

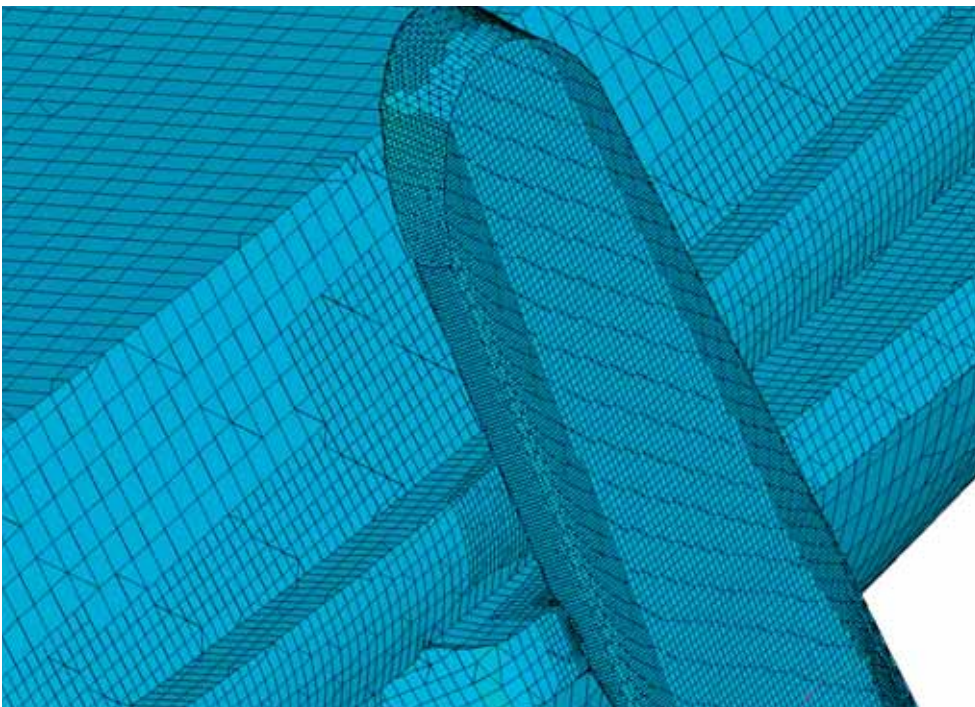
De stroming rond een Lemsteraak

**Door: Pieter van Oossanen
en Niels Moerke, Van
Oossanen & Associates b.v.**

Ontwerpers van schepen maken steeds meer gebruik van speciale software voor het berekenen van de stroming rond de scheepsromp. Ook in de jachtbouw komt dit vaker voor. Deze software wordt in het Engels aangeduid met 'Computational Fluid Dynamics' software, ofwel CFD-software. Er zijn verschillende instanties en grote bedrijven die zich hebben gericht op het ontwikkelen hiervan. Reeds 20 jaar is deze ontwikkeling gaande. Nu heeft een klein aantal programma's een hoge graad van nauwkeurigheid bereikt.

Het zelf werken met CFD-software vergt een grote inspanning. Naast de hoge kosten van een licentie is een zeer snelle computer een vereiste. Een berekening voor een lemsteraak met loefbijter, zwaard, scheg en roer, voor een enkele combinatie van helling, drift en snelheid, vergt ongeveer 70 uur op een computer met acht dual-core processoren met een snelheid van 2.6 GHz en 32 GB aan intern geheugen.

Eerst wordt er een model gemaakt van de 3-dimensionale geometrie van de romp en de aanhangsels. Onder de juiste helling- en drift-hoek wordt het water in een speciaal programma rondom het schip onderverdeeld in vele miljoenen cellen. Deze cellen hebben afmetingen van enkele millimeters in de grenslaag bij de romp en worden groter naarmate de afstand tot de romp groter wordt. Ook de luchtstroming kan hierbij worden berekend, als ook de lucht rondom de romp met opbouw op deze manier wordt opgedeeld. Voor zeiljachten heeft dit een bijzondere betekenis, omdat op deze manier niet alleen de hydrodynamische weerstand- en dwarskrachten kunnen worden uitgerekend, maar ook de aërodynamische lift- en weerstandskrachten werkend op de zeilen.



Boven: Figuur 1. Verdeling van de cellen op het oppervlak van romp, loefbijter, zwaard, scheg en roer

Figuur 2. Detail van de celverdeling op boeisel, berghout, zwaardklamp en een deel van het zwaard.

Vervolgens worden voor elke cel de bewegingsvergelijkingen (de zogenaamde Navier Stokes vergelijkingen) en de daarbij geldende randvoorwaarden in de zogenaamde solvermodule opgelost. Hierbij wordt de invloed van de naburige cellen meegenomen. Op deze wijze wordt ter plaatse van elke cel de stromingssnelheid en -richting en de dynamische druk berekend, evenals de wrijvingskracht op de romp en aanhangsels, veroorzaakt door de viscositeit in de grenslaag. Integratie van de wrijvingskracht over het oppervlak van de romp en aanhangsels levert de zogenaamde wrijvingsweerstand op. Integratie van de drukverdeling over romp en aanhangsels levert de zogenaamde drukweerstand op. Deze drukweerstand is de som van de bekende golf- en geïnduceerde weerstand. In feite levert een CFD-berekening meer informatie op dan een modelproef in de sleeptank, waarbij normaliter alleen het krachtenspel werkend op het model wordt gemeten.

Voorbeeld

Voor een door ons ontworpen 16,7 m. lemsteraak hebben wij recentelijk een CFD-berekening gedaan. In figuur 1 wordt een beeld gegeven van de verdeling van de cellen op de romp,

loefbijter, zwaard, scheg en roer. In gebieden waar de snelheid en druk minder variatie ondergaan - waar de kromming van het oppervlak klein is - is de gekozen verdeling van de cellen wat grover dan op de plaatsen waar er grotere gradiënten verwacht worden. Een detail van de verdeling van de cellen op het boeisel, berghout, zwaardklamp en een deel van het zwaard staat afgebeeld in figuur 2. In totaal is hier de stroming rondom romp en aanhangsels opgedeeld in 3,6 miljoen cellen. Het berekende stromingsdomein is 7 scheepslengtes lang (2 vooren 4 achter het schip), 4 scheepslengtes breed en 4 scheepslengtes diep. In feite is de berekening gedaan voor een model van deze lemsteraak op een schaal van 1 op 8 - een model dat wij in de sleeptank enkele jaren geleden hebben beproefd. De doelstelling van deze berekening was om na te gaan wat de mate van correlatie is tussen de resultaten van deze CFD-berekening en de uitgevoerde modelproeven. De berekeningen werden uitgevoerd voor een drifthoek van 6 graden, een hellingshoek van 25 graden en een snelheid van 1,376 m/sec, wat overeenkomt met een snelheid op ware grootte van 7,6 knoop.

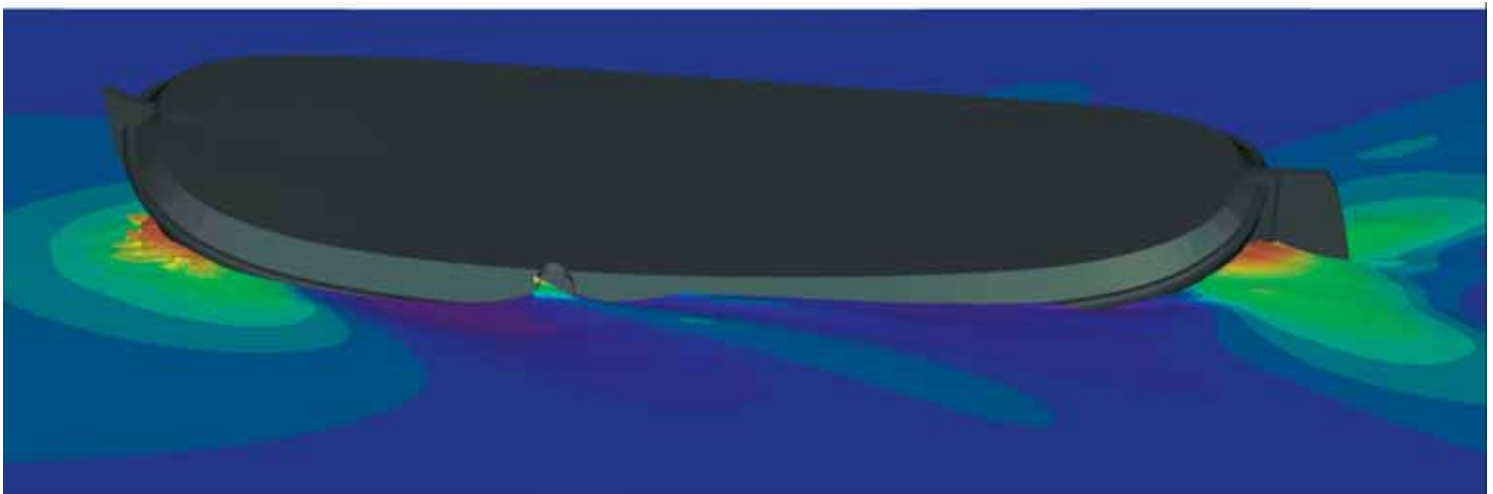
Het berekende golfpatroon aan loefzijde staat

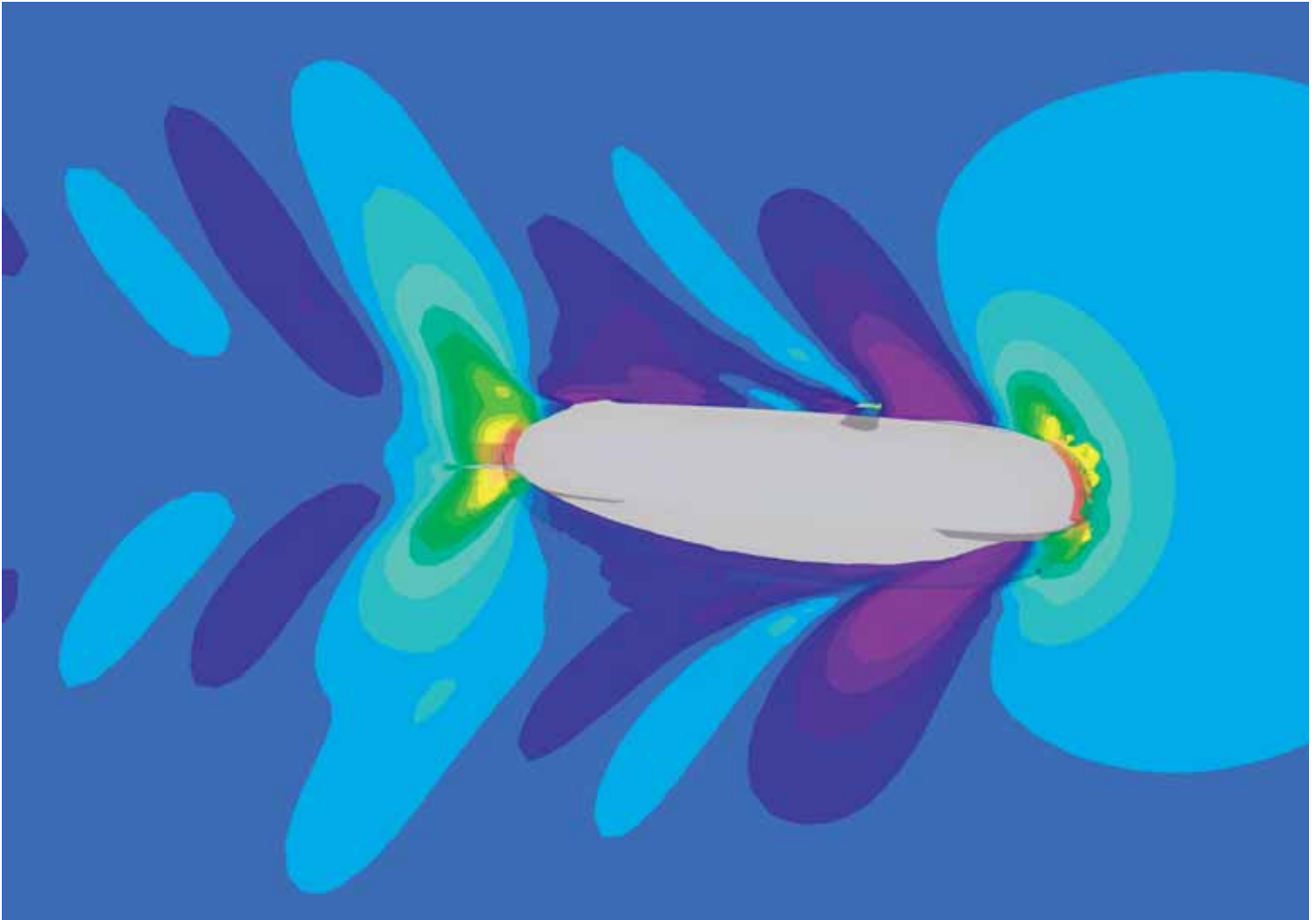
afgebeeld in figuur 3. Het golfpatroon aan lijzijde is te zien in figuur 4. De verdeling van de kleuren hierin is conform de hoogte van het golfoppervlak ten opzichte van de situatie bij een stilliggend schip. Het golfpatroon, van boven gezien, staat afgebeeld in figuur 5.

De verdeling van de hydrodynamische druk op de romp en de aanhangsels is van groot belang bij het beoordelen van de zeilprestaties, met name varend aan de wind. Figuur 6 laat deze verdeling, schuin van onderen, zien. Gele en rode kleuren geven aan dat daar een overdruk heerst. De groene en blauwe kleuren geven een onderdruk aan. De grootste overdruk komt hierbij voor in de met rood gekleurde gebieden en de grootste onderdruk in de met blauw gekleurde gebieden. Een aantal zaken valt hierbij direct op. Ten eerste is te zien dat de onderdruk op de binnenkant van het zwaard een onderdruk op de romp ter plaatse veroorzaakt. Dit is een gevolg van de versnelde stroming in het gebied tussen romp en zwaard. Integratie van dit lagedrukgebied op de romp laat zien dat hierdoor de totale dwarskracht afneemt met circa 11%. Verder laat figuur 6 goed zien dat het volle voorschip tot een groot overdrukgebied aldaar aanlei-



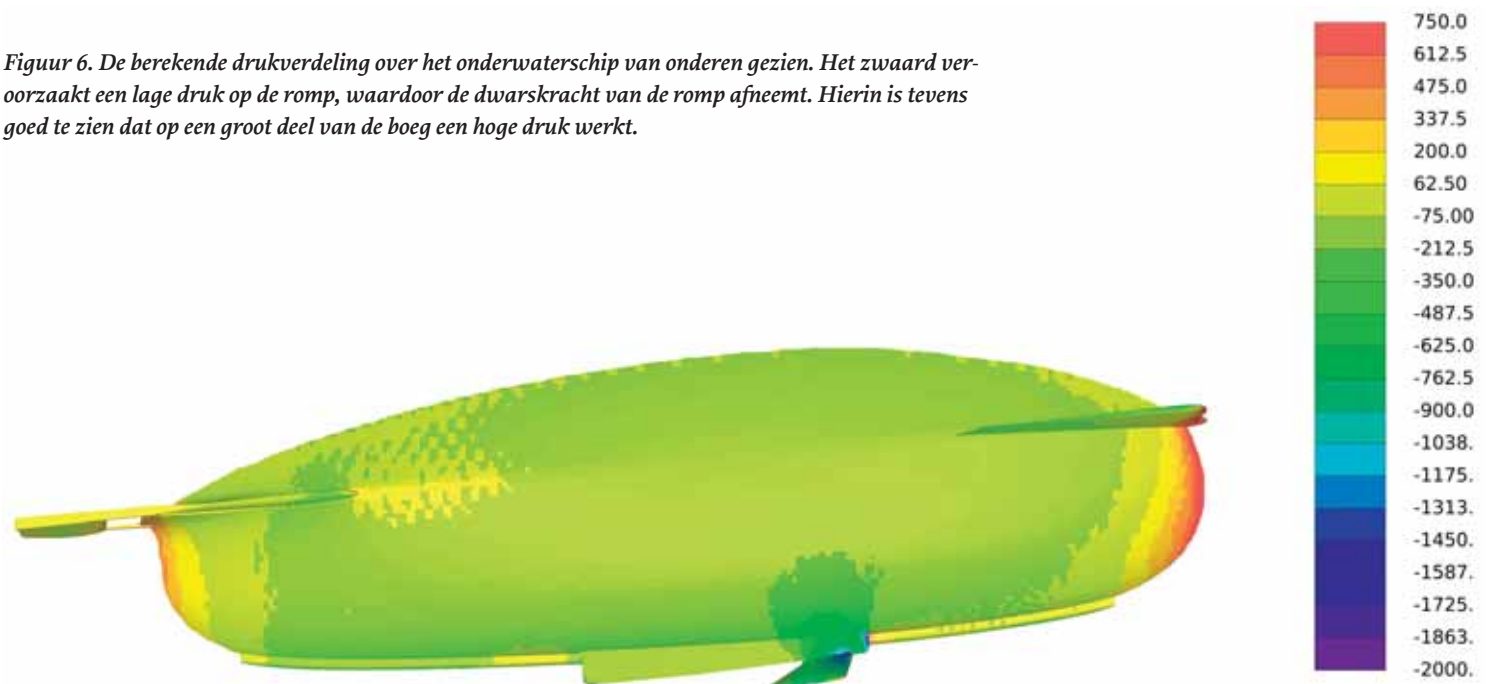
Figuur 3. Berekend golfpatroon aan loefzijde. Onder: Figuur 4. Berekend golfpatroon aan lijzijde





Figuur 5. Berekend golfpatroon van boven gezien. Het grillige gele gebied bij de boeg is een weergave van de berekende brekende boeggolf. Voor de weergave van de waterhoogtes - van hoog naar laag - zijn de volgende kleuren gebruikt: rood (golftop), geel, groen, cyaan, lichtblauw, donkerblauw en paars (golfdal).

Figuur 6. De berekende drukverdeling over het onderwaterschip van onderen gezien. Het zwaard veroorzaakt een lage druk op de romp, waardoor de dwarskracht van de romp afneemt. Hierin is tevens goed te zien dat op een groot deel van de boeg een hoge druk werkt.



Figuur 7. Verdeling van de berekende snelheidsvectoren in acht achter elkaar liggende dwarsdoorsneden. Hieruit is de ontwikkeling van de rotatie in de stroming ten gevolge van de lift op het zwaard goed te zien. Dwarsdoorsnede (a) is op de intredende rand van het zwaard. De afstand tussen de vlakken is 160 mm. voor het schip. Dwarsdoorsnede (h) is gelegen achter de uittrede rand van het zwaard. De legende laat de kleurencode zien voor het model in m/sec.

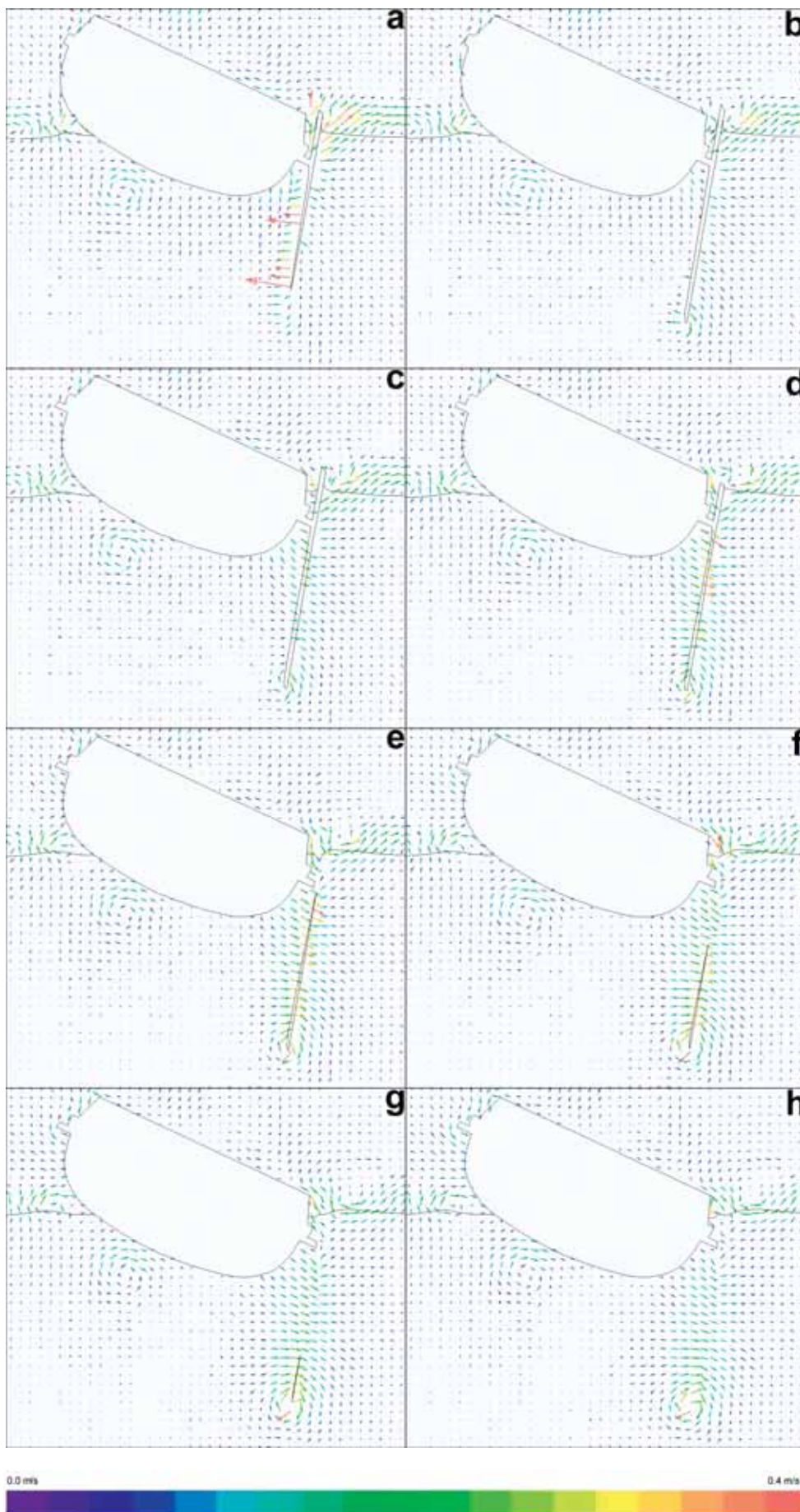
ding geeft, die de hydrodynamische weerstand aanzienlijk doet toenemen in vergelijking tot die van scherpe jachten.

De hierboven genoemde dwarskracht is de horizontale component van de lift op romp en appendages in de richting loodrecht op de vaarrichting. Het genereren van lift gaat gepaard met de productie van extra weerstand: de zgn. geïnduceerde weerstand. Deze geïnduceerde weerstand openbaart zich middels de in de stroming geproduceerde rotatie. Figuur 7 laat een compilatie zien van de snelheidsvectoren in 8 achter elkaar liggende dwarsdoorsneden ter plaatse van het zwaard. Doorsnede a is een doorsnede in het vlak van de intredende rand van het zwaard en doorsnede h is gelegen achter de uittrede rand van het zwaard. De afstand tussen elk van deze dwarsvlakken is 160 mm voor het schip. Duidelijk is te zien hoe de lift op het zwaard een rotatie doet ontstaan die eindigt in de tipwervel. Ook is de tipwervel die de loefbijter heeft geproduceerd in deze dwarsdoorsneden goed te zien.

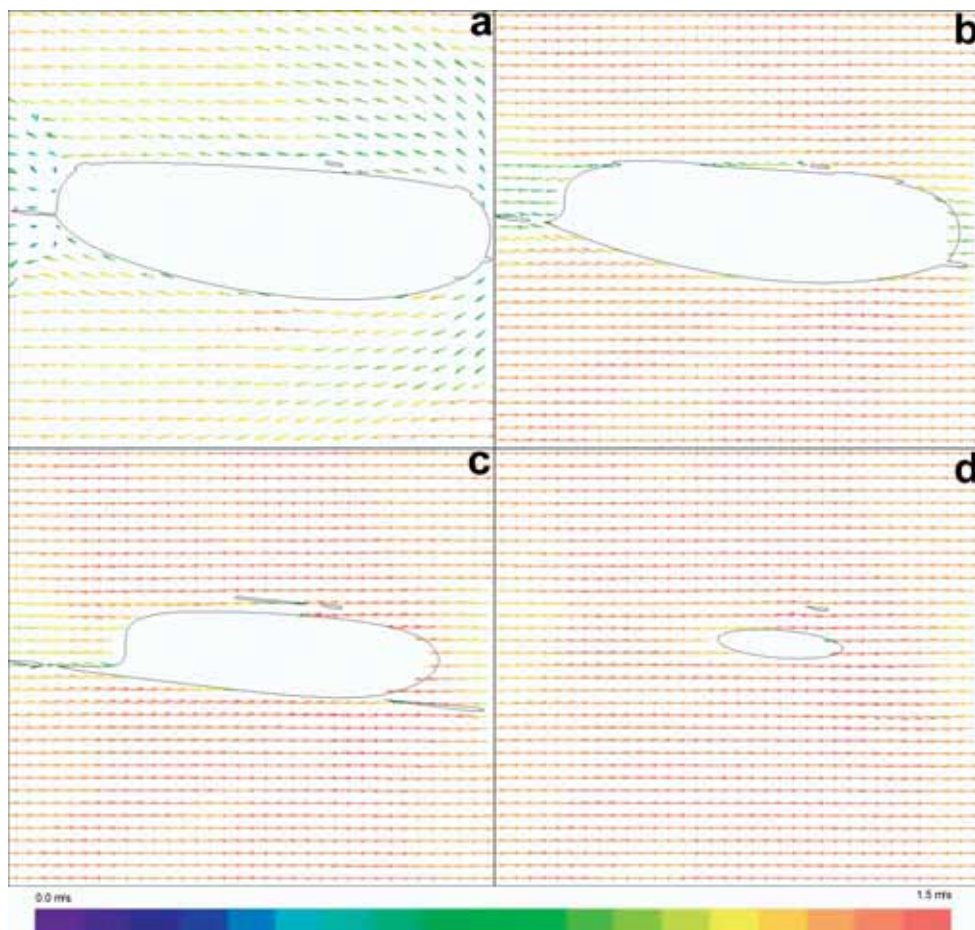
De stroming in vier horizontale vlakken langs de romp is te zien in figuur 8. Doorsnede (a) laat de stroming zien op het wateroppervlak, de daaronder gelegen doorsnede (b) is voor een 224 mm. lager gelegen waterlijn voor het schip. De derde doorsnede (c) voor een 704 mm. lager gelegen waterlijn voor het schip en de onderste doorsnede (d) voor een 1.184 mm. lager gelegen waterlijn voor het schip. Duidelijk is te zien dat er vlakbij het wateroppervlak een grote mate van stromingsloslating achter de romp bestaat. Op lager gelegen waterlijnen is dit minder het geval.

Ontwerpen

Zulke CFD-analyses worden door ons gebruikt voor het evalueren van onze ontwerpen en ontwerpen van anderen. Daarbij wordt niet alleen gekeken naar het krachten spel dat werkt op romp en aanhangsels, maar



Figuur 8. Verdeling van de snelheidsvectoren rond de romp in vier horizontale vlakken. Vlak (a) laat de stroming vlakbij het wateroppervlak zien. Vlakken (b), (c) en (d) liggen respectievelijk 220 mm., 700 mm. en 1.180 mm. lager. Let op het grote verschil in de verdeling voor vlak (a) met die van de vlakken (b), (c) en (d).



ook naar het gedrag van de stroming. Daarbij letten wij op eventuele loslating en op het goed in de stroming staan van aanhangsels. Voor ontwerpen waarbij het vaargedrag de hoogste prioriteit moet krijgen, zijn CFD-berekeningen een belangrijk hulpmiddel geworden.



Hutting jachtmakelaardij: Openheid voorop

“Als jachtbouwers én -makelaars streven we naar langdurige relaties. Daarbij hoort openheid van zaken. Te beginnen bij een realistische vraagprijs. En uiteraard een gedegen keuring waarbij u zélf aanwezig bent.” Tjerk Hutting



HUTTING 45

Aluminium kieljacht
Afm. 13.70 x 4.05 x 1.90 m
Bouwjaar 1998

Dit jacht is nog altijd een visitekaartje van de werf. Zeer compleet uitgerust. Met o.a. airco en hydraulische bediening. Prijs op aanvraag.

HUTTING 47

Aluminium zwaardjacht
Afm. 14.40 x 4.24 x 1.30-2.60 m
Bouwjaar 1991

Ligplaats in Makkum.
Vraagprijs € 350.000,-

HUTTING 48

Aluminium kieljacht
Afm. 14.67 x 4.05 x 2.30 m
Bouwjaar 2001

Een van de mooiste jachten door Hutting gebouwd. Het jacht verkeerd in een absolute topconditie. Prijs op aanvraag!

KOOPMANS 47 ONE-OFF

Aluminium zwaardjacht
Werk: Aluboot.
Afm. 14.36 x 4.05 x 1.25-2.60 m
Bouwjaar 1990

In goede staat en zeer compleet uitgerust jacht. Prijs op aanvraag!



HUTTING YACHTS MAKKUM B.V., DE STIENPLAAT 3, 8754 ZP MAKKUM,
TEL. +31 (0)515 232023, FAX. +31 (0)515 232853, WWW.HUTTING.NL, INFO@HUTTING.NL