

A wide-angle photograph of a turbulent ocean with white-capped waves under a clear sky. The image is split horizontally, with the top half showing the horizon and the bottom half showing a closer view of the churning water.

## Challenging wind and waves

Linking hydrodynamic research to the maritime industry

### HYDRODYNAMISCHE BEREKENINGEN INTERACTIE STENA BRITANNICA EN FAIRPLAY 22

Definitief rapport

Rapport No. : 25061-1-POW  
Datum : september 2011

## **HYDRODYNAMISCHE BEREKENINGEN INTERACTIE STENA BRITANNICA EN FAIRPLAY 22**

**Definitief rapport**

MARIN No. : 25061

Opdrachtgever : De Onderzoeksraad voor Veiligheid  
Postbus 95404  
2509 CK Den Haag

Opdracht referentie : Overeenkomst nummer ONDERZOEKSRAAD- 0067 /  
2010 / 030 / 60665 gedateerd 28 december, 2010  
Klant referentie No. : OVV 10502179

Gerapporteerd door : Ing. R. de Meij  
Nagekeken door : Dr. Ir. C. Veldhuis

INHOUD	Pagina
1	INTRODUCTIE ..... 3
2	MANAGEMENT SUMMARY ..... 4
3	HOOFDAFMETINGEN SCHEPEN EN GEGEVENS VOORTSTUWERS ..... 5
3.1	Hoofdafmetingen..... 5
3.2	Tekeningen ..... 5
4	OVERZICHT VAN DE BEREKENINGEN ..... 6
5	PRESENTATIE EN BESPREKING VAN DE RESULTATEN ..... 7
5.1	RAPID berekening C1246-C1292..... 7
5.1.1	Drukverdeling en golfsysteem ..... 7
5.1.2	Zijwaartse kracht ..... 7
5.1.3	Giermoment..... 10
5.1.4	Het corrigeren van de interactie ..... 12
5.2	RAPID berekening C C1246-C1292_Drift ..... 19
5.2.1	Drukverdeling en golfsysteem ..... 19
5.2.2	Zijwaartse kracht ..... 19
5.2.3	Giermoment..... 21
5.3	Veiligheidszones ..... 22
6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN ..... 23
	Tabellen..... T1
	Figuren ..... F1 – F21
BIJLAGE I:	Lijst van symbolen ..... A1.1 - A1.2
Documentatieblad:	RAPID: Calculation of wave resistance and potential flow

## 1 INTRODUCTIE

Per overeenkomst nummer ONDERZOEKSRAAD- 0067/2010/030/60665, gedateerd 28 december, 2010, heeft De Onderzoeksraad voor de Veiligheid (OVV) opdracht gegeven aan het Maritime Research Institute Netherlands (MARIN) om hydrodynamische berekeningen uit te voeren voor de beoordeling van de interactie tussen de veerboot STENA Britannica en de havensleepboot Fairplay 22 tijdens het tot stand brengen van de sleepverbinding tussen de boeg van de Stena Britannica en het achterschip van de sleepboot. Om deze sleepverbinding tot stand te brengen nadert de sleepboot parallel aan de zij van de Stena Britannica en positioneert zich dicht onder de bakboordsboeg. De opdracht voor de hydrodynamische berekeningen was onderdeel van het OVV onderzoek naar het kapseizen van de Fairplay 22 op 11 november 2010.

Het doel van de berekeningen was om de hydrodynamische interactie tussen beide schepen te beoordelen voor een conditie waarin de schepen met een gelijke snelheid parallel aan elkaar meevaren, voor verschillende aanloop posities en voor de positie waar de sleepverbinding tot stand wordt gebracht. De interactie wordt beoordeeld aan de hand van de zijwaartse kracht en het giermoment dat de Stena Britannica in deze condities op de Fairplay 22 uitoefent. Om de interactie te kunnen beoordelen werd het golfpatroon en de drukverdeling berekend voor 3 verschillende dwarsscheepse afstanden tussen de schepen, 6 relatieve langsscheepse posities en 4 snelheden. Daarna werden de interactie krachten vergeleken met de krachten en momenten zoals die kunnen worden gegenereerd met thruster-hoeken en drifthoeken van de Fairplay 22, zodat een beoordeling kon worden gemaakt van de beheersbaarheid van de manoeuvre. Door het beoordelen van de verschillende variaties kon een advies worden opgesteld met betrekking tot de wenselijke positie voor het tot stand brengen van de sleepverbinding en voor de aanlooproute en aanloopsnelheid.

De berekeningen begonnen met de conversie van de lijnenplannen van beide schepen naar een bruikbaar formaat en met het ontwikkelen van een rekenrooster voor beide schepen. Hierna is voor beide schepen een aantal RAPID berekeningen uitgevoerd om de golfpatronen en de drukverdeling van de beide individuele schepen te kunnen vaststellen. Vervolgens werden de beide schepen in een gezamenlijk rekenrooster ingebracht en zijn er nieuwe niet-viskeuze, stationaire (RAPID) berekeningen gemaakt voor de combinatie van beide schepen en de op de schepen werkende krachten.

De bovengenoemde berekeningen zijn herhaald voor een conditie waarin de Fairplay 22 een drifthoek heeft relatief ten opzichte van de bewegingsrichting van de Stena Britannica door het water.

Dit rapport geeft een beschrijving van de schepen en de voortstuwars, alsmede een overzicht van de berekeningen die zijn uitgevoerd en een discussie van de resultaten. In dit rapport worden SI eenheden gebruikt, behalve als anders staat aangegeven en een lijst met symbolen is te vinden in Bijlage I.

## 2 MANAGEMENT SUMMARY

By agreement number 0067/2010/030/60665, dated December 28, 2010, The Dutch Safety Board, Den Haag, The Netherlands, (OVV) ordered the Maritime Research Institute Netherlands (MARIN) to perform hydrodynamic calculations for the assessment of the interaction between the ferry Stena Britannica and the harbour tug Fairplay 22 during the establishment of a tow connection between the bow of the Stena Britannica and the stern of the tug. To realise this connection the tug approaches parallel to the side of the Stena Britannica and positions close to the bow. The set of hydrodynamic calculations were part of the OVV investigation into the capsizing of the Fairplay 22 on November 11, 2010.

The objective of the calculations was to determine the hydrodynamic interaction between both vessels in a condition sailing parallel to each other, for different approach positions including the position where the tow link was to be established. The interaction is determined by calculating the lateral force and the yaw moment exercised in these conditions by the Stena Britannica at the Fairplay 22. In order to assess the interaction, the wave pattern and pressure distribution were calculated for three different lateral distances between the ships, 6 relative longitudinal positions and 4 speeds, without and with drift angle. Then the interaction forces were compared with the forces and moments that can be generated with thruster angles and drift angles of the Fairplay 22. This way an assessment could be made of the controllability of the manoeuvre, including an advice for a safety zone and a maximum speed at which the manoeuvre for these specific vessels can be safely conducted.

### 3 HOOFDAFMETINGEN SCHEPEN EN GEGEVENS VOORTSTUWERS

#### 3.1 Hoofdafmetingen

De hoofdafmetingen van de twee schepen zijn:

Item	Stena Britannica	Fairplay 22	Eenheid
Lengte tussen de loodlijnen	225.60	34.75	m
Breedte	32.00	10.80	m
Diepgang	6.40 / 6.40	3.89 / 4.58	m
Waterverplaatsing	33369	853	m <sup>3</sup>

De gegevens van beide schepen voor de condities gegeven in dit rapport zijn te vinden in de tabel op pagina T1. Een klein spantenraam, boeg- en hekcontouren en een kromme van spantoppervlakken voor beide schepen is gegeven op pagina's F1 en F2. In de tekeningen is de lengte tussen de loodlijnen verdeeld in 21 gelijke ordinaten.

De onderstaande tabel geeft een aantal relevante voortstuwingsdetails van de schepen:

Item	Stena Britannica	Fairplay 22
Motor type	Diesel	Diesel
Aantal en type voortstuwars	2 FP schroeven	2 azimuthing thruster units met FP schroeven in straalbuizen

#### 3.2 Tekeningen

De volgende tekeningen zijn gebruikt bij het maken van de rekenmodellen:

Vaartuig	Berekeningen op basis van:	Identificatie
Stena Britannica	Lines_drawing.dwg (OVV e-mail gedateerd 2010-01-03)	C1246
Fairplay 22 (initiële lijnen, vervallen)	PF 22 Linesplan.pdf (OVV e-mail gedateerd 2010-12-23)	C1247
Gecombineerde lijnen (initiële lijnen, vervallen)	Tekening C12467.igs (MARIN, gedateerd 2011-02-02)	C12467
Fairplay 22 (ingemeten lijnen)	Hull Fairplay 22.dxf (OVV e-mail gedateerd 2011-04-11)	C1292
Gecombineerde lijnen (herziene lijnen)	Tekening C1246_C1292.igs (MARIN, gedateerd 2011-06-29)	C1246-C1292

#### 4 OVERZICHT VAN DE BEREKENINGEN

De volgende berekeningen zijn uitgevoerd met MARIN's panelen code RAPID, waarover meer informatie kan worden gevonden in de bijgesloten documentatie:

Computer programma	Identificatie	Positie	Snelheid (knopen)	Resultaten op pagina:
RAPID	C1246	-	8	-
RAPID	C1247	-	8	-
RAPID	C1292	1-5	6,8,10,12	-
RAPID	C1246-C1292	1	6,8,10	F4, F10
RAPID	C1246-C1292	2	6,8,10	F5, F11
RAPID	C1246-C1292	3	6,8,10	F6, F12
RAPID	C1246-C1292	4	6,8,10	F7, F13
RAPID	C1246-C1292	5	6,8,10	F8, F14
RAPID	C1246-C1292_Drift	1	7.2	F16
RAPID	C1246-C1292_Drift	2	7.2	F16
RAPID	C1246-C1292_Drift	3	7.2	F17
RAPID	C1246-C1292_Drift	4	7.2	F17
RAPID	C1246-C1292_Drift	5	7.2	F18
RAPID	C1246-C1292_Drift	6	7.2	-

De berekeningen C1246 en C1247 zijn gemaakt voor de individuele schepen ter verificatie van het gecombineerde resultaat en worden niet verder besproken. Berekening C1247 werd gemaakt op basis van de initieel beschikbare lijnen van de Fairplay 22. Deze lijnen zijn later vervangen door versie C1292, welke lijnen zijn gebruikt in de getoonde berekeningen.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor de naakte romp en voor onbeperkte waterdiepte en er is geen interactie tussen de schepen en de walbegrenzings meegenomen. De resultaten van de berekeningen zijn geldig voor de schepen met de trim en inzinking zoals berekend voor de individuele schepen. De schepen bevinden zich in een stationaire positie, parallel aan elkaar, dus zonder drifthoek. De bovengenoemde berekeningen zijn herhaald voor een conditie waarin de Fairplay 22 een drifthoek van 9.5 graden, boeg naar Stena Britannica, heeft relatief ten opzichte van de bewegingsrichting van de Stena Britannica door het water.



## 5 PRESENTATIE EN BESPREKING VAN DE RESULTATEN

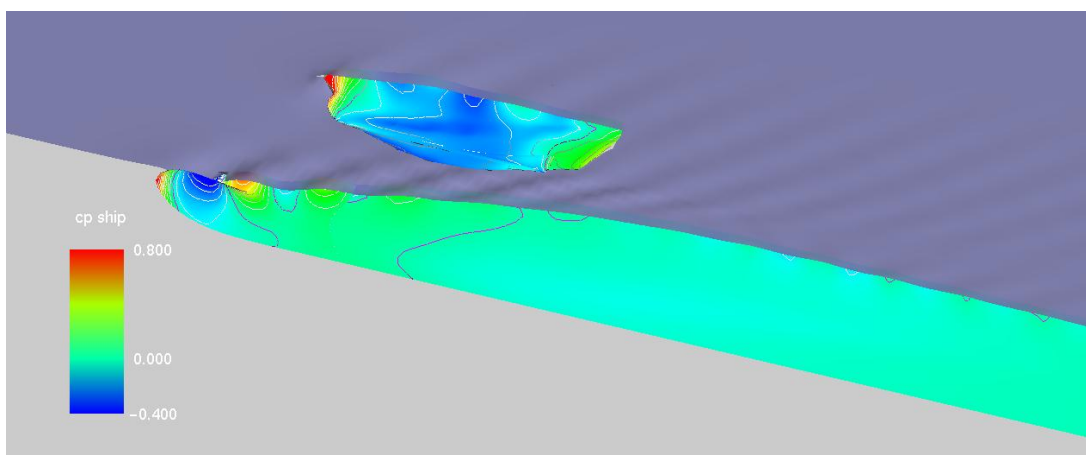
### 5.1 RAPID berekening C1246-C1292

#### 5.1.1 Drukverdeling en golfsysteem

Op pagina's F4 tot en met F14 zijn de resultaten van de berekeningen C1246-C1292 te zien voor beide schepen parallel aan elkaar varend met een dwarsscheepse afstand tussen de schepen (hartlijnen) van 30 m, met een snelheid van 8 knopen, zonder drifthoek. De relatieve positie van de twee schepen verandert niet tijdens de berekening.

De volgende globale aspecten volgen uit deze RAPID berekening:

- Vanaf de boeg van de Stena Britannica ontwikkelt zich een sterk divergerend golfsysteem.
- Boven de bulb van de Stena Britannica heerst een lokale lage druk, dit resulteert in een kort en relatief diep golfdal dwars van de achterzijde van de bulb.
- Direct achter de bulb wordt de druk iets verhoogd door de stagnatie van de boeg en vormt zich een kleine korte boeggolf.
- Achter de boeggolf vormt zich een golfdal dat nog relatief kort en diep is.
- Verder naar achteren dempen de golven zich vrij snel uit.
- Het ongunstige golfpatroon van de Sten Britannica wordt bepaald door het Froude getal, de off-design snelheid van de Stena Brittanica en het droogvallen van de bulb.
- Rond de voorschouder, midscheeps en achterschouder van de Fairplay 22 ontwikkelt zich een relatief diep golfdal, de golflengte hiervan wordt bepaald door het hogere Froude getal, ten opzichte van de Stena Britannica, waarop de sleepboot vaart.



Figuur 1 - Hydrodynamische drukverdeling op de romp – snelheid 8 knopen

#### 5.1.2 Zijwaartse kracht

De zijwaartse kracht door de Stena Britannica uitgeoefend op de romp van de Fairplay 22 is berekend door de integratie van de drukverdeling op de romp. De resultaten van deze berekening voor positie 1-5 en snelheden 6, 8 en 10 knopen, worden getoond op pagina's F4-F8 (drukverdelingen op het water oppervlak) en pagina's F10-F14 (drukverdelingen op de scheepsromp).

In de onderstaande tabel en grafiek staan de resultaten voor 5 geselecteerde relatieve langsscheepse posities van de Fairplay 22 langs de Stena Britannica. In positie 1 bevindt het middenschip van de Fairplay 22 zich dwarscheeps van het middenschip

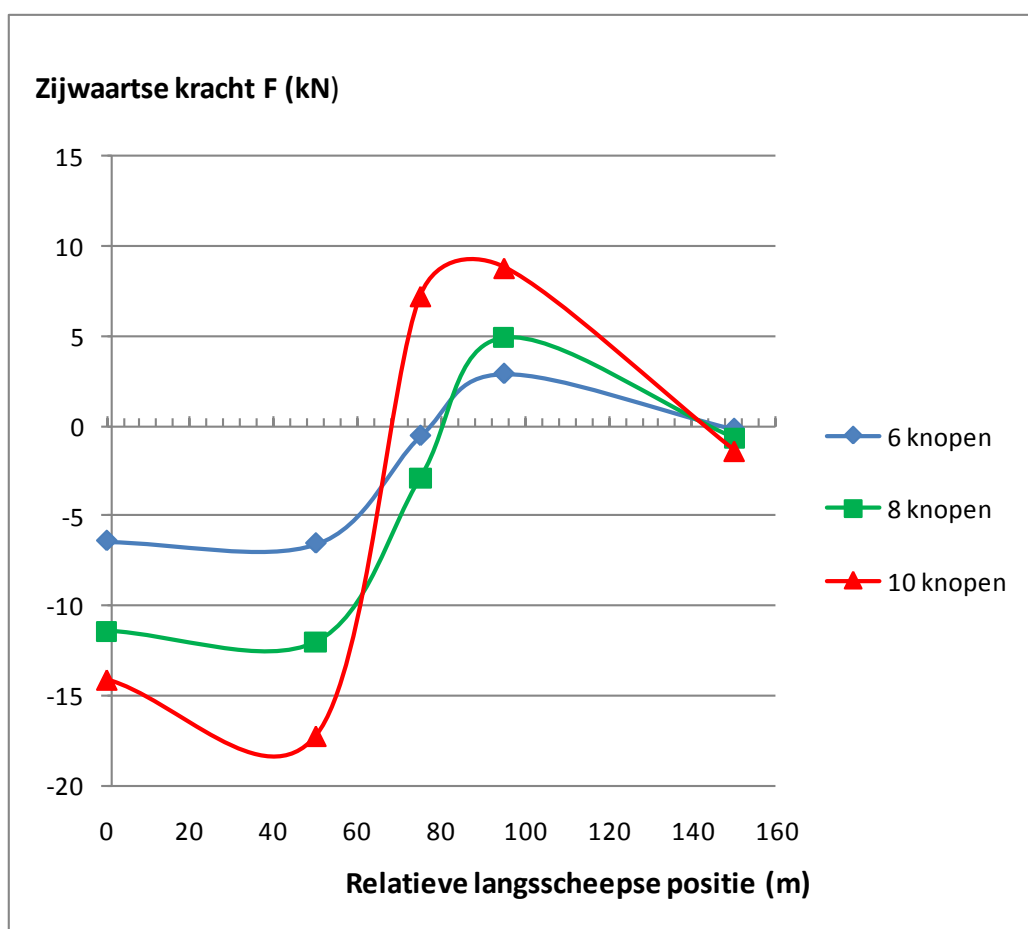


van de Stena Britannica. In positie 4 bevinden de voorloodlijnen van beide schepen zich op gelijke hoogte. In positie 5 bevindt de midscheeps van de Fairplay 22 zich 150 m voor de midscheeps van de Stena Britannica.

De verschillende posities zijn gevisualiseerd in de figuren op pagina's F16 tot en met F18.

Tabel 1 - Zijwaartse kracht voor gevarieerde relatieve langsscheepse positie

Snelheid (knopen)	Positie 1	Positie 2	Positie 3	Positie 4	Positie 5
	Relatieve langsscheepse positie (m)				
	0	50	75	95	150
	F (kN)	F (kN)	F (kN)	F (kN)	F (kN)
6	-6.4	-6.6	-0.6	2.9	-0.2
8	-11.4	-12.1	-2.9	4.9	-0.7
10	-14.1	-17.3	7.3	8.8	-1.4



Grafiek 1 - Zijwaartse kracht voor gevarieerde relatieve langsscheepse positie

De zijwaartse kracht is negatief als de Fairplay 22 wordt aangetrokken en positief als de Fairplay 22 wordt afgestoten.

De resultaten voor snelheid 8 knopen laten zien dat wanneer het middenschip van de Fairplay 22 zich in positie 1, naast het middenschip van de Stena Britannica bevindt, de Fairplay 22 door het venturi-effect naar de Stena Britannica toegezogen. 50 m verder naar voren, in positie 2 wordt de Fairplay 22 nog steeds aangetrokken. In positie 3 is er nauwelijks sprake van een zijwaartse kracht, maar verder naar voren (positie 4) ontmoet de Fairplay 22 de divergerende stroomlijnen rond het voorschip en wordt zij licht afgestoten. In positie 5 bevindt de Fairplay 22 zich nog verder naar voren en is zij vrijwel

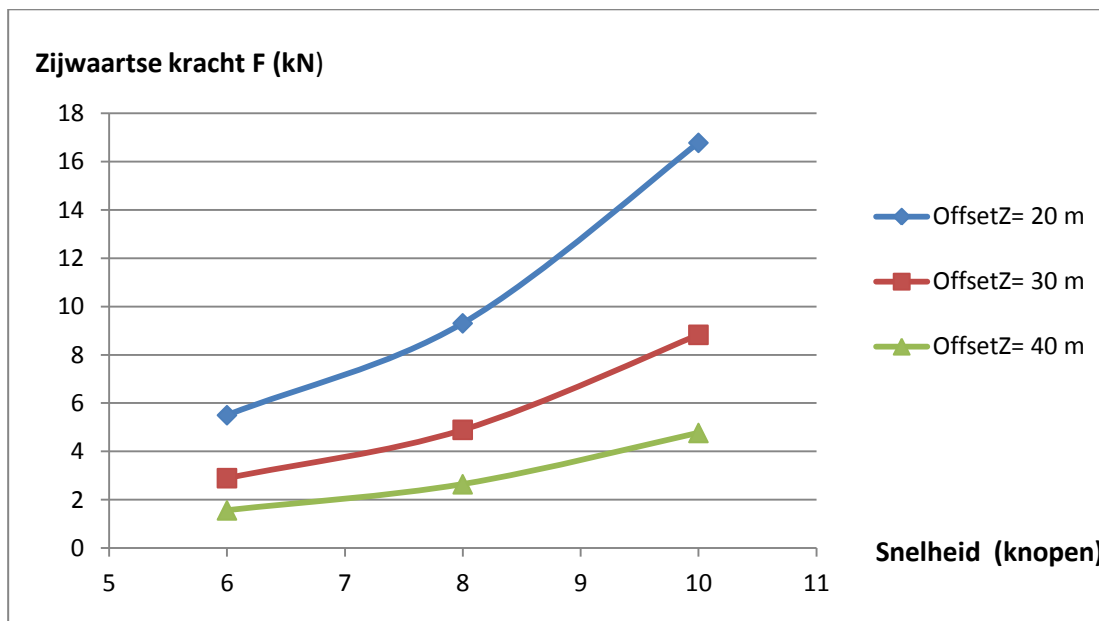
buiten de beïnvloeding van de Stena Britannica geraakt: er is dan geen sprake van aantrekking of aanstoting meer.

De onderstaande tabel en grafiek tonen het verloop van de sterkte van de zijwaartse kracht voor 3 gevarieerde dwarsscheepse afstanden tussen de schepen (20, 30 en 40 m). De Fairplay 22 bevindt zich hier in langsscheepse positie 4 (midscheeps van de Fairplay 22 95 m voor de midscheeps van de Stena Britannica).

De berekende zijwaartse kracht is positief, wat inhoudt dat de Fairplay 22 van de Stena Britannica wordt weggeduwd.

Tabel 2 - Zijwaartse kracht voor gevarieerde dwarsscheepse afstand

Snelheid (knopen)	Dwarsscheepse afstand tussen de schepen		
	20 m	30 m	40 m
	F(kN)	F(kN)	F(kN)
6	5.5	2.9	1.6
8	9.3	4.9	2.6
10	16.8	8.8	4.8



Grafiek 2 – Zijwaartse kracht voor gevarieerde dwarsscheepse afstand

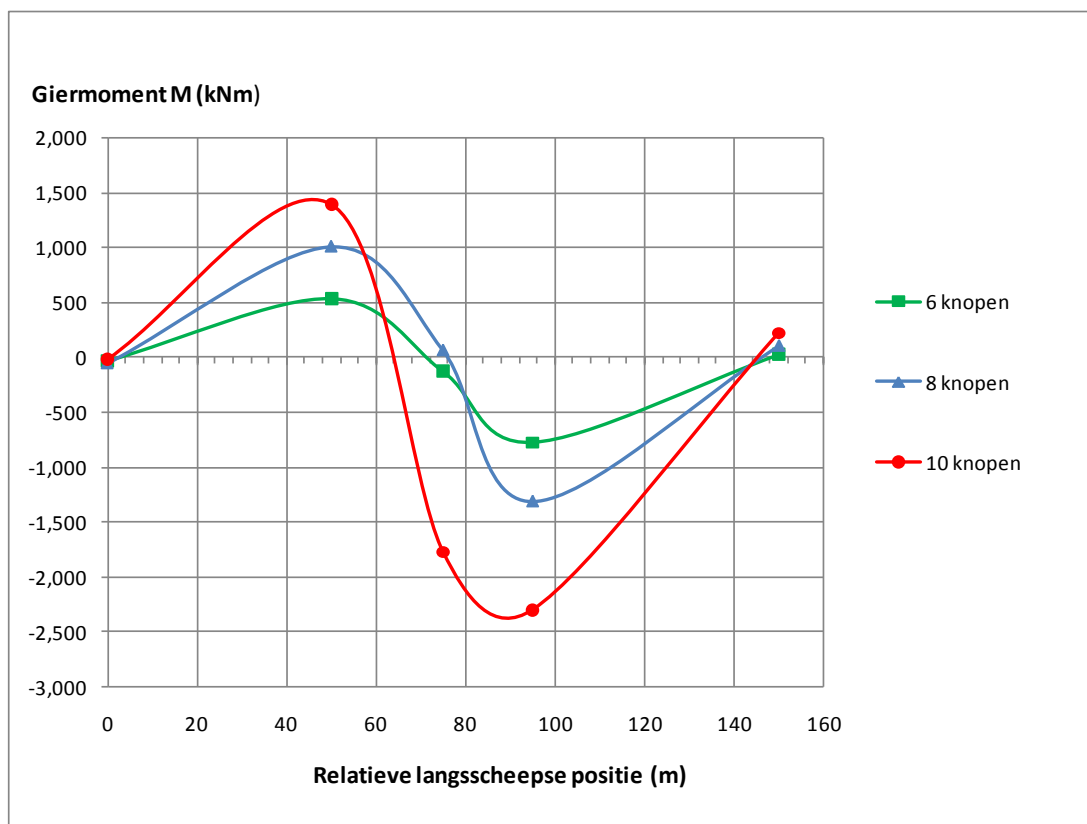
### 5.1.3 Giermoment

Het giermoment door de Stena Britannica uitgeoefend op de romp van de Fairplay 22 werd berekend door de integratie van de drukverdeling op de romp. De resultaten van deze berekening voor positie 1-5 en snelheden 6, 8 en 10 knopen, worden getoond op pagina's F4-F8 (drukverdelingen op het water oppervlak) en pagina's F10-F14 (drukverdelingen op de scheepsromp).

In de onderstaande tabel en grafiek staan de resultaten voor de 5 geselecteerde relatieve langsscheepse posities van de Fairplay 22 langs de Stena Britannica. In positie 1 bevindt het middenschip van de Fairplay 22 zich midscheeps van de Stena Britannica. In positie 4 bevinden de voorloodlijnen van beide schepen zich op gelijke hoogte. In positie 5 bevindt de midscheeps van de Fairplay 22 zich 150 m voor de midscheeps van de Stena Britannica.

Tabel 3 - Giermoment voor gevarieerde relatieve langsscheepse positie

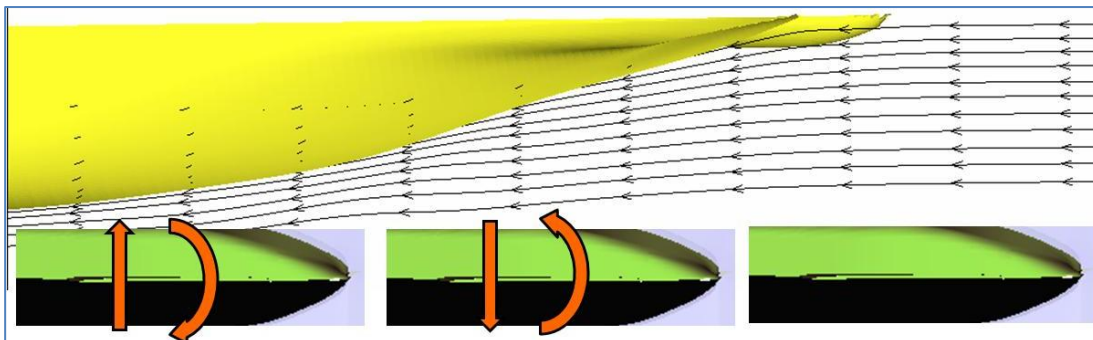
Snelheid (knopen)	Positie 1	Positie 2	Positie 3	Positie 4	Positie 5
	Relatieve langsscheepse positie (m)				
	0	50	75	95	150
	M (kNm)	M (kNm)	M (kNm)	M (kNm)	MY (kNm)
6	-33	536	-129	-775	24
8	-54	1007	64	-1309	105
10	-21	1390	-1772	-2298	223



Grafiek 3 - Giermoment voor gevarieerde relatieve langsscheepse positie

Het giermoment is positief als de boegen uit elkaar worden geduwd en negatief als de boegen naar elkaar toe worden getrokken.

Wanneer het middenschip van de Fairplay 22 zich naast het middenschip van de Stena Britannica bevindt (positie 1) wordt de Fairplay 22 slechts minimaal ingedraaid. 50 m naar voren, in positie 2 wordt de boeg onder invloed van de wijkende stroming om de Stena Britannica met de boeg sterk afgeduwd naar buiten. In positie 3 draait de boeg naar binnen en in positie 4 draait de boeg zelfs sterk naar binnen. De Fairplay 22 wordt hierbij naar buiten gedrukt.

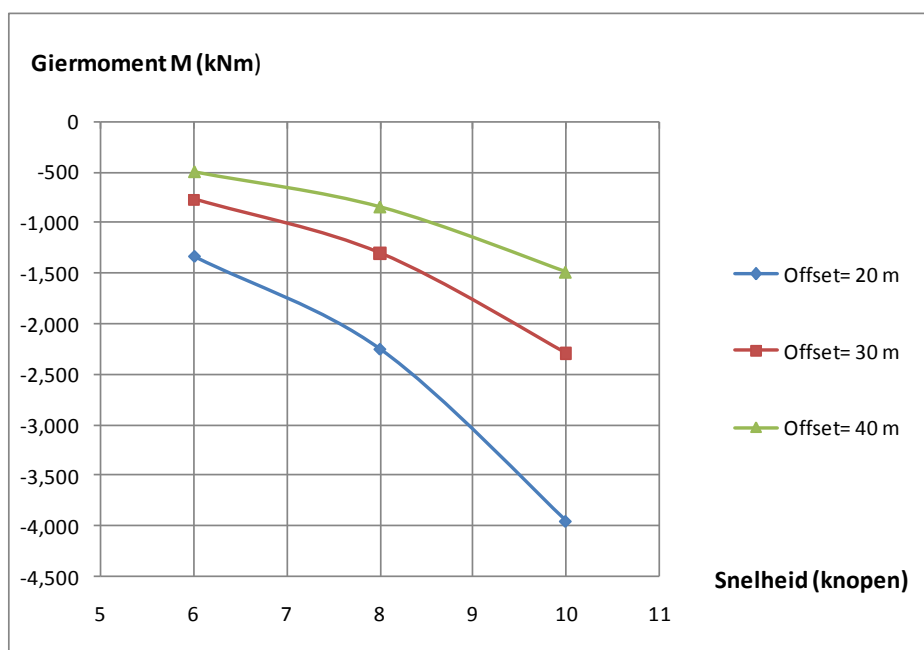


De onderstaande tabel en grafiek tonen het verloop van de sterkte van het giermoment voor 3 verschillende dwarscheepse afstanden tussen de schepen (20, 30 en 40 m). De Fairplay 22 bevindt zich hier in langsscheepse positie 4 (95 m).

Het getoonde giermoment is negatief, wat inhoudt dat in deze positie de boegen naar elkaar toe worden getrokken:

Tabel 4 - Giermoment voor gevarieerde dwarscheepse afstanden

Snelheid (knopen)	Dwarscheepse afstand tussen de schepen		
	20 m M (kNm)	30 m M (kNm)	40 m M (kNm)
6	-1333	-775	-504
8	-2251	-1309	-851
10	-3952	-2298	-1494

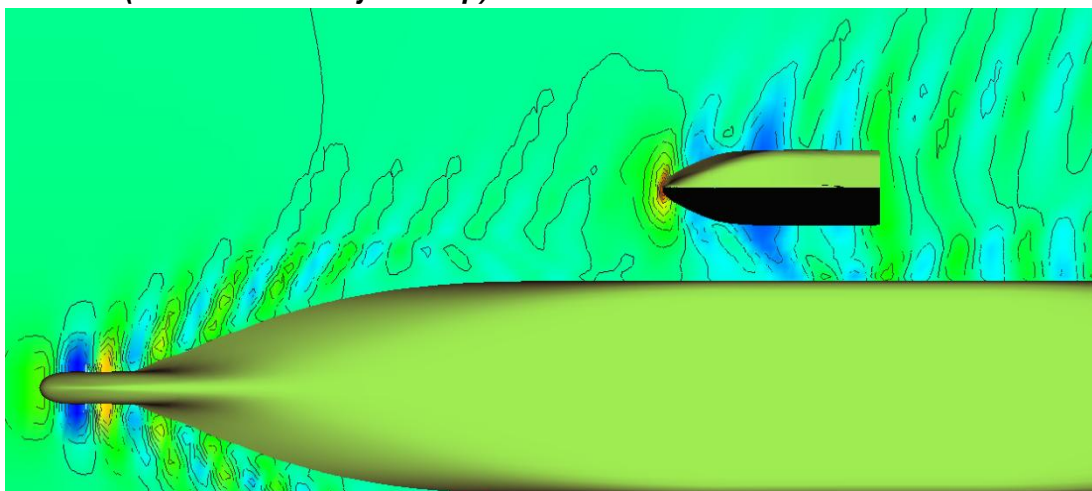


Grafiek 4 - Giermoment voor gevarieerde dwarscheepse afstanden

### 5.1.4 Het corrigeren van de interactie

MARIN onderzocht de capaciteit van de Fairplay 22 om zich bij een snelheid van 8 knopen in de stationaire positie naast de Stena Britannica te kunnen handhaven. Hiervoor werden, buiten RAPID, de zijwaartse krachten en giermomenten berekend die gegenereerd kunnen worden met een roerhoek (of thruster hoek) of door het aannemen van een drifthoek. Door deze manoeuvreercapaciteit te vergelijken met de krachten van de hydrodynamische interactie tussen beide schepen is er een beoordeling gemaakt van de mogelijkheid om de stationaire positie te handhaven en van de mogelijkheid om uit te breken uit een ongewenste positie. In de praktische uitvoering van deze manoeuvre zal het gezochte stureffect bereikt worden door toerenverschillen tussen bakboord en stuurboord thruster toe te passen.

#### Positie 1 (view van onderzijde schip)



Figuur 2 - Drukverdeling water oppervlak, Fairplay 22 in positie 1, snelheid 8 knopen

De onderstaande tabel toont de grootte van de zijwaartse kracht bij een snelheid van 8 knopen voor een systematisch gevarieerde drifthoek en roerhoek. De Fairplay 22 bevindt zich in langsscheepse positie 1, waar het middenschip van de Fairplay 22 zich naast de bakboordsmidscheeps van de Stena Britannica bevindt, met een dwarsscheepse afstand tussen de schepen van 30 meter.

Tabel 5 – Positie 1, zijwaartse kracht gegenereerd met drifthoek en roerhoek

Positie 1		Zijwaartse kracht F (kN)				
Drift	Roerhoek in graden (positief naar bakboord)					
	-10.0	-5.0	0.0	5.0	10.0	
5.0	42	33	24	16	7	
4.0	35	26	17	8	0	
3.0	27	19	10	1	-7	
2.0	20	12	3	-6	-14	
1.0	13	4	-4	-13	-22	
0.0	6	-3	-11	-20	-29	
-1.0	-1	-10	-19	-27	-36	
-2.0	-8	-17	-26	-34	-43	
-3.0	-16	-24	-33	-42	-50	
-4.0	-23	-31	-40	-49	-57	
-5.0	-30	-38	-47	-56	-65	

↑ Afgeduwd  
↓ Aangetrokken

Uit Tabel 5 blijkt dat de zijwaartse kracht in positie 1, voor een snelheid van 8 knopen, gelijk is aan -11 kN. (0 graden drifthoek, 0 graden roerhoek). Dit betekent dat de Fairplay 22 met een kracht van 11 kN door de Stena Britannica wordt aangetrokken. De Fairplay 22 kan afgeduwd worden door een stuurboordsroerhoek van 10 graden toe te passen of door een drifthoek van 2 graad over bakboord aan te nemen.

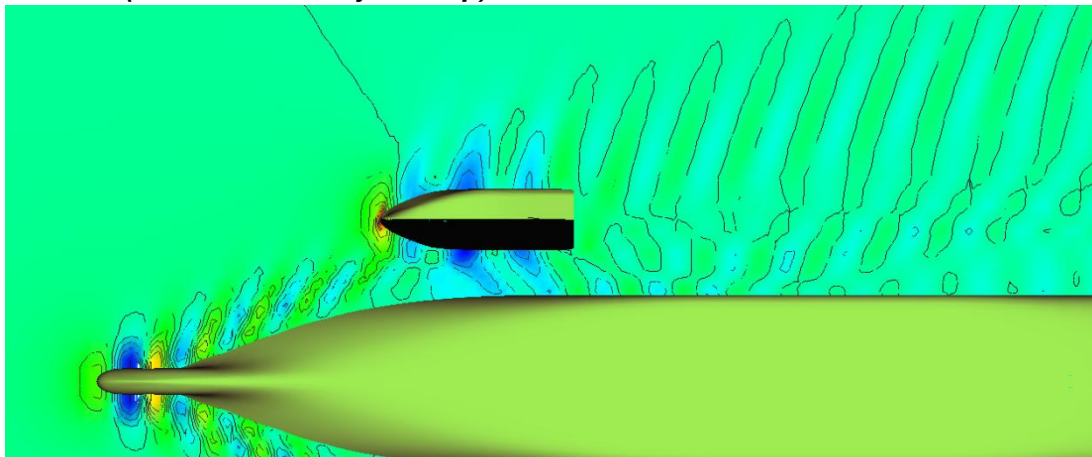
Tabel 6 toont de grootte van het giermoment bij een snelheid van 8 knopen voor een systematisch gevarieerde drifthoek en roerhoek. De Fairplay 22 bevindt zich weer in langsscheepse positie 1, waar het middenschip van de Fairplay 22 zich naast de bakboordsmidscheeps van de Stena Britannica bevindt, met een dwarsscheepse afstand tussen de schepen van 30 meter. Uit de tabel blijkt dat het giermoment in positie 1, voor een snelheid van 8 knopen, gelijk is aan -54 kNm. (0 graden drifthoek, 0 graden roerhoek). Dit betekent dat de boeg van de Fairplay 22 met een moment van 54 kNm naar de Stena Britannica wordt toegetrokken. De boeg van Fairplay 22 kan afgedraaid worden door een bakboordsroerhoek van 5 graden toe te passen of door een drifthoek van 1 graad over bakboord aan te nemen.

Tabel 6 – Positie 1, giermoment gegenereerd met drifthoek en roerhoek

Positie 1		Giermoment M (kNm)					
Drift	Roerhoek in graden (positief naar bakboord)						
	-10.0	-5.0	0.0	5.0	10.0	0.0	
5.0	275	429	585	741	895	↑ Afgeduwd ↓ Aangetrokken	
4.0	147	302	457	613	768		
3.0	19	174	330	486	640		
2.0	-108	46	202	358	512		
1.0	-236	-82	<b>74</b>	230	384		
0.0	-364	-210	<b>-54</b>	102	257		
-1.0	-492	-338	-182	-26	129		
-2.0	-620	-465	-310	-154	1		
-3.0	-748	-593	-438	-282	-127		
-4.0	-876	-721	-565	-409	-255		
-5.0	-1003	-849	-693	-537	-382		

Uit bovenstaande resultaten blijkt dat zowel de zijwaartse kracht als het giermoment eenvoudig kunnen worden gecompenseerd met een kleine drifthoek over bakboord. Er is echter geen oplossing waarbij zowel zijwaartse kracht als giermoment beiden exact gelijk aan 0 zijn. De Fairplay 22 zal dus een klein gebied nodig hebben om zich met variaties van roerhoek en drifthoek “stationair” te kunnen houden.

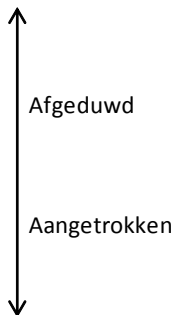
### Positie 2 (view van onderzijde schip)



Figuur 3 - Drukverdeling water oppervlak, Fairplay 22 in positie 2, snelheid 8 knopen

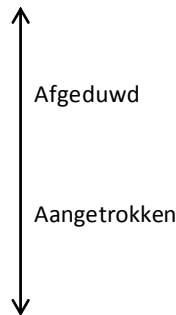
De Fairplay 22 bevindt zich in langsscheepse positie 2, waar het middenschip van de Fairplay 22 zich 50 m voor de bakboordsmidscheeps van de Stena Britannica bevindt, met een dwarsscheepse afstand tussen de schepen van 30 meter.

Tabel 7 – Positie 2, zijwaartse kracht gegenereerd met drifthoek en roerhoek

Positie 2		Zijwaartse kracht F (kN)				
Drift	Roerhoek in graden (positief naar bakboord)					
	-10.0	-5.0	0.0	5.0	10.0	
1.0	12	4	-5	-14	-22	
0.0	5	-3	-12	-21	-29	
-1.0	-2	-10	-19	-28	-37	
-2.0	-9	-18	-26	-35	-44	
-3.0	-16	-25	-34	-42	-51	
-4.0	-23	-32	-41	-49	-58	
-5.0	-30	-39	-48	-57	-65	
-6.0	-38	-46	-55	-64	-72	
-7.0	-45	-53	-62	-71	-79	
-8.0	-52	-60	-69	-78	-86	
-9.0	-59	-67	-76	-85	-94	

De Fairplay 22 wordt met een kracht van 12 kN door de Stena Britannica aangetrokken. De Fairplay 22 kan worden afgeduwd door een stuurboordsroerhoek van 10 graden toe te passen of door een drifthoek van 2 graden over bakboord aan te nemen.

Tabel 8 – Positie 2, giermoment gegenereerd met drifthoek en roerhoek

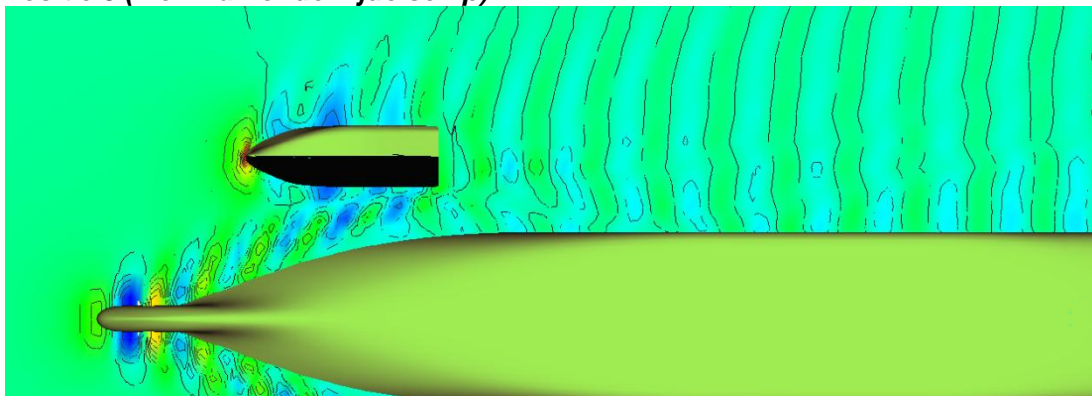
Positie 2		Giermoment M (kNm)					
Drift	Roerhoek in graden (positief naar bakboord)						
	-10.0	-5.0	0.0	5.0	10.0	0.0	
1.0	824	979	1135	1291	1445		
0.0	697	851	1007	1163	1317		
-1.0	569	723	879	1035	1189		
-2.0	441	595	751	907	1062		
-3.0	313	467	623	779	934		
-4.0	185	340	496	651	806		
-5.0	58	212	368	524	678		
-6.0	-70	85	241	396	551		
-7.0	-197	-42	114	269	424		
-8.0	-324	-169	-13	143	297		
-9.0	-450	-296	-140	16	171		

Tevens wordt de boeg van de Fairplay 22 met een giermoment van 1007 kNm van de Stena Britannica afgeduwd. De boeg van Fairplay 22 kan ingedraaid worden door een stuurboordsroerhoek van 5 graden toe te passen in combinatie met een drifthoek van 6 graden over stuurboord.

Bij deze combinatie is de zijwaartse kracht echter 38 kN naar de Stena Britannica toe gericht. Omdat er geen equilibrium tussen zijwaartse kracht en giermoment gecreëerd kan worden zal de Fairplay 22 zal zich in dit gebied niet stationair kunnen houden.

Uit de berekeningen voor een snelheid van 6 knopen blijkt dat voor deze snelheid de Fairplay 22 zich wel stationair kan positioneren.



**Positie 3 (view van onderzijde schip)**


Figuur 4 - Drukverdeling water oppervlak, Fairplay 22 in positie 3, snelheid 8 knopen

De Fairplay 22 bevindt zich in langsscheepse positie 3, waar het middenschip van de Fairplay 22 zich 75 m voor de bakboordsmidscheeps van de Stena Britannica bevindt, met een dwarsscheepse afstand tussen de schepen van 30 meter.

Tabel 9 – Positie 3, zijwaartse kracht gegenereerd met drifthoek en roerhoek

Positie 3		Zijwaartse kracht F (kN)				
Drift	Roerhoek in graden (positief naar bakboord)					
	-5.0	0.0	5.0	10.0	15.0	
5.0	46	33	20	7	-6	↑ Afgeduwd ↓ Aangetrokken
4.0	39	26	13	0	-13	
3.0	32	19	6	-7	-20	
2.0	24	11	-2	-15	-27	
1.0	17	4	-9	-22	-35	
0.0	10	-3	-16	-29	-42	
-1.0	3	-10	-23	-36	-49	
-2.0	-4	-17	-30	-43	-56	
-3.0	-11	-24	-37	-50	-63	
-4.0	-18	-31	-45	-58	-70	
-5.0	-26	-39	-52	-65	-77	

De Fairplay 22 wordt met een kracht van 3 kN door de Stena Britannica aangetrokken. De Fairplay 22 kan worden afgeduwd door een stuurboordsroerhoek van 2 graden toe te passen of door een drifthoek van 1 graad over bakboord aan te nemen.

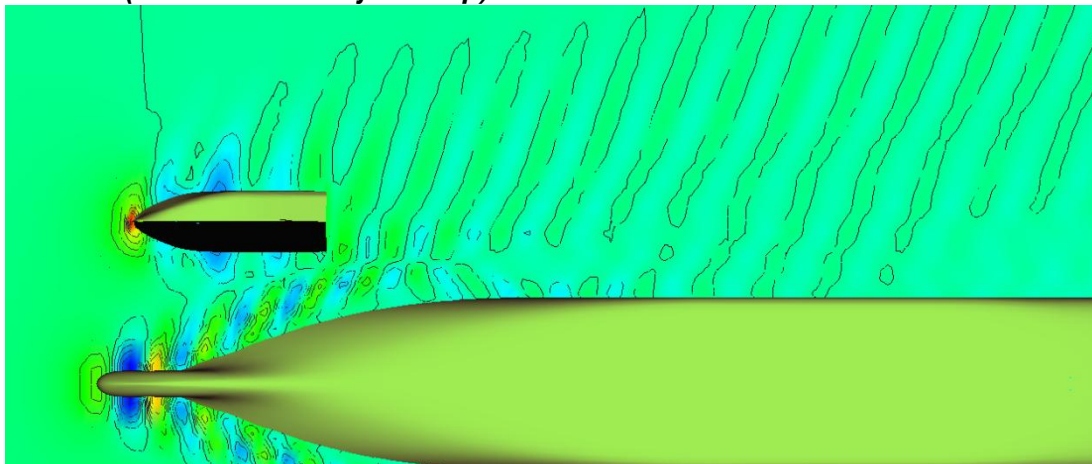
Tabel 10 – Positie 3, giermoment gegenereerd met drifthoek en roerhoek

Positie 3		Giarmoment M (kNm)				
Drift	Roerhoek in graden (positief naar bakboord)					
	-5.0	0.0	5.0	10.0	15.0	0.0
5.0	469	703	937	1168	1397	↑ Afgeduwd ↓ Aangetrokken
4.0	342	575	809	1041	1269	
3.0	214	448	681	913	1142	
2.0	86	320	554	785	1014	
1.0	-42	192	426	658	886	
0.0	-170	<b>64</b>	298	530	758	
-1.0	-298	-64	170	402	630	
-2.0	-426	-192	42	274	502	
-3.0	-553	-320	-86	146	374	
-4.0	-681	-447	-214	18	247	
-5.0	-809	-575	-341	-109	119	

De boeg van de Fairplay 22 wordt met een moment van 64 kNm van de Stena Britannica afgeduwd. De boeg van Fairplay 22 kan ingedraaid worden door een stuurboordsroerhoek van 2 graden toe te passen of door een drifthoek van 1 graad over stuurboord aan te nemen.

Bij deze correcties is de zijwaartse kracht gering. De Fairplay 22 zal dus slechts een klein gebied nodig hebben om zich met kleine variaties van roerhoek en drifthoek "stationair" te kunnen houden.

**Positie 4 (view van onderzijde schip)**



Figuur 5 - Drukverdeling water oppervlak, Fairplay 22 in positie 4, snelheid 8 knopen

De Fairplay 22 bevindt zich in langsscheepse positie 4, waar het middenschip van de Fairplay 22 zich 95 m voor de bakboordsmidscheeps van de Stena Britannica bevindt, met een dwarsscheepse afstand tussen de schepen van 30 meter. De voorloodlijnen van de beide schepen liggen nu op gelijke hoogte.

Tabel 11 – Positie 4, zijwaartse kracht gegenereerd met drifthoek en roerhoek

Positie 4		Zijwaartse kracht F (kN)				
Drift	Roerhoek in graden (positief naar bakboord)					
	-5.0	0.0	5.0	10.0	15.0	
10.0	89	76	63	50	37	↑ Afgeduwd  Aangetrokken ↓
9.0	82	69	56	43	30	
8.0	75	62	49	36	23	
7.0	68	55	42	29	16	
6.0	61	48	35	22	9	
5.0	54	41	28	15	2	
4.0	47	34	20	7	-5	
3.0	39	26	13	0	-12	
2.0	32	19	6	-7	-20	
1.0	25	12	-1	-14	-27	
0.0	18	5	-8	-21	-34	

De Fairplay 22 wordt met een kracht van 5 kN van de Stena Britannica afgeduwd. De Fairplay 22 kan worden toegetrokken door een bakboordsroerhoek van 2 graden toe te passen.

Tabel 12 – Positie 3, giermoment gegenereerd met drifthoek en roerhoek

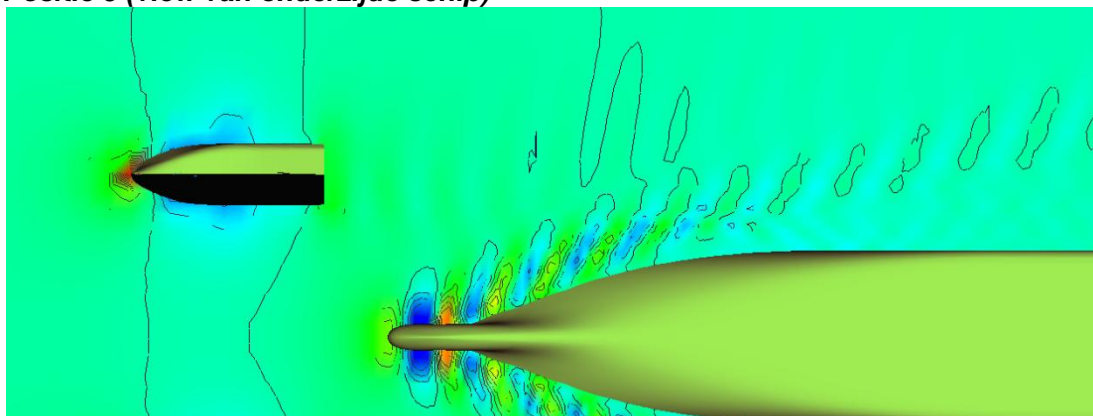
Positie 4 Drift	Giermoment M (kNm)					
	Roerhoek in graden (positief naar bakboord)					
	-5.0	0.0	5.0	10.0	15.0	0.0
10.0	-269	-36	198	430	658	↑ Afgeduwd ↓ Aangetrokken
9.0	-396	-162	<b>72</b>	304	532	
8.0	-522	-288	-55	177	406	
7.0	-649	-415	-182	50	279	
6.0	-776	-542	-309	-77	152	
5.0	-903	-670	-436	-204	24	
4.0	-1031	-797	-564	-332	-103	
3.0	-1159	-925	-691	-459	-231	
2.0	-1286	-1053	-819	-587	-359	
1.0	-1414	-1181	-947	-715	-487	
0.0	-1542	<b>-1309</b>	-1075	-843	-615	

De boeg van de Fairplay 22 wordt met een moment van 1309 kNm naar de Stena Britannica toegetrokken. De boeg van de Fairplay 22 kan afgedraaid worden door een bakboordsroerhoek van 5 graden toe te passen in combinatie met een drifthoek van 9 graden over bakboord.

De Fairplay 22 wordt dan echter met een kracht van 56 kN door de Stena Britannica afgeduwd. Omdat er geen equilibrium tussen zijwaartse kracht en giermoment gecreëerd kan worden zal de Fairplay 22 zich in dit gebied niet stationair kunnen houden.

Uit de berekeningen voor een snelheid van 6 knopen blijkt dat voor deze snelheid de Fairplay 22 zich wel stationair kan positioneren.

#### Positie 5 (view van onderzijde schip)



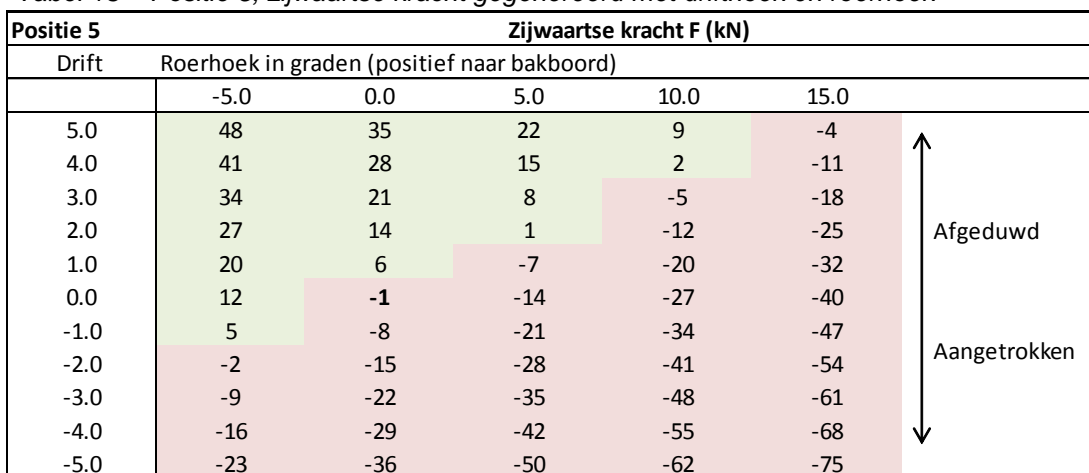
Figuur 6 - Drukverdeling water oppervlak, Fairplay 22 in positie 5, snelheid 8 knopen

De Fairplay 22 bevindt zich in langsscheepse positie 5, waar het middenschip van de Fairplay 22 zich 150 m voor de bakboordsmidscheeps van de Stena Britannica bevindt, met een dwarsscheepse afstand tussen de schepen van 30 meter.

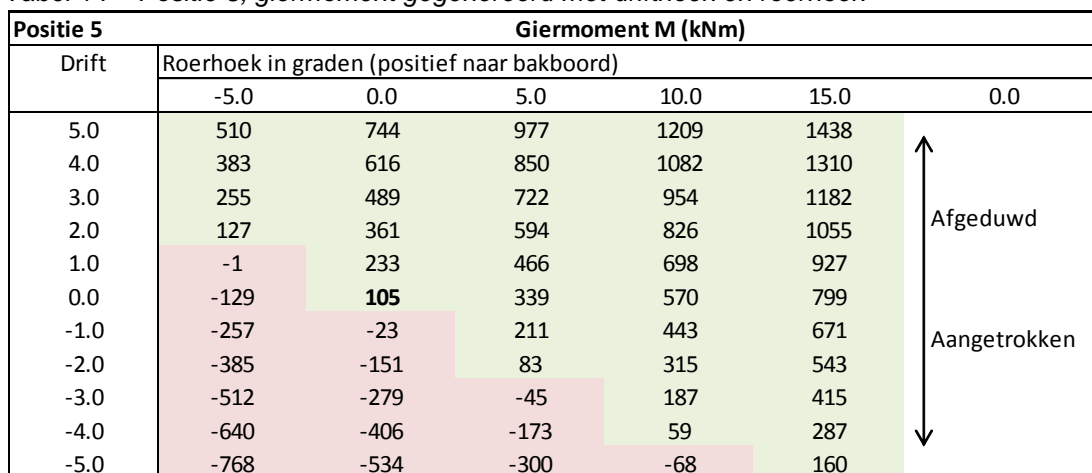
De Fairplay 22 wordt met een kracht van 1 kN (nihil) naar de hartlijn van Stena Britannica toegetrokken.

Daarbij wordt de boeg van de Fairplay 22 met een moment van 105 kNm van de Stena Britannica afgeduwd. De boeg van Fairplay 22 kan ingedraaid worden door een stuurboordsdrifthoek van 1 graad toe te passen.

Tabel 13 – Positie 5, zijwaartse kracht gegenereerd met drifthoek en roerhoek

Positie 5		Zijwaartse kracht F (kN)				
Drift	Roerhoek in graden (positief naar bakboord)					
	-5.0	0.0	5.0	10.0	15.0	
5.0	48	35	22	9	-4	
4.0	41	28	15	2	-11	
3.0	34	21	8	-5	-18	
2.0	27	14	1	-12	-25	
1.0	20	6	-7	-20	-32	
0.0	12	-1	-14	-27	-40	
-1.0	5	-8	-21	-34	-47	
-2.0	-2	-15	-28	-41	-54	
-3.0	-9	-22	-35	-48	-61	
-4.0	-16	-29	-42	-55	-68	
-5.0	-23	-36	-50	-62	-75	

Tabel 14 – Positie 5, giermoment gegenereerd met drifthoek en roerhoek

Positie 5		Giermoment M (kNm)				
Drift	Roerhoek in graden (positief naar bakboord)					
	-5.0	0.0	5.0	10.0	15.0	0.0
5.0	510	744	977	1209	1438	
4.0	383	616	850	1082	1310	
3.0	255	489	722	954	1182	
2.0	127	361	594	826	1055	
1.0	-1	233	466	698	927	
0.0	-129	<b>105</b>	339	570	799	
-1.0	-257	-23	211	443	671	
-2.0	-385	-151	83	315	543	
-3.0	-512	-279	-45	187	415	
-4.0	-640	-406	-173	59	287	
-5.0	-768	-534	-300	-68	160	

Bij deze correctie is de zijwaartse kracht 8 kN. De Fairplay 22 zal een zeer klein gebied nodig hebben om zich met kleine variaties van roerhoek en drifthoek "stationair" te kunnen houden.

In het gebied, voor de boeg van de Stena Britannica, neemt de weerstand van de Fairplay 22 af, tengevolge van de hoge druk die door de Stena Britannica vooruitgestuwd wordt.

## 5.2 RAPID berekening C C1246-C1292\_Drift

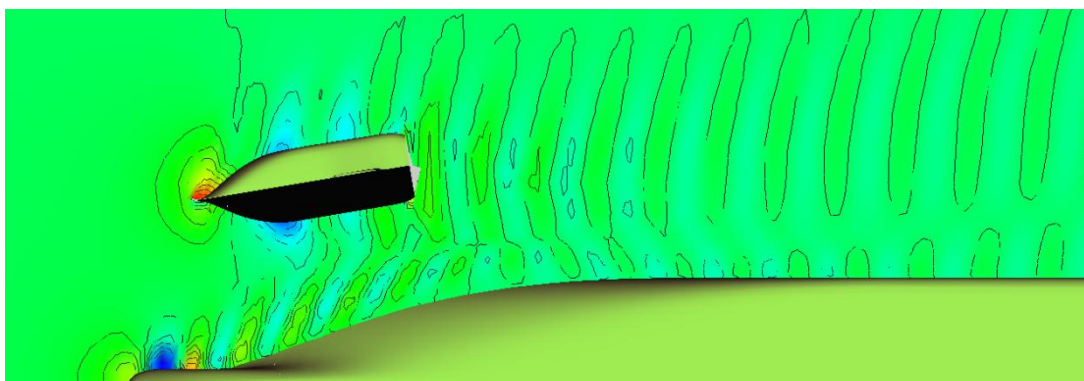
### 5.2.1 Drukverdeling en golfsysteem

Op pagina's F16 tot en met F22 zijn de resultaten van de berekeningen C1246-C1292\_Drift te zien voor beide schepen parallel aan elkaar varend met een dwarsscheepse afstand tussen de schepen (hartlijnen) van 30 m, met een snelheid van 7.2 knopen. De relatieve positie van de twee schepen verandert niet tijdens de berekening.

De berekeningen zijn voor een conditie waarin de Fairplay 22 een drifthoek van 9.5 graden heeft relatief ten opzichte van de bewegingsrichting van de Stena Britannica door het water. Bij deze drifthoek is de boeg van de Fairplay 22 in de richting van de Stena Britannica gedraaid.

De volgende globale aspecten volgen uit deze RAPID berekening:

- Vanaf de boeg van de Stena Britannica ontwikkelt zich een gematigd divergerend golfsysteem en een rustig transversaal golfsysteem, dat zich in de richting van het achterschip langzaam uitdempt.
- Boven de bulb van de Stena Britannica heerst een lokale lage druk, dit resulteert in een kort en relatief diep golfdal dwars van de achterzijde van de bulb
- Direct achter de bulb wordt de druk iets verhoogd door de stagnatie van de boeg en vormt zich een kleine korte boeggolf.
- Achter de boeggolf vormt zich een tweede golfdal dat nog relatief kort en diep is.
- Verder naar achteren dempen de golven zich vrij snel uit.
- Rond de voorschouder, de midscheeps en de achterschouder van de Fairplay 22 ontwikkelt zich een relatief diep golfdal, de golflengte hiervan wordt bepaald door het hogere Froude getal waarop de Fairplay 22 vaart.
- De drukverdeling rond de Fairplay 22 is sterk asymmetrisch, waardoor een verandering van het draaimoment is ontstaan ten opzichte van de conditie zonder drift.



Figuur 1 - Hydrodynamische drukverdeling op het wateroppervlak – snelheid 7.2 knopen

### 5.2.2 Zijwaartse kracht

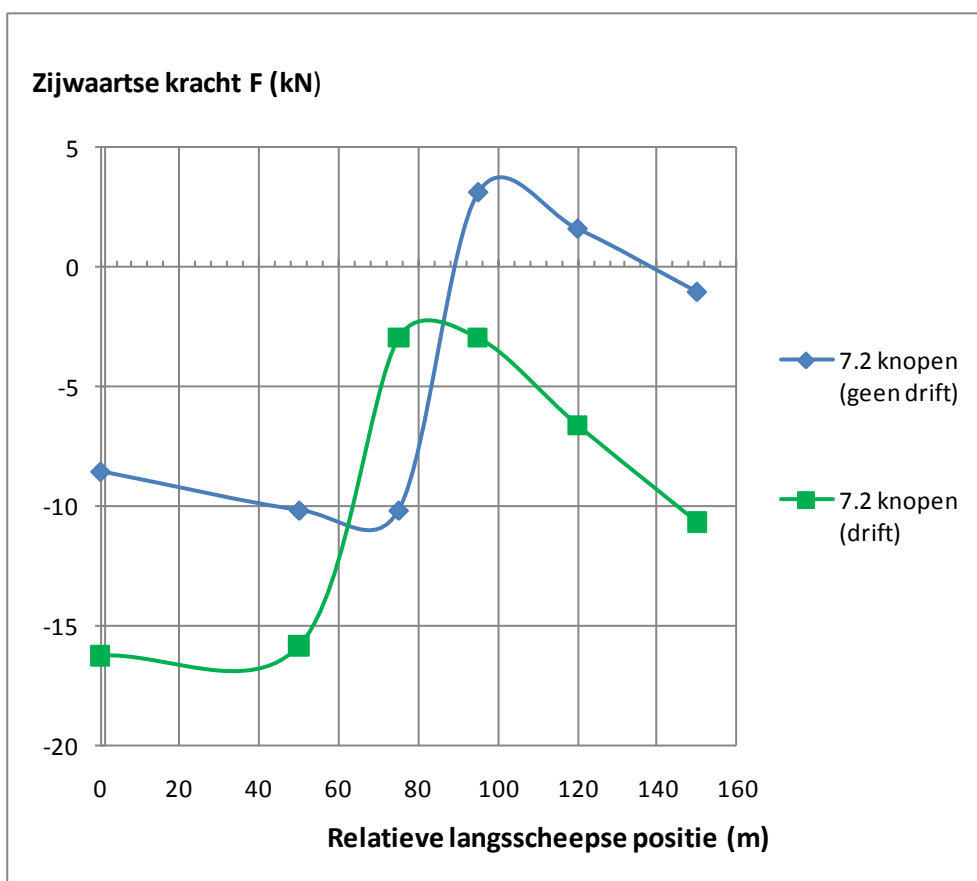
De zijwaartse kracht door de Stena Britannica uitgeoefend op de romp van de Fairplay 22 werd berekend door de integratie van de drukverdeling op de romp. De resultaten van deze berekening voor positie 1-5, worden getoond op pagina's F16-F18 (drukverdelingen op het water oppervlak) en pagina's F20-F22 (drukverdelingen op de scheepsromp).

In de onderstaande tabel en grafiek staan de resultaten voor 6 geselecteerde relatieve langsscheepse posities van de Fairplay 22 langs de Stena Britannica. In positie 1 bevindt het middenschip van de Fairplay 22 zich dwarscheeps van het middenschip van de Stena Britannica. In positie 4 bevinden de voorloodlijnen van beide schepen zich op gelijke hoogte. In positie 5 bevindt de midscheeps van de Fairplay 22 zich 120 m voor de midscheeps van de Stena Britannica. De Fairplay 22 heeft een naar de Stena Britannica toe gerichte drifthoek van 9.5 graden.

De verschillende posities zijn gevisualiseerd in de figuren op pagina's F16 tot en met F18.

Tabel 15 - Zijwaartse kracht voor gevarieerde relatieve langsscheepse positie

Snelheid 7.2 knopen	Positie 1	Positie 2	Positie 3	Positie 4	Positie 5	Positie 6
	Relatieve langsscheepse positie (m)					
	0	50	75	95	120	150
	F (kN)	F (kN)	F (kN)	F (kN)	F (kN)	F (kN)
Geen drift	-8.5	-10.2	-10.2	3.2	1.6	-1.0
Met drift	-16.3	-15.9	-3.0	-3.0	-6.6	-10.7



Grafiek 5 - Zijwaartse kracht voor gevarieerde relatieve langsscheepse positie

De zijwaartse kracht is negatief als de Fairplay 22 wordt aangetrokken en positief als de Fairplay 22 wordt afgestoten.

De resultaten voor snelheid 7.2 knopen laten zien dat wanneer het middenschip van de Fairplay 22 zich in positie 1, naast het middenschip van de Stena Britannica bevindt, de Fairplay 22 wordt aangetrokken. 50 m verder naar voren, in positie 2 wordt de Fairplay



22 nog steeds aangetrokken. In positie 3 en 4 is er nauwelijks sprake van een zijwaartse kracht, maar verder naar voren wordt de Fairplay 22 weer naar de centerlijn van de Stena Britannica toegetrokken.

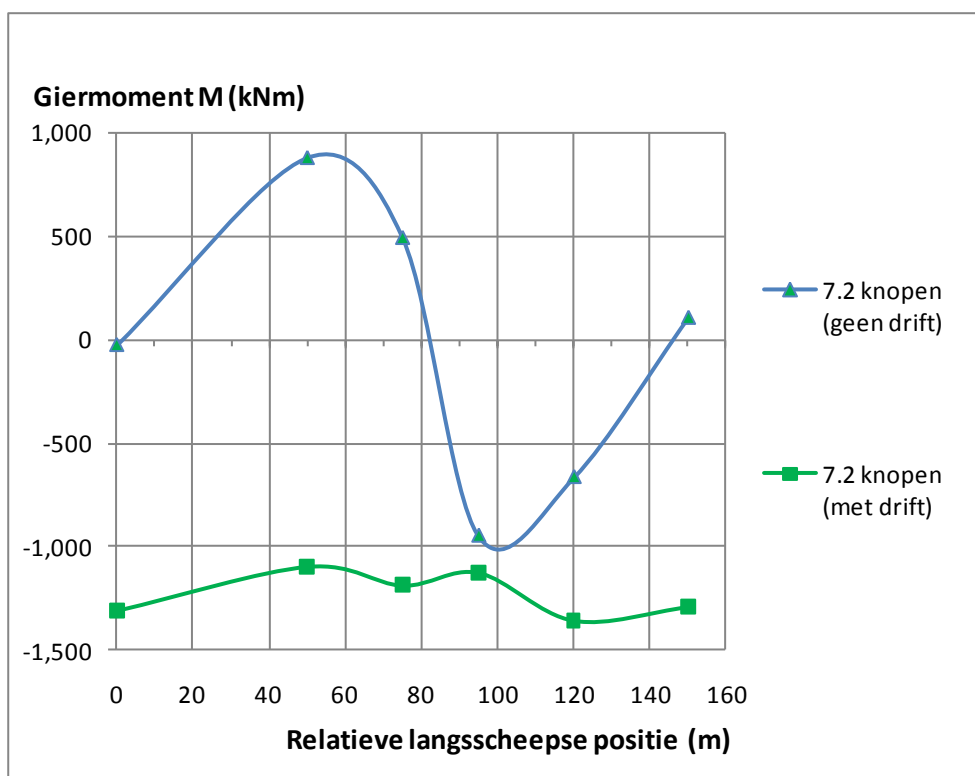
Ter vergelijking is aan de grafiek het resultaat van de berekening voor 7.2 knopen, zonder drift, toegevoegd. Uit de resultaten blijkt dat in vergelijking met een situatie zonder drifthoek de aantrekkende kracht aanzienlijk in sterkte is toegenomen. Dit wordt veroorzaakt door het grotere venturi-effect als gevolg van de kleinere doorsnede tussen de veerboot en sleepboot. De zijwaartse kracht van -10.7 kN in positie 6 is de netto aantrekkingskracht door de basisstroming buiten de beïnvloeding van de veerboot.

### 5.2.3 Giermoment

Het giermoment door de Stena Britannica uitgeoefend op de romp van de Fairplay 22 bij een snelheid van 7.2 knopen werd berekend door de integratie van de drukverdeling op de romp. De resultaten van deze berekening voor positie 1-5, worden getoond op pagina's F16-F18 (drukverdelingen op het water oppervlak) en pagina's F20-F22 (drukverdelingen op de scheepsromp). In de onderstaande tabel en grafiek staan de resultaten voor de 5 geselecteerde relatieve langsscheepse posities van de Fairplay 22 langszij de Stena Britannica. Ter referentie is ook de grafiek toegevoegd van de giermomenten zonder drifthoek.

Tabel 16 - Giermoment voor gevarieerde relatieve langsscheepse positie

Snelheid 7.2 knopen	Positie 1	Positie 2	Positie 3	Positie 4	Positie 5	Positie 6
	Relatieve langsscheepse positie (m)					
	0	50	75	95	120	150
	M (kNm)	M (kNm)	M (kNm)	M (kNm)	M (kNm)	MY (kNm)
Geen drift	-26	877	491	-947	-664	105
Met drift	-1307	-1094	-1185	-1124	-1355	-1289



Grafiek 6 - Giermoment voor gevarieerde relatieve langsscheepse positie  
Snelheid 7.2 knopen



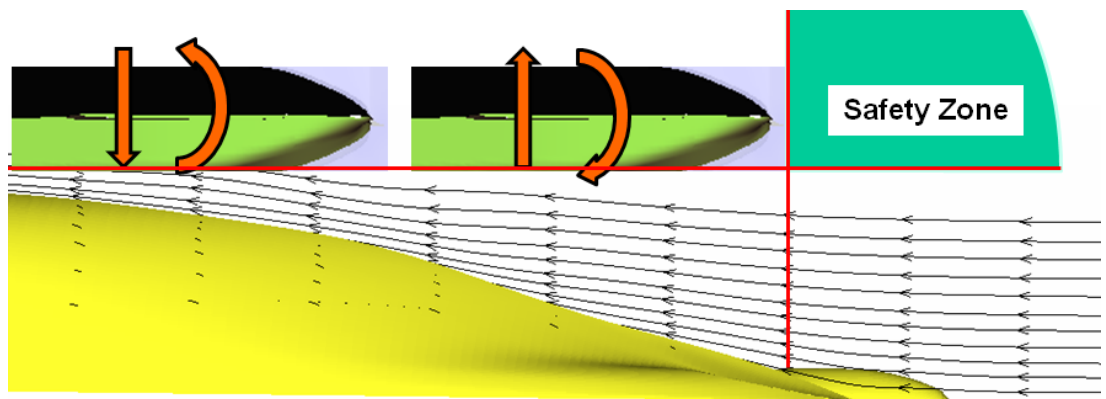
Het giermoment is positief als de boegen uit elkaar worden geduwd en negatief als de boegen naar elkaar toe worden getrokken.

Uit de resultaten blijkt dat als gevolg van de drifthoek van de Fairplay 22, met de boeg naar de Stena Britannica toe, er in alle langsscheepse posities een naar de Stena Britannica draaiend moment aanwezig is: de grootte van dit moment is ongeveer gelijk aan het basis moment buiten de beïnvloeding van de veerboot. Het giermoment bij drifthoek is groter dan het moment zonder drifthoek.

### 5.3 Veiligheidszones

Uit de resultaten van de berekeningen blijkt dat de hydrodynamische invloed tussen beide schepen afhangt van de snelheid en de positie van beide schepen ten opzichte van elkaar. De hydrodynamische invloed bestaat uit twee componenten: een dwarsscheepse kracht en een draaiend moment. Zowel de grootte als de richting van de dwarsscheepse kracht en het draaiend moment veranderen naarmate de Fairplay 22 zich in lengterichting dichterbij de boeg van de Stena Britannica bevindt. Daarnaast nemen de hydrodynamische krachten sterk toe bij hogere snelheid van de schepen en bij kortere afstand van de schepen ten opzichte van elkaar.

Uit de resultaten van het onderzoek blijkt verder dat de krachten en momenten dermate groot zijn, dat de Fairplay 22 in een aantal posities zodanig wordt aangetrokken en gedraaid dat de Fairplay 22 niet meer weg kan raken van de Stena Britannica. Bij de snelheid die beide schepen ten tijde van het ongeval voeren, kon de sleepboot het veiligst manoeuvreren indien het zich in de "Safety zone" bevindt, zoals onderstaand is weergegeven. Indien de afstand tussen de sleepboot en Stena Britannica minder wordt neemt de kans toe dat de sleepboot niet meer weg kan raken van de Stena Britannica met een aanvaring tot gevolg.



Figuur 6 - Safety zone voor havensleepboot vastmaak operatie

## 6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De volgende conclusies en aanbevelingen zijn een samenvatting van de bevindingen in dit project:


- Hydrodynamische berekeningen zijn uitgevoerd om een beoordeling te kunnen maken van de interactie tussen de Stena Britannica en de Fairplay 22. De drukverdelingen over de romp zijn geïntegreerd en de zijwaartse kracht en het giermoment zoals door de Stena Britannica op de havensleepboot uitgeoefend zijn berekend.
- Wanneer het middenschip van de Fairplay 22 zich in positie 1, dwars van de midscheeps van de Stena Britannica, bevindt wordt de Fairplay 22 licht aangetrokken en minimaal met de boeg naar de Stena Britannica toedraaid. 50 m naar voren, in positie 2, wordt de Fairplay 22 nog steeds licht aangetrokken, maar wordt de boeg sterk afgeduwd naar buiten. Vanaf positie 3 draait de boeg naar binnen en in positie 4, waar de voorloodlijnen van de schepen op gelijke hoogte liggen draait de boeg zelfs sterk naar binnen. In positie 5 bevindt de Fairplay 22 zich vrijwel buiten de beïnvloeding van de Stena Britannica.
- De sterkte van de zijwaartse kracht is beperkt, maar de grootte van het giermoment is significant ten opzichte van de manoeuvreermogelijkheden van de Fairplay 22. Zowel de zijwaartse kracht als het giermoment neemt toe in grootte bij hogere snelheden, bij een afnemende dwarsscheepse afstand tussen de schepen en bij een drifthoek van de Fairplay 22 met de boeg naar de veerboot toe.
- Bij een snelheid van 8 knopen kan de Fairplay 22 zijn stationaire posities 2 en 4 niet handhaven; het giermoment is dusdanig groot dat er geen combinatie van thruster hoek en drifthoek gevonden kan worden waarin het giermoment gecompenseerd kan worden zonder dat dit tot een grote zijwaartse kracht leidt.
- Aanvullende berekeningen zijn uitgevoerd voor een drifthoek van de Fairplay 22 van 9.5 graden naar de Stena Britannica toedraaid en een snelheid van 7.2 knopen. Uit de resultaten blijkt dat bij een drifthoek de stroming rond de boeg verandert. Zowel de grootte van de hydrodynamische kracht als het draaiend moment nemen sterk toe bij toepassing van de drifthoek. Hiermee neemt het risico dat de Fairplay 22 niet meer weg kan raken van de Stena Britannica verder toe.
- Het hanteren van een lagere snelheid bij de manoeuvre vergroot het reservevermogen van de Fairplay 22 om weg te raken uit de invloedssfeer van de Stena Britannica. Het wordt aanbevolen dat tijdens de vastmaakprocedure de snelheid door het water van de Stena Britannica niet hoger is dan 6 knopen.

- Het wordt aanbevolen om bij het manoeuvreren ter hoogte van het voorschip van de Stena Britannica rekening te houden met een Safety zone. In het gebied tussen de Safety zone en de Stena Britannica nemen de hydrodynamische kracht en het draaiend moment zodanig toe dat de Fairplay 22 niet meer weg kan komen om een aanvaring te vermijden.

De bovenstaande conclusies vervangen op geen enkele manier de gedetailleerde verklaringen gedaan in de voorgaande hoofdstukken en in de tabellen en figuren met resultaten.

Wageningen, september 2011

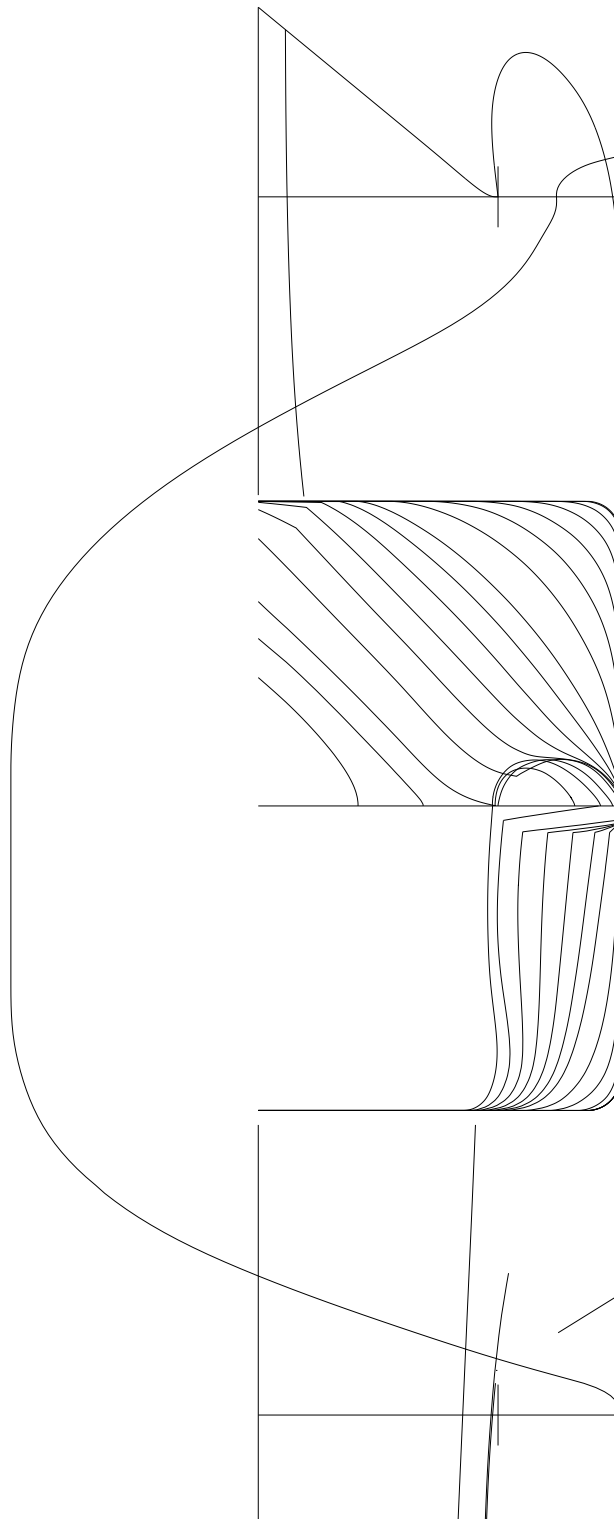
MARITIME RESEARCH INSTITUTE NETHERLANDS



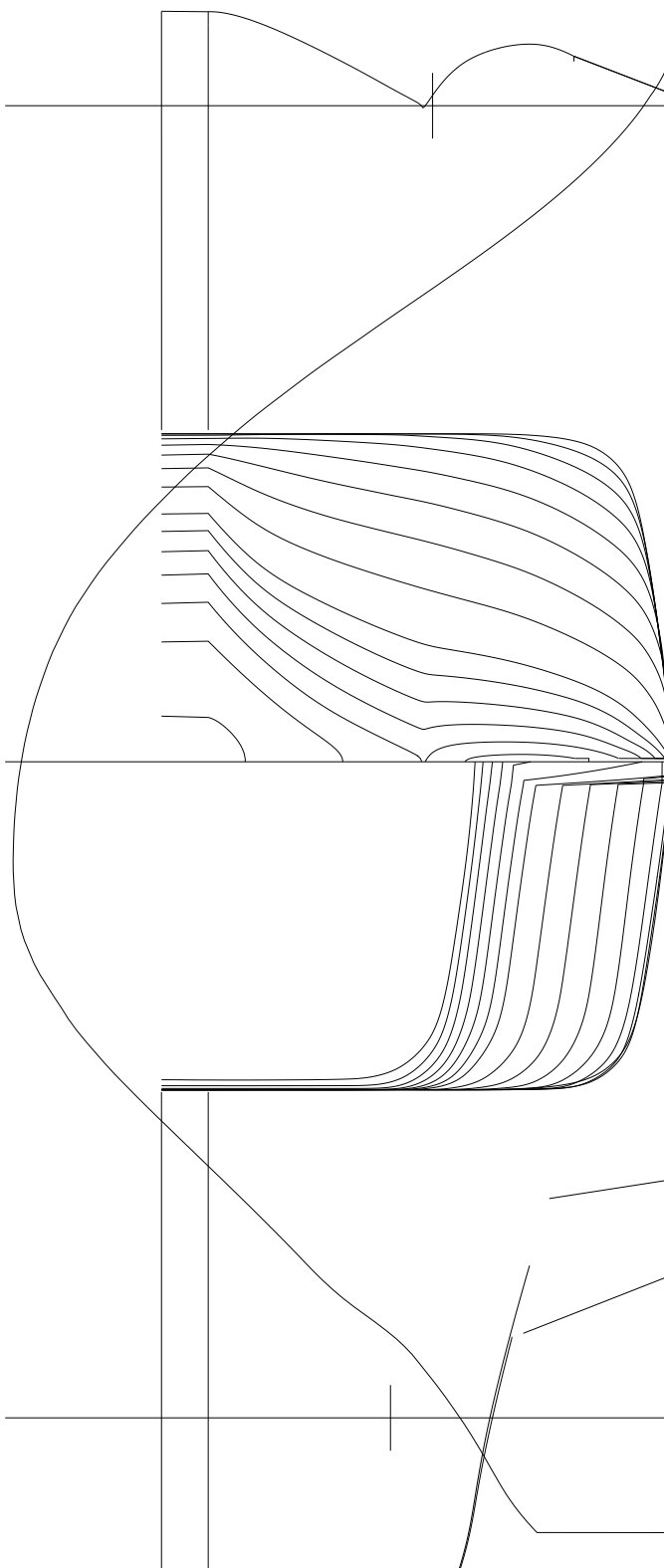
Ir. J.H. de Jong  
Manager Ships

**GEGEVENS VAN DE SCHEPEN**

Romp gegevens	Symbool	Reken model No.		Eenheid
		C1246	C1292	
Length between perpendiculars	$L_{PP}$	225.600	28.680	m
Length on waterline	$L_{WL}$	231.384	31.365	m
Length overall submerged	$L_{OS}$	232.530	32.200	m
Breadth moulded on WL	B	32.000	10.760	m
Draught moulded on FP	$T_F$	6.40	3.89	m
Draught moulded on AP	$T_A$	6.40	4.58	m
Displacement volume moulded	$\nabla$	33364.	852.	m <sup>3</sup>
Displacement mass in seawater	$\Delta_1$	34198.	873.	t
Wetted surface area bare hull	S	8385.	454.	m <sup>2</sup>
LCB position aft of FP	FB	118.06	15.90	
Block coefficient	$C_B$	0.722	0.652	-
Midship section coefficient	$C_M$	0.994	0.912	-
Prismatic coefficient	$C_P$	0.727	0.714	-
Length-Breadth ratio	$L_{PP}/B$	7.050	2.666	-
Breadth-Draught ratio	B/T	5.000	2.539	-



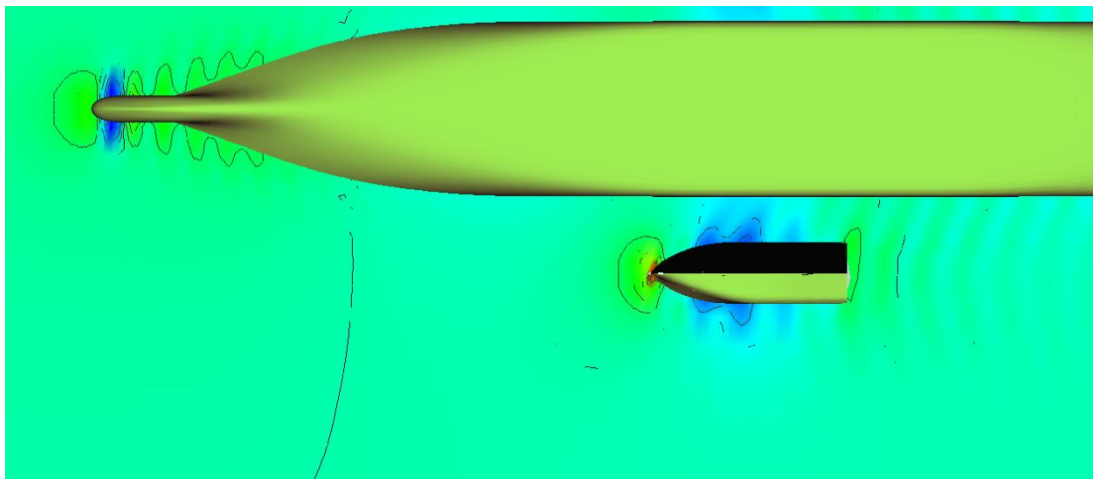
*Stena Britannica - Spantenplan, boeg en hekprofielen en kromme van spantoppervlaktes*



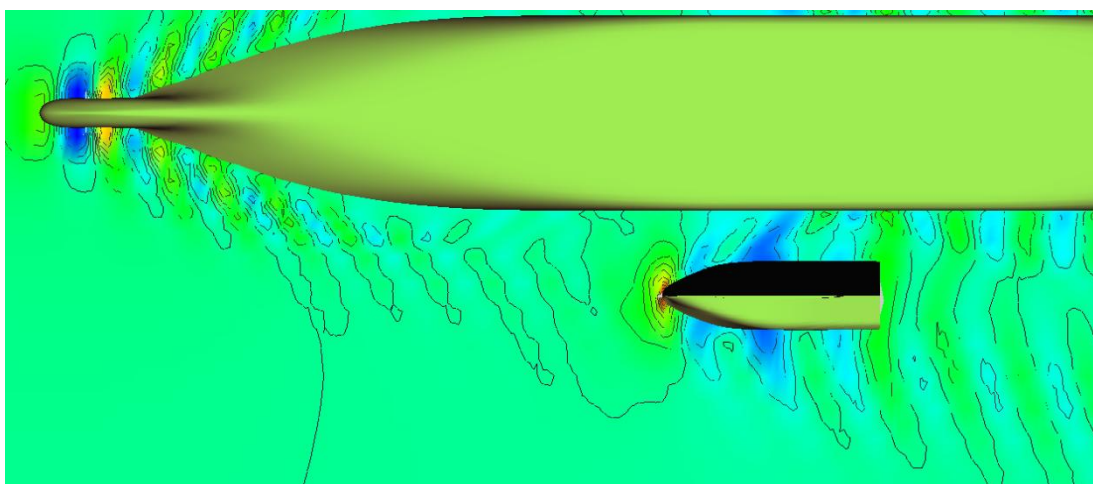
*Fairplay 22 - Spantenplan, boeg en hekprofielen en kromme van spantoppervlaktes*

*Drukverdelingen op het wateroppervlak  
Posities 1 - 5, snelheid 6, 8 en 10 knopen, geen drifthoek*

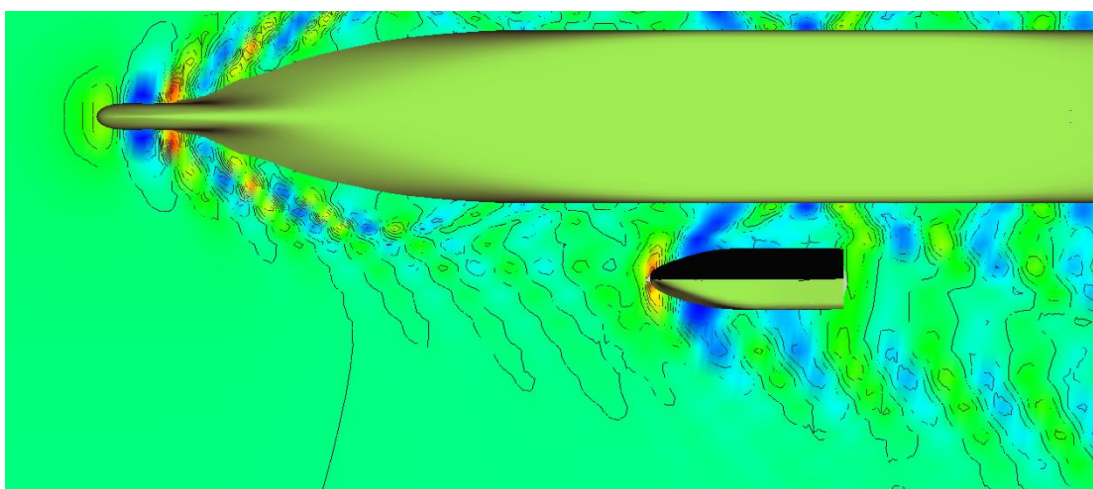




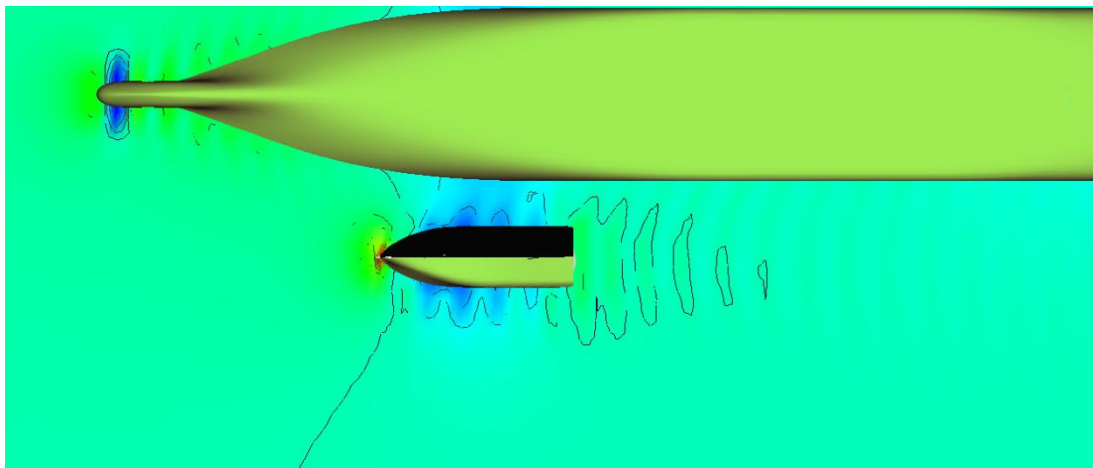
*Positie 1 - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 6 knopen*



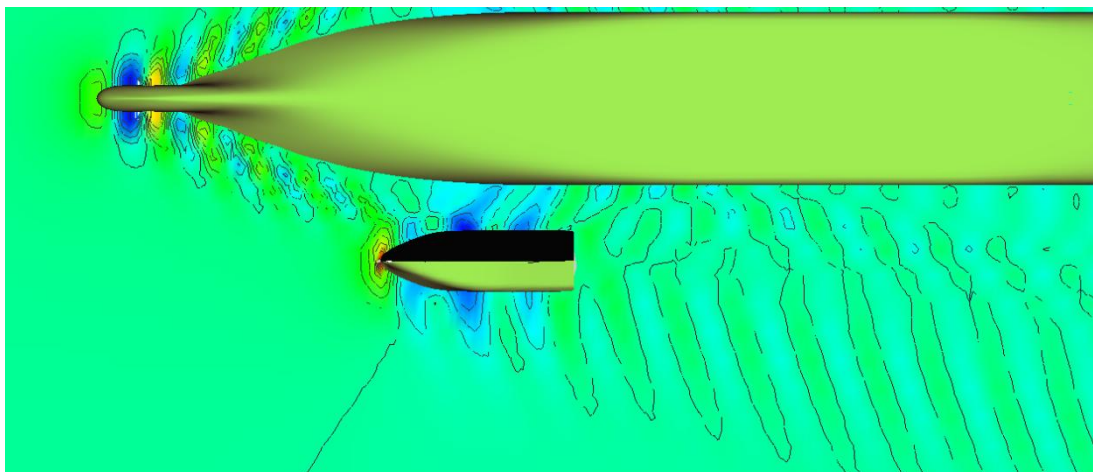
*Positie 1 - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 8 knopen*



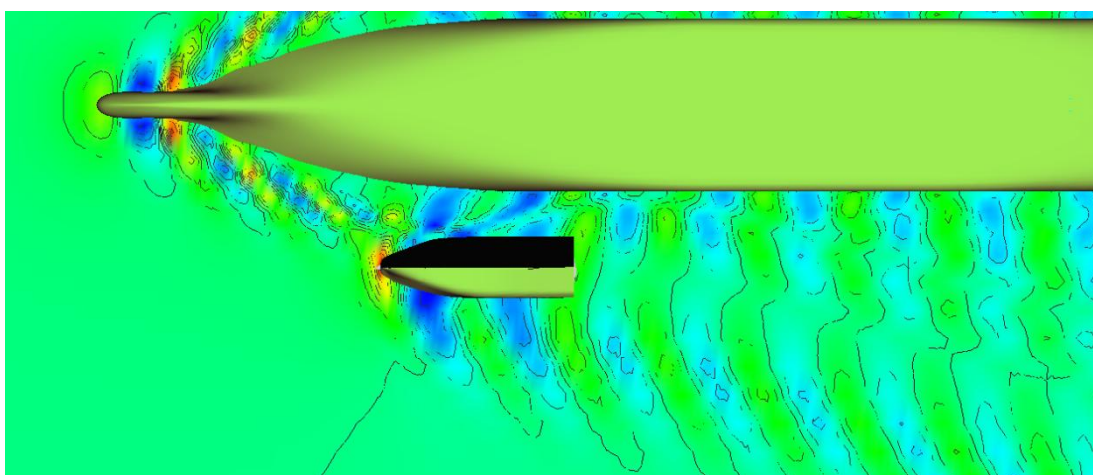
*Positie 1 - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 10 knopen*



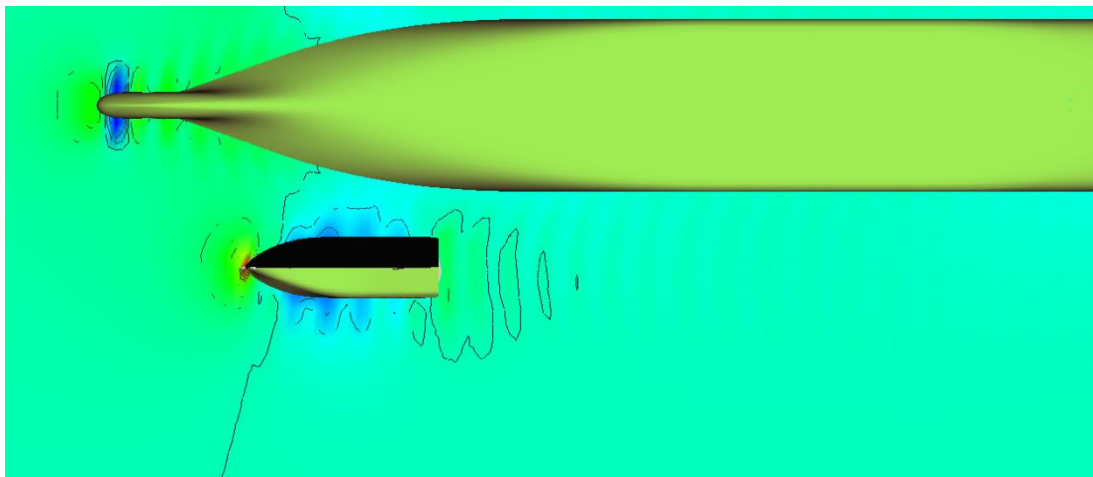
*Positie 2 - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 6 knopen*



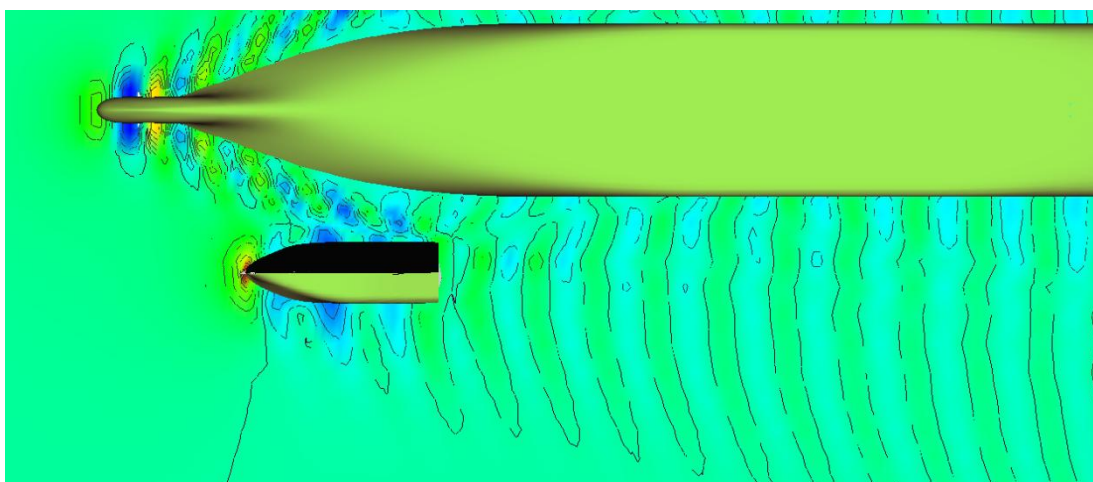
*Positie 2 - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 8 knopen*



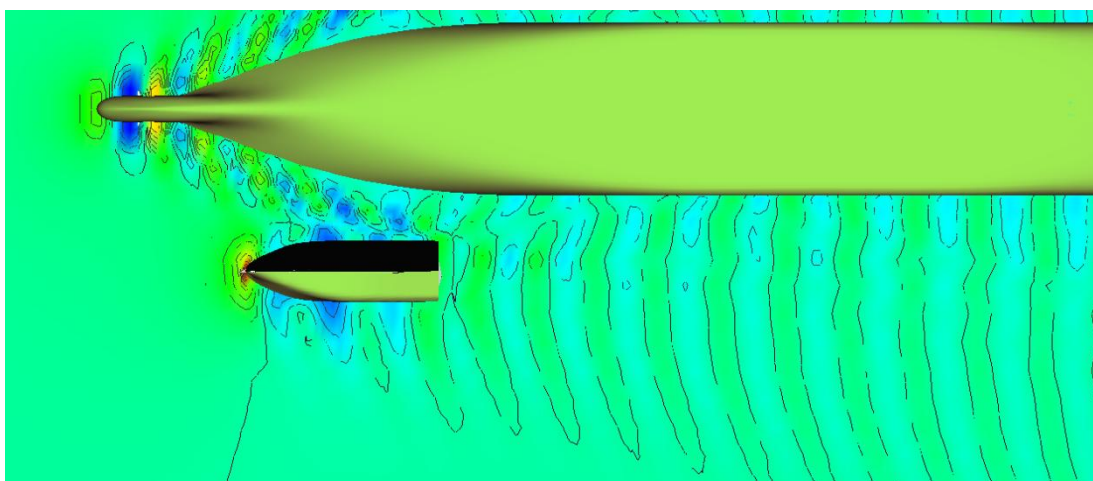
*Positie 2 - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 10 knopen*



*Positie 3 - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 6 knopen*

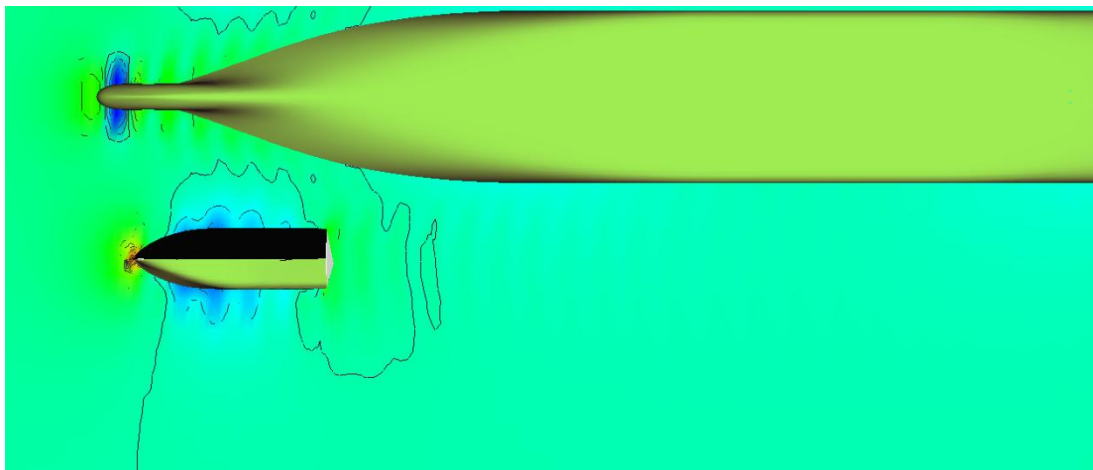


*Positie 3 - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 8 knopen*

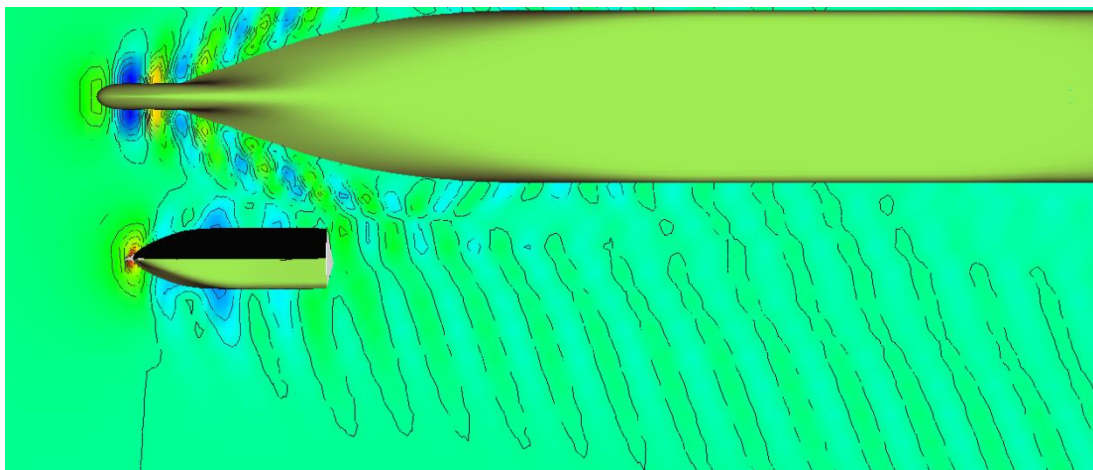


*Positie 3 - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 10 knopen*

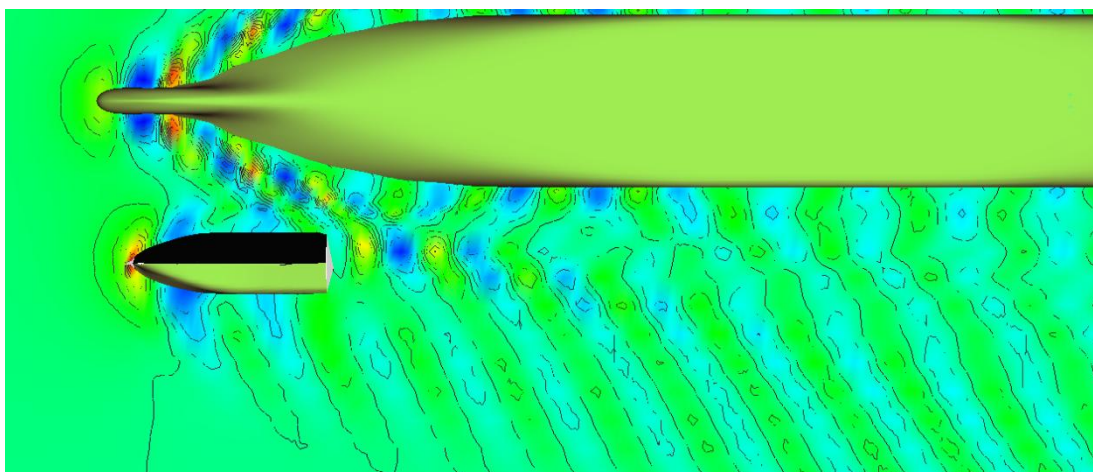




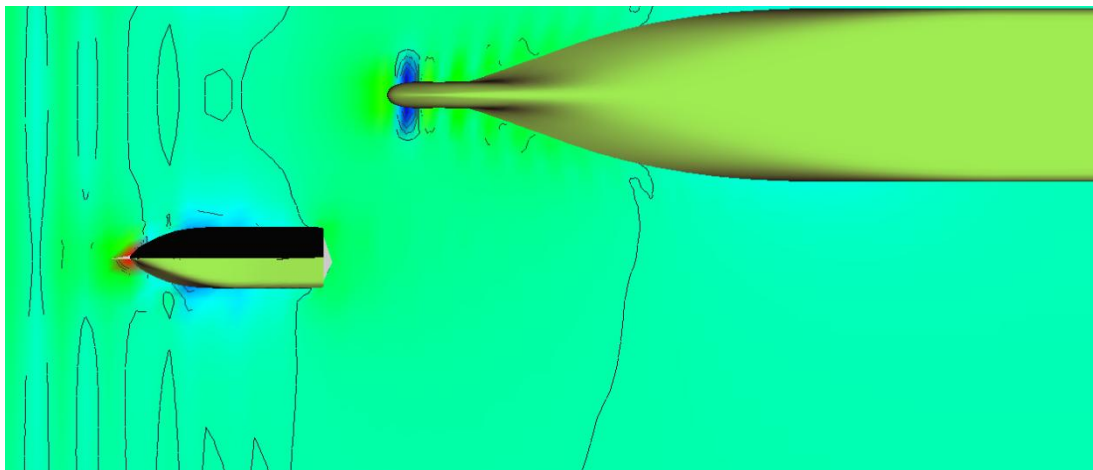
*Positie 4 - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 6 knopen*



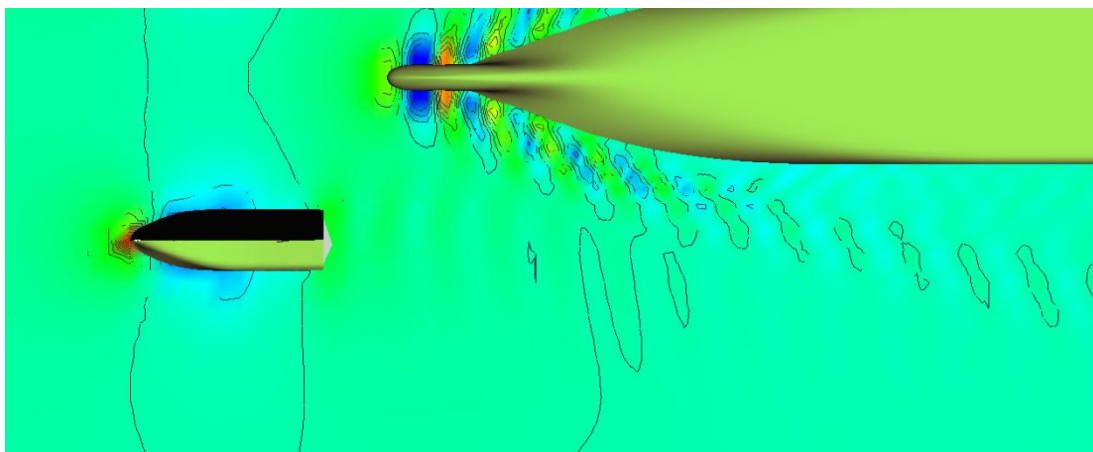
*Positie 4 - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 8 knopen*



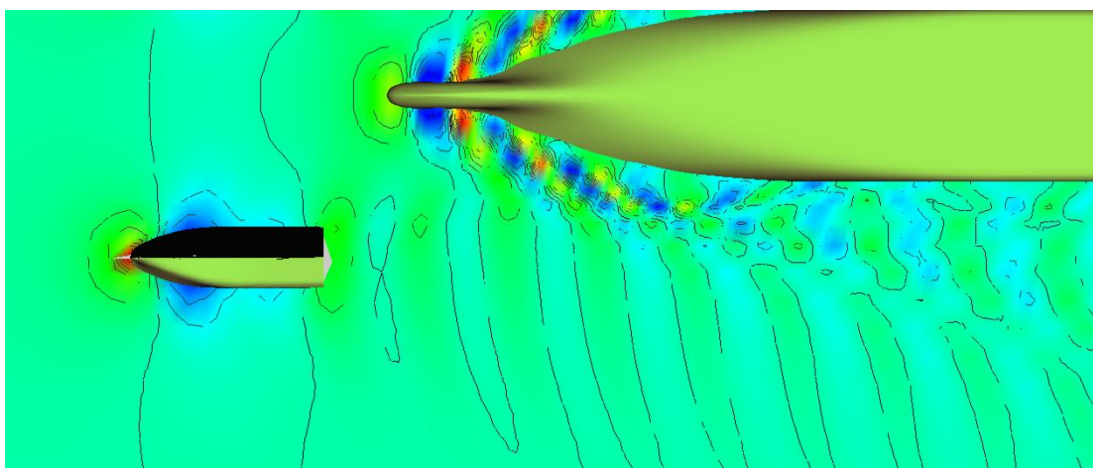
*Positie 4 - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 10 knopen*



*Positie 5 - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 6 knopen*

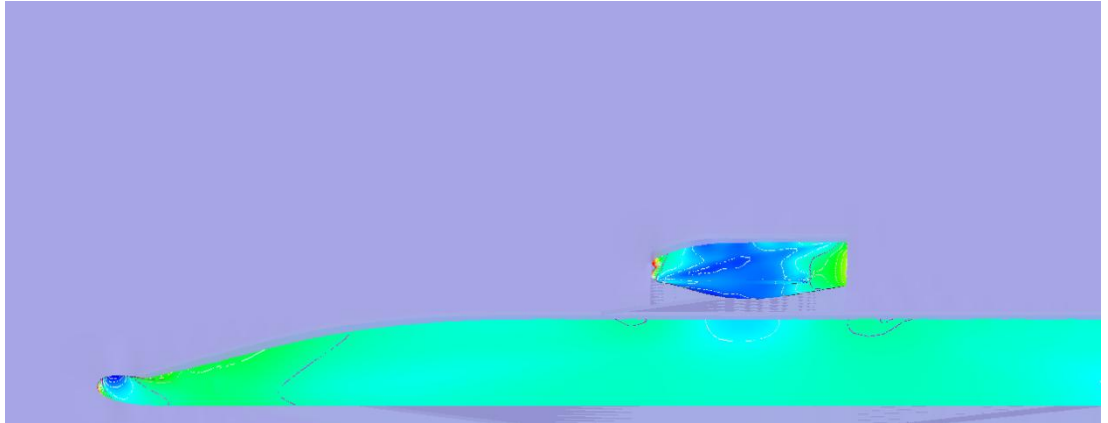


*Positie 5 - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 8 knopen*

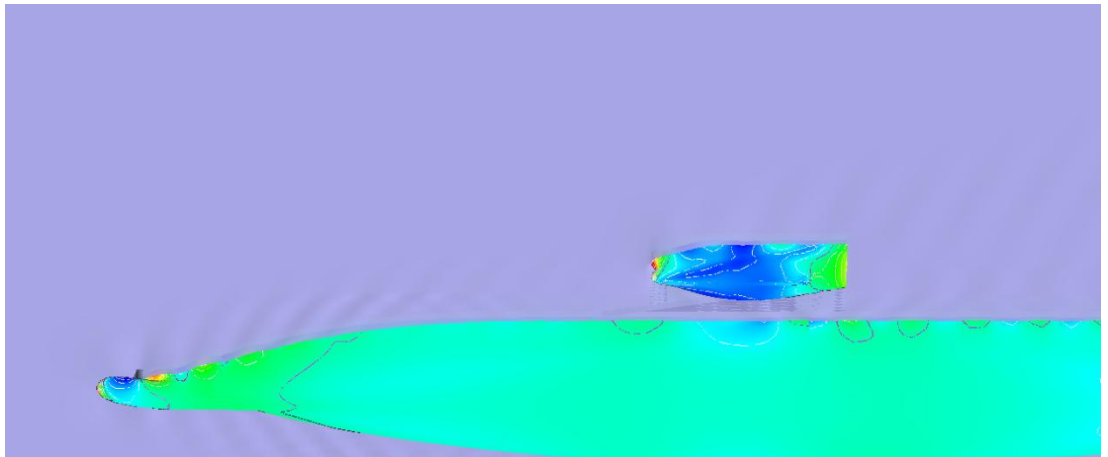


*Positie 5 - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 10 knopen*

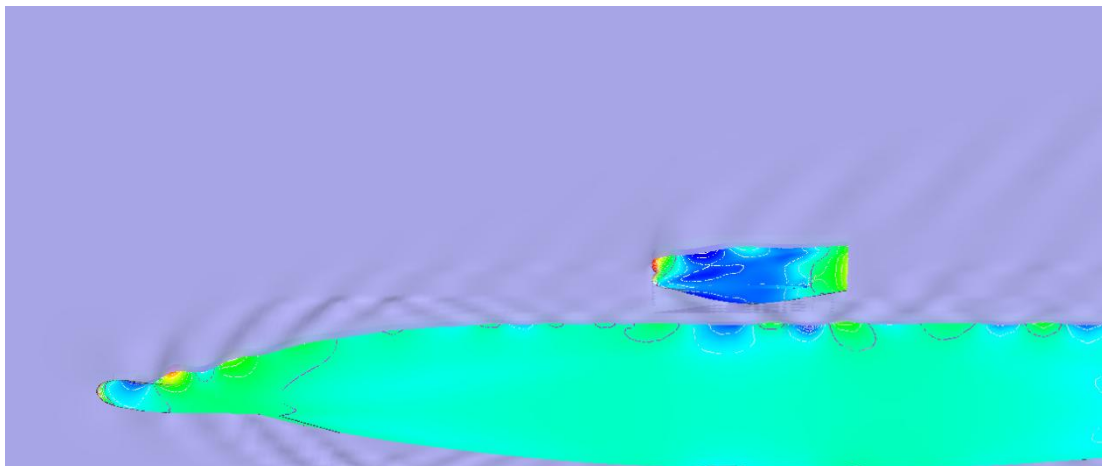
*Drukverdelingen op de scheepsromp  
Posities 1 - 5, snelheid 6, 8 en 10 knopen, geen drifthoek*



*Positie 1 - Hydrodynamische drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 6 knopen*

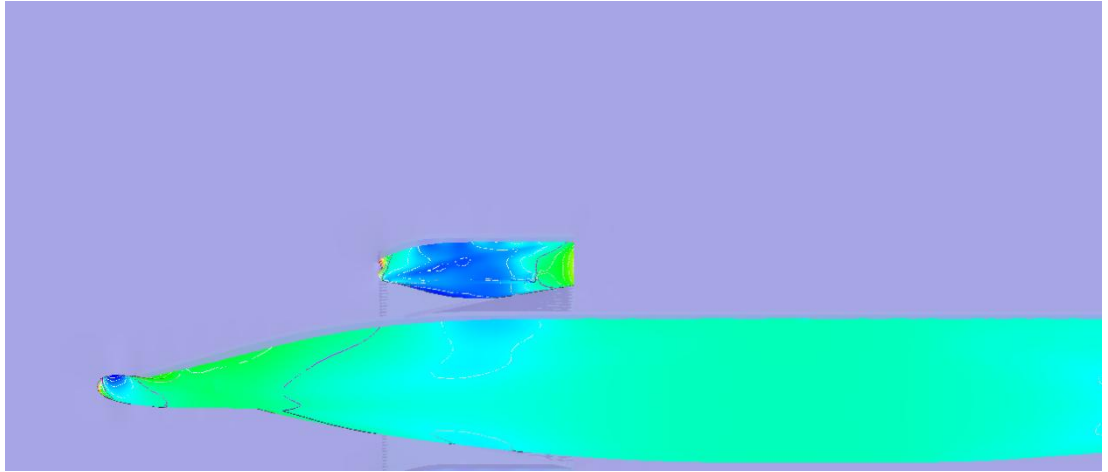


*Positie 1 – Hydrodynamische drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 8 knopen*

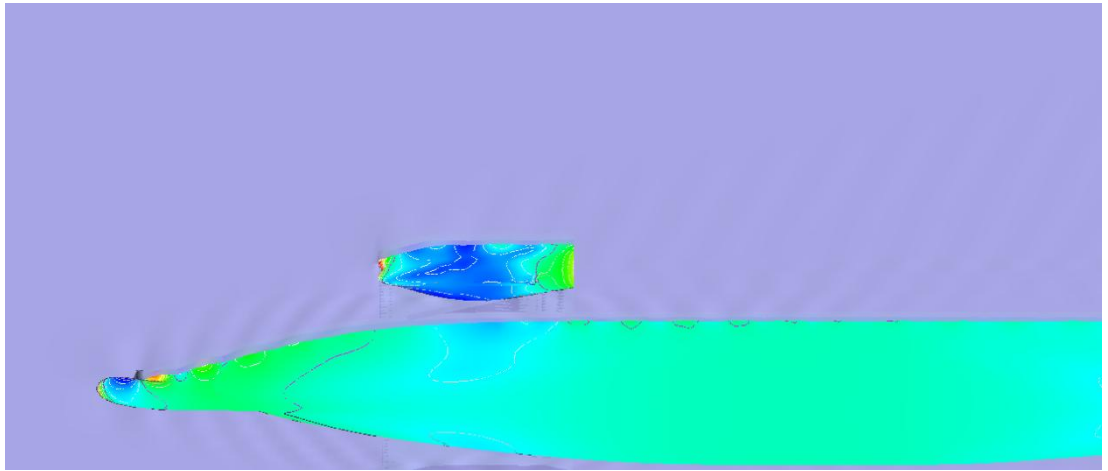


*Positie 1 – Hydrodynamische drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 10 knopen*

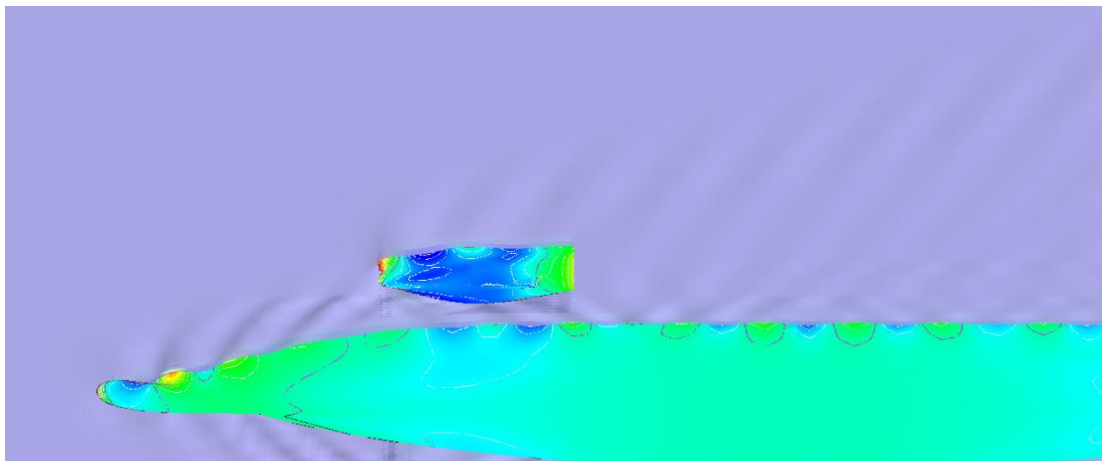




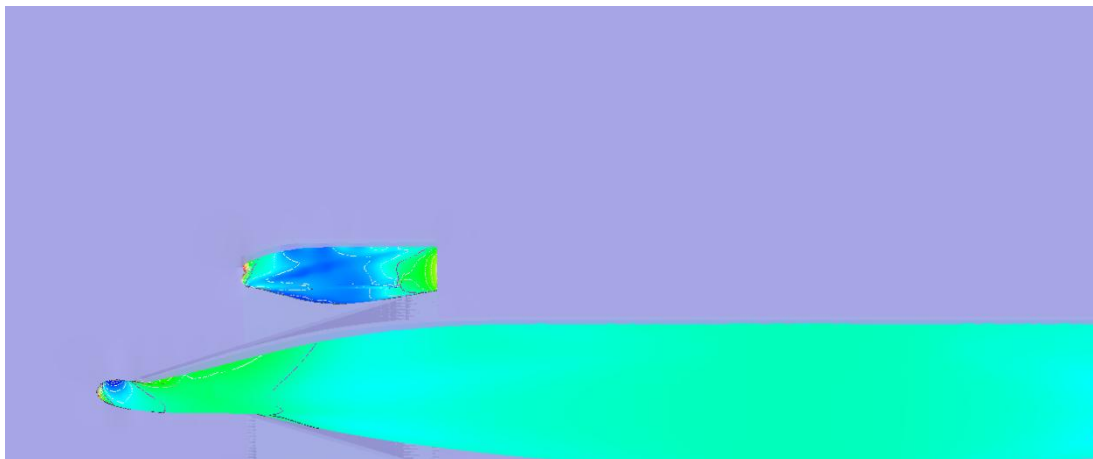
*Positie 2 - Hydrodynamische drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 6 knopen*



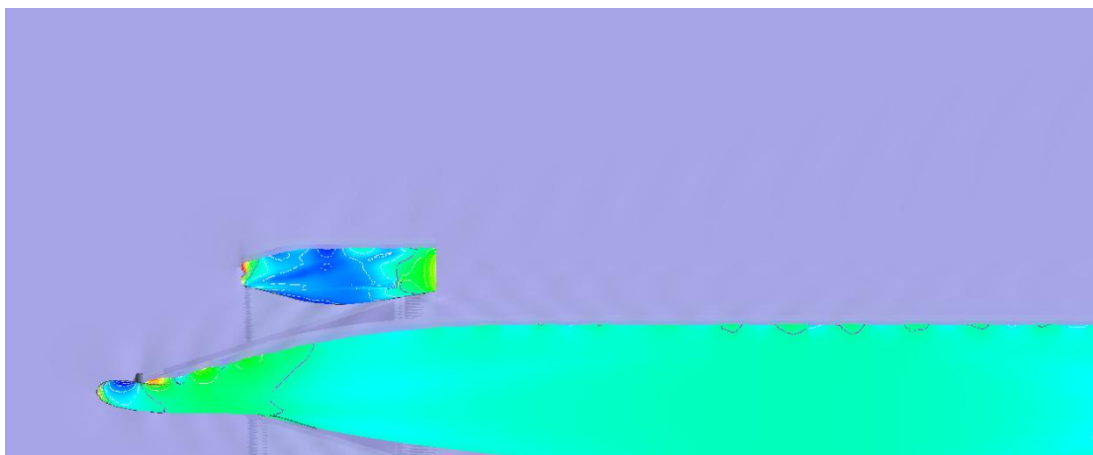
*Positie 2 - Hydrodynamische drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 8 knopen*



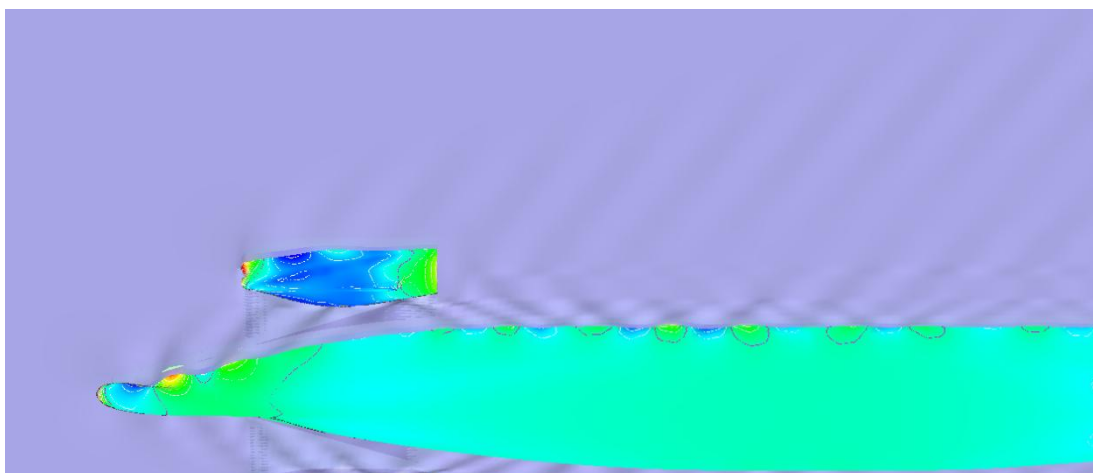
*Positie 2 - Hydrodynamische drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 10 knopen*



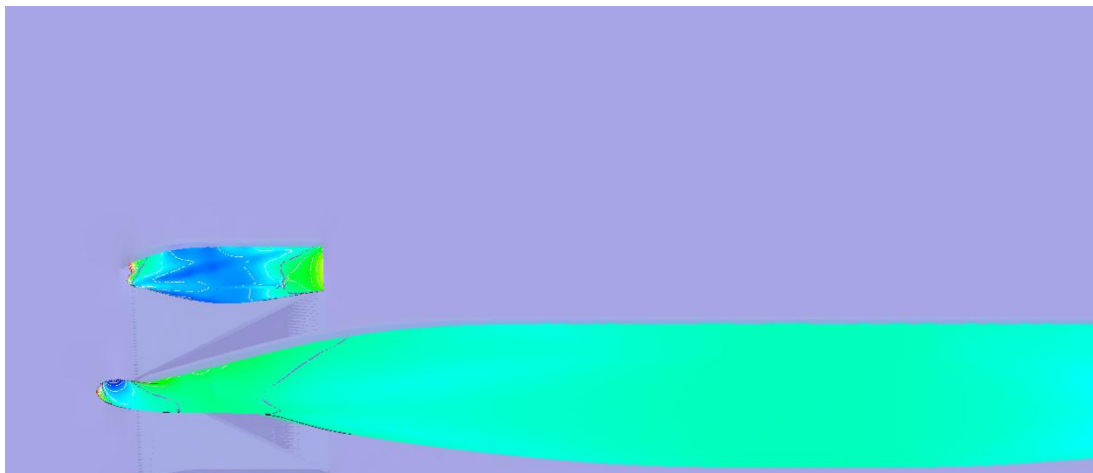
*Positie 3 - Hydrodynamische drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 6 knopen*



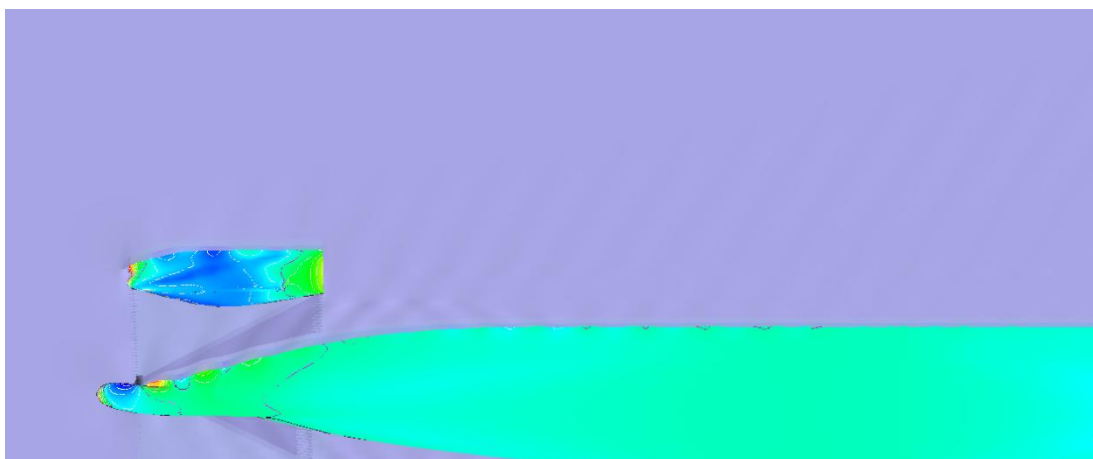
*Positie 3 - Hydrodynamische drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 8 knopen*



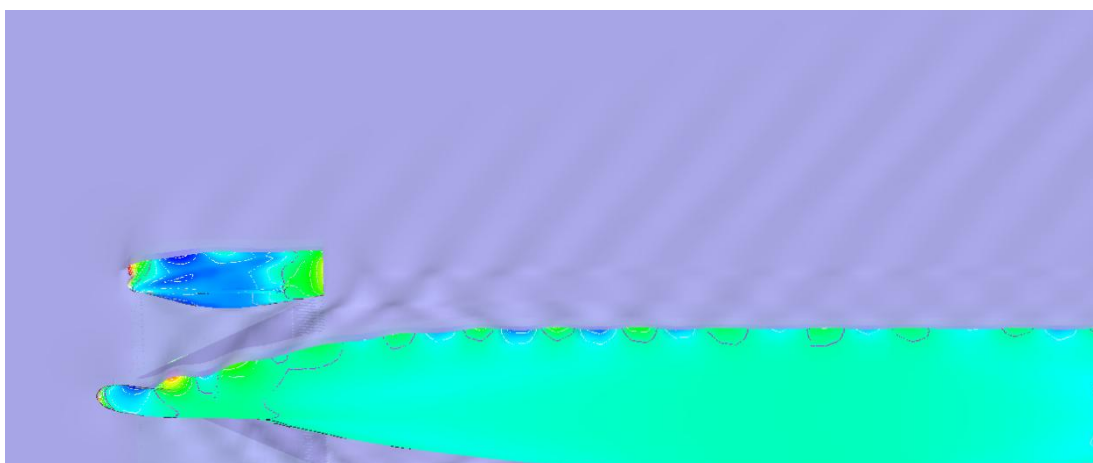
*Positie 3 - Hydrodynamische drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 10 knopen*



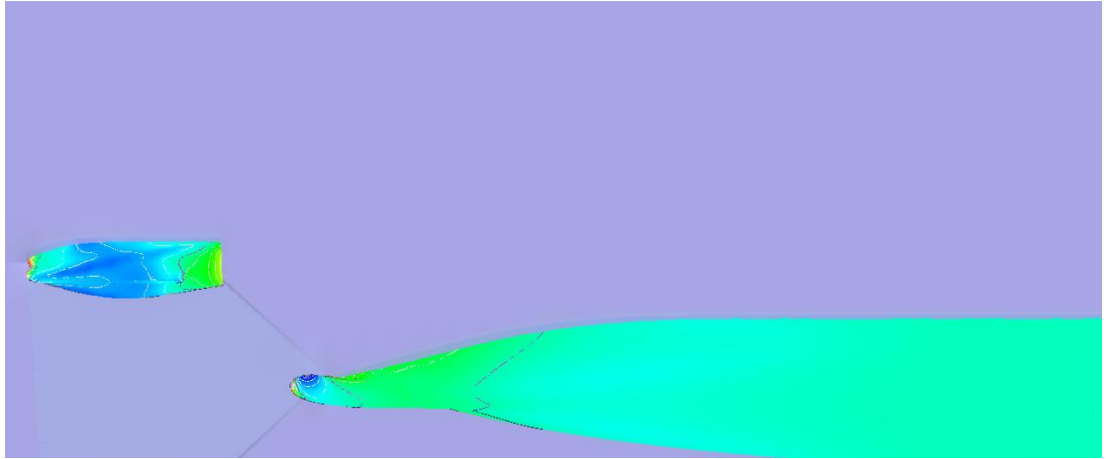
*Positie 4 - Hydrodynamische drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 6 knopen*



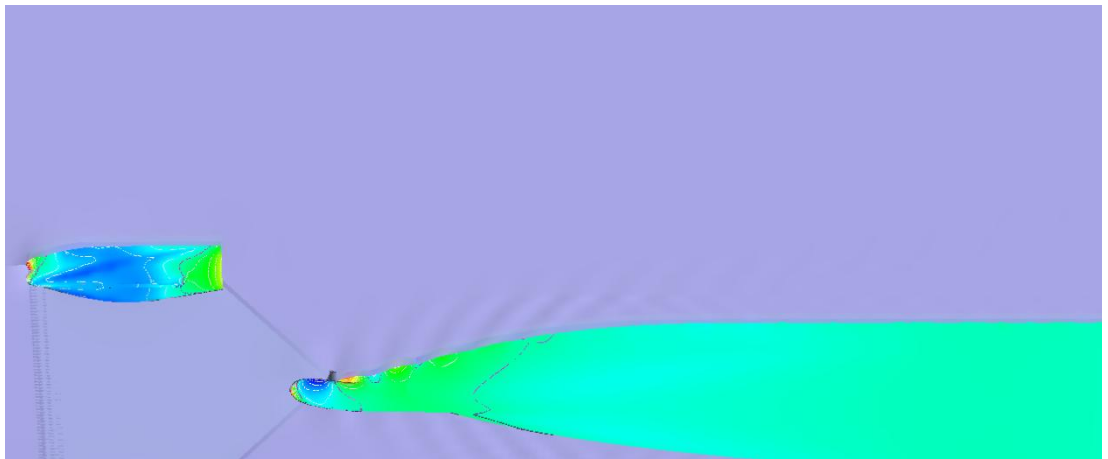
*Positie 4 - Hydrodynamische drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 8 knopen*



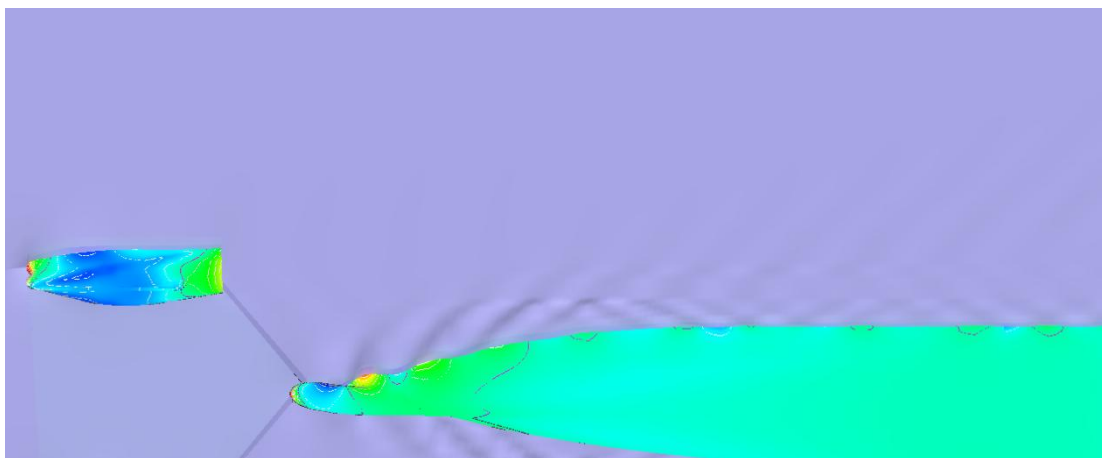
*Positie 4 - Hydrodynamische drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 10 knopen*



*Positie 5 - Hydrodynamische drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 6 knopen*

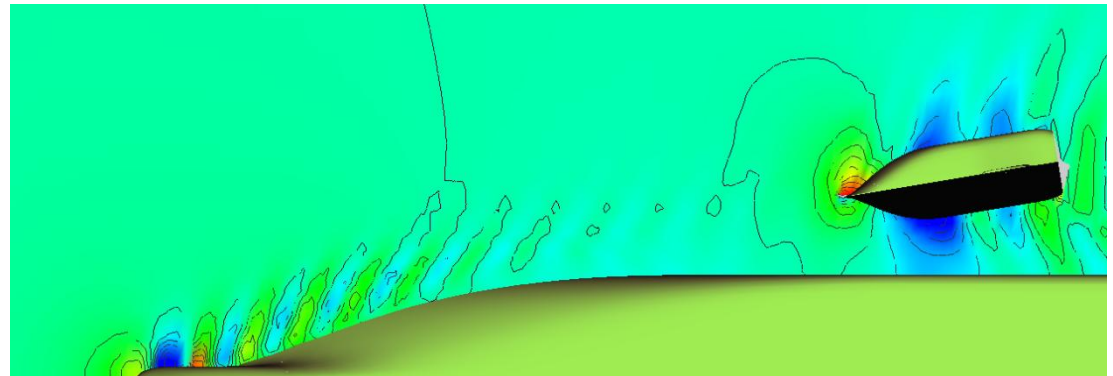
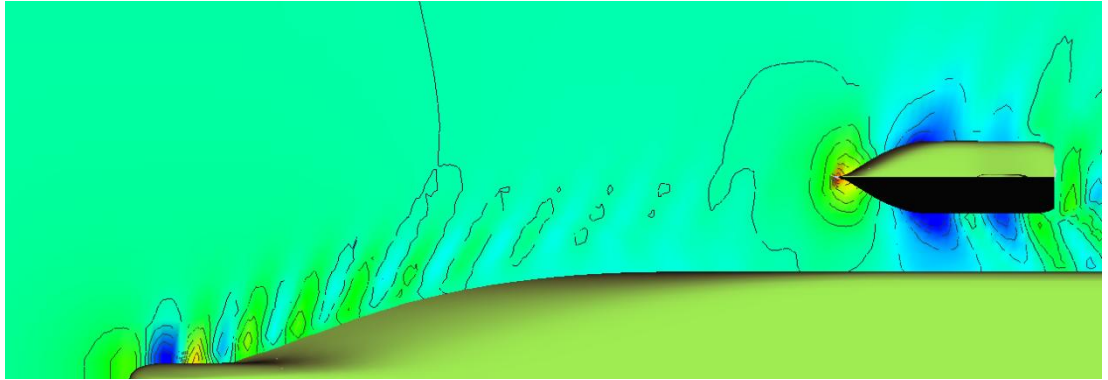


*Positie 5 - Hydrodynamische drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 8 knopen*

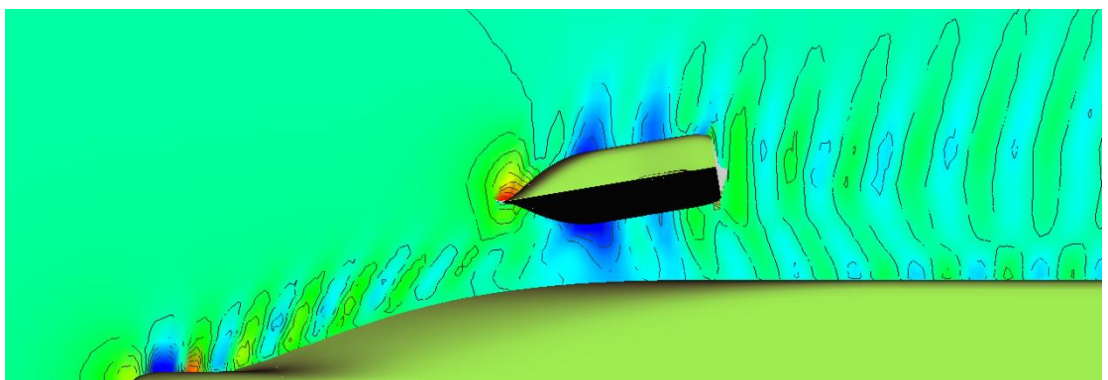
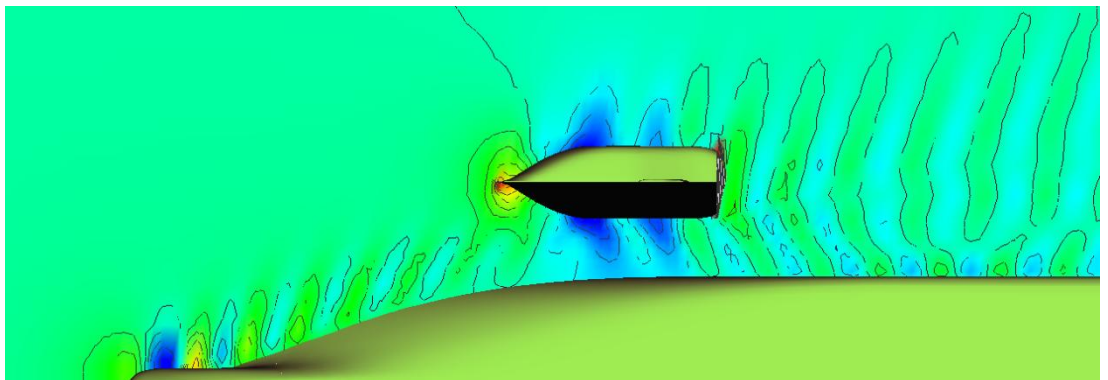


*Positie 5 - Hydrodynamische drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 10 knopen*

*Drukverdelingen op het wateroppervlak  
Posities 1 - 5, snelheid 7.2 knopen, zonder en met drifthoek*

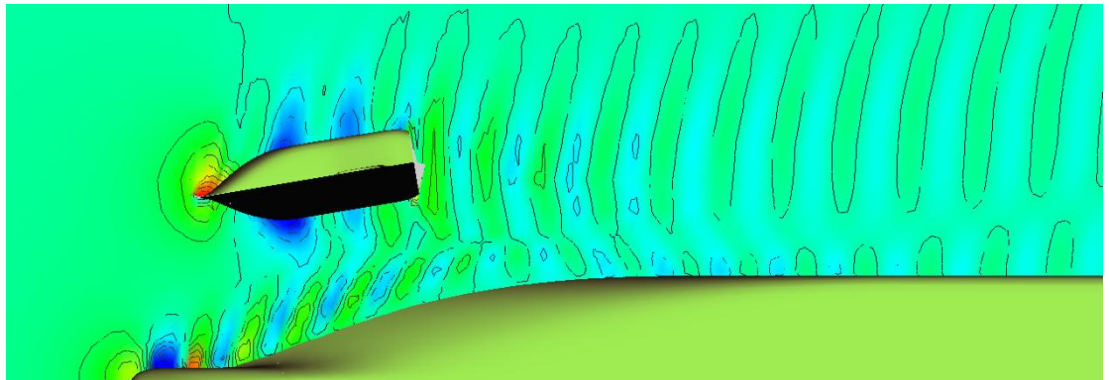
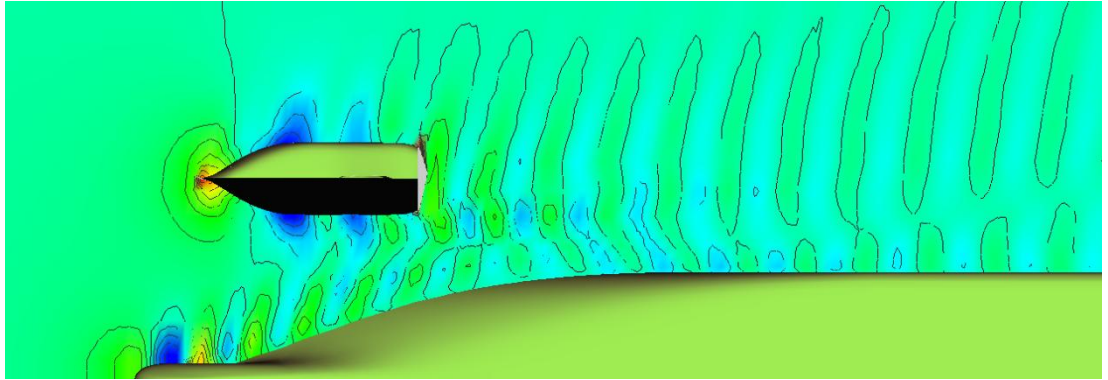


*Positie 1 (0m) - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 7.2 knopen  
Zonder drifhoek en met 9.5 graden drifhoek*

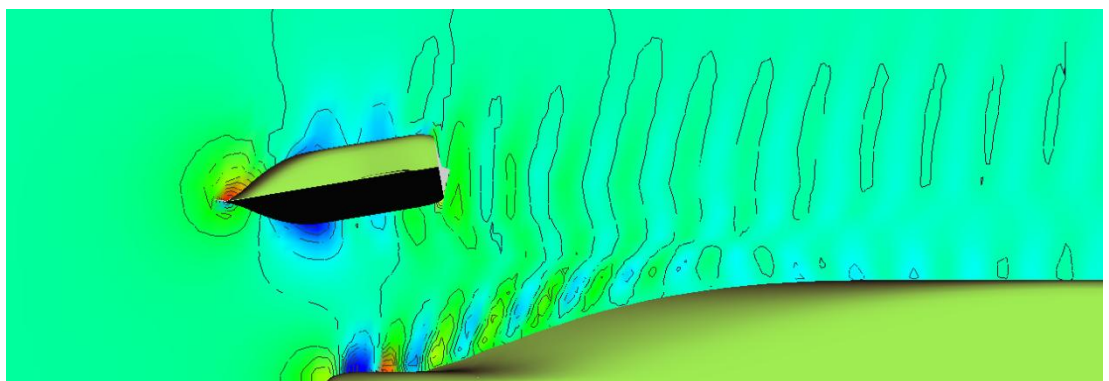
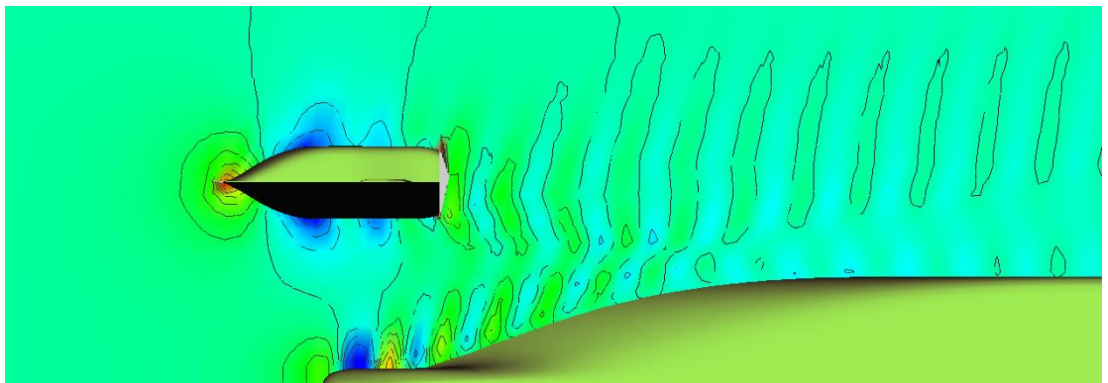


*Positie 2 (50m) - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 7.2 knopen  
Zonder drifhoek en met 9.5 graden drifhoek*

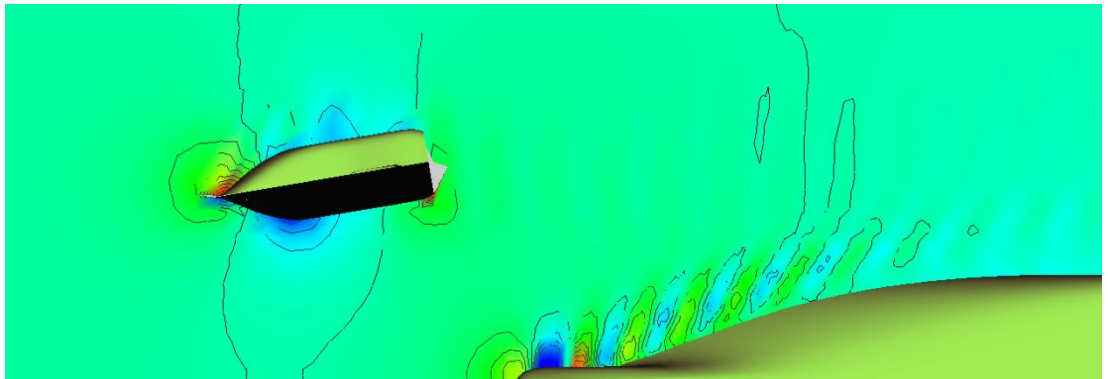
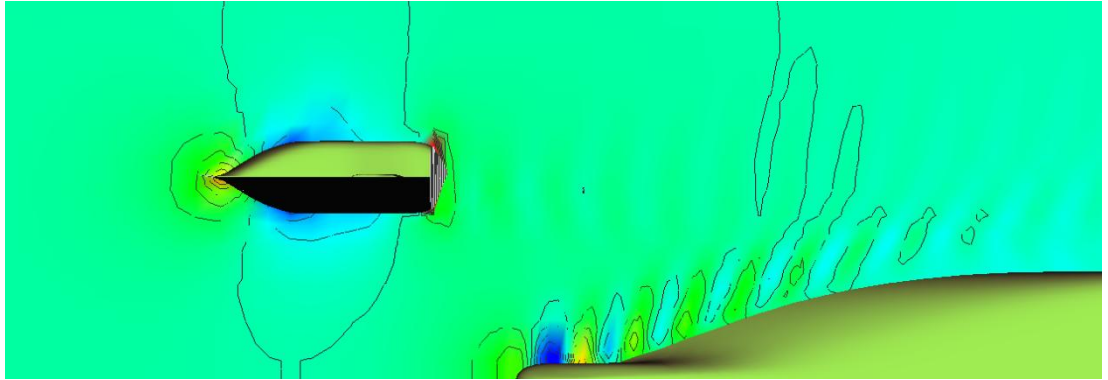




*Positie 3 (95m) Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 7.2 knopen  
Zonder drifthoek en met 9.5 graden drifthoek*



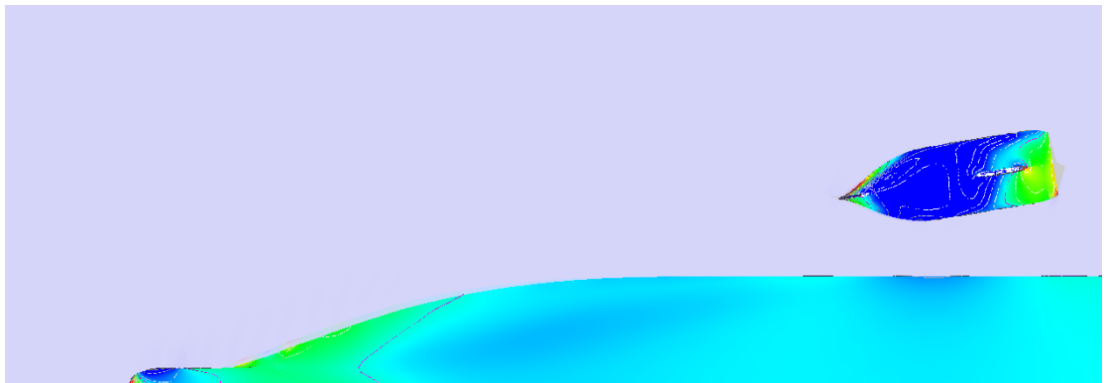
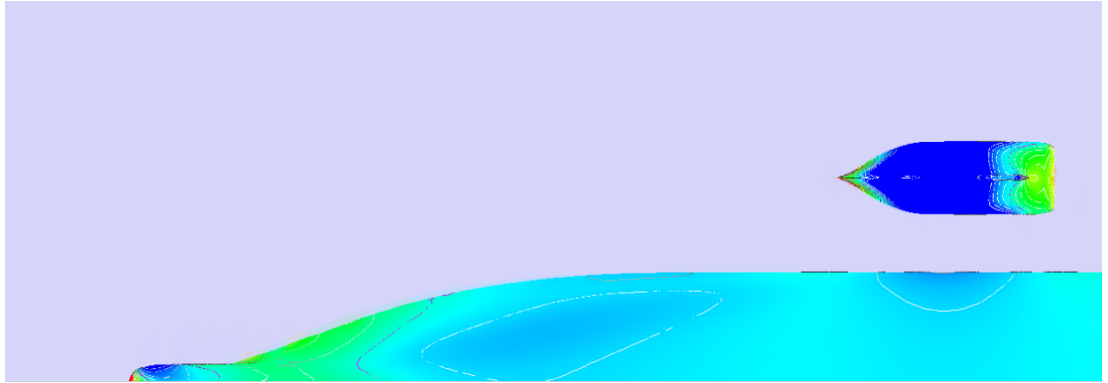
*Positie 4 (120m) - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 7.2 knopen  
Zonder drifthoek en met 9.5 graden drifthoek*



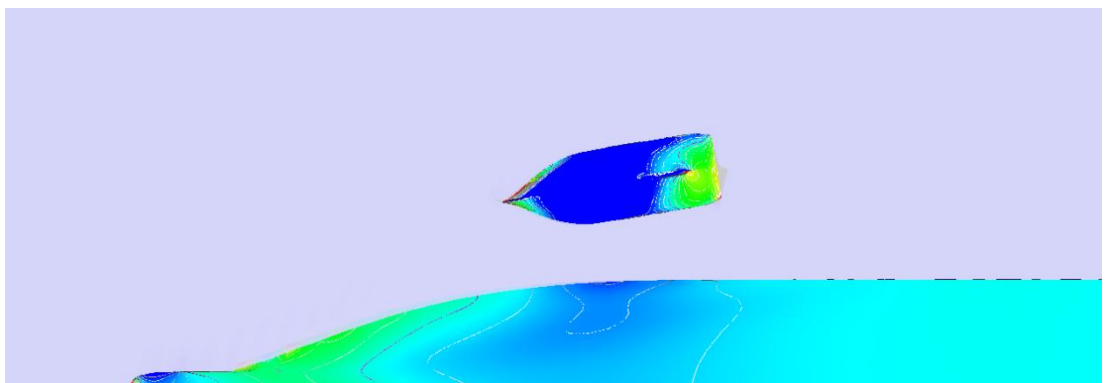
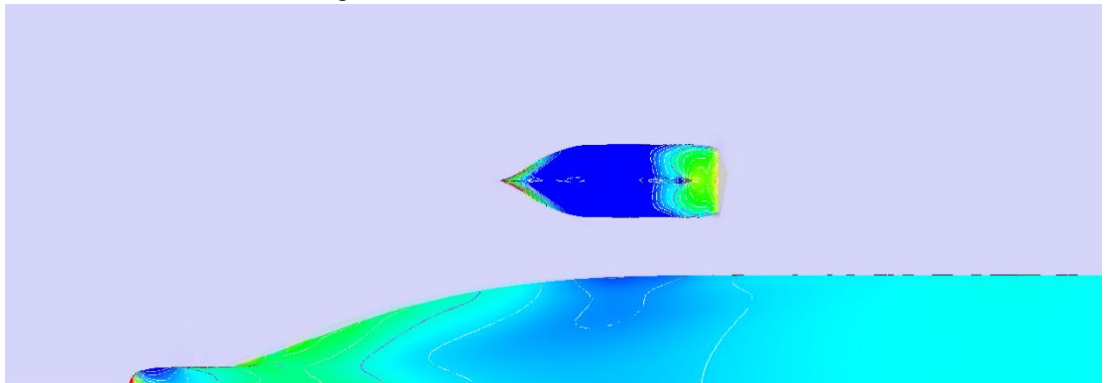
*Positie 5 (150m) - Drukverdeling wateroppervlak, snelheid 7.2 knopen  
Zonder drifhoek en met 9.5 graden drifhoek*



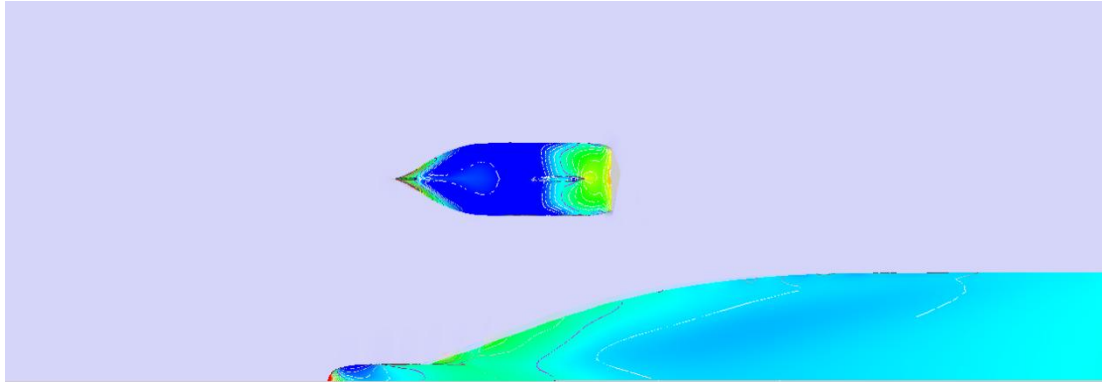
*Drukverdelingen op de scheepsromp  
Posities 1 - 5, snelheid 7.2 knopen, zonder en met drifthoek*



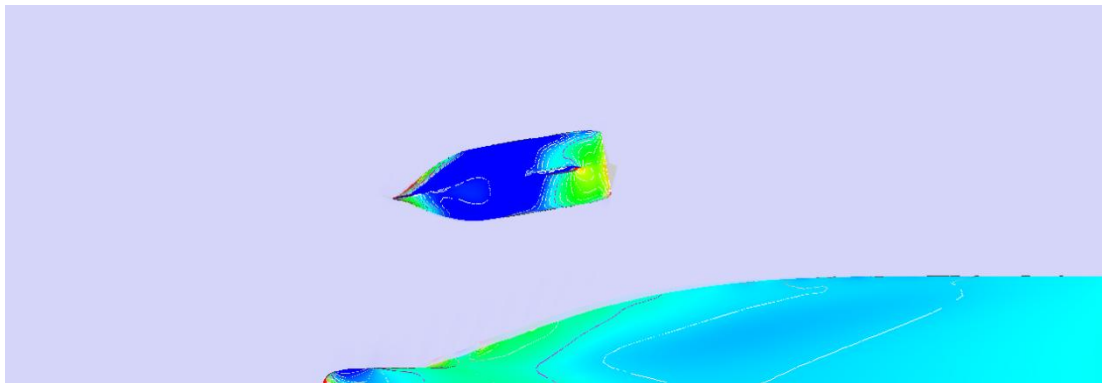
*Positie 1 (0m) - Drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 7.2 knopen  
Zonder drifthoek en met 9.5 graden drifthoek*



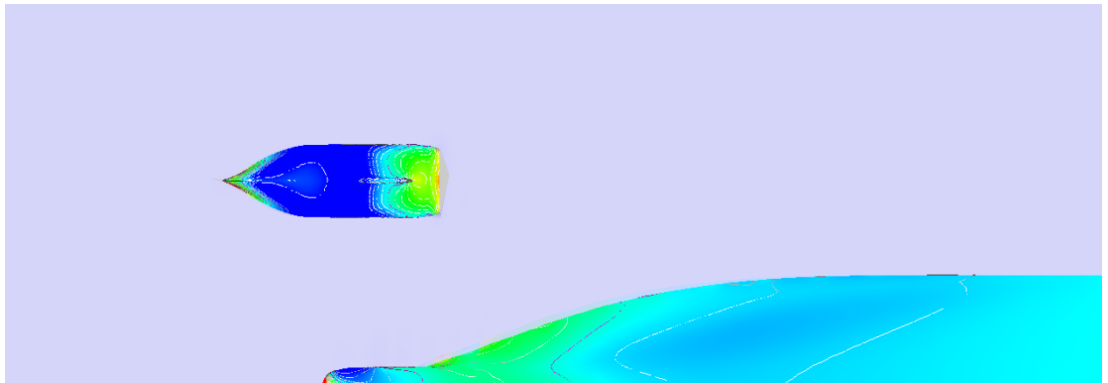
*Positie 2 (50m) - Drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 7.2 knopen  
Zonder drifthoek en met 9.5 graden drifthoek*



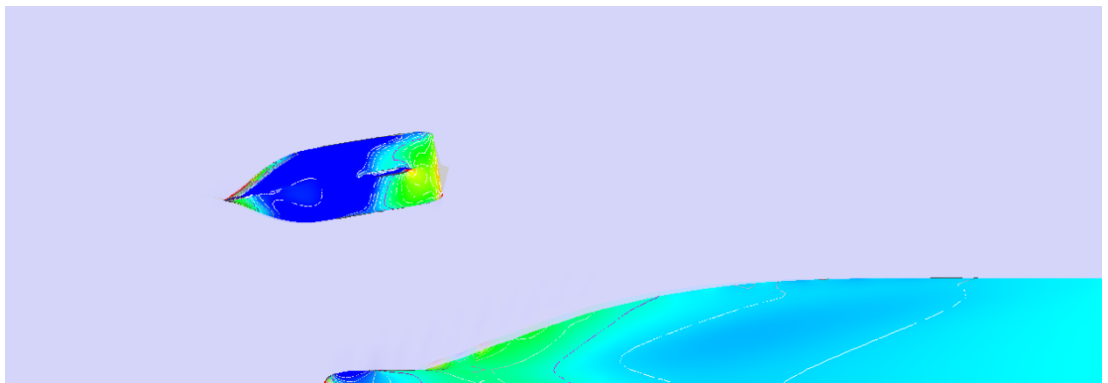
*Positie 3 (95m) Drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 7.2 knopen  
Zonder drifthoek en met 9.5 graden drifthoek*



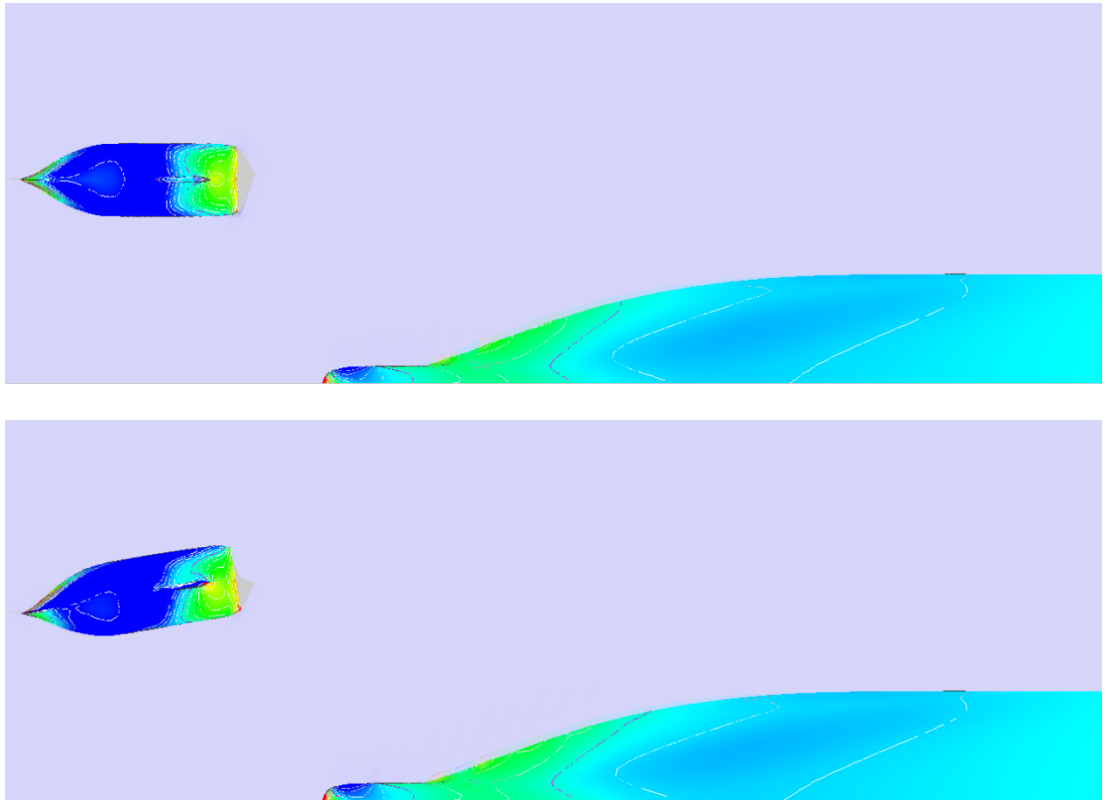
*Positie 3 (95m) Drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 7.2 knopen  
Zonder drifthoek en met 9.5 graden drifthoek*



*Positie 4 (120m) - Drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 7.2 knopen  
Zonder drifthoek en met 9.5 graden drifthoek*



*Positie 4 (120m) - Drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 7.2 knopen  
Zonder drifthoek en met 9.5 graden drifthoek*



*Positie 5 (150m) - Drukverdeling op de scheepsromp, snelheid 7.2 knopen  
Zonder drifthoek en met 9.5 graden drifthoek*

## BIJLAGE I: LIJST VAN SYMBOLEN

Symbol	Symbol in computer print	Title
--------	--------------------------	-------

### GEOMETRIE VAN SCHIP EN PROPELLER

$A_{BT}$		Transverse cross-section area of bulbous bow
$A_E$		Expanded propeller blade area
$A_E/A_O$		Expanded propeller blade area ratio
$A_M$		Midship sectional area below still waterline
$A_O$		Propeller disc area
$A_T$		Transom area below still waterline
$A_T/A_M$		Transom area ratio
$A_W$		Water plane area
$A_X$		Maximum transverse sectional area below still waterline
$B$		Maximum breadth moulded at or below still waterline
$B_M$		Maximum breadth moulded at midship
$B_{WL}$		Maximum breadth moulded at still waterline
$c$		Chord length of propeller blade section
$c/D$		Chord length-diameter ratio
$c_{REF}$		Chord length between reference line and leading edge
$c_t$		Chord length between maximum thickness point and leading edge
$C_B$		Block coefficient
$C_M$		Midship section coefficient
$C_P$		Longitudinal prismatic coefficient
$C_{WP}$		Waterplane area coefficient
$d$		Hub diameter
$d/D$		Hub-diameter ratio
$D$		Propeller diameter
$FB$		Position of centre of buoyancy aft of FP
$f$		Camber of propeller blade section
$h_o$		Submergence of propeller shaft axis measured from still water-plane
$h_B$		Height of centroid of $A_{BT}$ above keel
$i_E$		Half angle of entrance
$L_{OA}$		Length overall
$L_{OS}$		Length overall submerged
$L_{PP}$		Length between perpendiculars
$L_{WL}$		Length on still waterline
$LCB$		Longitudinal position of centre of buoyancy

Symbol	Symbol in computer print	Title
P		Propeller pitch
P/D		Pitch-diameter ratio
r		Radius of propeller blade section
R		Radius of propeller
$S, S_{HULL}$		Projected wetted surface bare hull
$S_{APP}$		Wetted surface area appendages
$S_1, S_{TOT}$		Total wetted surface area
t		Maximum thickness of propeller blade section
t/c		Maximum thickness-chord length ratio
T		Mean draught moulded
$T_A$		Moulded draught at aft perpendicular
$T_F$		Moulded draught at forward perpendicular
Z		Number of blades
$\lambda$		Scale ratio
$\Phi$		Pitch angle of propeller section
$\nabla$	DISV	Displacement volume moulded
-m	-M	Subscript for model
-s	-S	Subscript for ship