

Report no.: OvS 03/05

Initial Safety Assessment  
of Small Container Feeders  
*Literature Report and background information*

TU-Delft Literature Report

May 2003

Delft University of Technology  
Faculty of Design, Engineering and Production  
Department of Ship Design  
Mekelweg 2  
2628 CD Delft  
The Netherlands

**Maritime Knowledge Centre**



**Initial Safety Assessment of Small Container Feeders**  
*Literature Report and background information*

Literature Report  
OvS 03/05

**MKC**  
(TUD, MARIN)

Delft,  
May 2003

*Authors:* H. Boonstra  
M.P. de Jongh

## Inhoud

INHOUD .....	1
INLEIDING .....	3
2 ONTWIKKELING VAN HET FEEDER TYPE .....	5
2.1 DE ONTWIKKELING .....	5
2.1.1 GT beperking .....	5
2.1.2 Lengte beperking.....	6
2.1.3 Slankheid-dekoppervlak tegenstelling.....	6
2.2 SCHEPEN IN VERGELIJK .....	7
2.2.1 GT ontwikkeling.....	7
2.2.2 Afmeting parameters.....	8
2.2.3 Vrijboord.....	10
3 STATISTIEKEN.....	11
3.1 CARGOLAW .....	11
3.2 ISL / LMIS 2001 .....	12
4 TONNAGE MEASUREMENT CONVENTION .....	13
4.1 TOTSTANDKOMING TONNAGE SYSTEEM.....	13
4.1.1 Richtlijnen.....	13
4.1.2 Voorstellen nieuwe opzet .....	13
4.2 REKENREGELS TONNAGE BEREKENING (1969 TONNAGE CONVENTIE).....	14
4.2.1 GT berekening .....	14
4.2.2 NT berekening.....	14
4.3 KRITIEKEN OP DE 'NIEUWE' REKENREGELS .....	15
4.3.1 Algemene kritieken.....	15
4.3.2 Kritieken havenautoriteiten .....	15
4.4 TOEPASSINGSGEBIEDEN TONNAGE WAARDE.....	16
4.4.1 Haven- en andere gelden .....	16
4.4.2 Bemanningsvoorschriften .....	16
4.4.3 Economisch vergelijk.....	16
4.5 ENKELE PARAMETERS VOOR DE BEPALING VAN HAVENGELDEN.....	17
4.5.1 Algemene afmetingen.....	17
4.5.2 Deplacement en deadweight .....	17
4.5.3 Tijd.....	17
4.5.4 Type schip .....	17
4.5.5 Herkomst/bestemming en frequentie bezoek.....	17
4.5.6 Conclusie .....	17
5 REGELGEVING INZAKE STABILITEIT .....	18
6 ONTWIKKELING STABILITEIT REGELGEVING .....	22
6.1 HUIDIGE AFLEIDING .....	22
6.1.1 Regelgeving op basis van statistieken.....	22
6.1.2 Vereenvoudigd windmodel.....	22
6.1.3 Operationele aspecten .....	23
6.2 VOORSTELLEN NIEUWE OPZET .....	24
6.2.1 Korte termijn aanpassingen.....	24
6.2.2 Lange termijn doelstellingen.....	25
7 AANLEIDING TOT KAPSEIZEN .....	27
7.1 INVLOEDGEBIEDEN FALEN .....	27
7.1.1 Werkingsgebieden.....	27

7.1.2	<i>Typen falen</i> .....	27
8.1.3	<i>Invloedschema</i> .....	29
7.2	GEVAARLIJKE SITUATIES .....	30
7.2.1	<i>Golfkrachten</i> .....	30
7.2.2	<i>Wegvallen stabiliteit</i> .....	30
7.2.3	<i>Surfen</i> .....	31
7.2.4	<i>Golftop rijden</i> .....	31
7.2.5	<i>Broachen</i> .....	31
7.2.6	<i>Parametrisch slingeren</i> .....	32
7.2.7	<i>Periode bifurcatie</i> .....	32
7.2.8	<i>Combinatie van situaties</i> .....	32
8	SAMENVATTING EERDER ONDERZOEK.....	34
8.1	ONDERZOEK BESPREKING .....	34
8.2	CONCLUSIES .....	36
	LITERATUUR .....	38
	BIJLAGE .....	40

## Inleiding

De scheepsbouw en scheepvaart wordt vaak gezien als een behoudende bedrijfstak. Toch wordt er voortdurend gezocht naar nieuwere meer efficiëntere methoden om lading en passagiers te vervoeren. Een van die nieuwe methode was de introductie van de container in de jaren zestig. Na een twijfelachtige start zette deze ontwikkeling zich door. Nieuwe transportsystemen vragen om andere transport middelen. Zo is samen met de container een geheel nieuw type schip ontstaan: het containerschip. Maar ook na de introductie van de container is de ontwikkeling niet stil komen te staan.

Is de container zelf niet erg veel over de jaren veranderd, het containerschip daarentegen enorm. Deze ontwikkeling concentreert zich op twee punten.

Zo is er een continue ontwikkeling in de grootte van de containerschepen. De laatste jaren zijn al een aantal schepen in de vaart genomen met een theoretische capaciteit van zo'n 8000 teu en er zijn plannen voor nog grotere schepen (Malakkamax).

Een andere ontwikkeling in het ontwerp van containerschepen ligt bij het niet zozeer sneller vervoeren van meer containers, iets wat in de toekomst een belangrijke ontwikkeling kan worden, maar bij het zo goedkoop mogelijk over een relatief geringe afstand. Dit laatste speerpunt betekende de geboorte van de containerfeeder.

Containerschepen zijn naar de hoeveelheid te laden 20 voet containers als volgt in te delen [4]:

- Binnenvaart (en kruiplijn coasters)		tot	200	teu
- Feeder	200	-	600	teu
- 1 <sup>st</sup> generation	600	-	1000	teu
- 2 <sup>nd</sup> generation	1000	-	1600	teu
- 3 <sup>rd</sup> generation	1600	-	3500	teu
- Panamax		tot	5000	teu
- Post panamax	5000	-	>	teu

Hierbij dient opgemerkt te worden dat het aantal containers die in de tabel bij ieder type wordt gegeven alleen een indicatie is en in geen geval een absolute grens tussen de typen is.

De feeder is ontstaan uit general-cargo schepen die werden aangepast voor het vervoer van containers. Later werden de schepen specifiek ontworpen voor het vervoer van containers, het volledig cellulaire containerschip. Om de functionaliteit te vergroten zijn de meeste feeders tevens geschikt voor het vervoeren van bulk en zware lading. De nadruk ligt echter op een aanzienlijke deklading containers om op die wijze het ruiminhoud (Net Tonnage) en het totale omsloten volume (Gross Tonnage) zo klein mogelijk te houden in verband met havengelden en tolheffingen, maar ook, voor sommige landen, bijvoorbeeld met betrekking tot de bemanningseisen.

Deze en andere ontwerpeisen leiden vaak tot een optimalisatie van bepaalde algemene afmetingen van het schip. Hierbij is te denken aan lengte, breedte, holte, diepgang, enz.. Echter veiligheid inzake stabiliteit en gedrag in zeegang zijn ook in grote mate afhankelijk van deze afmetingen en de verhoudingen daartussen. Bij het optimaliseren naar de ene eis kunnen er dus problemen optreden inzake de andere eisen.

Om te bepalen of er problemen zijn ontstaan bij het feeder-type (en andere scheepstypen met grote dekladingen), dient er naar een aantal factoren te worden gekeken die invloed kunnen hebben op het gedrag van het schip in zeegang en op de mate van stabiliteit.

Allereerst wordt er gekeken naar de ontwikkeling van het type schip. Wat zijn de karakteristieke afmetingen en ontwerp parameters.

Een ander belangrijke factor in het geheel is regelgeving. Regelgeving op het gebied van stabiliteit en vrijboord, maar ook de voorschriften die gelden voor de bepaling van de Tonnage in verband met havengelden en andere heffingen, hebben grote invloed op het ontwerp van een schip.

Als laatste wordt er gekeken op welke manieren het schip in gevaar kan komen en welke optredende mechanismen hierop invloed hebben. Een inventarisatie van onderzoek wat in het verleden is verricht en op het ogenblik gaande is, sluit dit deel van de studie af.

## 2 Ontwikkeling van het feeder type

### 2.1 De ontwikkeling

Niet alleen is het containerschip in het algemeen in ontwikkeling, ook is er een grote ontwikkeling onder feeders en multi-purpose schepen te erkennen. Vooral bij feeders wordt gezocht naar mogelijkheden om kosten als havengelden en tolgelden omlaag te brengen. Dit type schip vaart vaak korte afstanden en doet veel verschillende havens in vaak korte tijd aan. Het terugdringen van vooral de havengelden kan dus een grote reductie in de kosten opleveren. Naast het beperken van de kosten als havengelden wordt er ook op andere vlakken gezocht naar besparingen. Hierbij is vooral te denken aan het brandstof verbruik

#### 2.1.1 GT beperking

In de meeste havens worden vooralsnog de tarieven grotendeels bepaald aan de hand van het Gross Tonnage. De besparing wordt dus bereikt door het GT per eenheid lading zo laag mogelijk te houden.

Om een zo laag mogelijke inhoud van het schip te verkrijgen, wordt de holte tot het minimum beperkt. Het is deze reductie van het vrijboord die grote gevolgen kan hebben voor de stabiliteit in zeegang, maar ook de gevoeligheid voor overbelading kan beïnvloeden.

Voor een containerschip houdt het beperken van de GT in dat de keuze gemaakt moet worden tussen twee of drie lagen containers in het ruim. Dit betekent ook dat de stapgrootte van de holte (inclusief de laadcoaming) dus een containerhoogte bedraagt. Duidelijk is dat dit een zeer belangrijke keuze in het ontwerpproces is en dat deze keuze vroegtijdig gemaakt dient te worden. De keuze van het aantal containers onderdeks bepaalt in grote mate de keuze van de andere hoofdafmetingen. Zeker in het geval waarbij twee lagen containers onderdeks worden vervoerd, is de regelgeving inzake de stabiliteit bepalend. De diepgang en de breedte worden in dit geval bepaald door de minimale stabiliteit die nodig is om aan de regelgeving te kunnen voldoen.

De reductie van de holte en dus ook het vrijboord heeft een drietal effecten op de veiligheid van een schip:

- 1- In golven verdwijnt het dek al snel geheel of gedeeltelijk onder water. De gevolgen hiervan zijn ten eerste een extra gewicht. Ten tweede is de kans van het ontstaan van een 'zwembad' en het bijbehorende vrijvloestof oppervlak aanzienlijk groter. Daarnaast is het onmogelijk om in zwaar weer gebruik te maken van het gangboord en is het voorschip dus onbereikbaar (als er geen onderdekse doorgang is).
- 2- Al bij een kleine slagzij verdwijnt het dek onder water. Op dat moment ontbreekt er drijfvermogen, waardoor de kromme van stabiliteitsarmen aanmerkelijk lager ligt dan bij een vergelijkbaar schip met hoog vrijboord.
- 3- In golven hoger dan het vrijboord is er een aanzienlijke reductie van de breedte waar de golf boven het dek uitkomt. Dit heeft grote invloed op de BM-waarde en dus ook op de GM-waarde.

### 2.1.2 Lengte beperking

Een andere ontwerpbeperking is vaak de lengte. De lengte van een schip wordt in een aantal havens (vooral in het Verenigd Koninkrijk en Ierland) gebruikt als maatstaf voor loodsassistentie. Hierbij geldt een limiet lengte over alles van honderd meter. De “Dongedijk was waarschijnlijk ook aangepast op deze lengtegrens (verkort van 100,8 meter naar 99,95 meter).

Ook in de stabiliteitregelgeving wordt de lengte als grens genomen, in dit geval de lengte tussen de loodlijnen. De aanvullende aanbevelingen voor containerschepen gelden alleen voor schepen langer dan honderd meter Lpp. Aangezien deze aanvullende criteria nog niet als verplicht in de Nederlandse wetgeving (en in de wetgeving van andere Europese landen) is opgenomen, geeft deze grens nog niet veel problemen. Te verwachten is echter dat als de criteria verplicht zouden worden gesteld de grens van honderd meter Lpp een zwaar wegende ontwerp eis wordt.

### 2.1.3 Slankheid-dekoppervlak tegenstelling

Een andere ontwikkeling heeft ook te maken met een besparing en wel met brandstof besparing. Het onderwaterschip dient zo slank mogelijk te zijn in verband met het benodigd voortstuwingsvermogen. Echter vragen feeders een relatief groot dekoppervlak. Aangezien de maximale stapelhoogte aan dek beperkt wordt de hoogteligging van het zwaartepunt en dus de GM-waarde, dient de breedte aan dek zo groot mogelijk te zijn om het vaak gewenste maximaal aantal containers te kunnen vervoeren.

Dit betekent dat er aanzienlijke flare nodig is om aan deze voorwaarden te kunnen voldoen. Ook deze flare heeft gevolgen voor de stabiliteit en het gedrag in zeevang. Door deze flare ontstaat in golven een grote variatie van de stabiliteit.

De mate van flare kan worden uitgedrukt in de verhouding waterlijn- /blokcoëfficiënt. Bij kleine waarden van deze verhouding is het waterlijn oppervlak relatief klein en de romp vorm slank rond de waterlijn. Bij een gegeven dekbreedte is er dus een grote verandering in rompbreedte tussen het wateroppervlak en het dek.

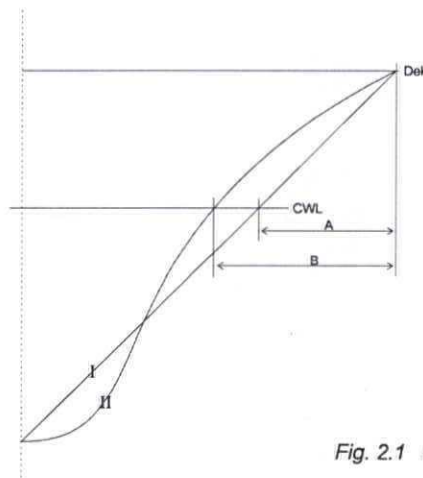


Fig. 2.1 Flare

Niet alleen bij de boegvorm kunnen problemen ontstaan, ook de spantvorm van het achterschip wordt door de maximalisering van het dekoppervlak en de optimalisering van de aanstroom van de schroef beïnvloed. Het praamvormig achterschip wordt al vele jaren toegepast. Een groot nadeel is echter dat er grote breedte veranderingen zijn bij verandering van de diepgang. In golven geeft dit analoog met het voorschip een grote verandering van de BM-waarde, wat wederom zijn weerslag heeft op de variatie van de GM-waarde en dus het oprichtend moment.



## 2.2 Schepen in vergelijking

Om een trend in algemene afmetingen en volume te kunnen bepalen, zijn de gegevens van een groot aantal feeders verzameld. De schepen en hun gegevens zijn te vinden in bijlage 1. Daarbij is op te merken dat het feeder type, zoals dat nu onderwerp is van het onderzoek, in de negentiger jaren is ontstaan. De eerste schepen met gereduceerd vrijboord (een vrijboord kleiner dan 1,6 meter) zijn pas rond 1993 op de zeeën en oceanen verschenen. Een paar jaar later werd het vrijboord nog verder gereduceerd met het ontwerp van de “Bermuda Islander”, een voorloper van de “Dongedijk”.

### 2.2.1 GT ontwikkeling

Het is interessant om te weten hoe de GT zich heeft ontwikkeld over de jaren heen (figuur 2.2). De verhouding GT per teu geeft aan hoeveel lading zijn plaats vindt in het ruim en hoeveel aan dek wordt vervoerd.

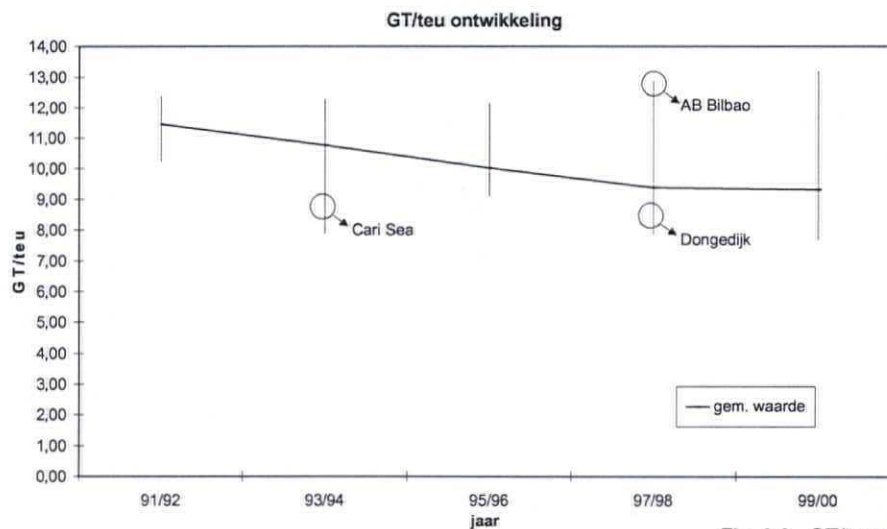


Fig. 2.2 GT/teu ontwikkeling

Te zien is een licht dalende trend in de GT per teu. Opvallend is echter dat de extremen de afgelopen 5 jaar sterk zijn toegenomen. De GT/teu waarde voor de “Dongedijk”, het schip dat onderwerp is van dit onderzoek, is aanmerkelijk lager dan vergelijkbare schepen (8,5 GT/teu in vergelijking met een gemiddelde van 9,4 GT/teu).

De trend lijkt zich te stabiliseren rond een waarde van ongeveer 9 GT/teu met als ondergrens van ongeveer 8 GT/teu. Deze ondergrens heeft waarschijnlijk te maken met het minimaal vereiste vrijboord en de geldende stabiliteiteisen.

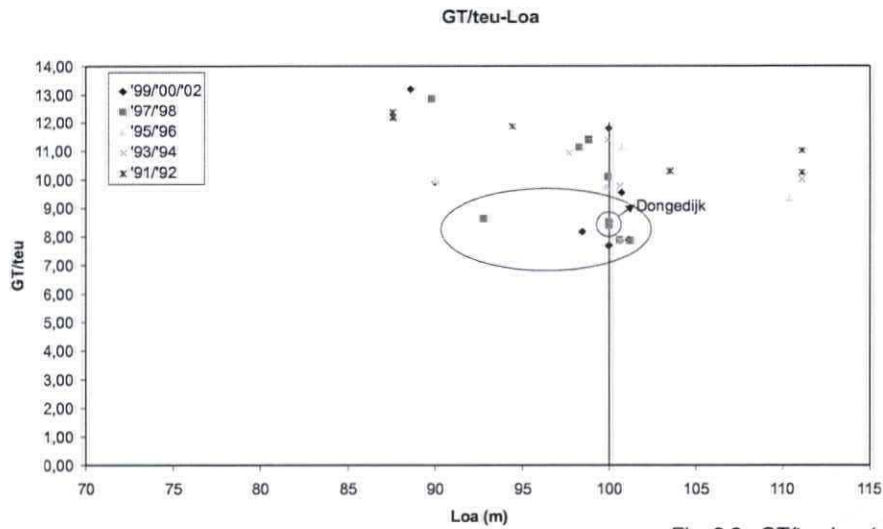


Fig. 2.3 GT/teu lengte verdeling

Figuur 2.3 laat zien hoe de verhouding GT per teu van de “Dongedijk” zich verhoudt tot andere feeders. De hoeveelheid GT per teu (gelijktijdig een maat voor de hoeveelheid deklading) is redelijk verspreid en varieert tussen de 7,5 GT/teu en de 13 GT/teu. Wel is duidelijk te zien dat de “Dongedijk en haar zusterschepen een beduidend lagere GT/teu waarden hebben.

De grafiek laat tevens zien dat een groot aantal schepen zich concentreert rond de honderd meter lengte. Deze honderd meter grens in de lengte over alles heeft te maken met reglementen die verscheidene havens hanteren in verband met loodsassistentie verplichting. Ook wordt de lengte (de Lpp in dit geval) gebruikt in de aanvullende regelgeving in verband met de stabiliteit.

### 2.2.2 Afmeting parameters

Om te kunnen bepalen waarom de verhouding GT/teu afwijkt moet eerst bepaald worden of het maximaal aantal te vervoeren containers afwijkt. Dit blijkt voor de “Dongedijk” niet het geval (figuur 2.4).

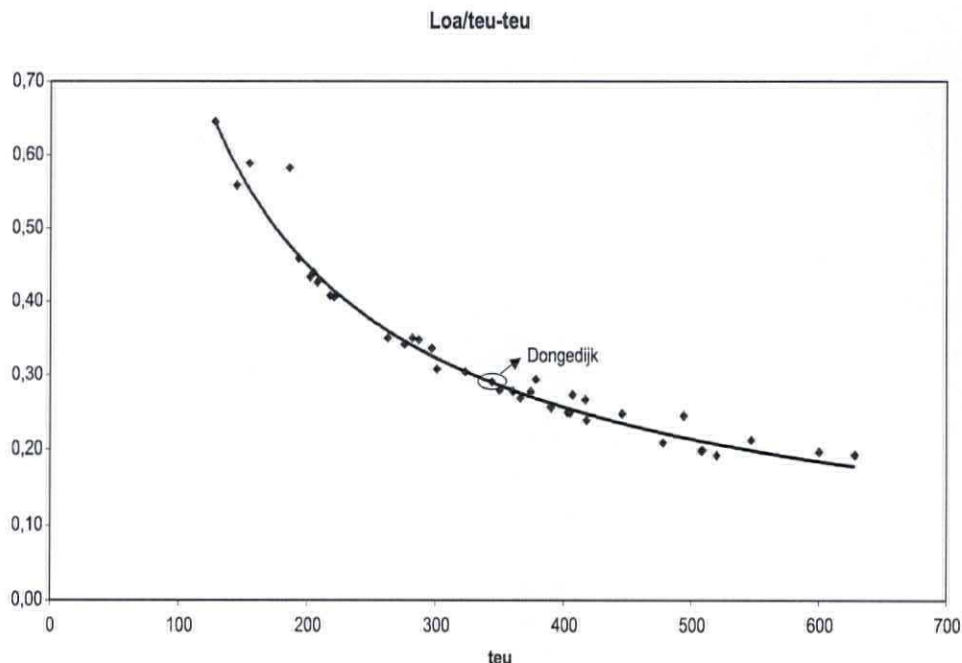


Fig. 2.4 Lengte/teu verhouding

Te zien is dat het maximale aantal te laden containers precies op de trendlijn ligt. Dus voor een schip van ongeveer honderd meter lengte is het aantal containers normaal. De afwijking van de GT/teu verhouding moet dus in de grootte van de GT liggen.

Op welke manier is de GT relatief laag gehouden? De meeste feeders hebben ruimte voor drie lagen containers onderdeks. Dit geeft een holte (natuurlijk afhankelijk van de hoogte van de laadcoaming) van zo'n acht meter. Door maar twee lagen containers onderdeks te laden kan de GT aanzienlijk worden verlaagd. Door het ontbreken van de derde laag, kan de holte gereduceerd worden tot zo'n zes meter.

Deze holte verandering zou terug te vinden moeten zijn in de breedte holte verhouding.

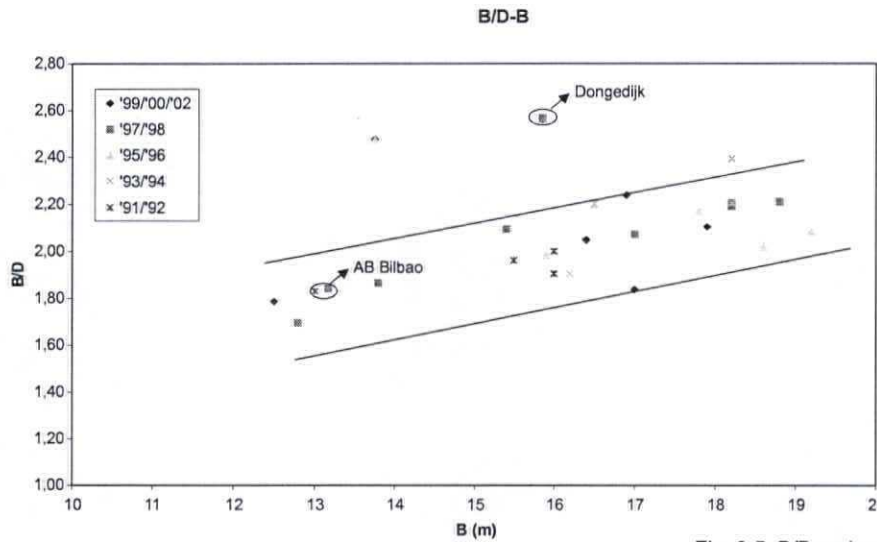


Fig. 2.5 B/D verhouding

Figuur 2.5 laat dit inderdaad zien. De B/D verhouding ligt beduidend hoger dan bij de meeste vergelijkingschepen. Om te kunnen voldoen aan de stabiliteitseisen is een grotere breedte nodig dan bij schepen met een grotere holte. Mede hierdoor neemt de B/D nog meer toe.

Kijken we naar de diepgang dan wordt die bepaald door de regelgeving omtrent het vrijboord. Het minimale vrijboord samen met de holte bepalen in grote mate de diepgang.

Figuur 2.6 laat zien hoe de breedte zich met de diepgang verhoudt. Ook hier valt wederom op te merken dat de verhouding aan de hoge kant is in vergelijking met de meeste vergelijkingsschepen.

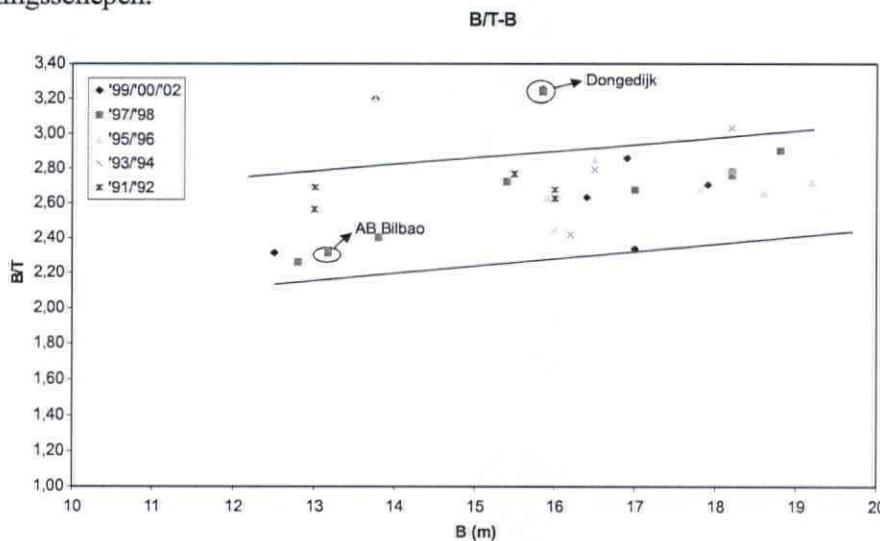


Fig. 2.6 B/T verhouding

Samen met het gevraagde deadweight en snelheid liggen de hoofdafmetingen van het schip grotendeels vast.

### 2.2.3 Vrijboord

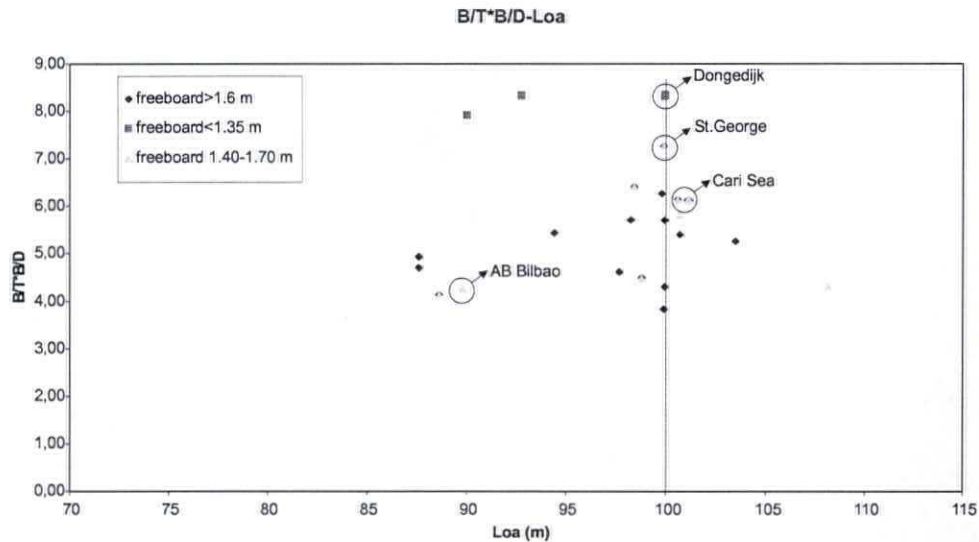


Fig. 2.7 B/D\*B/T verhouding

In figuur 2.7 zijn drie groepen vrijboord uitgezet. Vooral schepen met een vrijboord lager dan 1,35 meter hebben over het algemeen een grote B/D\*B/T verhouding. Deze verhouding wordt in aanvullende regelgeving voor containerschepen langer dan 100 meter gebruikt. De schepen met een hoge waarde worden in die regelgeving ‘gestraft’ met zwaardere stabiliteitseisen. Een ander opvallend punt is de concentratie van schepen rond een lengte over alles van honderd meter. Deels heeft dit te maken met de lading en de lengte van een container, echter ook regelgeving voor loodsgebruik en beschikbare kadelenktes in havens hebben hier invloed op. Of stabiliteitsregelgeving hierin een rol speelt is niet duidelijk. Zouden de aanvullende regels verplicht zijn voor dit type schepen met een loodlijn lengte van net meer dan 100 meter, dan zou de stabiliteit vele malen groter moeten zijn.

### 3 Statistieken

Om vast te kunnen stellen of er structurele stabiliteitsproblemen zijn, dient het aantal ongevallen per type schip in kaart te worden gebracht. Bij het in kaart brengen van die ongevallen treden een aantal problemen op.

Ten eerste is het moeilijk om aan betrouwbare informatie over ongevallen te komen, zeker als deze informatie per scheepstype gesplitst moet zijn. De gegevens in de onderstaande tabel (tabel 3.1) zijn afkomstig van de website [www.cargolaw.com](http://www.cargolaw.com), een site van een advocatenkantoor uit Los Angeles die gespecialiseerd zijn in transport zaken. Informatie over ongevallen in de totale scheepvaart is afkomstig van ILS (tabel 3.2).

Ten tweede is het aantal verongelukte schepen gering. Het is hierdoor onmogelijk om betrouwbare statistische waarden te verkrijgen en hieruit conclusies te kunnen trekken.

Als laatste laten de geraadpleegde bronnen alleen de ernstige gevallen zien. Minder ernstige incidenten en bijna ongevallen blijven in deze cijfers buiten beschouwing.

#### 3.1 Cargolaw

Number of incidents involving Container ships / multi-purpose schips worldwide												
	1997 nov-dec		1998		1999		2000		2001		2002-aug	
	number	%	number	%	number	%	number	%	number	%	number	%
Drifters	0	0	0	0.0	2	13.3	2	9.5	2	11.1	0	0
Directly sunken	1	14.3	2	10.5	1	6.7	1	4.8	4	22.2	2	22.2
Fire	1	14.3	2	10.5	1	6.7	3	14.3	5	27.8	1	11.1
Collision	1	14.3	9	47.4	5	33.3	10	47.6	4	22.2	4	44.4
Loss of cargo	2	28.6	4	21.1	1	6.7	4	19.0	2	11.1	1	11.1
Other	2	28.6	2	10.5	5	33.3	1	4.8	1	5.6	1	11.1
<b>total:</b>	<b>7</b>		<b>19</b>		<b>15</b>		<b>21</b>		<b>18</b>		<b>9</b>	
Bad weather	2	28.6	5	26.3	2	13.3	6	28.6	4	22.2	3	33.3

Remark: for the years 2001 and 2002 multi-purpose ships with container capacity were taken into account.

Table 3.1 Number of accidents per year

Deze cijfers geven een beeld van het aantal ernstige ongevallen met alle type containerschepen (en de laatste twee jaar tevens multi-purpose schepen met containercapaciteit). Vanwege het, absoluut gezien, lage aantal ongevallen en vanwege de ontbrekende informatie kan er weinig gezegd worden hoe kleine containerschepen en multi-purpose schepen zich verhouden in relatie tot grotere schepen.

Voor de duidelijkheid zijn ook het aantal incidenten per jaar gegeven. Hieraan is te zien dat het aantal gevallen (zeker het aantal per soort aanleiding) erg laag is. Een geval meer of minder per jaar heeft dus grote invloed op de percentages.

Het is dus moeilijk in deze cijfers structurele ongevallen te herkennen. Wat wel redelijk constant is, is het aandeel dat slecht weer speelt bij het plaatsvinden van de bekeken incidenten. Over het algemeen kan gesteld worden dat in een kwart tot een derde van de gevallen slecht weer een rol speelde.

Wat bij het samenstellen van deze cijfers opviel is, dat bij alle gevallen van ladingverlies grote containerschepen waren betrokken. Het verlies trad hoofdzakelijk op in zeer slechte weersomstandigheden en zeecondities.

Wat verder nog op te merken is, is het hoge aantal aanvaringen. Het blijft echter gevaarlijk om op basis van deze cijfers te stellen dat dit een structureel probleempunt is.

### 3.2 ISL / LMIS 2001

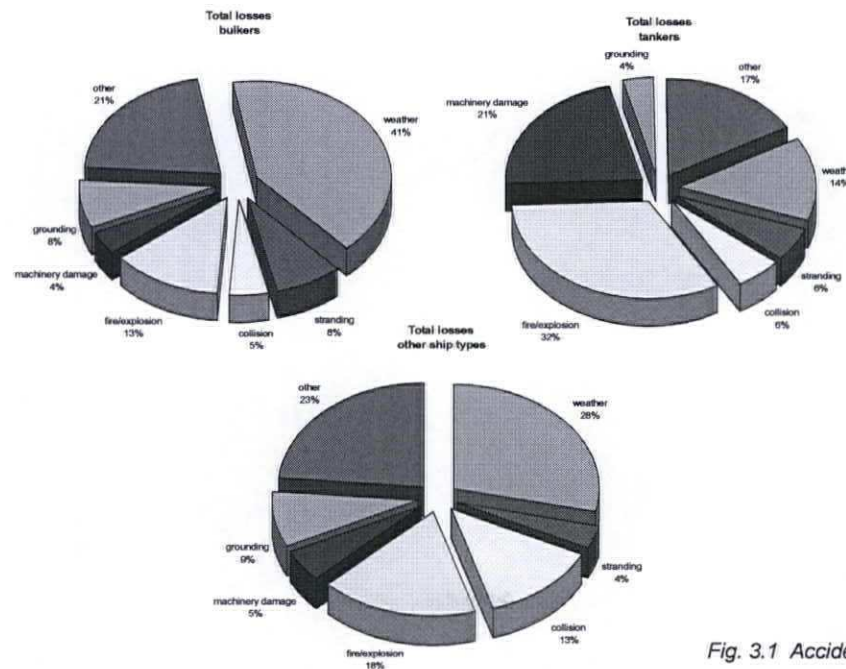


Fig. 3.1 Accident figures

De hier getoonde verdeling van de oorzaken die hebben geleid tot verlies van het schip is uit 2001 [17]. De cijfers geven het aandeel van de verschillende oorzaken voor total loss verklaringen van de verschillende scheepstypen. De getallen voor container en multi-purpose schepen komen niet specifiek in deze gegevens naar voren. Voor de scheepstypen waarvoor de waarden voor de verscheidene oorzaken afwijken, bulkcarrier en olietanker, zijn wel apart gegeven.

Vergelijken we de statistieken, dan valt in ieder geval op dat het aandeel dat extreem weer speelt, zowel bij de cijfers van de Cargolaw internetsite en de cijfers afkomstig van ILS-Bremen en LMIS ongeveer een kwart van de ongevallen bedraagt.

## 4 Tonnage Measurement Convention

### 4.1 Totstandkoming Tonnage systeem

Aan het eind van de jaren 50 werd door de VN besloten om de verschillende tonnage metingen te vervangen door een nieuw meetsysteem. Het opstellen van de nieuwe berekeningen zou moeten gebeuren door een comité van het net opgerichte IMCO.

#### 4.1.1 Richtlijnen

Het comité zag een behoefte voor een eenduidig systeem om de grote van het schip te bepalen alsmede het verdienend vermogen tot uiting te brengen. Bij het opstellen van het nieuwe systeem zouden de volgende richtlijnen in acht dienen te worden genomen:

1. Het systeem mag geen invloed hebben op het ontwerp van het schip alsmede structurele aanpassingen tot gevolg hebben die de veiligheid in gevaar brengen.
2. Afhankelijkheid van constructiedetails dient vermeden te worden.
3. Het bepalen van de Tonnage meting dient in een vroeg ontwerpstadium mogelijk te zijn. Tevens dient er, als mogelijk, een opzet voor meting in de werkelijkheid gemaakt te worden.
4. De berekening dient zo eenvoudig en direct mogelijk te zijn in overeenstemmend met het doel van de meting.
5. Er dient geen negatief effect te zijn op de verdiencapaciteiten van de scheepvaart.
6. Een systeem van uitzonderingen dient zoveel mogelijk vermeden te worden.

Maar misschien de belangrijkste eis was wel dat de waardes van de nieuwe methode voor de verscheidene schepen in redelijke mate moesten overeenkomen met de "oude" rekensystemen.

#### 4.1.2 Voorstellen nieuwe opzet

De jaren die volgde leverden een aantal voorstellen op. Geen van deze voorstellen waren bevredigend. Vooral voldoen aan de eis van vergelijkende waarde met de oude systemen en de invloed op de verdiencapaciteiten bleek moeilijk. Doordat de voorstellen teveel afweken van de op dat ogenblik gebruikte methodes bleef grootschalige goedkeuring voor deze ideeën uit.

Drie voorstellen werden voorgelegd aan een technisch comité. De volgende aanbevelingen werden aan de Conferentie van 1969 gedaan [6]:

- a) Twee parameters zouden gekozen moeten worden, te weten: Gross en Net Tonnage, die in overeenstemming gebracht kunnen worden met de bestaande Gross en Net Tonnages.
- b) Gross Tonnage dient gebaseerd te zijn op een volumemaat.
- c) Net Tonnage dient gebaseerd te zijn op het displacement.
- d) Het open shelterdek concept dient gehandhaafd te worden voor bestaande schepen. Voor nieuwe 'conventie' schepen dient dit alleen betrekking te hebben op het NT.
- e) Veelvuldige veranderingen van open naar gesloten shelterdekken dienen verboden te worden.

Voorstellen a, b, c en uiteindelijk d werden door de conventie aangenomen. Voorstel e werd gewijzigd.

Uiteindelijk werden de volgende formules voor het berekenen van de Gross Tonnage en de Net Tonnage opgesteld en goedgekeurd:

Gross Tonnage

$$GT = K_1 V,$$

$K_1$  = afstemmingsfactor

$V$  = Totale volume gesloten ruimtes in  $m^3$ .

Net Tonnage

$$NT = K_2 V_c,$$

$K_2$  = afstemmingsfactor

$V_c$  = Volume van vrachtruimen + volume passagiers verblijven

## 4.2 Rekenregels Tonnage berekening (1969 Tonnage Conventie)

Om duidelijk te maken hoe de rekenregels invloed kunnen hebben op de algemene afmetingen van een schip, worden hieronder verkort de rekenregels vermeld en de termen verklaard. Voor de volledige regelgeving inzake tonnage berekening wordt verwezen naar de literatuur.

### 4.2.1 GT berekening

De berekening van het **Gross Tonnage** volgens regulation 3 is als volgt:

$$GT = K_1 V$$

$$K_1 = 0.2 + 0.02^{10} \log V,$$

waarin  $V$  het totale omsloten volume van het schip in  $m^3$  is.

### 4.2.2 NT berekening

De berekening van het **Net Tonnage** volgens regulation 4 is als volgt:

$$NT = K_2 V_c \left( \frac{4T}{3D} \right)^2 + K_3 \left( N_1 + \frac{N_2}{10} \right)$$

$$K_1 = 0.2 + 0.02_{10} \log V_c$$

$$K_3 = 1.25 \frac{GT + 10000}{10000},$$

$V_c$  is het volume van het (de) laadruim(en) in  $m^3$  is.

De volgende voorwaarden dienen aangehouden te worden:

- 1- De factor  $\left( \frac{4T}{3D} \right)^2$  dient niet groter dan 1 te worden genomen.
- 2- De term  $K_2 V_c \left( \frac{4T}{3D} \right)^2$  dient niet kleiner te worden genomen dan  $0.25 * GT$
- 3- Het NT dient niet kleiner te worden genomen dan  $0.30 * GT$



Het deel  $K_3 \left( N_1 + \frac{N_2}{10} \right)$  geeft bij containerfeeders geen bijdrage (passagiers correctie).

Om een zo'n klein mogelijke Net Tonnage te realiseren is er maar een echte mogelijkheid, het verkleinen van  $V_c$ .

Om het NT en ook de GT te verlagen is de enigen mogelijkheid het verlagen van de holte. Deze verlaging wordt begrensd door het minimale vereiste vrijboord. De straf voor het verkleinen van de verhouding D/T bij de berekening van het NT is beperkt, aangezien de bovengenoemde factor niet groter als 1 dient te worden genomen.

### 4.3 Kritieken op de 'nieuwe' rekenregels

Het subcomité dat in 1959 was opgericht had een zestal richtlijnen opgesteld waaraan het nieuwe systeem om tonnage te berekenen zou moeten voldoen. Dit zestal richtlijnen is in paragraaf 4.1 al genoemd, maar de eerste richtlijn werd als volgt gesteld:

- Het systeem (rekenregels tonnage berekening) mag geen invloed hebben op het ontwerp van het schip alsmede structurele aanpassingen tot gevolg hebben die de veiligheid in gevaar brengen.

#### 4.3.1 Algemene kritieken

Toch werd tijdens de conventie van 1969 al opgemerkt dat de nieuwe rekenwijze schepen kon aanmoedigen die geminimaliseerd waren in vrijboord om zodoende lage Tonnage getallen te bereiken. Deze ontwikkeling zou direct in strijd zijn met de eerste richtlijn die is opgesteld door het subcomité [6].

Op het moment van de conventie in 1969 was de container nog niet ingevoerd als grootschalig transportmiddel. De mogelijkheden om veel lading aan dek te vervoeren (buiten houttransporten) en het ruiminhoud zo klein mogelijk te houden, waren gering. Pas met de introductie van de container in de jaren zeventig werd dit mogelijk met andere goederen dan hout.

Met de komst van de container ontstonden inderdaad uiteindelijk schepen waarbij het vrijboord bewust zo laag mogelijk werd gehouden. Vooral bij kleine containerschepen werden (en worden) de NT en vooral de GT-waarde gezien als een van de belangrijkste ontwerpparameters.

#### 4.3.2 Kritieken havenautoriteiten

Er werden echter meer opmerking gemaakt over de nieuwe rekenwijze. Vooral de Havenautoriteiten waren ontevreden met het dubbele systeem van GT en NT. Samen met het feit dat oude rekenwijze van tonnage voor bestaande gemeten schepen voorlopig bleef bestaan, geeft dat er zeker geen eenvormige bepaling van de omvang van het schip en de laadcapaciteit was bereikt.

De invloed van de oude tonnage berekeningen zal heden ten dagen geen rol meer spelen, maar de tonnage berekening bestaat nog steeds uit twee delen, die verre van makkelijk te bepalen zijn. Daar komt nog bij dat, schepen op wat langere termijn nog steeds op GT en NT waarden kunnen worden aangepast.

Gezien de gestelde eisen (paragraaf 4.1) waaraan de toen nieuw op te stellen rekenwijze zo veel mogelijk diende te voldoen, was het erg lastig om tot een op alle gebieden

tevredenstellend resultaat te komen. Vooral de eis dat de waardes van de oude en nieuwe systemen zo veel mogelijk overeen dienden te komen, leverde veel problemen op. Methoden op basis van andere parameters dan op inhoud van het schip (GT) en op inhoud van het laadruim (NT), kregen door deze eis geen kans.

Enkele van deze andere methoden zullen in een volgende paragraaf aan bod komen.

## 4.4 Toepassingsgebieden Tonnage waarde

De tonnage berekening is bedoeld om een indruk te geven van de grote (afmetingen en draagvermogen) van een bepaald schip. Op basis hiervan worden de te betalen gelden bepaald. Ook op andere gebieden gelden de tonnage waarden als maatstaf.

In deze paragraaf worden enkele van de toepassingsgebieden besproken.

### 4.4.1 Haven- en andere gelden

De bepaling van de grote van een schip is vooral van belang voor haven-, kanaal- en sluisgelden. Bij sluis en kanaalgelden word er vooral gekeken naar de grote van het schip om een evenredig bedrag aan gelden te kunnen heffen. Bij het heffen van havengelden wordt gekeken in hoeverre het desbetreffende schip gebruik maakt van de infrastructuur en andere diensten die een haven biedt.

Welke havenfaciliteiten een schip gebruikt hangt niet alleen van de afmetingen van het schip af. Door grootschalige specialisatie van de scheepvaart doen verscheidene type schepen speciaal daarvoor aangelegde en ingedeelde kades aan, met het daarbij horende laad- en losgerij. Een groot deel van de inbeslagname van de faciliteiten wordt dus bepaald door het type schip. De meeste haventarieven houden hiermee dan ook rekening. Er gelden verschillende tarieven voor bijvoorbeeld olietanker, feeders, bulkcarriers, enz.

Er is echter nog een factor die het gebruik van de havenfaciliteiten bepaald. De hoeveelheid geloste en geladen lading speelt ook een rol. De haven van Rotterdam heeft dit zodanig verwerkt in haar tarieven dat, als er minder dan bepaald percentage van de GT (afhankelijk van het type schip) wordt gelost en/of geladen, het tarief afhankelijk wordt van de hoeveelheid behandelde lading.

De berekening van de vereiste havengelden is veel uitgebreider dan hier wordt behandeld. Maar een groot deel van de wereldhavens en de meeste kanaal en sluisgelden worden nog steeds bepaald aan de hand van de GT- of NT-waarde van het schip.

### 4.4.2 Bemanningsvoorschriften

Een andere gebied waarvoor de tonnage als maatstaf geldt (maar in veel landen is dit verleden tijd) ligt bij de regelgeving inzake bemanning. Het minimaal vereiste aantal bemanningsleden hing af van de GT van het schip. In Nederland is de maatstaf tegenwoordig de werkdruk in plaats van de grote van het schip.

### 4.4.3 Economisch vergelijk

De GT waarde heeft ook nog op andere gebieden een functie. Bij vergelijk van nationale vloten, wereldscheepvaart en nieuwbouweijfers, geldt de GT als de vergelijkende eenheid.

## 4.5 Enkele parameters voor de bepaling van havengelden

Gezien de gemaakte opmerkingen over de toepasbaarheid en de veiligheid van het "nieuwe" tonnagesysteem, hebben een aantal havenautoriteiten onderzoek gedaan naar andere basisgegevens om de te heffen gelden te berekenen.

Enkele van deze andere basisgegevens worden hieronder besproken.

### 4.5.1 Algemene afmetingen

De algemene afmetingen van een schip geven een goed beeld van de werkelijke grote van een schip. Echter de nadruk leggen op een of enkele dimensies betekent dat deze parameters wederom als ontwerpparameter gaan gelden. Optimalisatie naar deze waarden kan nieuwe gevaarlijke situatie opleveren.

### 4.5.2 Displacement en deadweight

Zijn een goede basis voor het bepalen van de mate van gebruik van havenfaciliteiten. Echter om de berekening snel te laten verlopen dienen de havenautoriteiten de beschikking te hebben over de correcte displacement of deadweight waarden. Deze zijn aan boord wel beschikbaar, maar zijn niet vermeld in scheepsdocumenten (voor een deel doordat de waarden per reis variëren). Ook de afstemming met de GT en NT berekening blijkt problemen te geven.

### 4.5.3 Tijd

Tijd wordt al veel gebruikt in de berekening van de vereiste gelden. Echter bij grote tijdsdruk kunnen er fouten optreden. Vooral bij het sjoorren van containerlading, wat veel tijd kost, is het van belang dat dit zorgvuldig gebeurt. Grote nadruk leggen op de tijd dat een schip de kade bezet kan dan ook risico's met zich meebrengen.

### 4.5.4 Type schip

Zoals al eerder beschreven wordt deze factor al gebruikt bij de bepaling van de havengelden (zo ook in Rotterdam). Echter alleen het type schip geeft niet genoeg informatie over het gebruik van de faciliteiten.

### 4.5.5 Herkomst/bestemming en frequentie bezoek

Ook deze factor is al geïmplementeerd in de tarieven van veel havens (zie tarieven haven van Rotterdam). Maar ook hier geldt dat deze factor alleen te weinig informatie geeft voor een nauwkeurige berekening van de tarieven.

### 4.5.6 Conclusie

Geconcludeerd kan worden dat vooral het displacement of het deadweight een goede maatstaf kan zijn als de beschikbaarheid van deze gegevens vergroot kan worden. Zo op het eerste oog hebben deze factoren geen nadelig effect op de veiligheid. Al moet dit met enig voorzichtigheid worden gesteld.

## 5 Regelgeving inzake stabiliteit

De regelgeving inzake stabiliteit komt voort uit resoluties opgesteld door het IMO. Ieder land heeft delen van deze resoluties opgenomen in hun eigen regelgeving. De laatste resolutie inzake stabiliteitsvoorschriften die is aangenomen is resolutie A.749 [11]. Deze resolutie geldt voor alle typen schepen langer dan 24 meter en is voor dit onderzoek op te delen in drie stukken:

1. Intacte stabiliteit geldende voor alle schepen.
2. Aanvullende regelgeving voor containerschepen langer dan 100 meter.
3. Aanvullende criteria inzake wind- en golfbelasting voor alle schepen.

Zoals gezegd is niet de gehele resolutie in de Nederlandse wetgeving opgenomen. De aanvullende criteria voor containerschepen langer dan 100 meter zijn niet in de Nederlandse wetgeving opgenomen.

Hieronder wordt een verkorte versie van de regelgeving inzake intacte stabiliteit voor schepen langer dan 24 meter en de aanvullende criteria voor containerschepen langer dan 100 meter gegeven.

### Regelgeving stabiliteit alle schepen (IMO Res. 749 (18))

(Bekendmaking aan de Scheepvaart nr.:279/1992)

- Het oppervlak onder de GZ-kromme tot 30 graden dient minstens  $0.055 \text{ rad}^* \text{ m}$  te zijn.
- Het oppervlak onder de GZ-kromme tot 40 graden of tot hoek van downflooding dient minstens  $0.09 \text{ rad}^* \text{ m}$  te zijn.
- Het oppervlak onder de GZ-kromme van 30 tot 40 graden of hoek van downflooding dient minstens  $0.03 \text{ rad}^* \text{ m}$  te zijn.
- De GZ bij een hoek groter dan of gelijk aan 30 graden dient minstens 0.20 m te zijn.
- De  $GZ_{\max}$  dient bij voorkeur bij een hoek groter dan 30 graden te liggen, zeker niet lager dan 25 graden.
- $GM_0$  dient niet lager te zijn dan 0.15 m.

Dit zest al eisen leggen de grove vorm en de minimale omvang vast die de stabiliteitskromme dient te hebben.

### Regelgeving stabiliteit containerschepen >100 m loodlijnlengthe

(Niet door de Nederlandse wetgever overgenomen)

- Het oppervlak onder de GZ-kromme tot 30 graden dient minstens  $0.009/C \text{ rad}^* \text{ m}$  te zijn.
- Het oppervlak onder de GZ-kromme tot 40 graden of tot hoek van downflooding dient minstens  $0.016/C \text{ rad}^* \text{ m}$  te zijn.
- Het oppervlak onder de GZ-kromme van 30 tot 40 graden of hoek van downflooding dient minstens  $0.006/C \text{ rad}^* \text{ m}$  te zijn.
- De GZ bij een hoek groter dan of gelijk aan 30 graden dient minstens  $0.033/C \text{ m}$  te zijn
- $GZ_{\max}$  dient minstens  $0.042/C \text{ m}$  te zijn.

Hierin is C gedefinieerd als:

$$C = \frac{T}{B_m} \cdot \frac{D'}{B_m} \cdot \sqrt{\frac{T}{KG}} \cdot \left(\frac{C_b}{C_w}\right)^2 \cdot \sqrt{\frac{100}{L_H}}$$

T = Diepgang in m

$$D' = D + h \cdot \frac{2b - B_d}{B_d} \cdot \frac{2 \sum l_H}{L}, \text{ volgens figuur 1}$$

D = Holte in m

B = Breedte in m

KG = Hoogteligging zwaartepunt t.o.v. basis in m, niet kleiner te nemen dan T

C<sub>b</sub> = Blok coëfficiënt

C<sub>w</sub> = Waterlijn coëfficiënt

Factor C geeft de invloed aan van de parameters die de regelgeving van invloed vind op de stabiliteitmarge voor containerschepen groter dan 100 meter. Het gaat hier om de volgende parameters:

-  $\sqrt{\frac{100}{L_H}}$

Naarmate de lengte toeneemt worden de eisen t.a.v. de stabiliteit strenger gesteld, met als ondergrens 100 m loodlijnlengte.

-  $\sqrt{\frac{T}{KG}}$

Geeft de invloed van de hoogteligging van het zwaartepunt weer, met als ondergrens KG=T.

-  $\left(\frac{C_b}{C_w}\right)^2$

Geeft de invloed van flare en de spantvorm op de stabiliteitvoorschriften.

-  $\frac{T}{B_m}$

De diepgang t.o.v. de breedte bepaalt expliciet de vorm van de stabiliteitkromme en is dus als zodanig opgenomen in de eisen.

$$\frac{D'}{B_m}$$

Hetzelfde geldt voor de holte t.o.v. de breedte. Samen geven ze de invloed van het effectief vrijboord weer in de regelgeving.

In  $D'$  is de virtuele verhoging van de holte meegenomen afhankelijk van de afmetingen van de luikhoofden. De mate van deze verhoging is afhankelijk van drie factoren.

- 1- De hoogte van het luikhoofd.
- 2- De breedte van de luikopening t.o.v. de breedte van het schip. Bij een grote breedte van het luikhoofd is de breedte van het vrijboord dek relatief klein, waardoor water aan dek minder invloed heeft op de stabiliteit (kleinere breedte van het vrije vloeistof oppervlak).
- 3- De totale lengte van de luikhoofden. Bekeken over een lengte van  $\frac{1}{2} L_{II}$  geeft een doorlopend luikhoofd een factor van 1. Dit betekent een volledige verhoging van de holte als het gaat om de lengte van de luikhoofden. Ook hier is de regel van kracht dat bij doorlopende luikhoofden er minder effect is van water aan het dek op de stabiliteit (de breedte van het vrije vloeistof oppervlak).

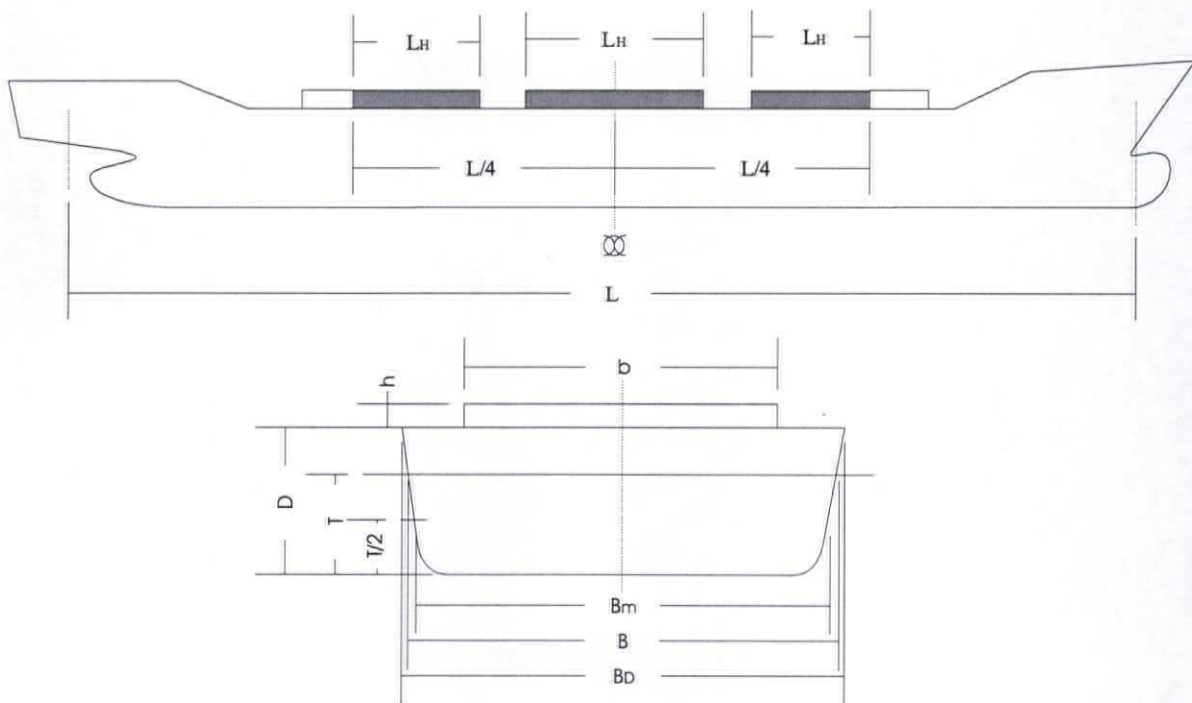


Fig.5.1 Definition measurements

Dit deel van de regelgeving (aanvullende regelgeving voor containerschepen langer dan honderd meter) is op geheel andere manier afgeleid. De gebruikte factor  $C$  is het resultaat van veel onderzoek naar het stabiliteitsgedrag in zeegang (met name schuin achter inkomende golven). Gepoogd is om de invloed van de holte en de verhoudingen met de diepgang en de breedte vast te leggen in een factor. Het invoeren van deze regels was een eerste stap richting rationele regelgeving. Rationeel, omdat er gepoogd is een fysisch verband te leggen tussen de verschillende parameters. Verder is een bepaald type schip uitgelicht met specifieke ontwerp eigenschappen en daarvoor is regelgeving opgesteld. Eventuele aanpassingen nodig om

eventuele structurele veranderingen in het ontwerp op te vangen zijn in zekere mate ook mogelijk.

De manier waarop dit deel van de regelgeving in het geheel is opgenomen verzwakt het rationele aspect. Ten eerste is er een strikte lengte limiet vanaf waar de aanvullende regelgeving geldig is (honderd meter Lpp), hoewel in de factor C een lengte wordt meegenomen als invloed factor (echter ook begrenst op honderd meter). Verder geldt dit deel van de regelgeving nog als aanvullend. In veel landen is er nog geen verplichting om aan deze regels te voldoen. Echter als dit wel het geval zou zijn dan zou dezelfde starre verplichting gelden als bij de andere delen van de regelgeving. Op alle punten moet voldaan worden om volgens de regelgeving een voldoende veilig schip te hebben. Er wordt dus strikt naar die punten gekeken die in de criteria staan vermeldt. Andere punten worden buiten beschouwing gelaten.

Om een meer rationeel opgestelde regelgeving tot zijn recht te laten komen dient ook een andere manier van naleving te worden opgesteld, waarbij gekeken wordt naar de prestatie van het schip in z'n geheel (dus niet alleen de opgestelde punten).

## 6 Ontwikkeling stabiliteit regelgeving

### 6.1 Huidige afleiding

De IMO 'code of intact stability' is voortgekomen uit statistisch onderzoek van ongevallen waarbij de stabiliteit leidde tot kapseizen. Later zijn er aanvullende regels opgesteld en toegevoegd die zijn bepaald aan de hand van externe belastingen.

#### 6.1.1 Regelgeving op basis van statistieken

De bepaling van de criteria-waarden is gebaseerd op het werk van Rahola uit 1939. Rahola bekeek ongevallen waarbij de stabiliteit een rol speelde. Van elk verongelukt schip bekeek hij de statische stabiliteitsgegevens en vergeleek deze met andere schepen. Uit deze gegevens kon een minimale vorm van de stabiliteitskromme worden opgesteld.

Bij het opstellen van de internationale criteria inzake stabiliteit heeft het IMO gebruik gemaakt van dezelfde methode, met dat verschil dat Rahola zijn onderzoek baseerde op Finse kustschepen en het IMO wereldwijde ongevallen bekeek.

Het grote pluspunt van deze set criteria is dat ze simpel in gebruik zijn. Destijds was dat een belangrijke eis, aangezien men (ontwerpers en regelgevende instanties) geen of zeer beperkte beschikking had over computers. Echter zijn er ook een aantal opmerkingen te maken [8].

- Ten eerste zijn de criteria gebaseerd op ongevallen met schepen uit de jaren vijftig en zestig of zelfs nog ouder. Aangezien de schepen een grote ontwikkeling hebben doorgemaakt met betrekking tot afmetingen, maar ook in de te vervoeren lading, kan de vraag gesteld worden of deze gestelde minimale eisen aan de GZ-kurve nog wel van toepassing zijn op de huidige schepen.
- Ten tweede hebben de criteria geen fysische achtergrond. Het is dus lastig om in de regelgeving rekening te houden met bepaalde verschijnselen die op kunnen treden bij de verschillende scheepstypen. Daarbij is te denken aan parametrisch slingeren, broachen of bijvoorbeeld surfen.
- Tevens is onduidelijk wat nu precies de veiligheidsmarge is. Er wordt gesproken over een percentage van 60-70% en zelfs 80-85% bij de originele schepen waarop de regelgeving is gebaseerd. Hoe groot de veiligheidsmarge bij moderne schepen is, is dus op het ogenblik onbekend.

#### 6.1.2 Vereenvoudigd windmodel

De 'Weather Criterion' resolutie heeft een geheel andere basis dan de regelgeving inzake de intacte stabiliteitscriteria van resolutie A167 (later in resolutie A749 opgenomen). De 'weather criterion' resolutie heeft een meer rationele achtergrond.

De 'weather criterion' zoals die door het IMO is opgesteld, zijn gebaseerd op Japanse criteria inzake stabiliteit (Yamagata 1959). De criteria gaan uit van een statische rolhoek door een constante windbelasting. Boven op deze constante belasting wordt nog een winddruk genomen met een arm 1,5 keer die van de statische belasting. Verder wordt gesteld dat het schip een maximale slingerhoek mag aannemen veroorzaakt door dwars golven.

Bij de bepaling van deze hoeken en belastingen is uitgegaan van een aantal vereenvoudigingen [16].

De windvlaag wordt 1.225 maal zo krachtig gesteld als de constante windbelasting. Dit komt overeen met een extreme storm conditie. Echter rekening houdend met de zeegang is deze aanname een gemiddelde van twee extreme condities. Aan de ene kant het oog van een



orkaan, waarbij de wind zeer sterk is maar het slingeren door golven gering zal zijn omdat de zeegang uit verschillende richtingen zal komen. Aan de andere kant de situatie waarbij het oog van de storm voorbij is en de wind is afgenomen, maar hoge zeegang uit een richting kan zorgen voor grote slingerhoeken.

Een tweede vereenvoudiging betreft de slingerdemping. In de huidige regelgeving wordt een kwadratische demping meegenomen, om de bruikbaarheid te vergroten.

Daar komt nog bij dat het niet lineaire deel van de GZ-kurve bij de bepaling van de terugslingerhoek niet wordt meegenomen.

Als laatste worden de waarden voor de verscheidene parameters in de berekening van de slingerhoek ter discussie gesteld. Deze waarden zouden niet meer voldoen voor moderne ontwerpen als RO-RO en containerschepen.

### 6.1.3 Operationele aspecten

Naast dat de regelgeving is gebaseerd op oudere scheepsvormen en vaak onnodig versimpelde modellen gebruikt, houdt de regelgeving alleen rekening met de ontwerpfase van het schip, de operationele factoren worden geheel niet meegenomen.

Een van deze operationele factoren betreft het beladen van het schip. Containerschepen (en zeker ook RORO-schepen) kenmerken zich door een sterk wisselende belading. In vergelijking met bulkcarriers en olietankers, zijn er vele beladinggevallen mogelijk. Niet alleen de variatie van de deadweight, maar ook de variatie van de zwaartepunten in lengte, hoogte en dwarsrichting, heeft veel invloed op het stabiliteitgedrag van het schip.

Daar komt nog bij dat, bij het vervoer van containers (en in het geval van RORO-schepen trailers en auto's), er een zekere mate van onzekerheid is met betrekking tot het werkelijke gewicht van de individuele containers. Pas als het schip volledig beladen is kan er worden bepaald in welke mate het gewicht van de totale lading overeen komt met de opgegeven gewichten. De hoogte ligging van het totale zwaartepunt is moeilijker te bepalen. Dit kan o.a. bepaald worden aan de hand van een slingerproef. Deze proef is echter moeilijk goed uit te voeren en zeker onder tijdsdruk uitgevoerd onzeker.

Op het ogenblik geldt de algemene regelgeving inzake stabiliteit voor alle typen schepen. Er zijn kleine aanpassingen gemaakt voor een aantal types, echter deze zijn gering. Om de bovengenoemde onzekerheden op te kunnen vangen dient er een zekere veiligheidsmarge in de regelgeving ingebouwd te worden. De grote van deze marge zou dus op het type schip of op het type lading afgestemd moeten worden.

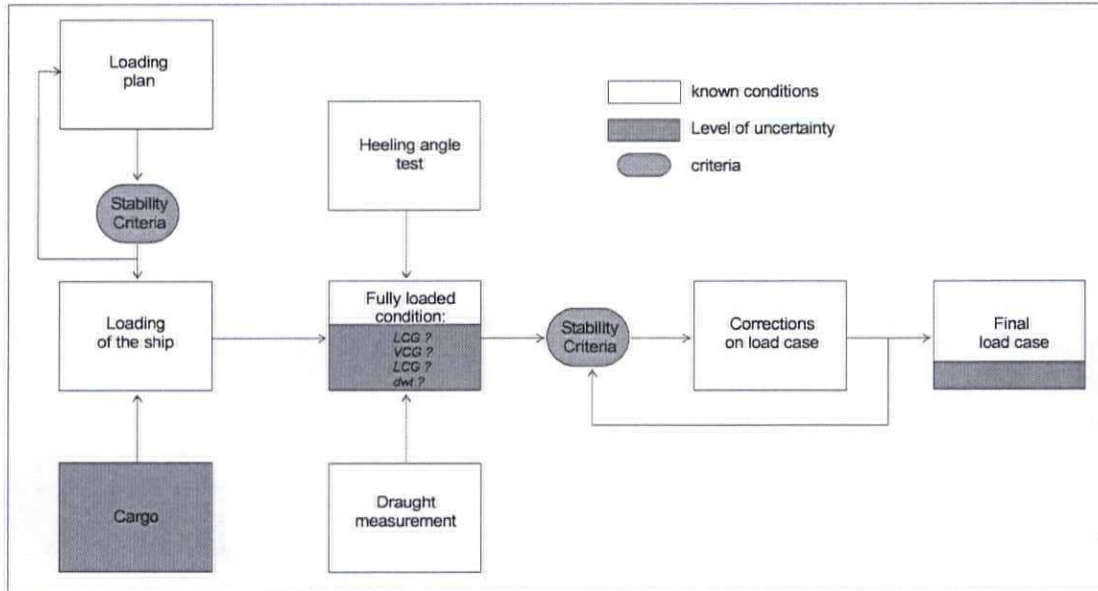


Fig. 6.1 Loading procedure

Naast de belading is ook de wijze waarop het schip gevaren wordt van belang bij de veiligheid. De snelheid en te varen koers kunnen grote invloed hebben op de kapseiskans.

Ook bij het IMO realiseerde men zich dat de ‘oude’ regelgeving gebrekkig is als het gaat om het operationele aspect. Als aanvulling is er een circulair opgesteld (MSC circulair 707 uit 1995). Hierin worden aanwijzingen gegeven om gevaarlijke situaties bij bepaalde omgevingscondities te vermijden.

Deze circulair is zeer algemeen opgesteld en biedt geen eenduidige methode of aanwijzingen om de scheepsleiding van de benodigde informatie te voorzien, laat staan rekening houdt met de verschillende scheepstypen en hun gedragingen bij verschillende condities.

## 6.2 Voorstellen nieuwe opzet

Het IMO ziet de beperkingen van de huidige criteria, zoals die in paragraaf 6.1 besproken zijn, ook in en is bezig met het opstellen van nieuwe stabiliteitscriteria. Het doel is om meer rationele criteria te ontwikkelen. Omdat deze ontwikkeling veel tijd kost, is de inspanning opgedeeld in twee delen [IMO document SLF 44].

- Dringende zaken (bijvoorbeeld de aanpassing van het ‘Severe Weather Criterion’) worden op korte termijn bekeken en eventueel via amendementen aangepast, met als uiterste datum 2004.
- Op langere termijn is het doel om een nieuwe set criteria op te stellen met een meer rationele achtergrond.

### 6.2.1 Korte termijn aanpassingen

De aanpassingen die op korte termijn worden gedaan gelden als overgang tot nieuwe criteria zijn opgesteld. Aangezien het opstellen veel tijd gaat kosten, moeten binnen de huidige regelgeving voorzieningen worden getroffen om de regelgeving meer te laten aansluiten op de moderne scheepvaart.

Een van die aanpassingen betreft het ‘Severe Weather Criterion’. Onderzocht wordt of de factoren  $s$  en  $r$ , die bij de bepaling van de slingerhoek een rol spelen, met betrekking tot onder andere RO-RO schepen moeten worden aangepast.

Daarbij wordt ook de mogelijkheid open gehouden om numeriek of via modeltesten aan te tonen dat voldoende aan de criteria wordt voldaan.

### 6.2.2 Lange termijn doelstellingen

Zoals gezegd heeft het IMO als lange termijn doelstelling het opstellen van meer rationele criteria aangaande de operationele veiligheid van schepen. Naast het rationele moeten volgens het IMO de criteria geformuleerd worden als 'performance based'. Daarnaast moet het mogelijk zijn om via numerieke modellen en modeltesten aan te tonen dat het ontwerp voldoet aan de gestelde eisen.

Volgens Spyrou [16] moeten de nieuwe criteria naast de door het IMO gestelde criteria voldoen aan de volgende eisen:

- Er moet een ondubbelzinnige verbetering in stabiliteit zijn. Een ontwerper moet de kans hebben om de stabiliteit te maximaliseren zonder dat er conflicten ontstaan in andere gebieden (gehele performance van het ontwerp beoordelen).
- De criteria moeten gebaseerd zijn op een breed spectrum m.b.t. de stabiliteit. Dus niet een of enkele situaties voorschrijven, maar naar het geheel van situaties kijken en beoordelen.
- Naar de ontwerper toe dient er informatie te worden gegeven over de limiterende condities.
- De nieuwe methode moet rekening houden met het dynamische karakter van het kapseisgedrag.
- Flexibiliteit om veranderingen in scheepsontwerpen op te kunnen vangen is een noodzaak. De criteria dienen niet te veel afhankelijkheid te zijn van afmetingen van bestaande schepen.

Het onderstaande schema (figuur 6.1) geeft de verschillende paden weer die gevolgd kunnen worden om tot een beoordeling van de veiligheid te kunnen komen. De op het ogenblik nog geldende regelgeving is de 1966 LL Convention, waarin de regels voor vrijboord en minimale boeghoogte zijn vastgelegd. De stabiliteitsregels verlopen volgens de pijlen van IMO A562. En als laatste het 'Severe Weather Criterion'. Allen werken via vast voorgeschreven minimale waarden waaraan voldaan dient te worden.

De lange termijn visie die het IMO heeft opgesteld is tevens in het schema weergegeven (de lijn 'Long Term Target'). Duidelijk is dat nieuwe regelgeving volgens de lange termijn doelstelling een totaal ander denkwijze betreft.

Als basis moeten fysische modellen staan in plaats van de ongelukken uit het verleden.

Maar niet alleen de basis zou anders moeten, ook de manier waarop een schip wordt beoordeeld of het aan de gestelde eisen voldoet zou anders moeten geschieden. In de nieuwe opzet wordt er gestreefd naar een beoordeling op basis van 'level of compliance'. Er worden hierbij geen strikte waarden voor bepaalde parameters voorgeschreven, maar moet er over het gehele stabiliteitsvraagstuk aangetoond worden dat het schip veilig is met betrekking tot dit onderwerp.

Het voordeel hiervan is dat nieuwe ontwerpen (bijvoorbeeld nieuwe type schepen) beter kunnen worden gewaardeerd. Verder voorkomt het gevallen waarbij verbeteringen op een bepaald punt worden afgestraft door voorgeschreven waardes op een ander punt.

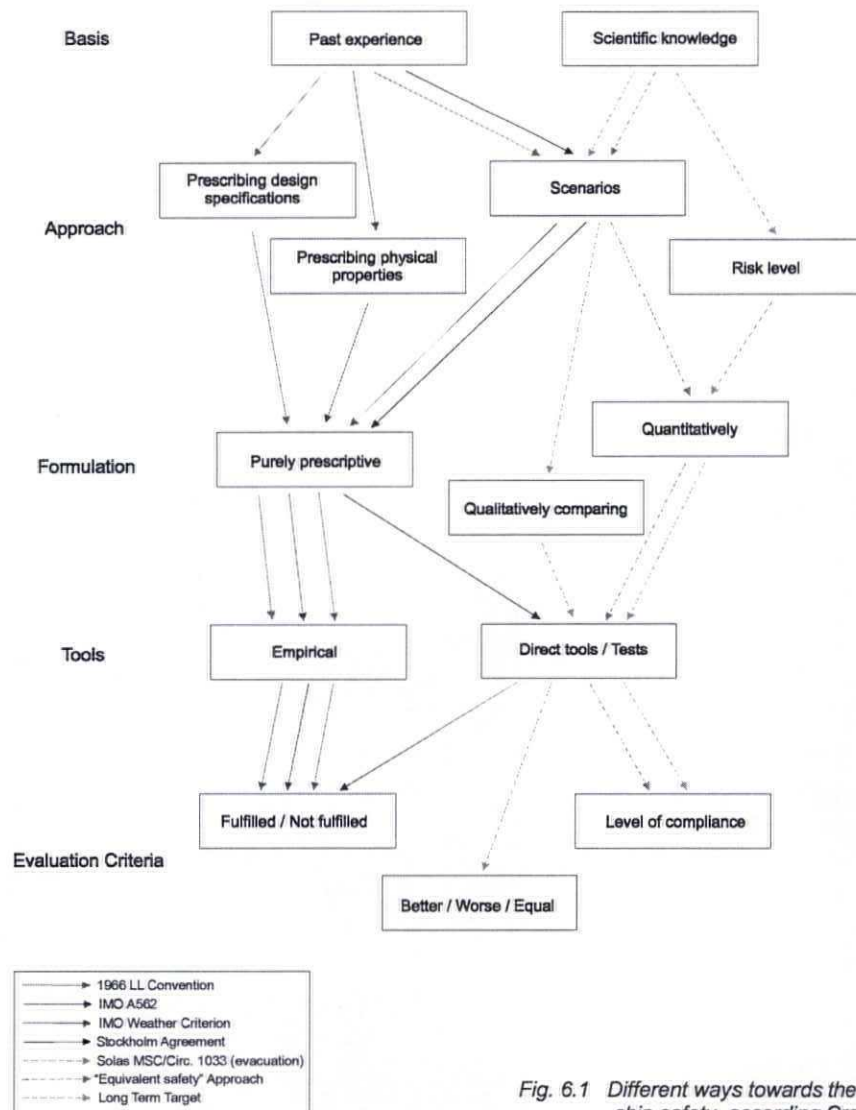


Fig. 6.1 Different ways towards the assessment of ship safety, according Cramer [7]

Gezien de complexiteit van de regelgeving inzake de stabiliteit heeft het IMO het volgende 'Plan of Action' opgesteld:

- Het identificeren van de probleemgebieden.
- Het verzamelen van informatie over bestaande kennis en het bepalen op welke gebieden vervolg onderzoek nodig is.
- Het opzetten van een stramien waarbinnen de performance regelgeving wordt geïmplementeerd.
- Het definiëren van de criteria en het vaststellen van de kritieke waarden.

Om tot eenduidige 'rationele' regelgeving te komen moet worden besloten welke aanpak het beste toepasbaar is. De weg naar rationele regelgeving kan op veel verschillende manieren worden genomen. Een aantal van de mogelijkheden worden in de volgende paragraaf besproken.

## 7 Aanleiding tot kapseizen

### 7.1 Invloedgebieden falen

Technisch gezien betekent stabiliteit het vermogen van het schip om bij een bepaalde slingerhoek de neutrale positie te bereiken. Echter in het kader van dit onderzoek, maar ook bij regelgeving, heeft de term stabiliteit een veel uitgebreidere betekenis. In deze context moet onder stabiliteit worden verstaan de mate waarin een schip (of beter elk drijvend object) externe belastingen op kan vangen zonder dat er extreme reacties of zelfs schade optreedt.

#### 7.1.1 Werkingsgebieden

Er zijn veel verschillende invloeden met verschillende achtergronden die tot het kapseizen of extreme reacties van het schip kunnen leiden. Deze invloeden zijn te verdelen over vier gebieden [6,14]:

- Lading
- Schip
- Omgeving
- Gebruik

De gebieden staan niet los van elkaar, maar hebben een grote mate van beïnvloeding op elk van de ander gebieden. Het onderstaande VENN-diagram (figuur 7.1) laat dit duidelijk zien.

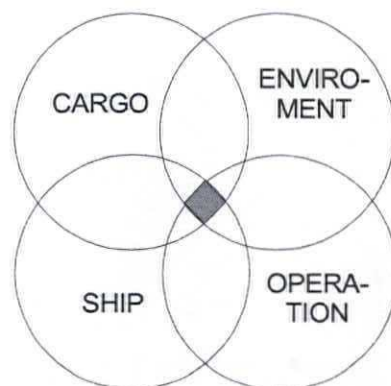


Fig. 7.1 Venn-diagram, according to Kastner [6]

#### 7.1.2 Typen falen

Er zijn een drietal aanleidingen tot falen van het systeem te identificeren. Deze zijn:

- Mechanisch/structureel falen
- Menselijk falen
- Externe invloeden

In de onderstaande tabel (tabel 7.1) is aangegeven op welke gebieden welke aanleidingen van invloed kunnen zijn.

	Mech./struct. failure	Human failure	External influences
Cargo	X	X	X
Ship	X	X	X
Operation		X	X
Environment			X

Table 7.1 Failure distribution

Bij lading en schip kunnen alle faalmethodes een rol spelen. Mechanisch en structureel falen spreekt voor zich. Menselijk falen kan op veel punten bij de lading en het schip voorkomen. Daarbij moet bijvoorbeeld gedacht worden aan het slecht lashen van de lading of het verkeerd beladen van het schip. Menselijk falen bij het schip hoeft niet alleen voor te komen in de gebruiksfase. Ook in de ontwerp- en bouwfase kan er iets mis gaan. Vaak komt dit pas bij het gebruik van het schip naar boven.

Bij het gebruik van het schip leiden hoofdzakelijk menselijk falen en externe invloeden tot ongevallen. Bij menselijk falen moet gedacht worden aan fouten bij de navigatie of bijvoorbeeld een verkeerde koers en snelheid bij bepaalde condities.

Onder externe invloeden worden alle gebeurtenissen verstaan waarbij er geen directe link is met het schip of het gebruik ervan. Dit houdt tevens in dat externe invloeden op alle vier gebieden invloed kunnen hebben.

Menselijk falen blijkt vaak verreweg de belangrijkste oorzaak te zijn bij incidenten en ongevallen. In de Maritieme wereld vertaalt zich dit in de volgende cijfers. Volgens de UK P&I Clubs [18] (figuur 7.2) was menselijk falen, in de periode 1987 tot en met 1997, in 62 % van de gevallen de oorzaak van een ernstig ongeval (waarbij schade optrad van meer dan \$100.000 US). In 12 % van de gevallen was falen van de constructie de reden. Bij 16% van de gevallen had het ongeval een mechanisch oorzaak en 10% had een andere oorzaak.

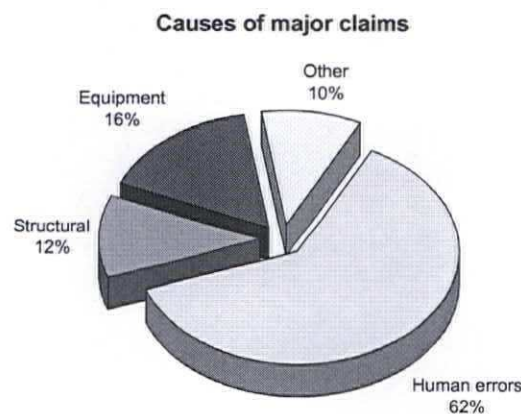


Fig. 7.2 Causes of major claims

Opvallend is dat volgens de P&I Clubs het aantal faalincidenten waarbij een vast bemanningslid is betrokken sterk is afgenomen over de beschouwde periode. Fouten door walpersoneel en loodsen zijn juist toegenomen. Op de brug is er dus een verschuiving te zien van de officieren naar de loodsen. Het toenemende aantal fouten door de loodsen heft de verbetering die te zien was bij de officieren voor een groot deel op.

Volgens andere bronnen is het aandeel van de menselijke factor overigens nog groter. Een percentage van ongeveer 80 % wordt zelfs genoemd.

8.1.3 Invloedschema

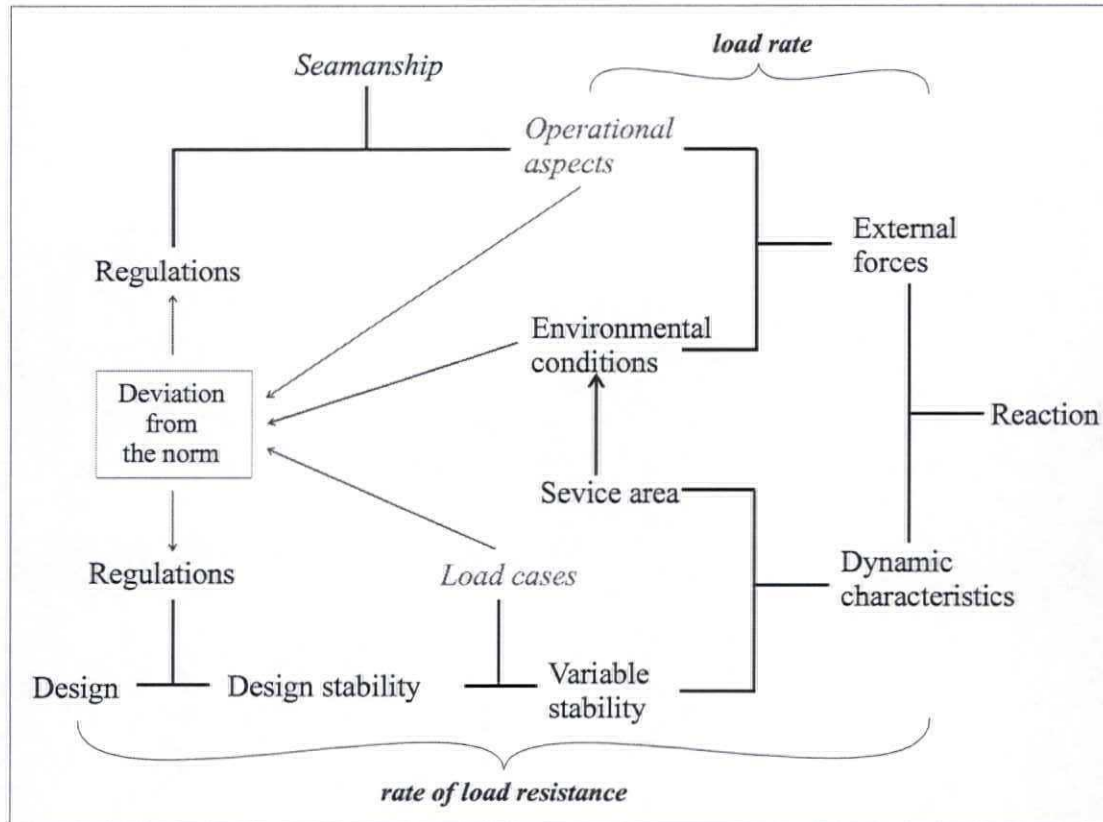


Fig. 7.3 Influence connections

In het schema is te zien hoe de invloed van verschillende factoren is op een uiteindelijke gebeurtenis m.b.t. de stabiliteit van een schip. De mate waarin een gebeurtenis plaatsvindt (b.v. kapseizen of parametrisch slingeren) wordt bepaald door de balans tussen de externe belastingen en de mate waarin het schip deze belastingen op kan vangen (de zogenaamde dynamische karakteristieken).

De dynamische karakteristieken worden bepaald door de vorm en afmetingen van het schip, het vaargebied en de belading. Kijken we naar een bestaand schip dan ligt het ontwerp vast, alsmede de invloed van de regelgeving op het ontwerp zelf. De dynamische karakteristieken zullen echter per reis (of zelfs tijdens de reis) variëren door variatie van belading, zoals hoogte zwaartepunt, lengte zwaartepunt, traagheidsmoment en lateraal oppervlak.

Externe belastingen worden bepaald door ten eerste de omgevingscondities die afhankelijk zijn van het vaargebied, en ten tweede operationele parameters. Omgevingscondities zijn bijvoorbeeld wind- en golfcondities. Onder operationele parameters wordt o.a. verstaan de snelheid en koers van het schip op een bepaald tijdstip.

De twee punten waarbij menselijke factoren een belangrijke rol spelen zijn de belading en de operationele parameters. Deze menselijke invloed kan zowel negatief als ook positief zijn. Vooral bij de operationele parameters zoals snelheid en de te varen koers kan goed zeemanschap ongewenste gebeurtenissen voorkomen. De negatieve invloed van de menselijke

factor (vooral bij belading) dient echter niet vergeten te worden bij de inventarisatie van ongewenste gebeurtenissen.

Dat de regelgeving rekening houdt met extremere omgevingscondities is goed te verklaren. Maar of de regelgeving inzake stabiliteit rekening moet houden met negatieve afwijkingen bij de belading en de operationele parameters is nog niet geheel duidelijk. Veel afwijkingen worden veroorzaakt door menselijk falen. Soms zelfs wordt opzettelijk van de ontwerpcondities afgeweken. Moeten de voorschriften hiervoor een veiligheidsmarge aanhouden of dienen deze gebeurtenissen op een andere plaats in het schema opgevangen te worden?

## 7.2 Gevaarlijke situaties

Om een schatting van de marges in de regelgeving te kunnen maken, moet er bepaald worden welke situaties bepalend zijn voor het stabiliteitsgedrag. Omdat de regelgeving minimale waarden van de stabiliteit in zeegeang geeft, wordt hieronder bekeken welke gevaarlijke situaties voor kunnen komen. In figuur 7.3 zijn dit de gebieden 'environmental conditions' en 'operational aspects'.

Onderzoeken (zie hoofdstuk 8) identificeren de volgende kritische situaties:

- Golfkrachten
- Wegvallen stabiliteit
  - Dek onderwater
  - Water aan dek
  - Negatieve GM in golftop
- Surfen
- Golftop rijden
- Broachen
- Parametrisch slingeren
- Periode bifurcatie

### 7.2.1 Golfkrachten

Golfkrachten geven bij schuin inkomende golven en bij dwarse golven een kenterend moment. Dit moment kan zo groot zijn dat het oprichtend moment niet meer voldoende is, of dat lading gaat schuiven waardoor het schip in onbalans raakt.

Daar komt nog bij dat ook structurele schade en schade aan machinerie veroorzaakt door groen water en extreme golven tot kapseizen van het schip kan leiden.

### 7.2.2 Wegvallen stabiliteit

Met het wegvallen van de stabiliteit wordt bedoeld het verminderen of zelfs negatief worden van de GM-waarde. Het wegvallen van de stabiliteit kan een aantal oorzaken hebben.

Allereerst kan het gebeuren dat het dek onder water verdwijnt. Dit betekent dat het reservedrijfvermogen afneemt of zelfs nul wordt. Vooral bij schepen met een laag vrijboord zal dit vaak voorkomen.

Verder kan het gebeuren dat er water aan dek verzamelt. Dit water geeft een extra ladinggewicht op dek niveau, maar ook het ontstaan van vrije vloeistof oppervlakken reduceert de GM-waarde aanzienlijk.

Het verzamelen van water vindt vooral plaats vlak voor en vlak achter het laadruim (vooral bij feeders als de "Dongedijk"). Deze zogenaamde zwembaden vertegenwoordigen een



aanzienlijke hoeveelheid water, afhankelijk van het scheepsontwerp, waardoor diepgang en trimligging worden beïnvloed wat tevens effect kan hebben op de aanvangstabiliteit.

Een derde oorzaak voor het wegvallen van de stabiliteit heeft te maken met de positie van de golf ten opzichte van het schip. Veel schepen hebben door de rompvorm een lagere stabiliteit in een situatie waarbij de golftop zich midscheeps bevindt. De mate van de stabiliteitsreductie wordt bepaald door de rompvorm enerzijds en de golfhoogte, golflengte en steilheid anderzijds. Vooral bij schepen met grote flare en lage vormcoëfficiënten is het stabiliteitsverschil tussen de golftop midscheeps en het golfdal midscheeps erg groot. Grote variatie van de stabiliteit kan, zeker bij bepaalde ontmoetingfrequenties, andere verschijnselen opwekken of versterken. Hierbij is vooral te denken aan parametrisch slingeren, optredend bij zowel kopgolven als achter inkomende golven en periode bifurcatie.

### 7.2.3 Surfen

Als het schip in achter inkomende golven vaart is er sprake van een periodieke schrik beweging. Als het schip de kritische snelheid bereikt verdwijnt de periodieke beweging en begint het schip met de golf mee te lopen. Het schip neemt een positie in aan de voorkant van de golf.

Bij surfen ligt het gevaar niet zo zeer bij het wegvallen van de stabiliteit, maar bij het mogelijk uit het roer lopen (broachen). Surfen direct is geen gevaarlijke situatie, alleen geeft het aan dat ander verschijnselen op kunnen treden die wel tot kapseizen kunnen leiden.

Ook de situatie vlak voor het optreden van surfen kan gevaarlijk zijn. De stabiliteit kan hierbij wel wegvallen, omdat de golf langzaam langs het schip loopt en de tijd dat de stabiliteit minimaal is steeds langer duurt.

Het kritieke gebied waarin surfen kan optreden wordt gegeven door de minimale snelheden van  $1,4\sqrt{L}$  of  $1,8\sqrt{L}$  (minimale waarde verschillen per onderzoek). Deze waarden gelden als minimale snelheden en of het fenomeen optreedt is tevens afhankelijk van de golfparameters. Als meest gevaarlijke golflengtes worden waardes van 1,5 tot 3,0  $\lambda/L$  genoemd [9].

### 7.2.4 Golftop rijden

Een ander verschijnsel wat erg op surfen lijkt is golftop rijden. Hierbij krijgt het schip bij achter inkomende golven een duw als de golf de spiegel bereikt. Tegen de tijd dat de golf midscheeps is, is tevens de maximale snelheid bereikt, waardoor het schip met de golf mee vaart. Het verschil met surfen is dat het schip zich op de golftop bevindt, in tegenstelling tot surfen, waarbij het schip zich aan de voorkant van de golf bevindt.

Golftop rijden is een conditie die optreedt voordat surfen op kan gaan treden. Het meerijden met een golftop is echter wel direct een gevaarlijke situatie. Als de situatie zich lang voordoet is er gevaar voor kapseizen door gebrek aan stabiliteit.

Beide condities, surfen en golftop rijden, zijn sterk afhankelijk van de gevaren koers en snelheid in relatie tot de golflengte en steilheid.

Het kritieke gebied is ongeveer gelijk aan het gebied voor surfen, aangezien golftop rijden voorkomt vlak voordat surfen op kan treden.

### 7.2.5 Broachen

Bij broachen heeft het schip nagenoeg dezelfde snelheid als de golf. In lange golven met een lengte van ongeveer twee maal de scheeps lengte, kan het gebeuren dat het schip richting onstabiel wordt. Op dat moment zal het schip uit het roer lopen en de golf tegemoet sturen, waardoor de golfkrachten een groot kenterend moment uitoefenen en het schip zal kapseizen.

Het kritieke gebied voor broachen wordt bepaald door de relatieve golflengte. Golflengtes van boven de  $1,5 \lambda/L$  worden genoemd. Volgens onderzoek uitgevoerd door het National Research Council Canada (Grochowalski [9] en [19]) vonden er geen kapseizen gevallen plaats bij golflengtes tussen de 0,95 en de  $1,42 \lambda/L$ . Als meest kritische ontmoetingshoek tussen golf en schip wordt 30 graden gegeven. In alle gevallen liep het schip naar loefzijde uit het roer en kapseisde over lijzijde.

### 7.2.6 Parametrisch slingeren

Bij parametrisch slingeren vindt er een versterking van de slingerbeweging plaats, wat uiteindelijk kan leiden tot extreem grote slingerhoeken en in het ergste geval tot het kapseizen van het schip. Of parametrisch slingeren optreedt is van een aantal factoren afhankelijk. De belangrijkste is de slingerfrequentie van het schip. Hiermee is parametrisch slingeren de enige situatie die direct afhankelijkheid vertoont met de belading. Alle andere situaties vertonen wel afhankelijkheid met de afmetingen van het schip, maar niet direct met de belading. Samen met de slingerfrequentie van het schip, is tevens de golffrequentie (ontmoetingsfrequentie) en als bij andere optredende situaties de vorm van de romp en de stabiliteitvariatie in golven.

Het kritisch gebied voor parametrisch slingeren wordt gegeven door de 'Mathieu' vergelijking:  $0,94 < (\omega_\phi / \omega_e)^2 < 1,15$  [5]. Hierbij dient opgemerkt te worden dat parametrisch slingeren zowel bij kopgolven als bij achter inkomende golven.

### 7.2.7 Periode bifurcatie

Bij periode bifurcatie reageert het schip niet regelmatig op iedere ontmoette golf. De ene slingerbeweging is gering terwijl de daaropvolgende golf een grote slingerbeweging tot gevolg heeft. Dit fenomeen hoeft niet per twee golven op te treden, maar kan variëren per  $n$  golven. Dit fenomeen treedt op vlak voordat kapseizen door verlies van stabiliteit optreedt en dit wordt dan ook gezien als een voorloper op de chaos fase.

Periode bifurcatie wordt niet gezien als directe aanleiding tot kapseizen [12]. Als directe aanleiding wordt het verlies van stabiliteit gezien. Het optreden van bifurcatie is een aanduiding dat het schip in gevaar is te kapseizen.

Het is moeilijk om een kritisch gebied aan te wijzen waarbinnen dit verschijnsel op kan treden.

### 7.2.8 Combinatie van situaties

Als kapseizen plaats vindt, dan kan dat meestal worden herleid tot een of meerdere van de genoemde gebeurtenissen. Vaak blijkt dat er meerdere gebeurtenissen optreden, tegelijkertijd in bepaalde combinaties of opeenvolgend in logische volgorde. Als meest dominerende oorzaak is het verlies van stabiliteit in golven. Daar komt bij dat dit verschijnsel andere situaties op kan roepen of versterken.

In het onderstaande figuur (fig. 7.4) is een overzicht gegeven welke situaties op kunnen treden, bij verschillende operationele condities. Het schema is opgedeeld in drie voorkomende situaties, te weten: schuin tot recht achter inkomende golven, dwarsscheeps inkomende golven en kopgolven. Vooral bij achter inkomende golven kunnen er meerdere situaties zich voordoen. Van links naar rechts bekeken zijn dat de volgende situaties:

- De scheepssnelheid is kleiner dan de golfsnelheid. De golf haalt als het ware het schip in.
- De scheepssnelheid is ongeveer gelijk aan die van de golf (in een schrik beweging of op de golftop meerijsend).

- De sloopssnelheid is alnog gelijk aan de golfsnelheid, maar het sloop surft aan de voorkant van de golf mee.
- Twee situaties kunnen volgen:
  - 1- Het sloop stuurt de golf in (richting onstabiel).
  - 2- De sloopssnelheid is groter dan de golfsnelheid, wat in feite een kopgolf situatie inhoudt.

In het volgende hoofdstuk wordt nog een korte samenvatting gegeven van onderzoek wat op het gebied van het kapseisgedrag in zeeingang is verricht.

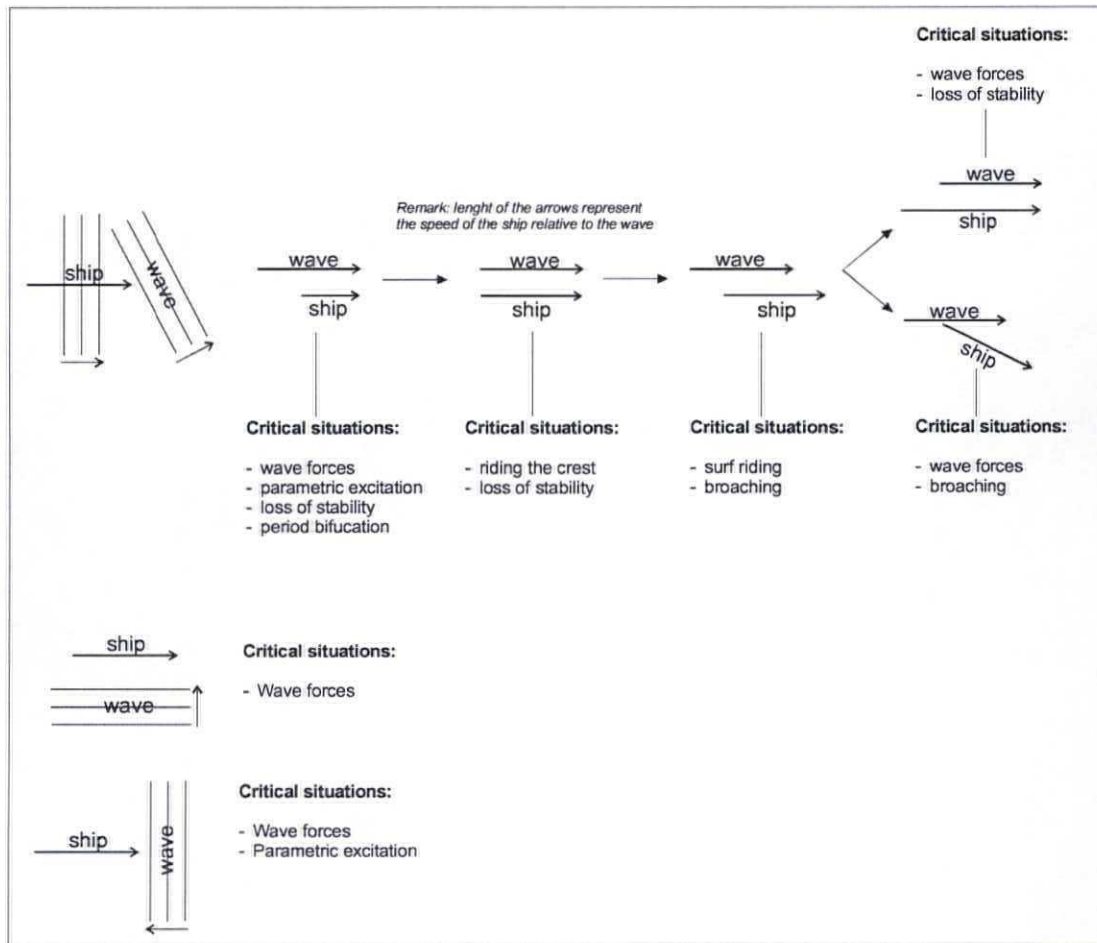


Fig. 7.4 Critical situations

## 8 Samenvatting eerder onderzoek

### 8.1 Onderzoek bespreking

[9] *Nat. Research Council Canada, CCG*

Onderzoek naar de relatie tussen ontwerp stabiliteit, operationele parameters en totale stabiliteit. Identificeren van de factoren die bijdragen aan het kapseizen van een schip. Verder de invloed bepalen van koers, snelheid en golf parameters.

Het onderzoek is uitgevoerd met een model van een 19.75 m lange trawler. De golflengte is gevarieerd van 0.95 tot 3.5 maal de scheeps lengte. De snelheid werd gevarieerd tussen de 0.12 en 0.35 froude. Vier beladingcondities werden bekeken, waarvan er twee voldeden aan de huidige IMO stabiliteitscriteria.

De volgende factoren werden geïdentificeerd die een bijdrage kunnen leveren tot het kapseizen van het schip:

- slechte aanvangsstabiliteit
- golfkrachten
- invloed dek onder wateroppervlak
- invloed water aan dek
- stabiliteitsverlies door golf top
- surfen en golf top rijden
- broaching
- dynamisch slingeren

In elk van de proeven werd opgemerkt dat meerdere factoren tegelijkertijd of in logische volgorde tot kapseizen leidde.

Conclusies:

- 1 Goede aanvangsstabiliteit (volgens IMO normen) is noodzakelijk voor veilig gedrag. Echter niet alleen de aanvangsstabiliteit is van belang, ook hoe het schip wordt bevaren in verschillende condities.
- 2 Operationele parameters (belading, snelheid, koers, enz) beïnvloeden het kapseisgedrag door het opwekken of versterken van de eerder genoemde gevaarlijke situaties.
- 3 Het kapseisgedrag bij bepaalde snelheden en koersen, bewijst dat er een verband is tussen de operationele parameters en de kans op kapseizen.
- 4 Een goede aanvangsstabiliteit is het belangrijkste voor een veilig gedrag in zeegang, aanvullende operationele richtlijnen geven in geen geval genoeg zekerheid tegen kapseizen.
- 5 De meeste kapseisgevallen lagen in een gebied waarbij de V/T verhouding ligt tussen de 0.8 en de 1.6 en de inkomende golfhoek tussen de 20 en 35 graden.
- 6 Er is een sterke invloed van de golflengte verhouding ( $\lambda/L$ ) op het gedrag in, en het kapseizen bij, achter inkomende golven. Voor steile golven geldt dat het minst gunstige gebied ligt tussen 1.5 en 3.0  $\lambda/L$ . Kapseizen vond niet plaats bij golflengtes kleiner dan  $1.42 * L$ .

[12,13] *Ship Research Institute,  
Ministry of Transport (Japan)*

Dit onderzoek richtte zich op het kapseis risico bij achterin komende golven. Twee type containerschip rompvormen werden onderzocht. De ene met een V-spantvorm met kleine variatie in stabiliteit en een met U-spantvorm met grote variatie in stabiliteit.

Uit de uitgevoerde modelexperimenten is het volgende gebleken:

- Parametrisch slingeren werd niet waargenomen als oorzaak voor het kapseizen. Als verklaring wordt gegeven dat er maar relatief weinig experimenten zijn gedaan binnen het kritische gebied  $\Omega$  zoals dat door 'Mathieu' is gedefinieerd als zijnde:  
$$\text{ontmoetingsfrequentie/slingerfrequentie} = 1.6-2.0$$
- 90% van de kapseisgevallen werd veroorzaakt door stabiliteitsverlies (negatieve GM) in de golftoppen. 10% werd veroorzaakt door broaching.
- Als meest kritische hoek van de inkomende golven wordt 20-40 graden genoemd. En zelfs 50-60 graden bij hogere vaarsnelheden. De schrijvers bevestigen dat de meest kritische golfhoek bij 30 graden ligt, zoals door Blume [1,2] gesteld wordt.
- Het risico van kapseizen is afhankelijk van de gevaren snelheid. Beneden een bepaalde kritische snelheid vinden helemaal geen kapseisgevallen plaats.

Bij de experimenten werd een verschijnsel waargenomen waarbij de slingerbeweging per twee of drie golven werd versterkt. Dit fenomeen wordt aangeduid als bifurcation van de slingertijd (tweede en derde orde parametrisch slingeren??). Dit verschijnsel leidde volgens de auteurs niet direct tot kapseizen, maar geldt als indicatie van gevaar. Bifurcation wordt veroorzaakt door verlies van stabiliteit. De kapseisgevallen waarbij dit optrad zijn dus bij de gevallen van verlies van stabiliteit geteld.

[3] *University of Naples, Dipartimento di Ingegneria Navale*

In dit onderzoek is gepoogd de invloed van de algemene afmetingen en beladingcondities van een modellenreeks (klein visvaartuig) op de aanvangstabiliteit en zeeganggedrag te bepalen. De afhankelijkheidsrelaties zijn bepaald d.m.v. regressieanalyse.

Uit het onderzoek blijkt dat het moeilijk is om de aanvangstabiliteit te optimaliseren aan de hand van de algemene afmetingen en de beladingcondities. Wel was het mogelijk om voor een modellen reeks achteraf de invloedrelaties te bepalen.

Op deze manier zijn de limieten ten aanzien van de afmetingen van het schip te bepalen om aan de huidige stabiliteiteisen te voldoen.

Bij de beschouwde modellenreeks (Ridgely-Nevitt) worden de volgende opmerkingen gemaakt:

- De minimale gestelde waarde voor GM bij visvaartuigen is van weinig belang voor de bepaling van de mate van stabiliteit.
- De drie belangrijkste parameters in de bepaling van de stabiliteit zijn: GZ bij 30 graden, oppervlak onder GZ-kromme tussen 30 en 40 graden en hoek maximale stabiliteitsarm. Deze drie zijn zo overheersend dat de beschouwing van andere factoren bij de bepaling van de mate van stabiliteit overbodig is.
- Om ongunstig zeeganggedrag te voorkomen dient voor de GM-waarde een maximum te worden gesteld.

Een ander deel van het onderzoek was de beschouwing van een ongeval met een RO-RO ferry. Het ongeval was veroorzaakt door overbelading en zodoende van belang voor het onderzoek.

- Het beladinghandvest dient alle mogelijk voorkomende beladinggevallen te beschrijven en een veiligheidsmarge te hebben inzake overbelading en ballast fouten.
- Alleen bemanningsleden met voldoende training in stabiliteit dienen het handvest te mogen gebruiken.

Verder nog werd er opgemerkt dat vooral bij RO-RO ferry's het eigenlijk verplicht moet worden dat alleen lading met bekend gewicht geladen wordt, dus voor het laden wegen van wat er aan boord gaat.

### [1,2] *Hamburg Ship Model Basin*

Er zijn gefundeerde twijfels dat de huidige regelgeving niet up-to-date is aangaande moderne rompvormen. Om ook voor moderne schepen van toepassing te blijven, dienen de reglementen afhankelijk te worden gemaakt van enkele rompparameters.

Dit en ander onderzoek heeft geleid tot de invoering van vormfactor C in de IMO aanbevelingen aangaande de aanvangstabiliteit.

Gekeken is naar twee type rompvormen (dit zijn de rompen als onder [12,13] besproken). Onderzocht is waar de limieten in de KG lagen bij variatie van de verscheidene verhoudingsgetallen.

Op basis van deze gegevens is een formule opgesteld waarmee een correctie op de minimale stabiliteit volgens het IMO wordt voorgesteld (de bekende factor C).

Bij het vinden van de minimale KG-waarden is Blume van de meest kritische situatie uitgegaan. Deze lag volgens hem bij een golfhoek van 30 graden met een onregelmatig golfpatroon.

## 8.2 Conclusies

Er is veel onderzoek gedaan (en wordt gedaan) naar de stabiliteit bij achter inkomende golven. De modeltesten en computerberekeningen zijn hoofdzakelijk uitgevoerd met trawlers en hoog vrijboord containerschepen. Een aantal onderzoeken maken gebruik of breiden voort op onderzoek dat door Blume [1,2] is uitgevoerd. Bij deze onderzoeken is gekeken naar een aantal B/D en B/T verhoudingen en hoe het gedrag in golven hiervan afhangt.

Welke invloed een minimaal vrijboord heeft op de kapseiskans bij achter inkomende golven is niet geheel bekend.

Uit de onderzoeken blijken een aantal kritische situaties te onderscheiden. Deze zijn o.a.:

- verlies van stabiliteit in de golf
- parametrisch slingeren
- golftop rijden
- surfen
- broachen
- periode bifurcatie (voor optreden chaos)

Naast deze verschijnselen kunnen de volgende factoren ook invloed hebben op het kapseisrisico:

- slechte aanvangsstabiliteit
- golfkrachten
- invloed dek onder wateroppervlak
- invloed water aan dek

Het verlies van stabiliteit is voor het grootste deel verantwoordelijk voor het kapseizen van de modellen. Echter treden meer situaties gelijktijdig op of volgen elkaar in een niet te bepalen volgorde op, alvorens het model kapseist.

Niet alle kritische situaties zijn even makkelijk in modelproeven na te bootsen. Zo is parametrisch slingeren niet waargenomen bij de meeste onderzoeken.

Samenvattend kan het kritische gebied bij *achter inkomende golven* als volgt worden gegeven:

- $V/T=0,8-1,6$  (V in kn en T=golfperiode in seconden).
- $\lambda/L=1.5-3.0$  bij steile golven (volgens [A] onder de  $1.42*L$  geen kapseizen).
- Inkomende hoek=20-40 graden, met als meest kritisch hoek 30 graden.
- Bij hogere snelheden kritische inkomende hoek tot 50 a 60 graden.
- Kritische verhouding ontmoetingsfrequentie/slingerfrequentie voor parametrisch slingeren=1,6-2,0.
- Geen kapseisgevaar als  $F_n < c$ , de waarde van de kritische snelheid hangt van de omstandigheden af.

Bij *kopgolven* geldt:

- Slingerfrequentie/ontmoetingsfrequentie=0,5, bij middelhoge golven.
- $0,94 < (2w_\phi/w_e)^2 < 1,15$ , bij hoge golven.

## Literatuur

- [1] Blume P., *Development of new stability criteria for modern dry cargo vessel*, STAB '86 conference proceedings, Vol. -, Gdansk 1986.
- [2] Blume P., *On the influence of the variation of righting levers in waves on stability requirements*, STAB '90 conference proceedings, Vol. 2, pg. 452, Naples 1990.
- [3] Boccadamo G.; Cassella P.; Russo Krauss G.; Scamardella A., *Analysis of I.M.O. stability criteria by systematic hull series and by ship disasters*, STAB '94 conference proceedings, Vol. -, Florida 1994.
- [4] Bruinsma W.A., *Safe transportation of containers by sea and safe unloading and loading of container vessels*, TU-Delft, may 10th, The Hague 2001.
- [5] Burcher R.K., *Experiments into capsize of ships in head seas*, STAB '90 conference proceedings, Vol. 1, pg. 82, Naples 1990.
- [6] Corkhill M., *The Tonnage Measurement of Ships*, Fairplay publications, 2nd edition, London 1980.
- [7] Cramer H.; Tellkamp J., *Towards the direct assessment of a ship's intact stability*, 6<sup>th</sup> ISSW
- [8] Francescutto A., *Intact Ship Stability –The way ahead-*, 6<sup>th</sup> ISSW
- [9] Grochowalski S.; Archibald J.B.; Connolly F.J.; Lee C.K., *Operational factors in stability safety of ships in heavy seas*, STAB '94 conference proceedings, Vol. 4, Florida 1994.
- [10] IMO, *Review of the intact stability code -several proposals-*, 45th session, 2002.
- [11] IMO, *Resolution A. 749(18): Code on intact stability for all types of ships covered by IMO instruments*, november 4th, 1993.
- [12] Kan M.; Saruta T.; Taguchi H., *Comparitive model tests on capseizing of ships in quartering seas*, STAB '94 conference proceedings, Vol. 3, Florida 1994.
- [13] Kan M., *A guideline to avoid the dangerous surf-riding*, STAB '90 conference proceedings, Vol. 1, pg. 90, Naples 1990.
- [13] Kan M.; Saruta T.; Taguchi H.; Yasuno M.; Takaishi Y., *Model tests on capseizing of a ship in quartering waves*, STAB '90 confrence proceedings, Vol. 1, pg. 109, Naples 1990.
- [14] Kobylinski L., *Assesment of safe stability in operation*, STAB '97 conference proceedings, Vol. 1, pg. 181, Bulgaria 1997.
- [15] Raad voor de Scheepvaart, *Uitspraak van de Raad voor de Scheepvaart inzake het kapseizen van het Nederlandse containerschip "Dongedijk"*, Bijvoegsel van de Nederlandse Staatscourant, Woensdag 1 mei, 2002, nr. 82, nummer 8.



- [16] Spyrou K.J., *A basis for a developing a rational alternative to the weather criterion: problems and capabilities*, 6<sup>th</sup> ISSW
- [17] SSMR, *Casualty Returns –ISL-*, August/September, 2001.
- [18] UK P&I, *Ten Year Trend in Maritime Risk: Analysis of Major Claims –a digest-*, 1999.
- [19] Umeda N., *Operational stability in following and quartering seas –a proposed guidance and its validation-*, STAB '94 conference proceedings, Vol. -, Florida 1994.

**Websites:**

- [www.cargolaw.com](http://www.cargolaw.com)
- [www.ukpandi.com](http://www.ukpandi.com)

# Bijlage

## Bijlage 1: Vergelijkingschepen

2002	Ship's name	Gross tonnage	Dead weight (ton)	Length over all (m)	Moulded beam (m)	Moulded depth (m)	Service speed (kn)	Draft (m)	TEU's	D/T	Freeboard (m)
9900	Coesterpoort	2545	3650	88,6	12,5	7	12,5	5,4	193	1,30	1,60
	Friesdijk	2340	3620	99,99	15,85	6,17	15	4,87	344	1,27	1,30
	Della	3962	4979	100,7	16,4	8	16	6,23	405	1,28	1,77
	Karin	4246	6268	99,95	17	9,25	15	7,27	360	1,27	1,98
	Corsar	3999	5340	101,11	18,2	8,25	15,5	6,56	508	1,26	1,99
	Keteldijk	2600	3480	92,75	15,85	6,18	15	4,88	301	1,27	1,30
	Heike	2988	4834	98,43	16,9	7,55	15,4	5,91	366	1,28	1,64
	Jan Fabian	3999	5250	100,6	18,2	8,25	15,5	6,54	508	1,26	1,71
	Heeredijk	2035	2900	90	13,75	5,55	13,5	4,3	205	1,29	1,26
	Margareta B	3999	5400	99,95	17,9	8,5	16	6,61	520	1,29	1,88
9798	Dongedijk	2926	3739	99,95	15,85	6,18	15	4,89	344	1,26	1,29
	AB Bibao	2844	4210	88,77	13,17	7,15	12,5	5,69	221	1,26	1,46
	Celtic Monarch	6250	9998	99,98	17	8,2	15,5	6,35	478	1,29	1,85
	Balvier 6	2593	3480	92,75	15,85	6,17	15	4,88	301	1,26	1,29
	Faus	2997	4444	99,9	12,8	7,55	11,5	5,66	297	1,33	1,89
	Tyr	3600	4650	98,25	15,4	7,35	15	5,65	323	1,30	1,70
	Kalina	6362	7225	121,35	18,2	8,3	16,5	6,59	628	1,26	1,71
	Maasdep	6650	8650	118,16	18,8	8,5	16,5	6,47	600	1,31	2,03
	Emsdep	3215	4680	98,8	13,8	7,4	12,5	5,74	282	1,29	1,66
	Magda	3999	5216	101,2	18,2	8,25	15,5	6,56	509	1,26	1,69
	Norland	3999	5210	100,6	18,2	8,25	15,5	6,54	508	1,26	1,71
9596	Caslor	4178	5950	110,39	15,9	8	16	6,05	446	1,32	1,65
	Sloman Challenger	4489	5665	100,7	17,8	8,2	14,5	6,65	403	1,23	1,55
	Frisian Trader	4984	6974	116,4	19,2	9,2	16	7,06	547	1,30	2,14
	Bermuda Islander	2093	2800	90	13,75	5,55	13,5	4,3	205	1,29	1,25
	regina J	3806	4766	99,8	16,5	7,5	15	5,8	390	1,29	1,70
	angela J	3806	4766	99,8	16,5	7,5	15	5,8	390	1,29	1,70
	europeteeder	5999	6885	121	18,6	9,2	16,8	7	494	1,31	2,20
9394	Anna J	2481	3200	87,6	13	7,1	12,5	5,07	202	1,40	2,03
	CarriSea	3806	4766	100,6	16,5	7,5	14	5,91	390	1,27	1,69
	Maris	3999	5340	100,6	18,2	8,25	15,5	6,54	508	1,26	1,71
	Bligh Jürgens	4170	5975	111,1	16	8,4	16	6,55	417	1,28	1,85
	arktis light	3820	5400	97,67	16,2	8,5	14	6,7	350	1,27	1,80
	st. georg	4766	5850	99,9	18,2	7,6	14,7	6	418	1,27	1,60
9192	medeur secondb	2480	3232	87,6	13	7,1	12	4,83	202	1,47	2,27
	westem trader	4169	4850	111,1	16	8,4	16	5,98	407	1,40	2,42
	Liesel 1	2463	3200	87,6	13	7,1	12,5	5,07	202	1,40	2,03
	Merkur	3850	4650	103,5	16	8	15,3	6,09	374	1,31	1,91
	Ocean Btd	3277	4300	94,4	15,5	7,9	13,5	5,6	276	1,41	2,3
	Sirah	2500	3023	87,6	13	7,1	12	4,83	202	1,47	2,27

	Ship's name	Cb	GT/teu	stab. voorschr. >100 m	NT bet.	GT/dwt	L/B	G/TLBT	dwt/teu	L/teu		
				BD	B/T	BD*B/T	(4*T/D) <sup>1/2</sup>					
2002	Oosterpoort		13,19	1,79	2,31	4,13	1,06	0,66	7,09	0,43	19,95	0,46
99/00	Frieslandijk		855	2,57	3,25	8,36	1,11	0,77	6,31	0,38	11,10	0,29
	Delta		954	2,05	2,63	5,40	1,08	0,78	6,14	0,38	12,29	0,25
	Kaifin		11,79	1,84	2,34	4,30	1,10	0,68	5,88	0,34	17,47	0,28
	Cor sar		7,87	2,21	2,77	6,12	1,12	0,75	5,55	0,33	10,51	0,20
	Keteldijk		8,64	2,56	3,25	8,33	1,11	0,75	5,85	0,36	11,56	0,31
	Ha ke		8,16	2,24	2,86	6,40	1,09	0,62	5,82	0,30	13,21	0,27
	Jan Fabian		7,87	2,21	2,78	6,14	1,12	0,76	5,53	0,33	10,33	0,20
	Heeredwinger		9,93	2,45	3,20	7,92	1,07	0,73	6,55	0,38	13,66	0,44
	Margareta B		7,69	2,11	2,71	5,70	1,08	0,74	5,58	0,34	10,38	0,19
97/98	Dongedijk	0,72	8,51	2,57	3,24	8,32	1,11	0,78	6,31	0,38	10,87	0,29
	AB Bilbao		12,87	1,84	2,31	4,26	1,13	0,68	6,82	0,42	19,05	0,41
	Celtic Monarch		8,40	2,07	2,68	5,55	1,07	0,64	5,88	0,37	13,08	0,21
	Batavier B		8,63	2,57	3,25	8,34	1,11	0,75	5,85	0,36	11,56	0,31
	Fausl		10,09	1,70	2,26	3,83	1,00	0,67	7,80	0,41	14,96	0,34
	Tyr		11,15	2,10	2,73	5,71	1,05	0,77	6,38	0,42	14,40	0,30
	Kalina		10,13	2,19	2,76	6,12	1,12	0,88	6,67	0,44	11,50	0,19
	Maaslep		8,83	2,21	2,91	6,48	1,03	0,77	6,29	0,37	11,42	0,20
	Eem stiep		11,40	1,86	2,40	4,48	1,07	0,69	7,16	0,41	16,60	0,35
	Magna		7,86	2,21	2,77	6,12	1,12	0,77	5,56	0,33	10,25	0,20
	Noriland		7,87	2,21	2,78	6,14	1,12	0,77	5,53	0,33	10,26	0,20
95/96	Castor		9,37	1,99	2,63	5,22	1,02	0,70	6,94	0,39	13,34	0,25
	Sloman Chalenger		11,14	2,17	2,68	5,81	1,17	0,79	5,66	0,38	14,06	0,25
	Frisian Trader		9,11	2,09	2,72	5,68	1,05	0,71	6,06	0,32	12,75	0,21
	Bermuda Islander		10,00	2,48	3,20	7,92	1,07	0,73	6,55	0,39	13,66	0,44
	regina J		9,76	2,20	2,84	6,26	1,06	0,80	6,05	0,40	12,22	0,26
	angela J		9,76	2,20	2,84	6,26	1,06	0,80	6,05	0,40	12,22	0,26
	europa leader		12,14	2,02	2,66	5,37	1,03	0,87	6,51	0,38	13,94	0,24
93/94	Anna J		11,88	1,83	2,56	4,69	0,91	0,78	6,74	0,43	15,84	0,43
	Carl Sea		12,28	2,20	2,79	6,14	1,10	0,80	6,10	0,39	12,22	0,26
	Mars		7,87	2,21	2,78	6,14	1,12	0,75	5,53	0,33	10,51	0,20
	Bligf Jürgens		10,00	1,90	2,44	4,65	1,08	0,75	6,94	0,36	13,37	0,27
	arktis licht		10,91	1,91	2,42	4,61	1,10	0,71	6,03	0,36	15,43	0,28
	st. georg		11,40	2,39	3,03	7,26	1,11	0,81	5,49	0,44	14,00	0,24
91/92	medbur second		10,37	1,83	2,69	4,93	0,82	0,76	6,74	0,45	16,00	0,43
	westem trader		12,18	1,90	2,68	5,10	0,90	0,86	6,94	0,39	11,92	0,27
	Uessel 1		12,19	1,83	2,56	4,69	0,91	0,77	6,74	0,43	15,84	0,43
	Merkur		10,29	2,00	2,63	5,25	1,03	0,83	6,47	0,38	12,43	0,28
	Ocean Brd		11,87	1,96	2,77	5,43	0,89	0,76	6,09	0,40	15,58	0,34
	Sirrah		12,38	1,83	2,69	4,93	0,82	0,83	6,74	0,45	14,97	0,43