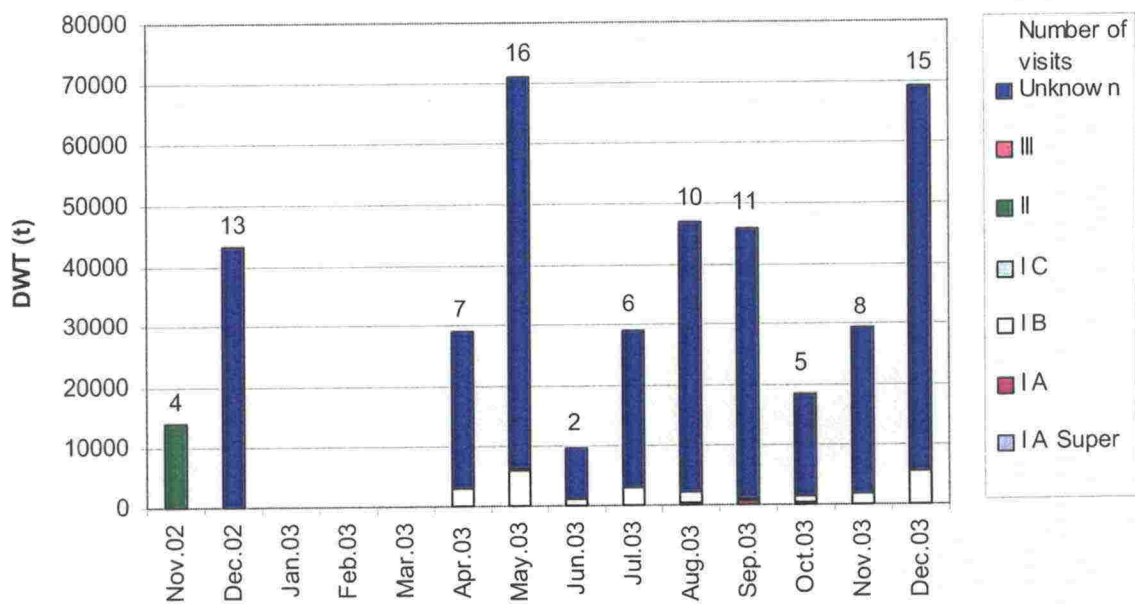
Helsinki Port 2002 - 03  
Type 70 General cargo ship



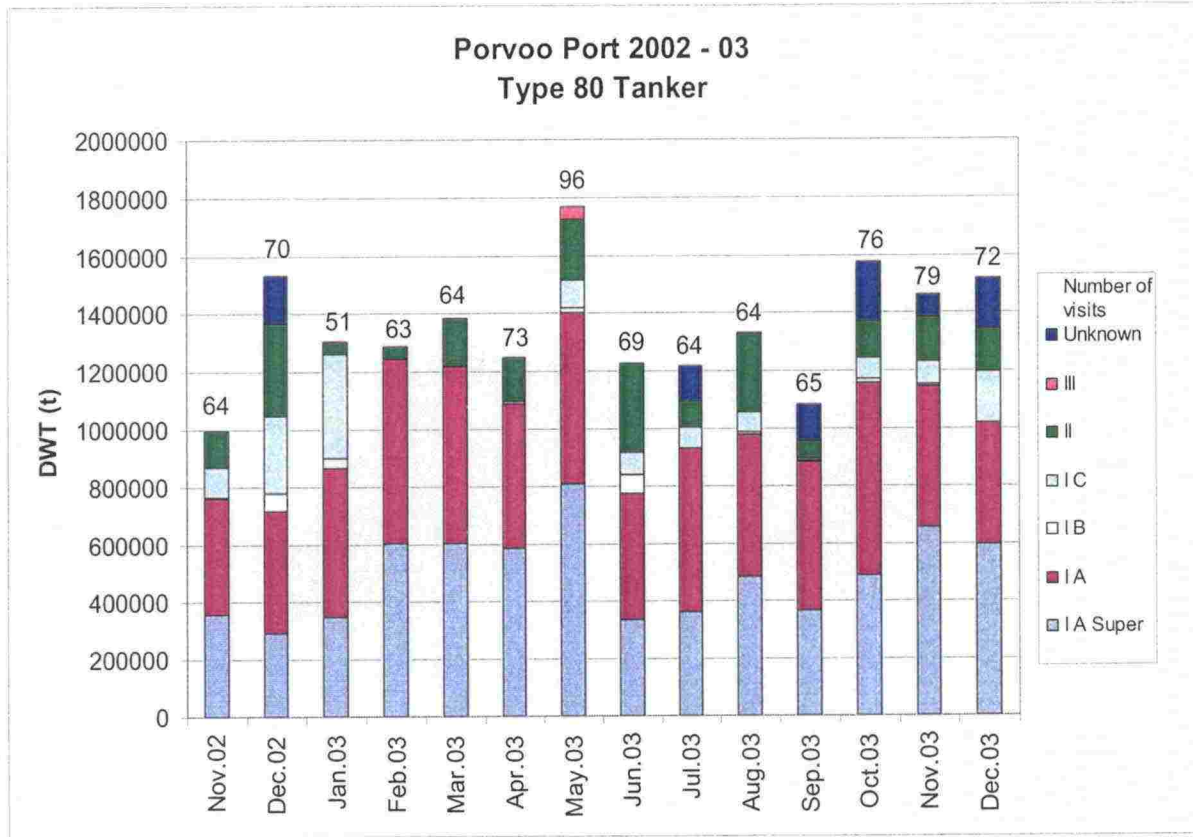
Helsinki Port 2002 - 03  
Type 80 Tanker



Helsinki Port 2002 - 03  
Type 90 Other ship

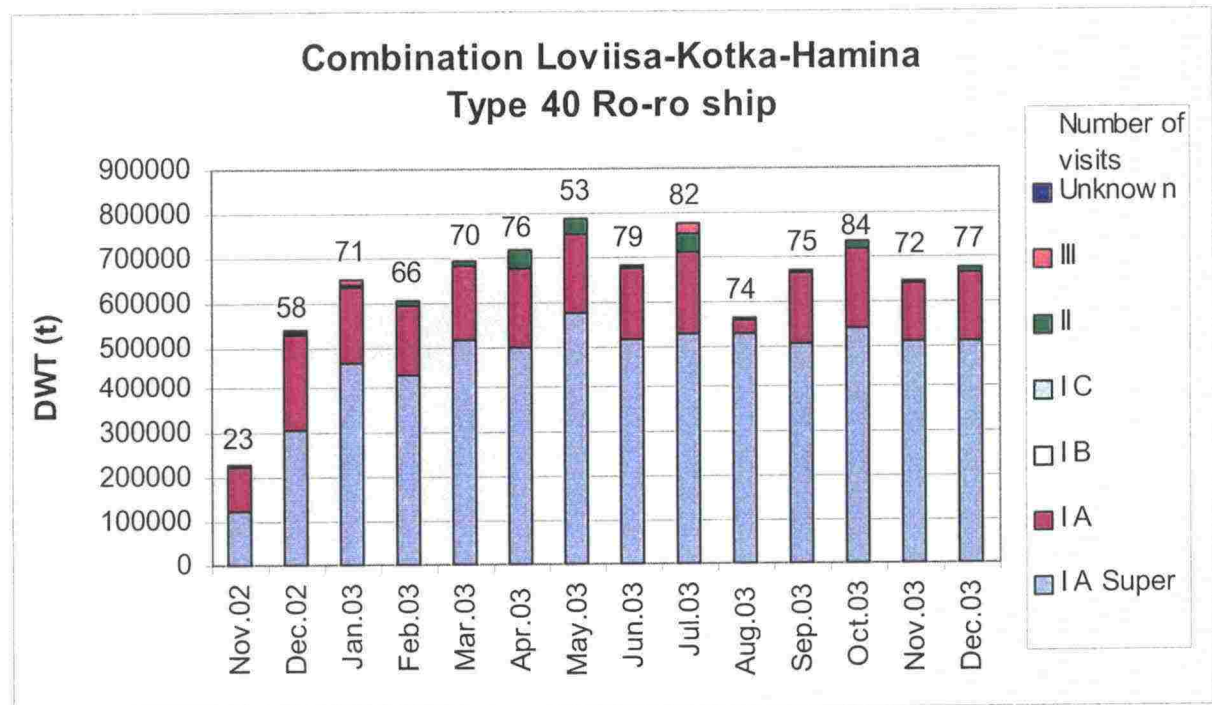
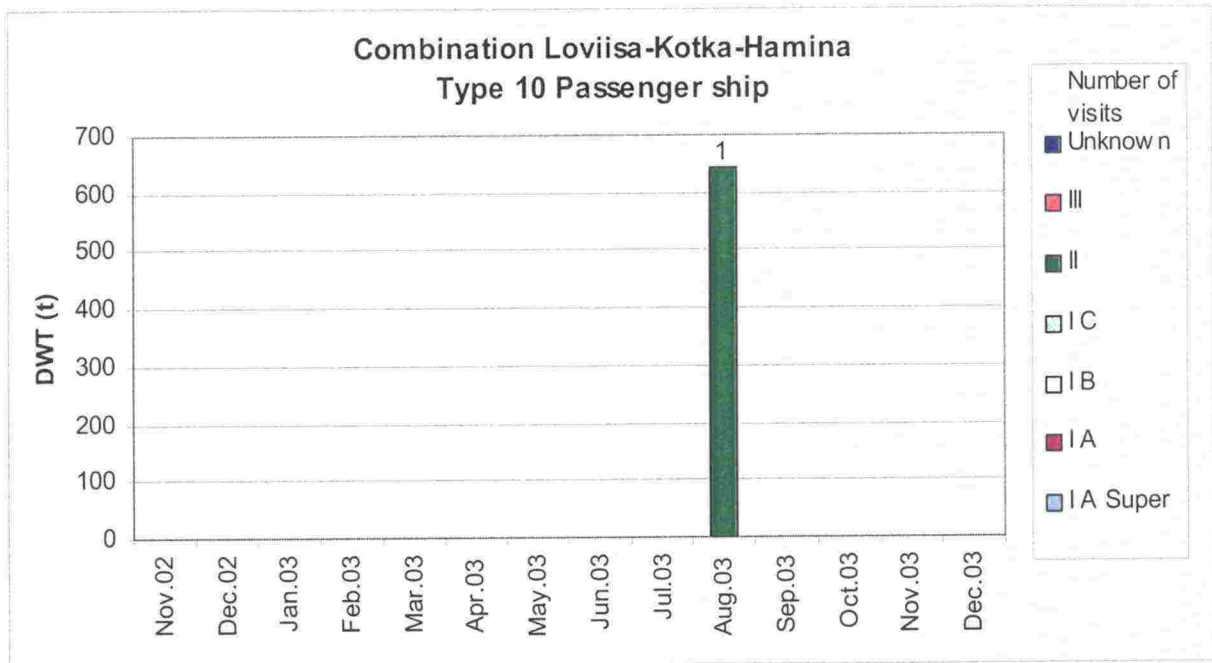


Porvoon (Sköldvik) satama

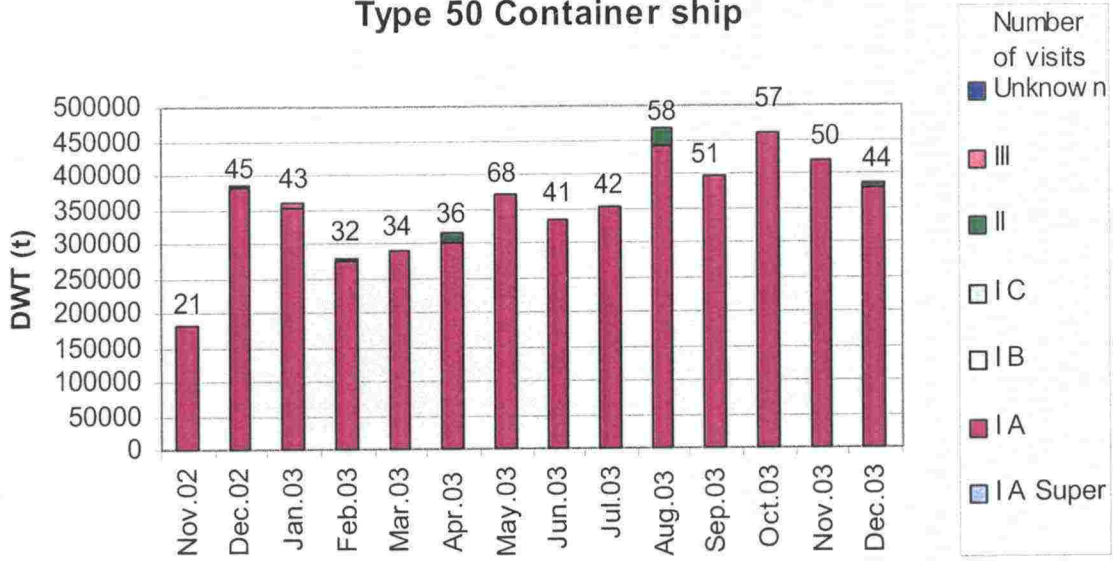




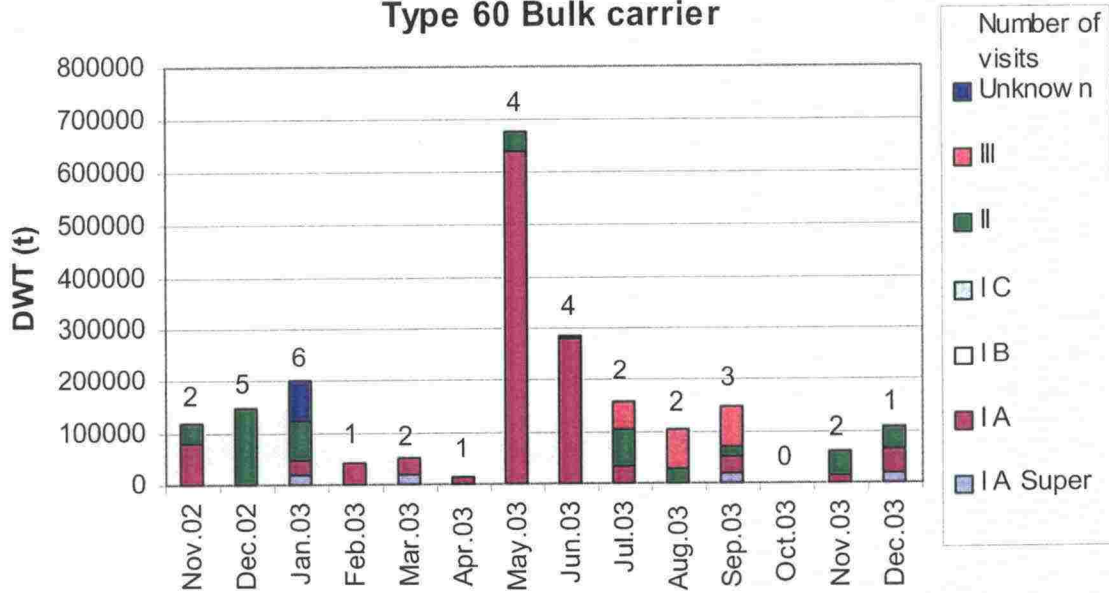
Itäinen Suomenlahti: Loviisa, Kotka ja Hamina



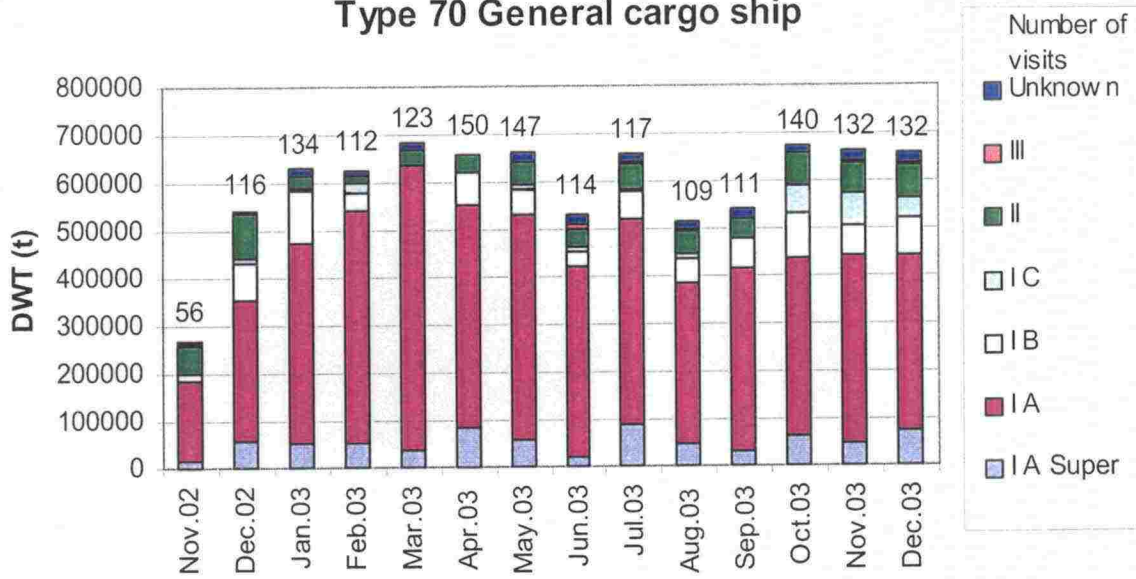
### Combination Loviisa-Kotka-Hamina Type 50 Container ship



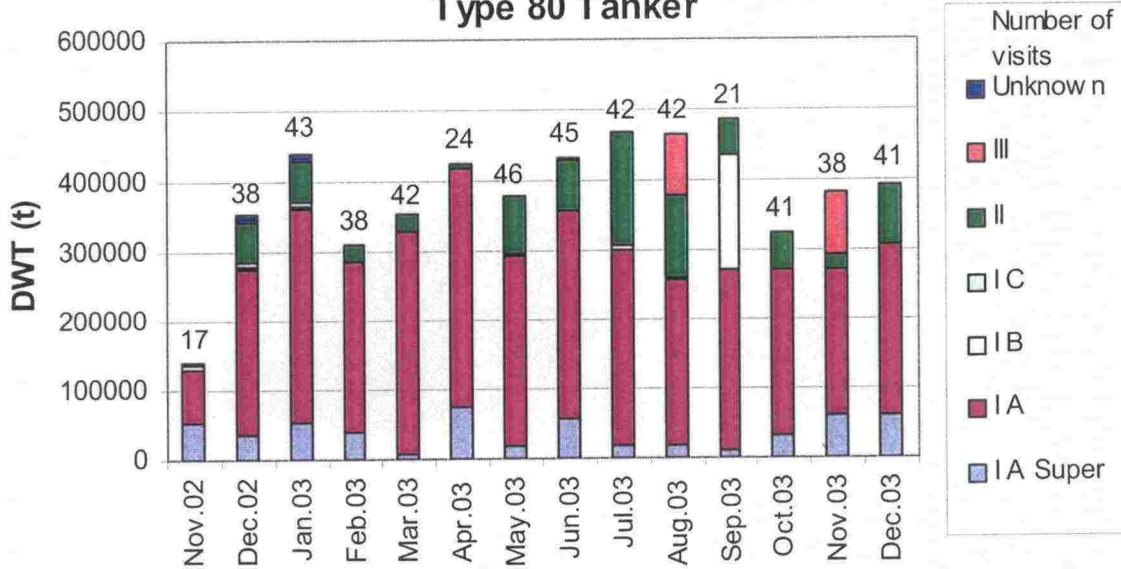
### Combination Loviisa-Kotka-Hamina Type 60 Bulk carrier



### Combination Loviisa-Kotka-Hamina Type 70 General cargo ship

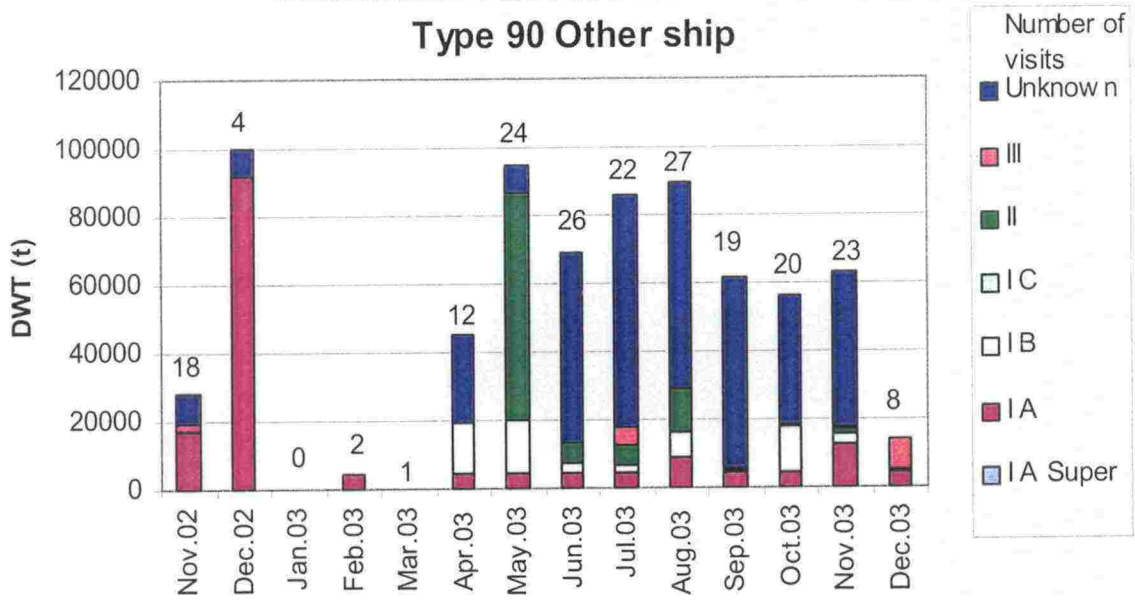


### Combination Loviisa-Kotka-Hamina Type 80 Tanker

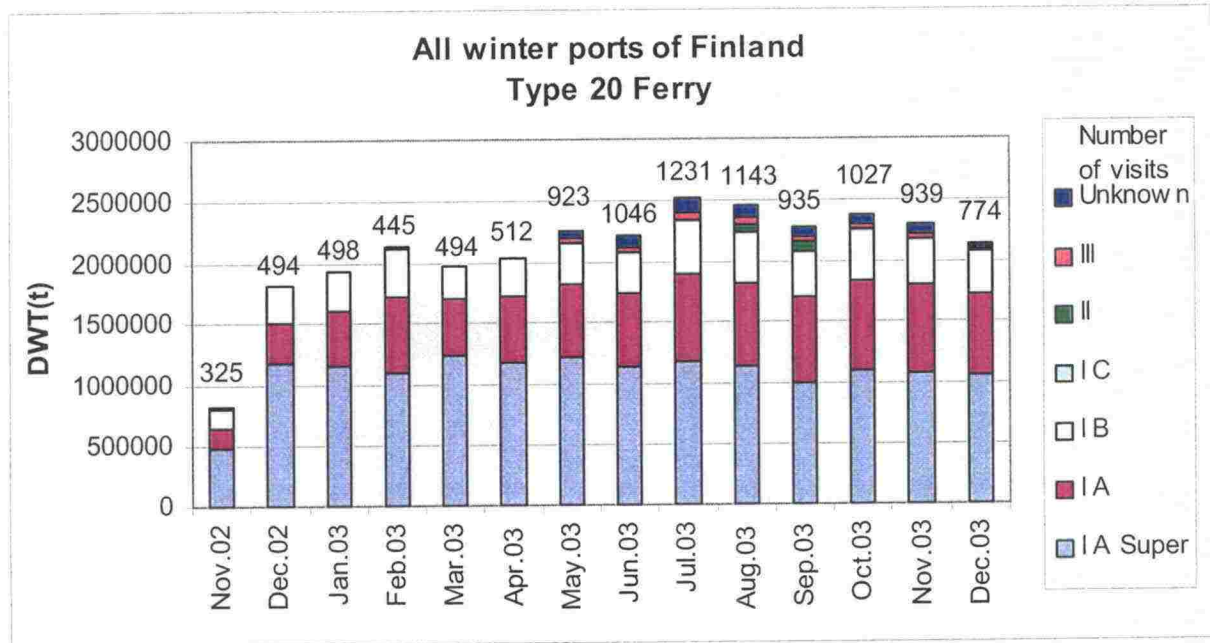
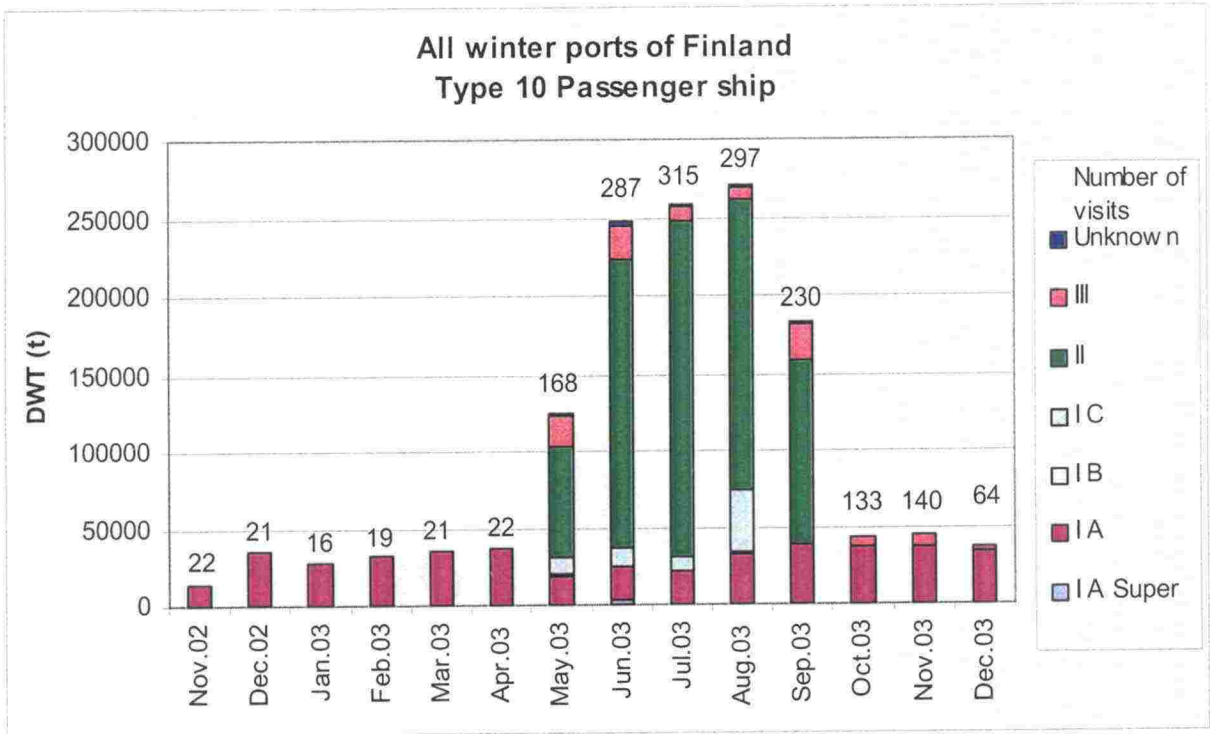




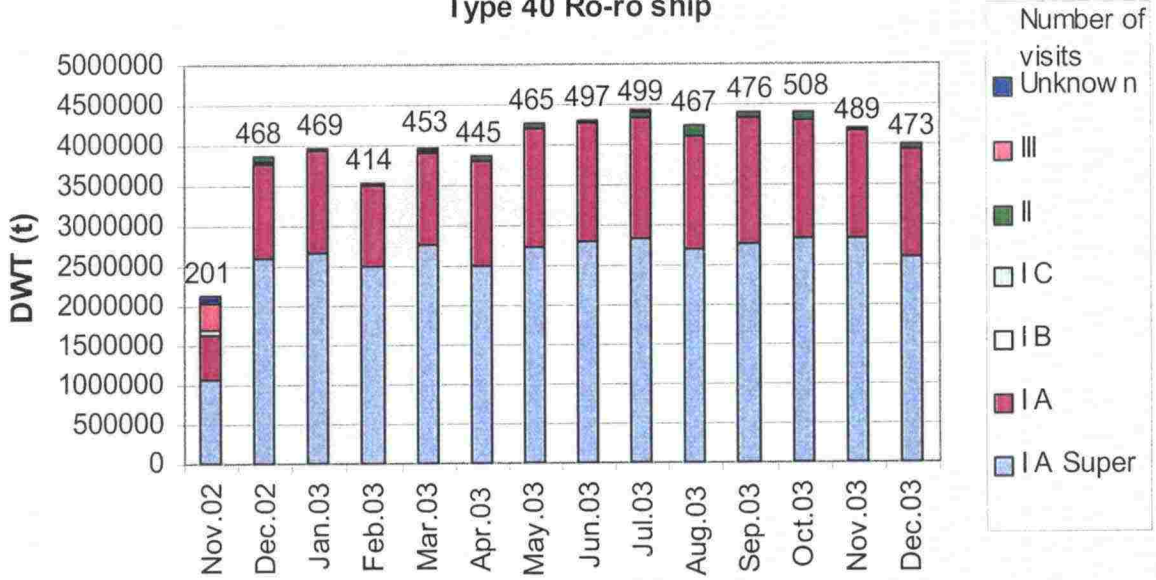
### Combination Loviisa-Kotka-Hamina Type 90 Other ship



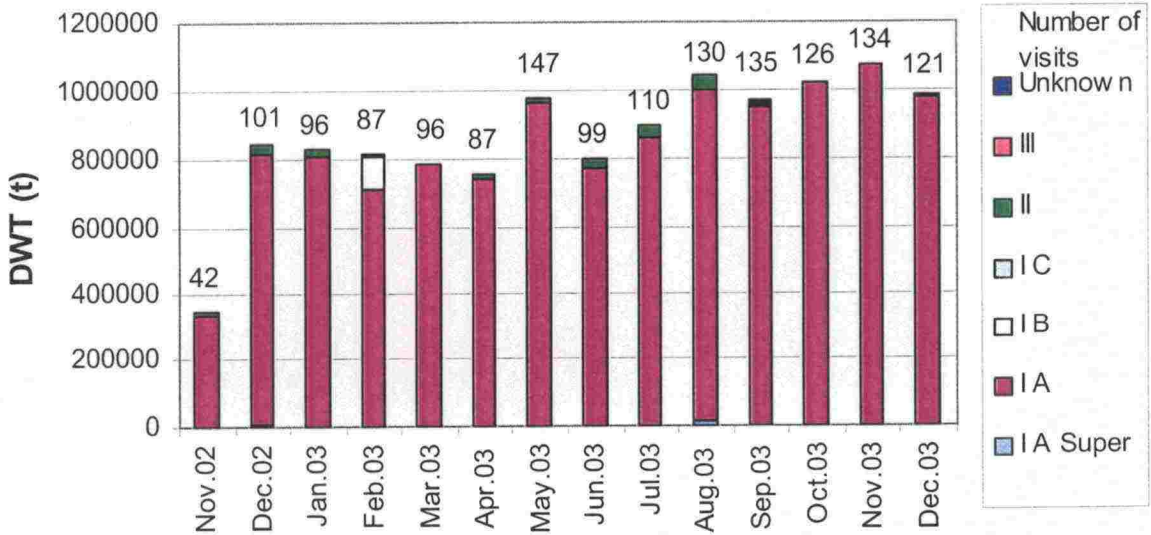
Kaikki Suomen satamat yhteensä välillä marraskuusta 2002 joulukuuhun 2003



**All winter ports of Finland  
Type 40 Ro-ro ship**

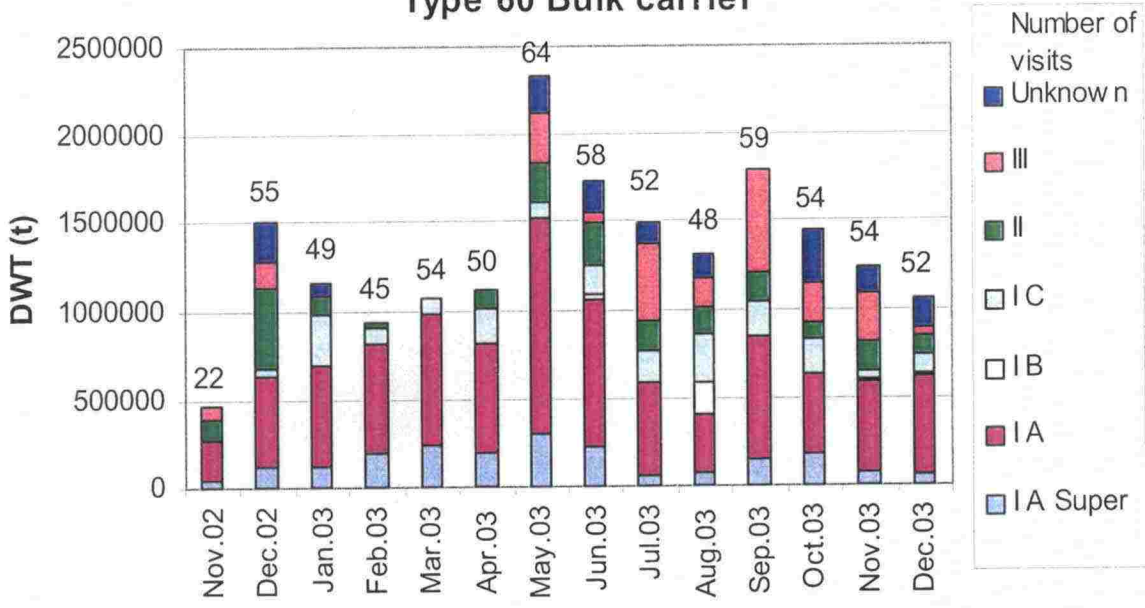


**All winter ports of Finland  
Type 50 Container ship**

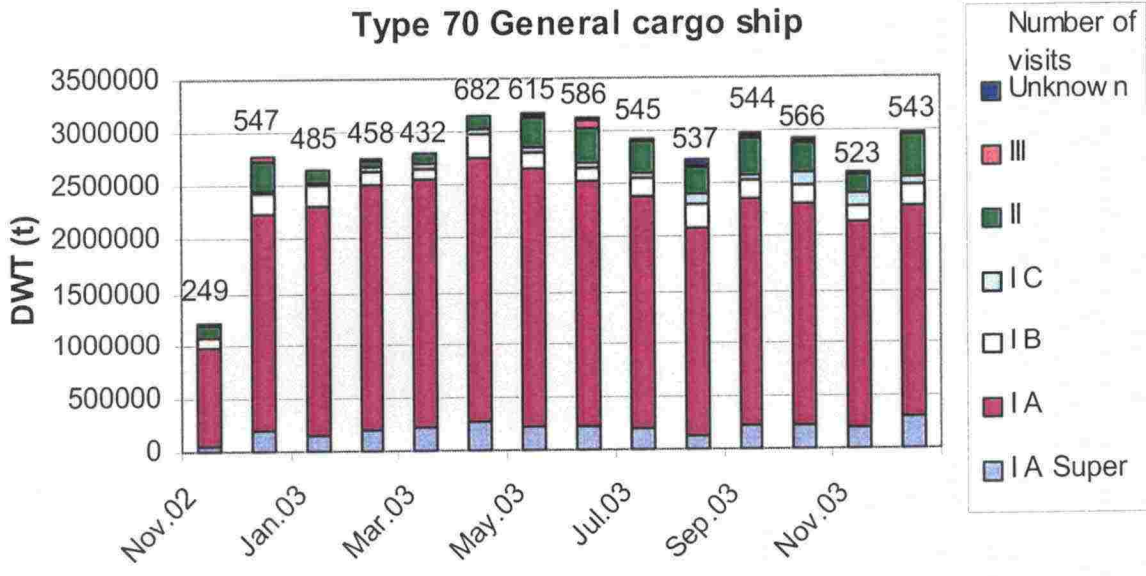




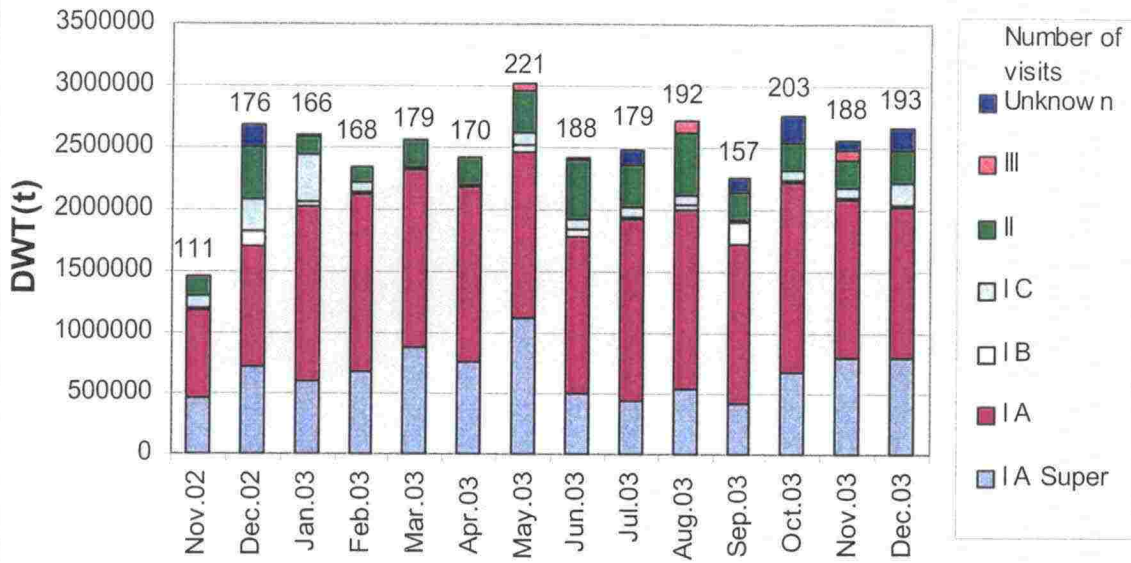
### All winter ports of Finland Type 60 Bulk carrier



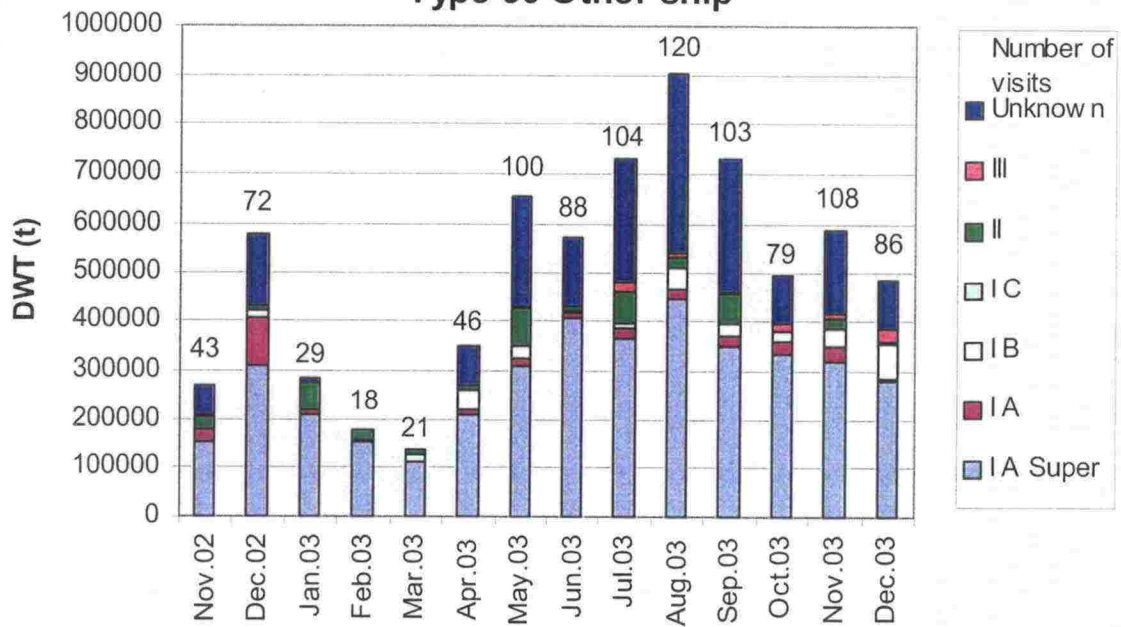
### All winter ports of Finland Type 70 General cargo ship



### All winter ports of Finland Type 80 Tanker



### All winter ports of Finland Type 90 Other ship



### LIITE 3

## LISÄTONNISTON TARVE SATAMARYHMITÄIN KOLMEN ERILAISEN SKENAARION MUKAAN

Seuraavissa taulukoissa on annettu ankan talven maaliskuun lisätonnistotarve verrattuna maaliskuuhun 2003 kolmen eri talven vaikutusskenaarion mukaan:

- Liikennerajoituksissa vaaditaan Perämerelle IA Super jääluokka ja muualle IA
- Arvioidaan avustusnopeuden vaikutus kuljetussykliin ottamalla huomioon koko jään peittävä reittiosuus
- Arvioidaan jäänmurtajan odotusajan vaikutus kuljetussykliin
- Arvioidaan kuljetussyklin hidastumisen ja jäänmurtajan odotusajan yhteisvaikutus

Nuolilla on merkitty merkittävimmät tonniston tarpeet. Lisäksi marginaalissa on joitain kommentteja, jos ko. liikenteellä on oma erityispiirteensä.





Taulukko 3.3. Tonniston korvaustarve Kaskisten ja Vaasan liikenteessä.

Laiva- tyyppi	Jos asetetaan tiukat liikennerajoitukset		Jos otetaan huomioon syklin hidastuminen		Jos otetaan huomioon jäänmurtajan odottaminen		Jos otetaan huomioon sekä syklin hidastuminen että jäänmurtajan odottaminen	
	DWT	LKM	DWT	LKM	DWT	LKM	DWT	LKM
PAX	-	-	-	-	-	-	-	-
Lautta	0	0	4191	2,8	2772	1,8	6963	4,6
Ro-Ro	-	-	-	-	-	-	-	-
Kontti	-	-	-	-	-	-	-	-
Bulkki	0	0	9266	0,5	6128	0,3	15394	0,8
GC	0	0	23324	4,2	15427	2,8	38751	7,0
Säiliö	5858	0,8	1809	0,3	1197	0,1	3006	0,4
Muu	-	-	-	-	-	-	-	-

Taulukko 3.4. Tonniston korvaustarve Porin, Rauman ja Uudenkaupungin liikenteessä.

Laiva- tyyppi	Jos asetetaan tiukat liikennerajoitukset		Jos otetaan huomioon syklin hidastuminen		Jos otetaan huomioon jäänmurtajan odottaminen		Jos otetaan huomioon sekä syklin hidastuminen että jäänmurtajan odottaminen	
	DWT	LKM	DWT	LKM	DWT	LKM	DWT	LKM
PAX	-	-	-	-	-	-	-	-
Lautta	-	-	-	-	-	-	-	-
Ro-Ro	0	0	39481	4,9	31505	3,8	70986	8,7
Kontti	0	0	6353	0,9	5069	0,7	11422	1,6
Bulkki	0	0	10197	0,4	8137	0,3	18334	0,7
GC	140725	20,9	71901	10,7	57375	8,5	129276	19,2
Säiliö	12299	1,1	18142	1,7	14476	1,3	32618	3,0
Muu	6100	3,0	604	0,3	484	0,2	1086	0,5

50 % IA



Taulukko 3.5. Tonniston korvaustarve Turun ja Naantalın liikenteessä.

Laiva- tyyppi	Jos asetetaan tiukat liikennerajoitukset		Jos otetaan huomioon syklin hidastuminen		Jos otetaan huomioon jäänmurtajan odottaminen		Jos otetaan huomioon sekä syklin hidastuminen että jäänmurtajan odottaminen	
	DWT	LKM	DWT	LKM	DWT	LKM	DWT	LKM
PAX	-	-	-	-	-	-	-	-
Lautta	2069544	43,3	112555	23,5	72224	15,1	184779	38,6
Ro-Ro	19360	2,1	89383	9,8	57354	6,4	146737	16,2
Kontti	0	0	2328	0,5	1494	0,3	3822	0,8
Bulkki	94884	4,1	13722	0,6	8804	0,4	22526	1,0
GC	32983	9,1	8285	2,3	5316	1,4	13601	3,7
Säiliö	25692	1,6	47341	3,0	30378	1,9	77719	4,9
Muu	12200	6	1464	0,7	939	0,5	2403	1,2

Ruotsi-  
liikenn

Taulukko 3.6. Tonniston korvaustarve Hangon ja Koverharin liikenteessä.

Laiva- tyyppi	Jos asetetaan tiukat liikennerajoitukset		Jos otetaan huomioon syklin hidastuminen		Jos otetaan huomioon jäänmurtajan odottaminen		Jos otetaan huomioon sekä syklin hidastuminen että jäänmurtajan odottaminen	
	DWT	LKM	DWT	LKM	DWT	LKM	DWT	LKM
PAX	-	-	-	-	-	-	-	-
Lautta	0	0	16317	2,7	12125	2,1	28442	4,8
Ro-Ro	29595	4,0	77632	10,5	57690	7,7	135322	18,2
Kontti	0	0	3099	0,5	2302	0,5	5401	1,0
Bulkki	0	0	5870	0,4	4397	0,4	10267	0,8
GC	2574	0,5	6610	1,3	4912	1,0	11522	2,3
Säiliö	1940	0,5	2611	0,7	1940	0,4	4551	1,1
Muu	6100	3,0	665	0,3	494	0,3	1159	0,6

Vain L/  
Pääosin



Taulukko 3.7. Tonniston korvaustarve Inkoon ja Kantvikin liikenteessä.

Laiva- tyyppi	Jos asetetaan tiukat liikennerajoitukset		Jos otetaan huomioon syklin hidastuminen		Jos otetaan huomioon jäänmurtajan odottaminen		Jos otetaan huomioon sekä syklin hidastuminen että jäänmurtajan odottaminen	
	DWT	LKM	DWT	LKM	DWT	LKM	DWT	LKM
PAX	-	-	-	-	-	-	-	-
Lautta	-	-	-	-	-	-	-	-
Ro-Ro	-	-	-	-	-	-	-	-
Kontti	-	-	-	-	-	-	-	-
Bulkki	0	0	50327	1,8	14826	0,5	65153	2,3
GC	6060	0,8	17376	2,2	5118	0,6	22494	2,8
Säiliö	0	0	2960	0,1	872	0,1	3832	0,2
Muu	-	-	-	-	-	-	-	-

Taulukko 3.8. Tonniston korvaustarve Helsingin sataman liikenteessä.

Laiva- tyyppi	Jos asetetaan tiukat liikennerajoitukset		Jos otetaan huomioon syklin hidastuminen		Jos otetaan huomioon jäänmurtajan odottaminen		Jos otetaan huomioon sekä syklin hidastuminen että jäänmurtajan odottaminen	
	DWT	LKM	DWT	LKM	DWT	LKM	DWT	LKM
PAX	0	0	5007	2,9	1287	0,8	6294	3,7
Lautta	78884	22,8	121348	35,0	31204	9,0	152552	44,0
Ro-Ro	11732	1,3	167226	18,2	43038	4,7	210264	22,9
Kontti	0	0	53210	6,2	13683	1,5	66893	7,7
Bulkki	0	0	9077	0,4	2335	0,1	11412	0,5
GC	18150	3,7	27751	5,6	7136	1,4	34887	7,0
Säiliö	0	0	5983	0,7	1539	0,2	7522	0,9
Muu	-	-	-	-	-	-	-	-

Ruotsin  
Pääosin





Taulukko 3.9. Tonniston korvaustarve Porvoon liikenteessä.

Laiva- tyyppi	Jos asetetaan tiukat liikennerajoitukset		Jos otetaan huomioon syklin hidastuminen		Jos otetaan huomioon jäänmurtajan odottaminen		Jos otetaan huomioon sekä syklin hidastuminen että jäänmurtajan odottaminen	
	DWT	LKM	DWT	LKM	DWT	LKM	DWT	LKM
PAX	-	-	-	-	-	-	-	-
Lautta	-	-	-	-	-	-	-	-
Ro-Ro	-	-	-	-	-	-	-	-
Kontti	-	-	-	-	-	-	-	-
Bulkki	-	-	-	-	-	-	-	-
GC	-	-	-	-	-	-	-	-
Säiliö	163735	7,6	203230	9,4	48388	2,2	251618	11,6
Muu	-	-	-	-	-	-	-	-

Taulukko 3.10. Tonniston korvaustarve Loviisan, Kotkan ja Haminan liikenteessä.

Laiva- tyyppi	Jos asetetaan tiukat liikennerajoitukset		Jos otetaan huomioon syklin hidastuminen		Jos otetaan huomioon jäänmurtajan odottaminen		Jos otetaan huomioon sekä syklin hidastuminen että jäänmurtajan odottaminen	
	DWT	LKM	DWT	LKM	DWT	LKM	DWT	LKM
PAX	-	-	-	-	-	-	-	-
Lautta	-	-	-	-	-	-	-	-
Ro-Ro	11732	1,2	113224	11,4	22228	2,3	135452	13,7
Kontti	0	0	46937	5,5	9215	1,1	56152	6,6
Bulkki	0	0	8343	0,3	1638	0,1	9981	0,4
GC	103680	20,7	106917	20,0	20990	4,0	127907	24,0
Säiliö	7500	0,7	69296	6,8	13604	1,4	82900	8,2
Muu	-	-	-	-	-	-	-	-

Pääosir