

CFD voor offshoretoepassingen

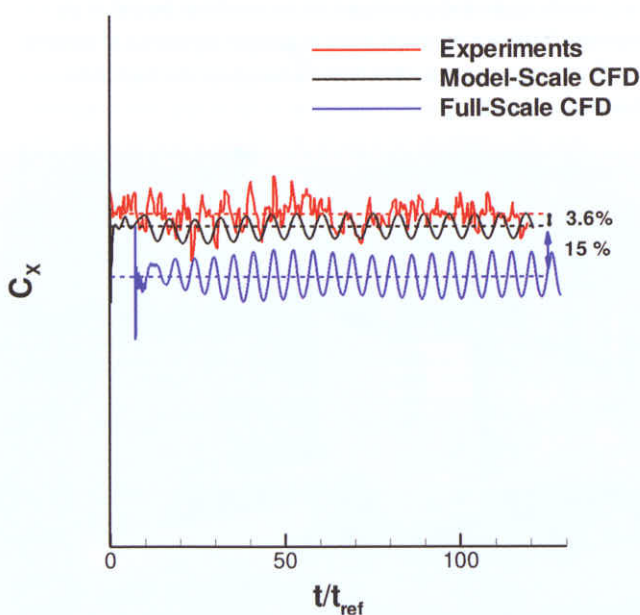
MARIN heeft een lange staat van dienst wat betreft het gebruik van CFD (Computational Fluid Dynamics) voor het ontwerp van schepen. Met CFD kunnen 'numerieke experimenten' (computersimulaties) uitgevoerd worden in een 'virtueel stromingslaboratorium'. Al sinds de jaren tachtig worden MARINs CFD-codes Parnassos en RAPID met veel succes ingezet voor het verbeteren van het ontwerp van schepen door het berekenen van de weerstand en het verkrijgen van inzicht in de omstroming. In 2009 heeft MARIN een grote stap gezet richting de commerciële toepassing van CFD-methoden voor offshoregerelateerde toepassingen en complexere schepen. De verwachting voor de nabije toekomst is dat CFD, naast modeltesten, een steeds grotere rol gaat spelen in de dienstverlening van MARIN.

Voor complexe schepen en offshoretoepassingen zijn grote rekenroosters en flexibele CFD-codes nodig vanwege de ingewikkelde geometrie en/of gecompliceerde stroming. Het afgelopen jaar is veel tijd besteed aan het uitvoerig verifiëren en valideren van de nieuwe CFD-methoden van MARIN om betrouwbare resultaten en voorspellingen te krijgen. Door deze recente ontwikkeling kan MARIN CFD-diensten aanbieden voor offshoreconstructies en complexe schepen, al dan niet in combinatie met modelproeven. MARIN heeft de beschikking over een uitgebreid en kwalitatief hoogwaardige, experimentele database voor de validatie van haar rekenmethoden. Het toepassingsgebied is aanzienlijk vergroot door het gebruik van betere en snellere grid-genereringssoftwarepakketten, door de aanschaf van een groot rekencluster met 1400 rekenkernen en het

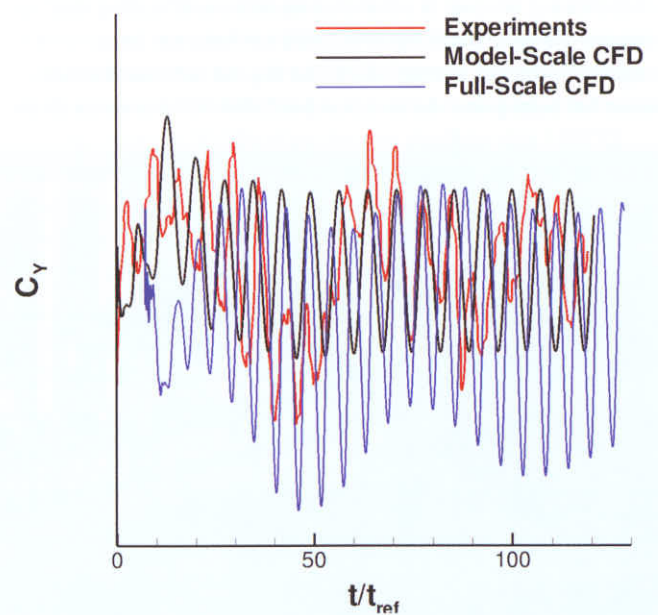
verbeteren van de in-house CFD-code ReFRESCO.

Stroom- en windkrachten vormen een belangrijke ontwerpparameter voor het afmeren van offshoreconstructies of voor een Dynamic Positioning (DP)-systeem. Tot op heden zijn deze krachten verkregen door windtunnel- en/of bassinproeven of met behulp van empirische methoden. Met CFD kunnen deze krachten verkregen worden op een kostenefficiënte manier. Daarnaast kunnen gedetailleerde stromingsvisualisaties worden gemaakt en de resulterende krachten op onderdelen van de configuraties worden uitgerekend. Hierdoor wordt een beter begrip van de complexe stroming verkregen. Een aantal voorbeelden waar CFD met succes is ingezet, zijn:

- stroomkrachten en schaafeffecten op een semi-submersible;
- stroomkrachten en ondiepwater-effecten op een LNG-carrier;



Figuur 1a. Tijdsafhankelijke weerstandcoëfficiënt; CFD-resultaten behaald met ReFRESCO voor modelschaal en ware grootte vergeleken met modelschaalexperimenten.



Figuur 1b. Tijdsafhankelijke C_y coëfficiënt; CFD-resultaten verkregen met ReFRESCO voor modelschaal en ware grootte vergeleken met modelschaalexperimenten.

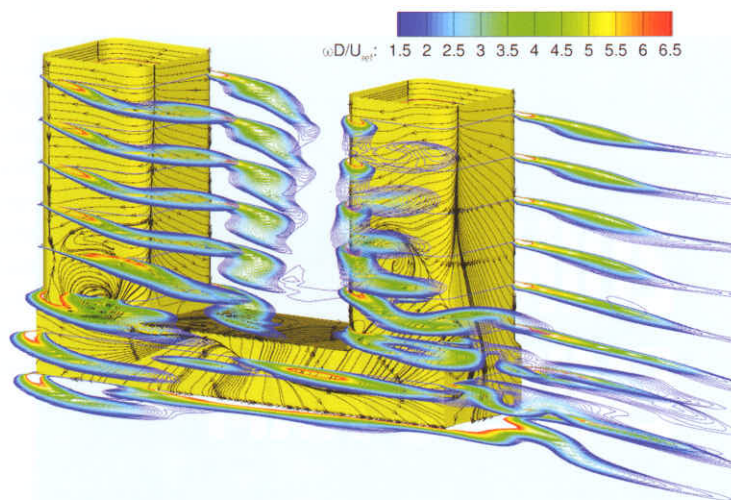
- windkrachten en 'afschermingeffecten' van schepen in het zog van andere constructies;
- ontwerp van complexe schepen;
- invloed van thrusters op stroomkrachten.

Stroomkrachten en schaaleffecten op een semi-submersible

Binnen het Joint Industry Project (JIP) "Current Affairs" heeft MARIN CFD-berekeningen uitgevoerd op modelschaal en ware grootte voor een vereenvoudigde semi-submersible-configuratie. De met ReFRESKO voorspelde krachten op modelschaal komen tot vier procent overeen met de gemeten waarden in de experimenten, zie figuur 1a en 1b. De ware grootte CFD-berekeningen laten zien dat de krachten op ware grootte waarschijnlijk vijftien procent lager zijn dan voor modelschaal. Daarentegen zijn de amplitude van de oscillerende krachten op ware grootte twee keer zo groot als op modelschaal. De ware grootte berekeningen moeten nog gevalideerd worden, maar de goede overeenkomst van de CFD-resultaten op modelschaal met de experimenten geeft vertrouwen in de nauwkeurigheid van de ware grootte resultaten.

Stroomkrachten en ondiepwatereffecten op een LNG-carrier

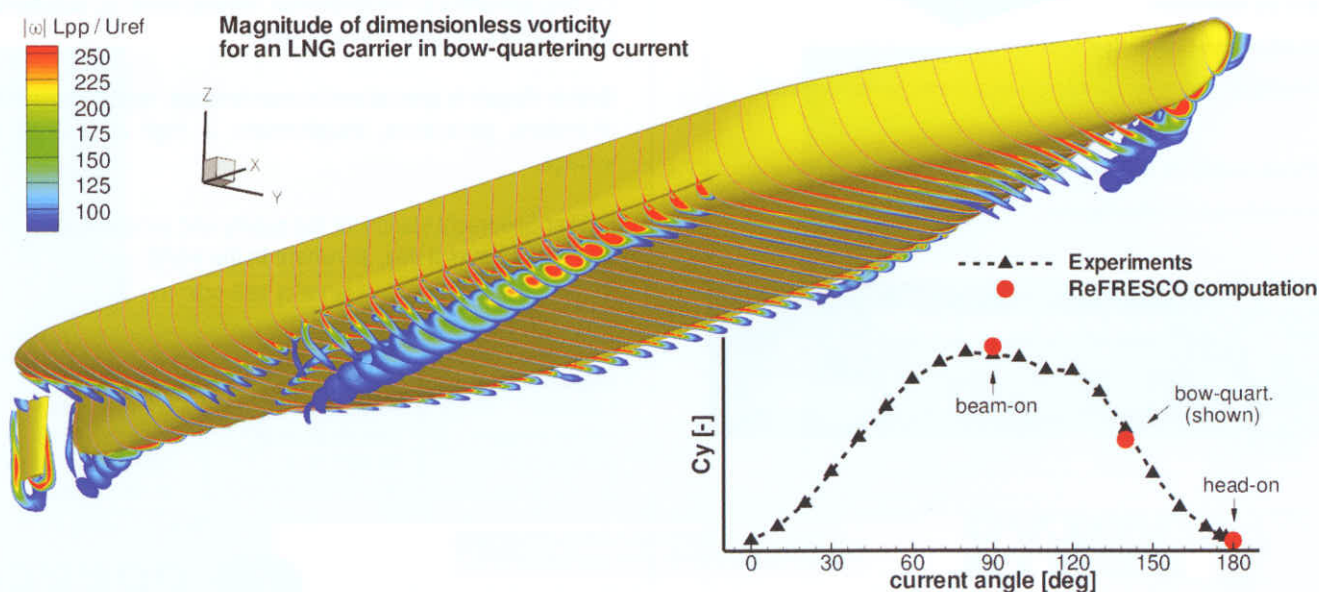
Binnen het "HAWAI" JIP zijn de stroomkrachten op een LNG-carrier met kimkielen en roer gemeten in MARINs ondiepwaterbassin voor verschillende aanstroomhoeken tussen 0 en 180 graden. Binnen "Current Affairs" en het MARIN-onderzoeksprogramma zijn CFD-berekeningen uitgevoerd voor een grote range van hoeken. Voor bijvoorbeeld een schuin inkomende stroming is voor de stroomkrachten een goede overeenkomst gevonden met de modeltesten, zie figuur 2. Verder zijn ondiepwatereffecten onderzocht, die belangrijk zijn voor het afmeren en manoeuvreren van bijvoorbeeld LNG-carriers in kustgebieden.



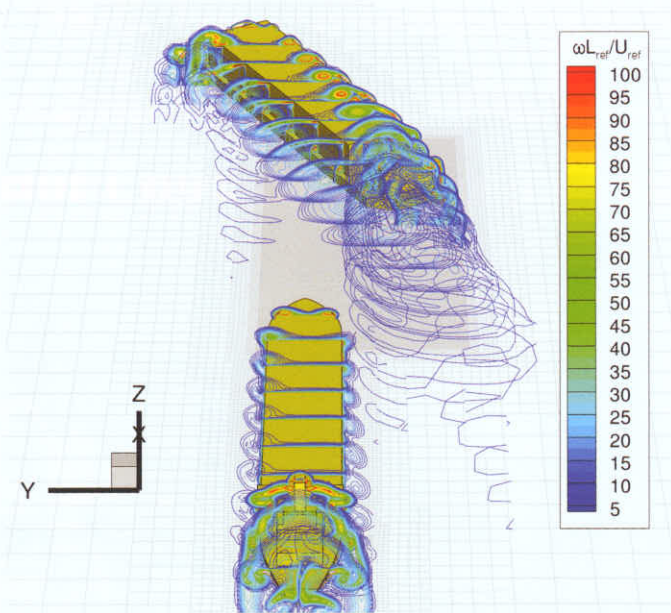
Figuur 1c. Snapshot in tijd van de vorticeitsverdeling rond een semi-submersible-configuratie voor ware grootte CFD-berekening met ReFRESKO.

Windkrachten en afschermingeffecten voor tandem-offloading

Binnen het "Offloading Operability" JIP zijn windtunnelproeven uitgevoerd voor tandem- en side-by-side-offloading om de windkrachten en snelheidsverdeling in het zog van het eerste schip te bepalen. Dit zog heeft een significant effect op de krachten op het achterste schip. MARIN heeft CFD-berekeningen uitgevoerd voor de losse schepen en voor de tandemconfiguratie om inzicht te verkrijgen in de snelheidsverdeling in het zog van het eerste schip. Dit is een uitdagend probleem vanwege de grote complexiteit van de geometrie, de grootte van de benodigde rekenroosters en de vereiste nauwkeurigheid voor een goede berekening van het zog van het stroomopwaartse schip. Voor losse schepen behaalt CFD goede resultaten (afwijking minder dan vijf procent) voor de



Figuur 2. Impressie van de vorticeitsverdeling rond de huid van een LNG-carrier in schuin inkomende stroom; Cy coëfficiënt berekend (rood) met ReFRESKO vergeleken met sleepexperimenten (zwart).



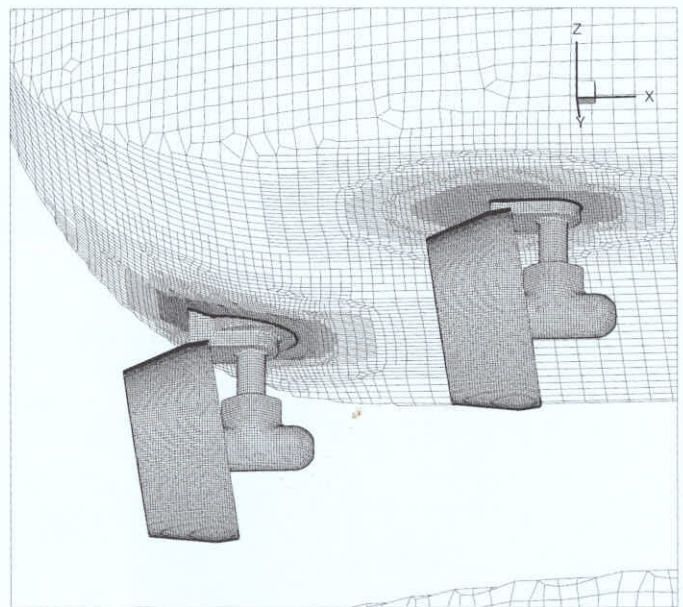
Figuur 3. Oplossing voor de vorticeitsverdeling rond een tandem-offloadingconfiguratie. Resultaten verkregen met ReFresco op een ongestructureerd rekenrooster. De stroming is van boven naar beneden.

windkrachten vergeleken met de experimenten. Figuur 3 laat de tandemconfiguratie en enkele eerste kwalitatieve resultaten zien.

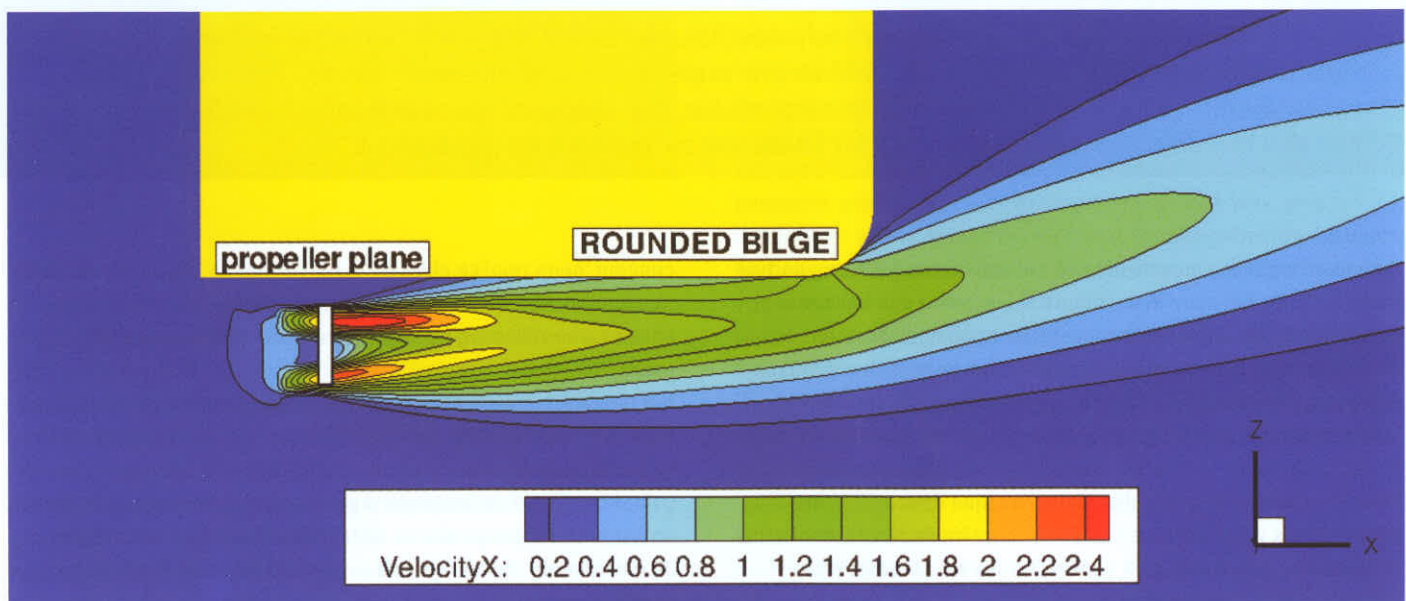
Invloed van thrusters op stroomkrachten

Thrusters, de interactie van thrusters met de romp en met andere thrusters, hebben een grote invloed op de stroomkrachten van bijvoorbeeld een semi-submersible. Met CFD zijn berekeningen uitgevoerd om de toename van de weerstand door de aanwezigheid van thrusters te bepalen. Figuur 4a laat het rekenrooster zien voor de CFD-berekening aan een semi-submersible met in totaal acht

thrusters. Het rekenrooster bestaat uit acht miljoen elementen. Met CFD kan het ontwerp van thrusters, de straalbuizen en eventueel cavitatiegedrag verbeterd worden. In figuur 4b wordt de stroming onder een barge met ronde kim achter een gemodelleerde thruster gepresenteerd. De afronding van de kim zorgt ervoor dat het zog achter de thruster naar boven wordt afgebogen. Dit wordt het Coanda-effect genoemd. Zo'n naar boven afwijkend zog heeft een grote invloed op objecten die zich daar zouden kunnen bevinden, zoals pontons van semi's of schepen die side-by-side zijn afgemeerd.



Figuur 4a. Close-up van een rekenrooster voor CFD-berekening aan een semi-submersible met acht thrusters.



Figuur 4b. De stroming onder een barge met afgeronde kim. Zichtbaar is het zogenoemde Coanda-effect.