

9.3.4 Alternatieve constructies

9.3.4.1 Algemeen

- 9.3.4.1.1 De maximaal toelaatbare inhoud en lengte van een ladingtank volgens 9.3.1.11.1, 9.3.2.11.1 en 9.3.3.11.1 mag worden overschreden en van de minimum afstanden volgens 9.3.1.11.2 a) en 9.3.2.11.7 mag worden afgeweken onder voorwaarde dat aan de bepalingen van deze sectie wordt voldaan. De inhoud van een ladingtank mag niet groter zijn dan 1000 m³.
- 9.3.4.1.2 Tankschepen waarvan de ladingtanks de maximaal toelaatbare inhoud overschrijden of waarvan de afstand tussen de buitenhuid van het schip en de ladingtank kleiner is dan vereist, moeten worden beschermd door een aanvaringsbestendige zijconstructie. Dit moet worden bewezen door het risico van een conventionele constructie (referentie constructie), die voldoet aan de voorschriften van het ADN, te vergelijken met het risico van een aanvaringsbestendige constructie (alternatieve constructie).
- 9.3.4.1.3 Indien het risico van een meer aanvaringsbestendige constructie gelijk is aan of lager dan het risico van een conventionele constructie, dan is een gelijkwaardige of hogere veiligheid bewezen. De gelijkwaardige of hogere veiligheid moet worden bewezen in overeenstemming met 9.3.4.3.
- 9.3.4.1.4 Indien een schip wordt gebouwd in overeenstemming met deze sectie, dan moet een erkend classificatiebureau de toepassing van de berekeningsprocedure volgens 9.3.4.3 documenteren en haar conclusies ter goedkeuring overleggen aan de bevoegde autoriteit. De bevoegde autoriteit kan verzoeken om aanvullende berekeningen en bewijsmateriaal.
- 9.3.4.1.5 De bevoegde autoriteit moet deze constructie opnemen in het Certificaat van Goedkeuring in overeenstemming met 8.6.1.

9.3.4.2 Benadering

- 9.3.4.2.1 De waarschijnlijkheid van het scheuren van een ladingtank als gevolg van een aanvaring en het gebied rond het schip dat is aangetast als gevolg van het uitstromen van de lading, zijn de bepalende parameters. Het risico wordt beschreven door de volgende formule:

$$R = P \cdot C$$

Hierin zijn:

R	risico [m ²],
P	waarschijnlijkheid van scheuren van een ladingtank [],
C	gevolg (mate van schade) van scheuren van een ladingtank [m ²].

- 9.3.4.2.2 De waarschijnlijkheid P van het scheuren van een ladingtank hangt af van de waarschijnlijkheidsverdeling van de beschikbare aanvaringsenergie die door de schepen wordt vertegenwoordigd, die het slachtoffer kan tegenkomen bij een aanvaring en het vermogen van het aangevaren schip om de aanvaringsenergie zonder scheuren van de ladingtank te kunnen absorberen. Een afname van deze waarschijnlijkheid kan worden bereikt door middel van een zijconstructie met een verhoogde aanvaarbestedigheid.

Het gevolg C van uitgestroomde lading veroorzaakt door het scheuren van een tank wordt uitgedrukt als een aangetast gebied rond het aangevaren schip.

- 9.3.4.2.3 De procedure volgens 9.3.4.3 laat zien hoe de kansen op het scheuren van een tank moeten worden berekend, alsmede hoe het aanvaringsenergie-absorptievermogen van de buitenzijde van het schip en een toename van het gevolg (mate van schade) moet worden vastgesteld.

9.3.4.3 Procedure voor de berekening

- 9.3.4.3.1 De berekeningsprocedure moet 13 basisstappen volgen. Stappen 2 tot en met 10 moet worden uitgevoerd voor zowel het alternatieve ontwerp als het referentie ontwerp. De navolgende tabel toont de berekening van de gewogen waarschijnlijkheid van het scheuren van de ladingtank.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
							F x G			I x J			L x M		
Identificeer aanvaarlocaties met bijhorende weegfactoren. Aanvaar scenario I	Loc1	FEA	Eloc1	Bereken waarschijnlijkheid volgens CPDF 50%	P50%	wf 50%	Pw50%								
	⋮			Bereken waarschijnlijkheid volgens CPDF 66%	P66%	wf 66%	Pw66%								
				Bereken waarschijnlijkheid volgens CPDF 100%	P100%	wf 100%	Pw100%	+							
							sum		Ploc1	wf loc1	Pwloc1				
	⋮														
	Loc1	FEA	Eloc1	Bereken waarschijnlijkheid volgens CPDF 50%	P50%	wf 50%	Pw50%								
	⋮			Bereken waarschijnlijkheid volgens CPDF 66%	P66%	wf 66%	Pw66%								
				Bereken waarschijnlijkheid volgens CPDF 100%	P100%	wf 100%	Pw100%	+							
							sum		Ploc1	wf loc1	Pwloc1				
	⋮														
	Locn	FEA	Elocn	Bereken waarschijnlijkheid volgens CPDF 50%	P50%	wf 50%	Pw50%								
				Bereken waarschijnlijkheid volgens CPDF 66%	P66%	wf 66%	Pw66%								
				Bereken waarschijnlijkheid volgens CPDF 100%	P100%	wf 100%	Pw100%	+							
							sum		Plocn	wf locn	Pwlocn	+			
												sum	PscenI	wfscenI	PwscenI
Identificeer aanvaarlocaties met bijhorende weegfactoren. Aanvaar scenario II	Loc1	FEA	Eloc1	Bereken waarschijnlijkheid volgens CPDF 30%	P30%	wf 30%	Pw30%								
	⋮			Bereken waarschijnlijkheid volgens CPDF 100%	P100%	wf 100%	Pw100%	+							
							sum		Ploc1	wf loc1	Pwloc1				
	⋮														
	Locn	FEA	Elocn	Bereken waarschijnlijkheid volgens CPDF 30%	P30%	wf 30%	Pw30%								
				Bereken waarschijnlijkheid volgens CPDF 100%	P100%	wf 100%	Pw100%	+							
							sum		Plocn	wf locn	Pwlocn	+			
												sum	PscenII	wfscenII	PwscenII
															+
													sum	Pw	

9.3.4.3.1.1 *Stap 1*

Naast het alternatieve ontwerp dat wordt gebruikt voor ladingtanks die de maximum toegelaten capaciteit overschrijden of voor een geringere afstand tussen de buitenhuid van het schip en de ladingtank voorzien van een meer aanvaringsbestendige zijconstructie, moet een referentie ontwerp met ten minste dezelfde afmetingen (lengte, breedte, diepte, waterverplaatsing) worden gemaakt. Dit referentie ontwerp moet voldoen aan de eisen die zijn gespecificeerd in sectie 9.3.1 (Type G), 9.3.2 (Type C) of 9.3.3. (Type N) en moet voldoen aan de minimum eisen van een erkend classificatiebureau.

9.3.4.3.1.2 *Stap 2*

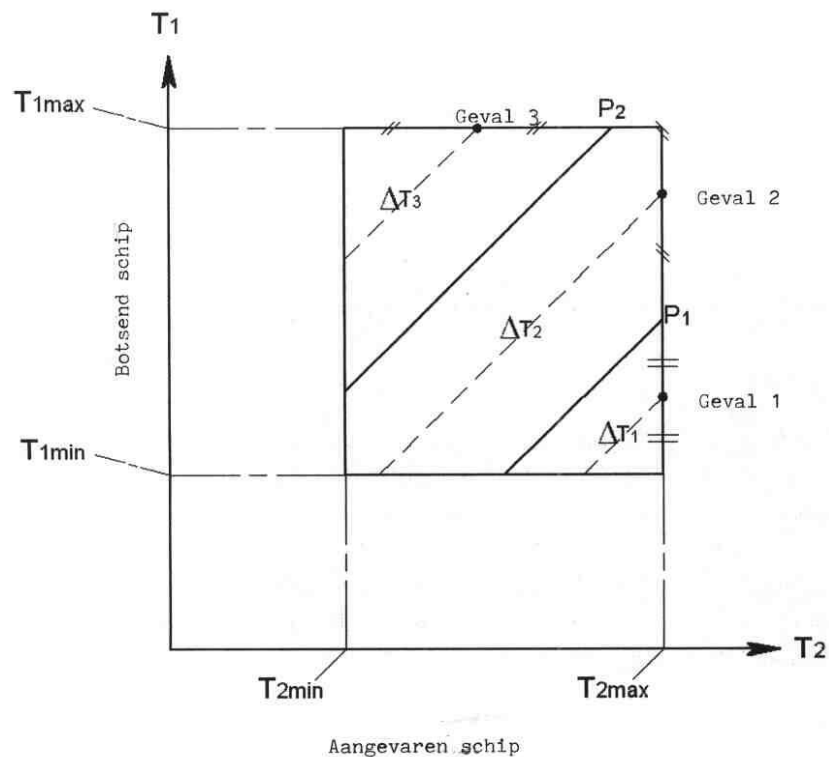
9.3.4.3.1.2.1 De relevante karakteristieke aanvaringslocaties $i=1$ tot n moeten worden bepaald. De tabel in 9.3.4.3.1 illustreert het algemene geval waarbij er "n" karakteristieke aanvaringslocaties zijn.

Het aantal typische aanvaringslocaties hangt af van het scheepsontwerp. De keuze van de aanvaringslocaties moet worden geaccepteerd door het erkende classificatiebureau.

9.3.4.3.1.2.2 *Verticale aanvaarlocties*

9.3.4.3.1.2.2.1 *Tankschepen type C en N*

9.3.4.3.1.2.2.1.1 De bepaling van de aanvaarlocties in de verticale richting hangt af van de diepgangverschillen tussen aanvarende en aangevaren schip die worden begrensd door de maximale en minimale diepgang van beide schepen en de constructie van het aangevaren schip. Dit kan grafisch worden afgebeeld door een rechthoekig oppervlak dat wordt omsloten door de waarden van de maximale en minimale diepgang van zowel het botsende als het aangevaren schip (zie de volgende figuur)

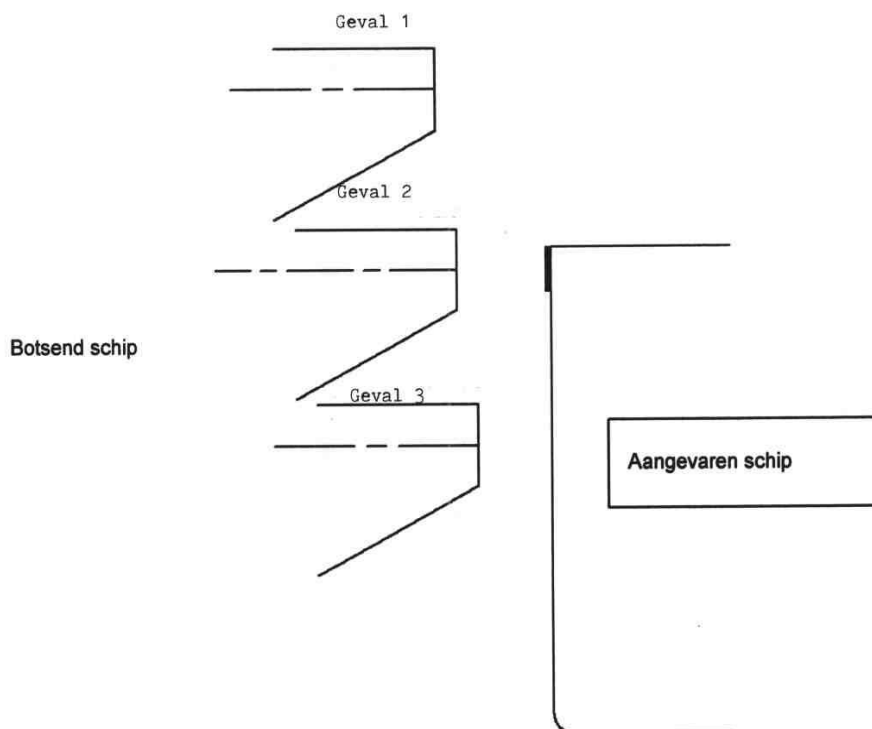


Definitie van verticale aanvaarlocties

9.3.4.3.1.2.2.1.2 Elk punt in dit oppervlak vertegenwoordigt een mogelijke combinatie van diepgangen. T_{1max} is de maximale diepgang en T_{1min} is de minimale diepgang van het aanvarende schip, terwijl T_{2max} en T_{2min} de overeenkomstige maximale en minimale diepgang van het aangevaren schip zijn. Elke combinatie van diepgangen heeft een gelijke kans van optreden.

9.3.4.3.1.2.2.1.3 Punten op elke gehelde lijn in de figuur in 9.3.4.3.1.2.2.1.1 geven een gelijk verschil in diepgang aan. Elk van deze lijnen weerspiegelt een verticale aanvaringslocatie. In het voorbeeld in de figuur in 9.3.4.3.1.2.2.1.1 zijn drie verticale aanvaringslocaties aangegeven, weergegeven door drie oppervlakken. Punt P_1 is het punt waar de onderrand van het verticale deel van de duwbakboeg of V-boeg op de hoogte van het aangevaren schip botst. Het driehoekig gebied voor aanvaringsgeval 1 wordt begrensd door punt P_1 . Dit correspondeert met de verticale aanvaringslocatie "aanvaring

op dekhoogte". Het driehoekige gebied linksboven in de rechthoek correspondeert met de verticale aanvaringslocatie "aanvaring onderdeks". Het verschil in diepgang ΔT_i , $i = 1,2,3$ moet worden gebruikt in de aanvaringsberekeningen (zie de volgende figuur).



Voorbeeld van verticale aanvaringslocaties

- 9.3.4.3.1.2.2.1.2 Voor de berekening van de aanvaringsenergieën moet de maximale massa (maximaal displacement) van zowel het aanvarende als het aangevaren schip worden gebruikt (hoogste punt op elke respectievelijke diagonaal ΔT_i).
- 9.3.4.3.1.2.2.1.3 Afhankelijk van het scheepsontwerp kan het erkende classificatiebureau aanvullende aanvaringslocaties eisen.
- 9.3.4.3.1.2.2.2 *Tankschip type G*
- Voor een tankschip type G moet een aanvaring bij halve tankhoogte worden aangenomen. Het erkende classificatiebureau kan aanvullende aanvaringslocaties bij andere hoogten eisen. Dit moet worden overeengekomen met het erkende classificatiebureau.
- 9.3.4.3.1.2.3 *Langsscheepse aanvaringslocaties*
- 9.3.4.3.1.2.3.1 *Tankschepen type C en N*
- Ten minste de volgende drie karakteristieke aanvaringslocaties moeten in aanmerking worden genomen:
- op dwarsschot,
 - tussen webspanten en
 - op webspanten.
- 9.3.4.3.1.2.3.2 *Tankschip type G*
- Voor een tankschip type G moeten ten minste de volgende drie karakteristieke aanvaringslocaties in aanmerking worden genomen:
- bij het einde van de ladingtank,
 - tussen webspanten en

- op webspanten.

9.3.4.3.1.2.4 *Aantal aanvaringslocaties*

9.3.4.3.1.2.4.1 *Tankschepen type C en N*

De combinatie van verticale en langsscheepse aanvaringslocaties in het voorbeeld genoemd in 9.3.4.3.1.2.2.1.3 en 9.3.4.3.1.2.3.1 resulteert in $3 \cdot 3 = 9$ aanvaringslocaties.

9.3.4.3.1.2.4.2 *Tankschip type G*

De combinatie van verticale en langsscheepse aanvaringslocaties in het voorbeeld genoemd in 9.3.4.3.1.2.2.2 en 9.3.4.3.1.2.3.2 resulteert in $1 \cdot 3 = 3$ aanvaringslocaties.

9.3.4.3.1.2.4.3 *Aanvullende onderzoeken voor tankschepen type G, C en N met onafhankelijke ladingtanks*

Als bewijs dat de tankstoelen en de oprijfzekeringen geen voortijdige tankscheuring veroorzaken moeten aanvullende berekeningen worden uitgevoerd. De aanvullende aanvaringslocaties moeten voor dit doel worden overeengekomen met het erkende classificatiebureau

9.3.4.3.1.3 *Stap 3*

9.3.4.3.1.3.1 *Voor elke karakteristieke aanvaringslocatie moet een weegfactor worden bepaald die de relatieve waarschijnlijkheid aangeeft dat een dergelijke karakteristieke aanvaringslocatie zal worden geraakt. In de tabel in 9.3.4.3.1 worden deze factoren $w_{loc(i)}$ (kolom J) genoemd. De aannames moeten worden overeengekomen met het erkende classificatiebureau.*

De weegfactor voor elke aanvaringslocatie is het product van de factor voor de verticale aanvaringslocatie met de factor voor de langsscheepse aanvaringslocatie.

9.3.4.3.1.3.2 *Verticale aanvaringslocaties*

9.3.4.3.1.3.2.1 *Tankschip type C en N*

De weegfactor voor de verschillende verticale aanvaringslocaties worden voor elk geval gedefinieerd als de verhouding tussen het deeloppervlak voor het corresponderende aanvaringsgeval en het totale oppervlak van de rechthoek getoond in de Figuur in 9.3.4.3.1.2.2.1.1.

Bijvoorbeeld voor aanvaringsgeval 1 (zie figuur in 9.3.4.3.1.2.2.1.3) is de weegfactor gelijk aan de verhouding tussen het driehoekige oppervlak rechter beneden in de rechthoek en het oppervlak van de rechthoek tussen de minimale en maximale diepgang van de botsende en aangevaren schepen.

9.3.4.3.1.3.2.2 *Tankschip type G*

De weegfactor voor de verticale aanvaringslocatie heeft de waarde 1,0, indien slechts één aanvaringslocatie wordt verondersteld. Wanneer het erkende classificatiebureau aanvullende aanvaringslocaties eist, moet de weegfactor worden bepaald analoog aan de procedure voor tankschepen type C en N.

9.3.4.3.1.3.3 *Langsscheepse aanvaringslocaties*

9.3.4.3.1.3.3.1 *Tankschip type C en N*

De weegfactor voor elke langsscheepse aanvaringslocatie is de verhouding tussen de "rekenspanlengte" en de tanklengte.

De rekenspanlengte moet als volgt worden berekend:

- aanvaring op dwarsschot: $0,2 \cdot$ de afstand tussen webspant en dwarsschot, maar niet groter dan 450 mm,
- aanvaring op webspant: de som van $0,2 \cdot$ webspantafstand voorlijk van de webspant, maar niet groter dan 450 mm, en $0,2 \cdot$ de webspantafstand achterlijk van de webspant, maar niet groter dan 450 mm, en
- aanvaring tussen webspanten: lengte van de ladingtank min de lengte "aanvaring op dwarsschot" en min de lengte "aanvaring op webspant."

9.3.4.3.1.3.3.2 *Tankschip type G*

De wegingsfactor voor elke langsscheepse aanvaringslocatie is de verhouding tussen de "rekenspanlengte" en de lengte van het ruim. De rekenspanlengte moet als volgt worden berekend:

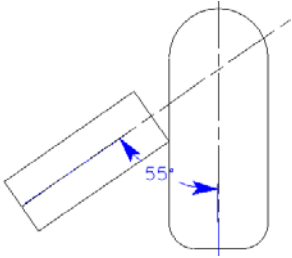
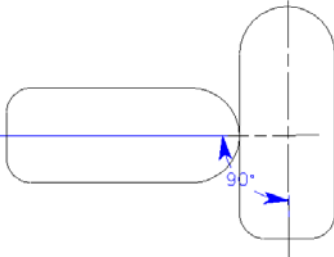
- a) aanvaring op uiteinde van de ladingtank: afstand tussen dwarsschot en het begin van het cilindrische deel van de ladingtank,
- b) aanvaring op webspant: som van $0,2 \cdot$ de webspantafstand voorlijk van de webspant, maar niet groter dan 450 mm, en $0,2 \cdot$ de webspantafstand achterlijk van de webspant, maar niet groter dan 450 mm, en
- c) aanvaring tussen webspanten: lengte van de ladingtank min de lengte "aanvaring op uiteinde ladingtank" en min de lengte "aanvaring op webspant".

9.3.4.3.1.4 *Stap 4*

9.3.4.3.1.4.1 Voor elke aanvaarlocatie moet het aanvaringsenergie-absorptievermogen worden berekend. Wat dat aangaat is het aanvaringsenergie-absorptievermogen de hoeveelheid aanvaringsenergie die wordt geabsorbeerd door de scheepsconstructie tot aan scheurinitiatie van de ladingtank (zie de tabel in 9.3.4.3.1, kolom D: $E_{loc(i)}$). Voor dit doel moet een eindige elementanalyse worden gebruikt in overeenstemming met 9.3.4.4.2.

9.3.4.3.1.4.2 Deze berekeningen moeten worden uitgevoerd voor twee aanvaarscenario's overeenkomstig de volgende tabel. Aanvaringsscenario I moet worden geanalyseerd onder aanname van een duwbakboegvorm. Aanvaringsscenario II moet worden geanalyseerd onder aanname van een V-boegvorm. Deze boegvormen worden gedefinieerd in 9.3.4.4.8

Tabel: Snelheidsreductie factoren voor scenario I of scenario II met wegingsfactoren.

		Oorzaken					
		Communicatiefout en slecht zicht	Technische fout	Menselijke fout			
		0,50	0,20	0,30			
Slechtste scenario	I		Boegvorm duwbak aanvaringshoek 55°	0,80	0,66	0,50	1,00
	II			V-boegvorm aanvaringshoek 90°	0,20	0,30	

9.3.4.3.1.5 *Stap 5*

9.3.4.3.1.5.1 Voor elk aanvaringsenergie-absorptievermogen $E_{loc(i)}$, moet de bijhorende waarschijnlijkheid van overschrijding, dat wil zeggen de waarschijnlijkheid van het scheuren van de ladingtank, worden berekend. Voor dit doel moet de formule voor de cumulatieve waarschijnlijkheidsdichtheidsfuncties (CPDF) hieronder worden gebruikt. De coëfficiënten moeten worden geselecteerd uit de Tabel in 9.3.4.3.1.5.6., uitgaande van de effectieve massa van het aangevaren schip.

$$P_{x\%} = C_1(E_{loc(i)})^3 + C_2(E_{loc(i)})^2 + C_3E_{loc(i)} + C_4$$

Met: $P_{x\%}$ waarschijnlijkheid van scheuren van de tank,
 C_{1-4} coëfficiënten uit de tabel in 9.3.4.3.1.5.6,
 $E_{loc(i)}$ aanvaringsenergie-absorptievermogen

9.3.4.3.1.5.2 De effectieve massa moet gelijk zijn aan de maximale waterverplaatsing van het schip vermenigvuldigd met een factor 1,4. Beide aanvaringsscenario's (9.3.4.3.1.4.2) moeten worden beschouwd.

9.3.4.3.1.5.3 In het geval van aanvaarscenario I (boeg van duwbak bij 55°) moeten drie CPDF formules worden gebruikt:

CPDF 50% (snelheid 0,5 V_{max}),
 CPDF 66% (snelheid 2/3 V_{max}) en
 CPDF 100% (snelheid V_{max}).

9.3.4.3.1.5.4 In het geval van aanvaarscenario II (V-boegvorm bij 90°) moeten de volgende twee CPDF formules worden gebruikt:

CPDF 30% (snelheid 0,3 V_{max}) en
 CPDF 100% (snelheid V_{max}).

9.3.4.3.1.5.5 In de tabel in 9.3.4.3.1, kolom F, worden deze waarschijnlijkheden P50%, P66%, P110% en respectievelijk P30% en P100% genoemd.

9.3.4.3.1.5.6 Tabel: Coëfficiënten voor de CPDF formules

Effectieve massa van aangevaren schip in tonnen	Snelheid = 1 x V_{max}				bereik
	Coëfficiënten				
	C_1	C_2	C_3	C_4	
14000	4,106E-05	-2,507E-03	9,727E-03	9,983E-01	4< E_{loc} <39
12000	4,609E-05	-2,761E-03	1,215E-02	9,926E-01	4< E_{loc} <36
10000	5,327E-05	-3,125E-03	1,569E-02	9,839E-01	4< E_{loc} <33
8000	6,458E-05	-3,691E-03	2,108E-02	9,715E-01	4< E_{loc} <31
6000	7,902E-05	-4,431E-03	2,719E-02	9,590E-01	4< E_{loc} <27
4500	8,823E-05	-5,152E-03	3,285E-02	9,482E-01	4< E_{loc} <24
3000	2,144E-05	-4,607E-03	2,921E-02	9,555E-01	2< E_{loc} <19
1500	-2,071E-03	2,704E-02	-1,245E-01	1,169E+00	2< E_{loc} <12

Effectieve massa van aangevaren schip in tonnen	Snelheid = 0,66 x V _{max}				bereik
	Coëfficiënten				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	
14000	4,638E-04	-1,254E-02	2,041E-02	1,000E+00	2 < E _{loc} < 17
12000	5,377E-04	-1,427E-02	2,897E-02	9,908E-01	2 < E _{loc} < 17
10000	6,262E-04	-1,631E-02	3,849E-02	9,805E-01	2 < E _{loc} < 15
8000	7,363E-04	-1,861E-02	4,646E-02	9,729E-01	2 < E _{loc} < 13
6000	9,115E-04	-2,269E-02	6,285E-02	9,573E-01	2 < E _{loc} < 12
4500	1,071E-03	-2,705E-02	7,738E-02	9,455E-01	1 < E _{loc} < 11
3000	-1,709E-05	-1,952E-02	5,123E-02	9,682E-01	1 < E _{loc} < 8
1500	-2,479E-02	1,500E-01	-3,218E-01	1,204E+00	1 < E _{loc} < 5

Effectieve massa van aangevaren schip in tonnen	Snelheid = 0,5 x V _{max}				bereik
	Coëfficiënten				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	
14000	2,621E-03	-3,978E-02	3,363E-02	1,000E+00	1 < E _{loc} < 10
12000	2,947E-03	-4,404E-02	4,759E-02	9,932E-01	1 < E _{loc} < 9
10000	3,317E-03	-4,873E-02	5,843E-02	9,878E-01	2 < E _{loc} < 8
8000	3,963E-03	-5,723E-02	7,945E-02	9,739E-01	2 < E _{loc} < 7
6000	5,349E-03	-7,407E-02	1,186E-01	9,517E-01	1 < E _{loc} < 6
4500	6,303E-03	-8,713E-02	1,393E-01	9,440E-01	1 < E _{loc} < 6
3000	2,628E-03	-8,504E-02	1,447E-01	9,408E-01	1 < E _{loc} < 5
1500	-1,566E-01	5,419E-01	-6,348E-01	1,209E+00	1 < E _{loc} < 3

Effectieve massa van aangevaren schip in tonnen	Snelheid = 0,3 x V _{max}				bereik
	Coëfficiënten				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	
14000	5,628E-02	-3,081E-01	1,036E-01	9,991E-01	1 < E _{loc} < 3
12000	5,997E-02	-3,212E-01	1,029E-01	1,002E+00	1 < E _{loc} < 3
10000	7,477E-02	-3,949E-01	1,875E-01	9,816E-01	1 < E _{loc} < 3
8000	1,021E-02	-5,143E-01	2,983E-01	9,593E-01	1 < E _{loc} < 2
6000	9,145E-02	-4,814E-01	2,421E-01	9,694E-01	1 < E _{loc} < 2
4500	1,180E-01	-6,267E-01	3,542E-01	9,521E-01	1 < E _{loc} < 2
3000	7,902E-02	-7,546E-01	5,079E-01	9,218E-01	1 < E _{loc} < 2
1500	-1,031E+00	2,214E-01	1,891E-01	9,554E-01	0,5 < E _{loc} < 1

Het bereik waarin de formule geldig is wordt gegeven in kolom 6. In geval van een E_{loc} waarde onder het bereik is de kans gelijk aan P_{x%} = 1,0. In geval van een waarde boven het bereik is P_{x%} gelijk aan 0.

9.3.4.3.1.6 *Stap 6*

De gewogen waarschijnlijkheden van het scheuren van de ladingtank $P_{wx\%}$ (tabel in 9.3.4.3.1, kolom H) moeten worden berekend door elke waarschijnlijkheid van het scheuren van de ladingtank $P_{x\%}$ (tabel in 9.3.4.3.1, kolom F) te vermenigvuldigen met de weegfactoren $wf_{x\%}$ in overeenstemming met de volgende tabel:

Tabel: Wegingsfactoren voor elke karakteristieke aanvaringsnelheid

			Wegingsfactor
Scenario I	CPDF 50%	$wf_{50\%}$	0,2
	CPDF 66%	$wf_{66\%}$	0,5
	CPDF 100%	$wf_{100\%}$	0,3
Scenario II	CPDF 30%	$wf_{30\%}$	0,7
	CPDF 100%	$wf_{100\%}$	0,3

9.3.4.3.1.7 *Stap 7*

De totale waarschijnlijkheden voor het scheuren van de ladingtank $P_{loc(i)}$ (tabel in 9.3.4.3.1, kolom I) volgend uit 9.3.4.3.1.6 (stap 6) moet worden berekend als de som van alle gewogen waarschijnlijkheden voor het scheuren van de ladingtank $P_{wx\%}$ (tabel 9.3.4.3.1, kolom H) voor elke in aanmerking genomen aanvaringslocatie.

9.3.4.3.1.8 *Stap 8*

Voor beide aanvaarscenario's moeten de gewogen totale waarschijnlijkheden van het scheuren van de ladingtank $P_{wloc(i)}$ worden berekend, door de totale waarschijnlijkheden van het scheuren van de tank $P_{loc(i)}$ voor elke aanvaarslocatie te vermenigvuldigen met de wegingsfactoren $wf_{loc(i)}$ die corresponderen met de respectievelijke aanvaringslocatie (zie 9.3.4.3.1.3 (stap 3) en de tabel in 9.3.4.3.1, kolom J).

9.3.4.3.1.9 *Stap 9*

Door optelling van de gewogen totale waarschijnlijkheden van het scheuren van de ladingtank $P_{wloc(i)}$ moeten de scenario-specifieke totale waarschijnlijkheden van het scheuren van de ladingtank P_{scenI} en P_{scenII} (tabel in 9.3.4.3.1, kolom L) worden berekend voor elke afzonderlijke aanvaring scenario I en II.

9.3.4.3.1.10 *Stap 10*

Ten slotte moet de gewogen waarde van de over het geheel genomen totale waarschijnlijkheid van het scheuren van de ladingtank P_w worden berekend met de formule hieronder (tabel in 9.3.4.3.1, kolom O):

$$P_w = 0,8 \cdot P_{scenI} + 0,2 \cdot P_{scenII}$$

9.3.4.3.1.11 *Stap 11*

De over het geheel genomen totale waarschijnlijkheid van het scheuren van de ladingtank P_w voor het alternatieve ontwerp wordt P_n genoemd. De over het geheel genomen totale waarschijnlijkheid van het scheuren van de tank P_w voor het referentie ontwerp wordt P_r genoemd.

9.3.4.3.1.12 *Stap 12*

9.3.4.3.1.12.1 De verhouding (C_n/C_r) tussen het gevolg (mate van schade) C_n van het openscheuren van een ladingtank van het alternatieve ontwerp en het gevolg C_r van het openscheuren van een ladingtank van het referentie ontwerp moeten worden bepaald met de volgende formule:

$$C_n/C_r = V_n / V_r$$

Met C_n/C_r de verhouding tussen het gevolg met betrekking tot het alternatieve ontwerp en het gevolg met betrekking tot het referentie ontwerp,

V_n maximum capaciteit van de grootste ladingtank in het alternatieve ontwerp

V_r maximum capaciteit van de grootste ladingtank in het referentie ontwerp

9.3.4.3.1.12.2 Deze formule werd afgeleid voor karakteristieke ladingen vermeld in de volgende tabel.

Tabel: Karakteristieke ladingen

	UN	Beschrijving
Benzeen	1114	Brandbare vloeistof Verpakkingsgroep II Gevaarlijk voor de gezondheid
Acrylnitril, gestabiliseerd ACN	1093	Brandbare vloeistof Verpakkingsgroep I Giftig, gestabiliseerd
n-Hexaan	1208	Brandbare vloeistof Verpakkingsgroep II
Nonaan	1920	Brandbare vloeistof Verpakkingsgroep III
Ammoniak, watervrij	1005	Giftig, bijtend gas Vloeibaar gemaakt onder druk
Propaan	1978	Brandbaar gas Vloeibaar gemaakt onder druk

9.3.4.3.1.12.3 Voor ladingtanks met een inhoud tussen 380 m³ en 1000 m³ die brandbare, giftige en bijtende vloeistoffen of gassen bevatten moet worden verondersteld dat het effect lineair toeneemt met de toegenomen tankinhoud (verhoudingsfactor 1,0).

9.3.4.3.1.12.4 Indien stoffen moeten worden vervoerd in tankschepen die zijn geanalyseerd volgens deze berekeningsprocedure, waarbij de verhoudingsfactor tussen de totale tankinhoud en het aangetaste gebied verwacht wordt groter te zijn dan 1,0, zoals verondersteld in de vorige paragraaf, moet het aangetaste gebied worden bepaald door een afzonderlijke berekening. In dit geval moet de vergelijking zoals beschreven in 9.3.4.3.1.13 (stap 13) worden uitgevoerd met deze andere waarde voor de grootte van het aangetaste gebied, t.

9.3.4.3.1.13 *Stap 13*

$$\frac{P_r}{P_n}$$

Ten slotte moet de verhouding $\frac{P_r}{P_n}$ tussen de over het geheel genomen totale waarschijnlijkheid van het scheuren van de ladingtank P_r voor het referentie ontwerp en de over het geheel genomen totale waarschijnlijkheid van het scheuren van de ladingtank P_n voor het alternatieve ontwerp worden

$$\frac{C_n}{C_r}$$

vergeleken met de verhouding $\frac{C_n}{C_r}$ tussen het gevolg met betrekking het alternatieve ontwerp en het gevolg met betrekking tot het referentie ontwerp.

$$\frac{C_n}{C_r} \leq \frac{P_r}{P_n}$$

Wanneer aan $\frac{C_n}{C_r} \leq \frac{P_r}{P_n}$ is voldaan is het bewijs volgens 9.3.4.1.3 voor het alternatieve ontwerp geleverd.

9.3.4.4 Bepaling van het aanvaringsenergie-absorptievermogen

9.3.4.4.1 Algemeen

9.3.4.4.1.1 De bepaling van het aanvaringsenergie-absorptievermogen moet worden uitgevoerd door middel van een Eindige Elementen Analyse (Finite Element Analysis –FEA). De analyse moet worden uitgevoerd met behulp van een gebruikelijke eindige elementen code (bijvoorbeeld LS-DYNA¹, PAM-CRASH², ABAQUS³ enz.) die geschikt is om zowel geometrische niet-lineaire effecten alsmede niet lineair materiaalgedrag in rekening te brengen. De code moet ook geschikt zijn om scheurvorming realistisch te simuleren.

9.3.4.4.1.2 Het programma dat daadwerkelijk wordt gebruikt en het detailniveau van de berekeningen moet worden overeengekomen met een erkend classificatiebureau

9.3.4.4.2 *Het creëren van de eindige elementen modellen (Finite Element - FE modellen)*

9.3.4.4.2.1 Allereerst moeten FE modellen van het meer aanvaarbestedige ontwerp en een van het referentie ontwerp worden gegenereerd. Elk FE model moet alle plastische vervormingen beschrijven die relevant zijn voor alle in aanmerking genomen aanvaringsgevallen. Het gedeelte van de te modelleren ladingzone moet worden overeengekomen met een erkend classificatiebureau.

9.3.4.4.2.2 Aan beide einden van de te modelleren sectie moeten de drie translaties worden onderdrukt. Omdat in de meeste aanvaargevallen de globale horizontale buiging van de scheepsligger niet van belang is voor de evaluatie van de plastische vervormingsenergie, is het voldoende dat slechts de halve breedte van het schip wordt gemodelleerd. In deze gevallen moeten de dwarsverplaatsingen op de centerlijn (CL) worden onderdrukt. Na de gereedkoming van het FE model moet een berekening voor een proefaanvaring worden uitgevoerd om vast te stellen dat er geen plastische vervormingen nabij de modelgrenzen optreden. Anders moet de omvang van de in eindige elementen te modelleren sectie worden uitgebreid.

9.3.4.4.2.3 Constructiedelen die beïnvloed worden tijdens aanvaringen moet voldoende verfijnd worden geïdealiseerd terwijl andere delen grover mogen worden gemodelleerd. De verfijndheid van het element moet voldoende zijn voor een toereikende beschrijving van lokale vouwvervormingen en voor het vaststellen van een realistische scheurvorming van elementen.

¹ LSTC, 7374 Las Positas Rd, Livermore, CA 94551, USA Tel : +1 925 245-4500.

² ESI Group, 8, Rue Christophe Colomb, 75008 Paris, France

Tel: +33 (0)1 53 65 14 14, Fax: +33 (0)1 53 65 14 12, E-mail: info@esi-group.com.

³ SIMULIA, Rising Sun Mills, 166 Valley Street, Providence, RI 02909-2499 USA
Tel: +1 401 276-4400, Fax: +1 401 276-4408, E-mail: info@simulia.com.

9.3.4.4.2.4 De berekening van scheurinitiatie moet zijn gebaseerd op breukcriteria die geschikt zijn voor de gebruikte elementen. De maximum elementgrootte moet in de aanvaringsgebieden kleiner zijn dan 200 mm. De verhouding tussen de lange en het korte zijde van een plaalement mag niet de waarde van drie overschrijden. De lengte van het plaalement wordt gedefinieerd als de langste lengte van beide zijden van het element. De verhouding tussen de lengte en de dikte van het plaalement moet niet groter zijn dan vijf. Andere waarden moeten worden overeengekomen met het erkende classificatiebureau.

9.3.4.4.2.5 Plaatconstructies zoals scheepshuid, binnenwand (tankwand in het geval van gastanks), webspanen zowel als stringers kunnen worden gemodelleerd met plaalementen en verstijvingen als balkelementen. Bij het modelleren moet rekening worden gehouden met spaargaten en mangaten op de plaatsen van aanvaring.

9.3.4.4.2.6 In de FE berekening moet de "node on segment penalty" methode worden gebruikt voor de contact optie. Voor dit doel moeten de volgende keuzen worden geactiveerd in de genoemde codes:

- "contact_automatic_single_surface" in LS-DYNA,
- "self impacting" in PAMCRASH, en
- gelijksoortige contact typen in andere FE-programma's

9.3.4.4.3 *Materiaaleigenschappen*

9.3.4.4.3.1 Vanwege het extreme gedrag van materiaal en constructie tijdens een aanvaring met niet-lineaire effecten in zowel geometrische- als materiaalgedrag, moet de ware spanning-rekrelatie (true stress-strain) worden gebruikt:

$$\sigma = C \cdot \varepsilon^n,$$

waarin

$$n = \ln(1 + A_g),$$

$$C = R_m \cdot \left(\frac{e}{n}\right)^n,$$

A_g = de maximum uniforme rek in relatie tot de breukspanning R_m en
 e = the Euler constante (2.718282).

9.3.4.4.3.2 De waarden A_g en R_m moeten worden bepaald aan de hand van trekproeven.

9.3.4.4.3.3 Indien slechts de uiterste trekspanning R_m bekend is, dan mag voor scheepsbouw-staal met een vloeispanning R_{eH} van niet meer dan 355 N/mm^2 de volgende benadering worden gebruikt om de A_g waarde te verkrijgen uit een bekende R_m [N/mm^2] waarde:

$$A_g = \frac{1}{0,24 + 0,01395 \cdot R_m}$$

9.3.4.4.3.4 Indien de materiaaleigenschappen van trekproeven niet beschikbaar zijn wanneer de berekeningen worden gestart dan moeten de minimum waarden van A_g en R_m , zoals voorgeschreven in de klasseregels van het erkende classificatiebureau, worden gebruikt.

Voor scheepsbouwstaal met een vloeispanning hoger dan 355 N/mm^2 of andere materialen dan scheepsbouwstaal moeten de materiaaleigenschappen worden overeengekomen met het erkende classificatiebureau.

9.3.4.4.4 *Bezwijkcriteria*

9.3.4.4.4.1 De scheurinitiatie van een element in een FEA wordt gedefinieerd door de breukrekwaarde. Indien de berekende rek, zoals de effectieve plastische rek, hoofdrek of (voor plaalementen) de 'door-dikte-rek' zijn gedefinieerde bezwijksrekwaarde overschrijdt moet het element worden 'weggenomen' uit het FE model, de vervormingsenergie in dit element zal niet langer veranderen in de volgende stappen voor de berekening.

9.3.4.4.4.2 De volgende formule moet worden gebruikt voor de berekening van de breukrek:

$$\varepsilon_f(l_e) = \varepsilon_g + \varepsilon_e \cdot \frac{t}{l_e}$$

Waarin: ε_g = uniforme rek
 ε_e = insnoering
 t = plaatdikte
 l_e = lengte van het beschouwde plaalement.

9.3.4.4.4.3 De waarden van uniforme rek en de insnoering voor scheepsbouwstaal met een vloeispanning R_{eH} van niet meer dan 355 N/mm^2 moet worden genomen volgens de volgende tabel.

Tabel

Spanningstoestanden	1-D	2-D
ε_g	0,079	0,056
ε_e	0,76	0,54
Type bestanddeel	Staaf, balk	Plaalement

9.3.4.4.4.4 Andere waarden voor ε_g en ε_e die zijn ontleend aan diktemetingen aan karakteristieke schadegevallen en/of experimenten, mogen worden gebruikt mits overeengekomen met het erkende classificatiebureau.

9.3.4.4.4.5 Andere bezwijkcriteria mogen worden geaccepteerd door het erkende classificatiebureau indien bewijsmateriaal uit geschikte beproevingen wordt overlegd.

9.3.4.4.4.6 *Tankschip type G*

Voor een tankschip type G moet het bezwijkcriterium voor de druktank worden gebaseerd op equivalente plastische rek. De te gebruiken waarde bij het toepassen van het bezwijkcriterium moet worden overeengekomen met het erkende classificatiebureau. Equivalente plastische rek in relatie tot compressie moeten worden genegeerd.

9.3.4.4.5 *Berekening van het aanvaringsenergie-absorptievermogen*

9.3.4.4.5.1 Het aanvaringsenergie-absorptievermogen is de optelling van interne energie (energie verbonden met vervorming van structurele elementen) en wrijvingsenergie.

De wrijvingscoëfficiënt μ_c wordt gedefinieerd als:

$$\mu_c = FD + (FS - FD) \cdot e^{-DC|v_{rel}|}$$

Met: FD = 0,1,
FS = 0,3,
DC = 0,01
 $|v_{rel}|$ = relatieve wrijvingsnelheid.

Opmerking: Waarden zijn standaardwaarden voor scheepsbouwstaal

9.3.4.4.5.2 De kracht-indringingskrommen die voortvloeien uit de berekening volgens het FE model moeten ter beoordeling worden voorgelegd aan het erkende classificatiebureau.

9.3.4.4.5.3 *Tankschip type G*

9.3.4.4.5.3.1 Om het totale energieabsorptievermogen van een tankschip type G te verkrijgen moet de energie die wordt geabsorbeerd door compressie van de damp tijdens de aanvaring worden berekend.

9.3.4.4.5.3.2 De energie E geabsorbeerd door de damp moet als volgt worden berekend:

$$E = \frac{p_1 \cdot V_1 - p_0 \cdot V_0}{1 - \gamma}$$

met: $\gamma = 1,4$ (Opmerking: De waarde 1,4 is de standaardwaarde c_p/c_v met, in principe: c_p = specifieke warmte bij constante druk [J/(kgK)], c_v = specifieke warmte bij constant volume [J/(kgK)])

p_0 druk bij het begin van de compressie [Pa]
 p_1 druk aan het eind van de compressie [Pa]
 V_0 volume bij het begin van de compressie [m³]
 V_1 volume bij het eind van de compressie [m³]

9.3.4.4.6 *Definitie van aanvarend schip en aanvarende boeg*

9.3.4.4.6.1 Ten minste twee typen boegvormen van het aanvarende schip moeten worden gebruikt voor de berekening van het aanvaarenergie-absorptievermogen.

- boegvorm I: duwbakboeg (zie 9.3.4.4.8)
- boegvorm II: V-vorm boeg zonder bulp (zie 9.3.4.4.8)

9.3.4.4.6.2 Omdat in de meeste aanvaargevallen de boeg van het aanvarende schip slechts lichte vervormingen vertoont vergeleken met de zijconstructie van het aangevaren schip, zal een aanvarende boeg worden gedefinieerd als onvervormbaar. Slechts voor bijzondere situaties waar het aangevaren schip een extreem sterke zijconstructie heeft vergeleken met de aanvarende boeg en het structurele gedrag van het aangevaren schip wordt beïnvloed door de plastische vervorming van de aanvarende boeg, moet de aanvarende boeg worden beschouwd als vervormbaar. In dit geval behoort de structuur van de aanvarende boeg ook te worden gemodelleerd. Dit moet worden overeengekomen met het erkende classificatiebureau.

9.3.4.4.7 *Veronderstellingen voor aanvaringsgevallen*

Voor de aanvaargevallen moet het volgende worden verondersteld:

- a) Als aanvaringshoek tussen aanvarende en aangevaren schip moet 90° worden genomen in geval van een V-gevormde boeg en 55° in geval van een duwbakboeg; en
- b) Het aangevaren schip heeft snelheid 0, terwijl het aanvarende schip in de zijde van het aangevaren schip vaart met een constante snelheid van 10 m/s.

De aanvaringssnelheid van 10 m/s is een veronderstelde waarde om te worden gebruikt in de FE analyse.

9.3.4.4.8 *Typen boegvormen*

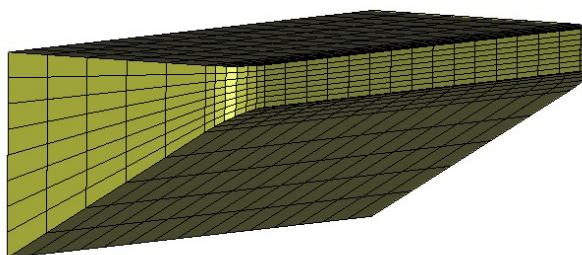
9.3.4.4.8.1 Duwbakboeg

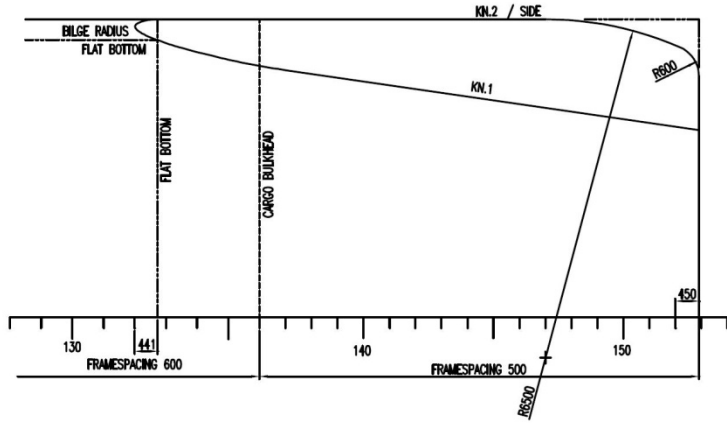
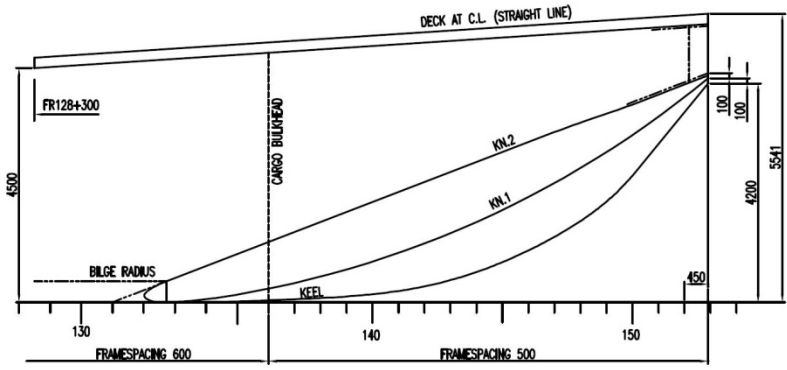
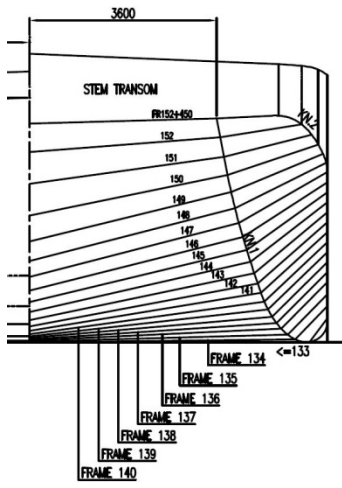
Karakteristieke afmetingen moeten worden genomen uit de tabel hieronder:

Spant	Halve breedten		
	Knokkel 1	Knokkel 2	Dek
145	4,173	5,730	5,730
146	4,100	5,730	5,730
147	4,028	5,730	5,730
148	3,955	5,711	5,711
149	3,883	5,653	5,653
150	3,810	5,555	5,555
151	3,738	5,415	5,415
152	3,665	5,230	5,230
transom	3,600	4,642	4,642

Voor- steven	Hoogten		
	Knokkel 1	Knokkel 2	Dek
0,769	1,773	2,882	5,084
0,993	2,022	3,074	5,116
1,255	2,289	3,266	5,149
1,559	2,576	3,449	5,181
1,932	2,883	3,621	5,214
2,435	3,212	3,797	5,246
3,043	3,536	3,987	5,278
3,652	3,939	4,185	5,315
4,200	4,300	4,351	5,340

De volgende afbeeldingen zijn bedoeld om toelichting te verschaffen.





9.3.4.4.8.2 V-boeg

Karakteristieke afmetingen moeten worden genomen uit de tabel hieronder

Referentienummer	x	y	z
1	0,000	3,923	4,459
2	0,000	3,923	4,852
11	0,000	3,000	2,596
12	0,652	3,000	3,507
13	1,296	3,000	4,535
14	1,296	3,000	4,910
21	0,000	2,000	0,947
22	1,197	2,000	2,498
23	2,346	2,000	4,589
24	2,346	2,000	4,955
31	0,000	1,000	0,085
32	0,420	1,000	0,255
33	0,777	1,000	0,509
34	1,894	1,000	1,997
35	3,123	1,000	4,624
36	3,123	1,000	4,986
41	1,765	0,053	0,424
42	2,131	0,120	1,005
43	2,471	0,272	1,997
44	2,618	0,357	2,493
45	2,895	0,588	3,503
46	3,159	0,949	4,629
47	3,159	0,949	4,991
51	0,000	0,000	0,000
52	0,795	0,000	0,000
53	2,212	0,000	1,005
54	3,481	0,000	4,651
55	3,485	0,000	5,004

De volgende afbeeldingen zijn bedoeld om toelichting te verschaffen

