

Brandstofbesparende spoiler

De Hull Vane

De voor de HME Maritime Innovation Award genomineerde Hull Vane is een vleugel die horizontaal onder het achterschip wordt geplaatst. De stroming ontwikkelt vervolgens stuwkracht op deze "spoiler" waarmee brandstof wordt bespaard.

De Hull Vane wordt op een bepaalde locatie onder de romp van een schip geplaatst nabij de spiegel. In de daar heersende stroming wordt er op die vleugel een liftkracht opgewekt die loodrecht staat op de richting van de inkomende stroming. Als die stroming naar achteren en omhoog is gericht – globaal evenwijdig aan de loop van de verticalen ter plaatse, zoals dat het geval is bij vele scheepstypen, is die kracht niet alleen omhoog, maar ook naar voren gericht, zie figuur 1. De naar voren gerichte component is een voortstuwendende kracht. Indien de stroming onder het schip voldoende "hoek" maakt met de horizontaal, wordt er bij een efficiënt ontwerp van de vleugel voldoende stuwkracht opgewekt om een significante brandstofbesparing te kunnen realiseren.

Op basis van dit principe hebben de auteur en zijn collega's van Van Oossanen Naval Architects een nieuw type scheepsappendage ontwikkeld: de Hull Vane. Deze naam is in diverse landen beschermd middels een Trade Mark-registratie en het concept zelf is, middels een aantal patenten, in een groot aantal landen beschermd.

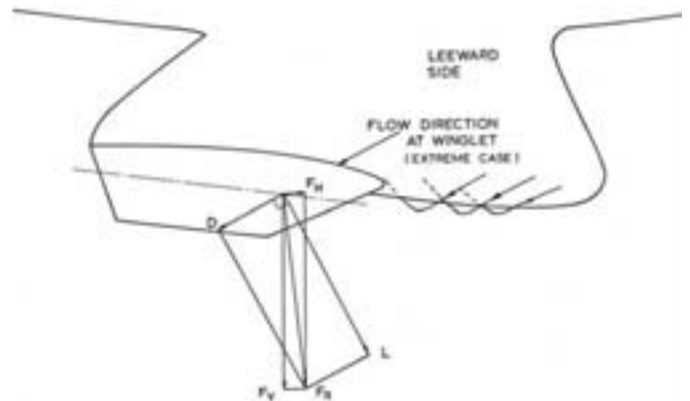
Eerste onderzoeken

De eerste onderzoeken naar het principe van de Hull Vane zijn in 1991 uitgevoerd. De auteur had toen enkele maanden eerder het Marin verlaten om zijn eigen ontwerpbureau te beginnen. Een van de eerste opdrachten die hij ontving betrof het ontwerp van romp, kiel en roer van een 60 ft zeiljacht. Daarvoor zijn er proeven gedaan in de sleeptank van de TU Delft. Puur uit nieuwsgierigheid zijn er toen extra proeven uitgevoerd met relatief kleine vleugels gemonteerd aan bakboord en aan stuurboord hoog op het roer, onder de romp van het model. De redenering daarbij was dat die vleugels in de daar opwaarts gerichte stroming niet alleen een lift, maar ook een voortstuwendende kracht zouden moeten leveren. Dat bleek ook zo te zijn. De totale weerstand bij lagere snelheden was weliswaar iets toegenomen, vanwege de toename in het nat oppervlak, maar bij hogere snelheden belangrijk afgenomen.

Die nieuwsgierigheid naar de prestaties van vleugels op kielen en roeren bij de auteur was ontstaan in 1981 tijdens de ontwikkeling van de vleugelkiel voor de Australia II, samen met Joop Slooff van het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium. Dit jacht won in



Figuur 1. Principe van de Hull Vane. Indien de stroming onder het schip voldoende "hoek" maakt met de horizontaal, wordt er bij een efficiënt ontwerp van de vleugel voldoende stuwkracht opgewekt om brandstof te besparen.



Figuur 2. De omstroming aan de onderzijde van een kiel, van lij naar loef, zorgt ervoor dat de liftkracht op vleugels die daar zijn geplaatst een voortstuwendende kracht heeft.

Pieter van Oossanen is de oprichter van Van Oossanen Naval Architects BV. Hij is scheepsbouwkundig ontwerper met hydrodynamica als primaire deskundigheid en houder van diverse octrooien, waaronder twee op de Hull Vane. Sinds januari is de dagelijkse leiding van het bedrijf in handen van zijn zoon Perry van Oossanen en Niels Moerke.



Figuur 3. Beproeving Hull Vane op een America's Cup-jacht in 2002. De tip van de vleugel komt bij grote hellingshoeken net boven water.

1983 de America's Cup. Metingen aan de vleugels aan de onderzijde van de kiel van dit jacht in de sleeptank lieten zien dat varende onder helling en drift de vleugel aan lijzijde geen eigen weerstand bezit. De vleugel leverde juist een voortstuwende kracht, omdat de liftvector op die vleugel naar beneden en naar voren gericht is – loodrecht op de naar achteren en omlaag gerichte stroming daar. De vleugel aan loefzijde bezit ook nauwelijks eigen weerstand. Dit vanwege de naar achteren en naar boven gerichte stroming daar (zie figuur 2). Dit stromingspatroon is onderdeel van de omstroming van de tip van de kiel, van de hogedrukzijde (lij) naar de lagedrukzijde (loef). Metingen van deze stroming en de bijbehorende krachten zijn door de auteur gepubliceerd (zie Van Oossanen & Joubert, 1986). Wegens drukke werkzaamheden die te maken hadden met het tot een succes maken van het eigen bedrijf is de verdere ontwikkeling van een vleugel die onder het achterschip gemonteerd kan worden om de weerstand te verlagen er toen niet van gekomen. In 2002 heeft de auteur opnieuw modelproeven uitgevoerd met een vleugel onder de romp. Nu betrof het een America's Cup-project. Een groot aantal runs in de sleeptank bij diverse hellings- en drift-hoeken, bij verschillende snelheden, liet opnieuw belangrijke reducties in de weerstand zien – ook zeilend onder helling en drift. Een foto van de vleugel onder het America's Cup-jacht staat afgebeeld in figuur 3. Omdat de auteur eerder, in 1996, ook met succes een vleugel had toegepast op de catamaran Nieuwe Maze van het Havenbedrijf Rotterdam, waardoor de weerstand in belangrijk mate was verminderd (Van Oossanen, 1996), was het inmiddels duidelijk dat een dergelijke vleugel een generiek middel kan zijn om de weerstand van schepen te verminderen. Eind 2002 is er daarom een octrooiaanvraag ingediend.

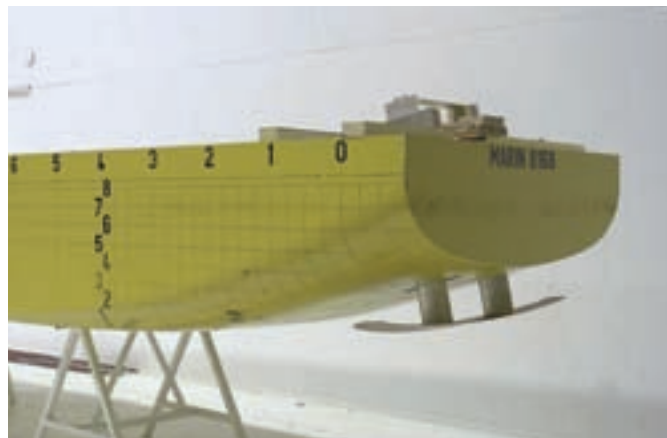
Geen kant-en-klare oplossing

Na het toewijzen van de aangevraagde patenten in diverse landen zijn veel energie en eigen middelen geïnvesteerd om het idee van

het monteren van een vleugel onder een schip, inmiddels tot "Hull Vane" gedoopt, gestalte te geven. In eerste instantie, in 2004, is er een haalbaarheidsstudie uitgevoerd. Hierin hebben IHC en Wagenborg geparticipeerd. Voor deze studie heeft SenterNovem (het huidige AgentschapNL) een kleine subsidie verstrekt. Er zijn toen twee modellen, met en zonder Hull Vane, in de sleeptank van het Marin gesleept. Het eerste model betrof dat van een containerschip met een lengte van 170 m en het tweede model dat van een sleephopperzuiger. Naast de meting van de totale weerstand zijn tevens de zes krachten en momenten werkend op de Hull Vane rechtstreeks gemeten. Deze rechtstreekse meting van de krachten en momenten is tijdens de eerder uitgevoerde onderzoeken in 1991 en in 2002 achterwege gebleven om de kosten van de betreffende proefnemingen te beperken. De metingen bij het Marin toonden aan dat de stuwkracht werkend op de Hull Vane, afhankelijk van positie en oriëntatie van de Hull Vane in de stroming, tot aanzienlijke proporties van de totale weerstand kan oplopen. Tevens hebben de metingen aangetoond dat op bepaalde posities onder de romp de weerstand van de romp zelf door de aanwezigheid van de Hull Vane niet in onbelangrijke mate gunstig en ongunstig beïnvloed kan worden. Het werd toen duidelijk dat potentiële weerstandsreducties sterk afhankelijk zijn van de scheepsvorm, de positie van de Hull Vane, de invalshoek van de stroming en de scheepssnelheid. Ook werd het duidelijk dat een kant-en-klare oplossing voor alle koopvaardij-schepen niet voor de hand lag.

Partnership met Wagenborg

In 2006 werd in samenwerking met Wagenborg een grootschalig onderzoek gestart met de doelstelling een prototype Hull Vane te ontwikkelen voor het containerschip waarvan het sleepmodel al in 2004 was gebruikt voor de haalbaarheidsstudie. Hiervoor werd een royale subsidie ontvangen van SenterNovem. Het project omvatte onderzoek gericht op het bepalen van de optimale positie onder het schip, de optimale afmetingen en de optimale vorm van de Hull Vane.



Figuur 4. De opstelling van de Hull Vane op een sleephopperzuiger voor metingen in het kader van de haalbaarheidsstudie "Toepassing Hull Vane op koopvaardij-schepen".

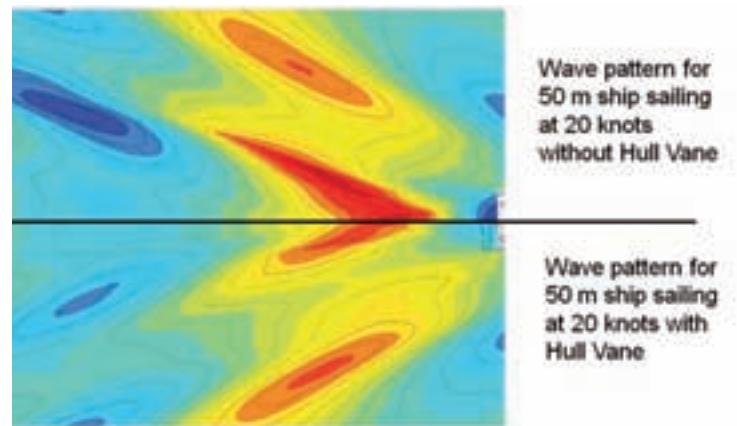


Figuur 5. Beproeving van de Hull Vane op het model van het 170 m containerschip van Wagenborg in de sleeptank van het Marin in 2006. De opstelling van de Hull Vane was zodanig dat de langs- en hoogpositie van de Hull Vane kon worden versteld. De zes-componenten-dynamometer is rechtstreeks aan de Hull Vane gemonteerd.

Veel van dit werk heeft Van Oossanen middels CFD zelf uitgevoerd, in eerste instantie met Star-CCM+ van CD-adapco en vanaf eind 2006 met Fine/Marine van Numeca. Bij het Marin is vervolgens een groot aantal sleepproeven uitgevoerd, zowel in vlak water als in golven, om de resultaten van de CFD-berekeningen te toetsen. De metingen in de SMB van het Marin waren daarbij tevens bedoeld om de belastingen op de Hull Vane in extreme zeegang te bepalen. Deze gegevens zijn gebruikt in een aantal Finite Element Analyses (FEA) om de spanningen in de constructie van de Hull Vane te bepalen. Een belangrijk resultaat van dit project was het inzicht in de wijze waarop de Hull Vane de weerstand van de romp beïnvloedt. Het drukveld van de Hull Vane veroorzaakt een vlakker golfbeeld rondom het achterschip met het gevolg dat de weerstand van de romp wordt gereduceerd. Figuur 6 geeft een vergelijking van het golfbeeld rondom het achterschip van een 50 m supply vessel bij een snelheid van 20 knoop met en zonder Hull Vane. Duidelijk is te zien

Tabel 1. Brandstofbesparingen op basis van CFD-berekeningen en modelproeven voor het containerschip Rijnborg, in vlak water en in golven

		Calm water		Waves
		Resistance	Propulsion	Propulsion
Model scale	$F_N=0.18$	0%	1.5%	3.5%
	$F_N=0.27$	5.5%	10.0%	12.5%
Full scale	$F_N=0.18$	3.0%	4.5%	6.5%
	$F_N=0.27$	8.5%	13.0%	15.5%



Figuur 6. Vergelijking van het golfbeeld zonder (bakboordhelft - boven) en met (stuurboordhelft - onder) Hull Vane voor een 50 m supply vessel varend met een snelheid van 20 knoop. Met Hull Vane zijn de golfpieken (rood) minder hoog en de golfdalen (blauw) minder diep.

dat met Hull Vane (onderste figuur) de golfpieken (rood) minder hoog en de golfdalen (blauw) minder diep zijn.

Voor het 170 m containerschip heeft het Marin in zijn eindrapport een brandstofbesparing van tien procent geprognosticeerd in vlak water. Dit resultaat is gestoeld op een conservatieve inschatting van de schaafeffecten bij de extrapolatie van de modelresultaten naar de ware grootte. Op basis van het CFD-werk voor het ware-grootte-schip kwam Van Oossanen echter tot een winst van dertien procent berekend in vlak water en 15,5 procent in golven (zie tabel 1).

De reden voor de betere prestaties van de Hull Vane in golven is gelegen in de grotere gemiddelde invalshoek van de stroming ter plaatse op de Hull Vane bij het op en neer bewegen van het achterschip in relatie tot het wateroppervlak – in feite op dezelfde manier als vissen die een voortstuwende kracht ontwikkelen met hun staart en vogels met hun vleugels. Dit resultaat was vooraf voorzien omdat deze methode voor het ontwikkelen van stuwkracht inmiddels goed is gedocumenteerd (Vogel, 1994).

Bij het bespreken van de resultaten van de werkzaamheden met de directie van Wagenborg in oktober 2008, met het doel groen licht te krijgen voor de eigenlijke bouw en aanbouw van de Hull Vane op de Rijnborg, bleek echter dat het schip inmiddels in een chartercontract was ondergebracht. Het resultaat was dat Wagenborg, per saldo, geen baat zou hebben bij de brandstofbesparing.

Er is toen nog onderzoek uitgevoerd ten behoeve van een ander schip van Wagenborg, maar daarvoor was “slechts” een brandstofbesparing van 7,5 procent mogelijk. Wagenborg was bereid de kosten van het bouwen en aanbrengen van de Hull Vane op het betreffende schip te dragen, maar Van Oossanen besloot dit niet te doen, wetende dat die 7,5 procent in de praktijk moeilijk te constateren zou zijn (de zusterschepen van het betreffende schip varen allen andere routes). De eerste toepassing van de vinding moest een groot succes zijn en niet naderhand ter discussie komen te staan.

Het project met Wagenborg is in 2010 voortijdig afgesloten zonder een prototypetoepassing te hebben bereikt.

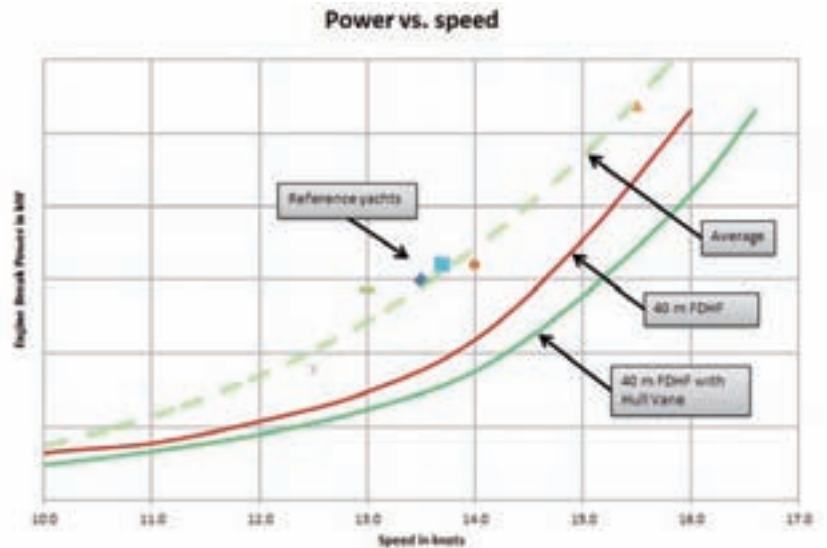
Het project is echter van groot belang geweest voor de verdere ontwikkeling. Inmiddels was duidelijk waar de Hull Vane het beste kan worden geplaatst, wat de beste bevestigingswijze aan de romp is, wat de optimale span en koorde moeten zijn en wat de beste profielvorm is. Ook was er nu veel meer bekend over de krachten die worden opgewekt, in vlak water en in golven, dankzij de uitgebreide proefnemingen in de SMB van het Marin. Daarnaast bleek dat de ontwikkelde stuwkracht in golven minimaal twintig procent hoger is dan in vlak water en dat er door de Hull Vane een dempende werking wordt uitgeoefend op de verticale scheepsbewegingen. Er zijn zelfs uitgebreide proefnemingen uitgevoerd in de ijstank van Aker Arctic om de additionele krachten op de Hull Vane in ijsgang te bepalen.

Het eerste prototype

Het meest opzienbarende van de verkregen resultaten van het project met Wagenborg was de kennis over de invloed van snelheid op de weerstandsreductie die de Hull Vane teweegbrengt. Bij hogere snelheden (op basis van het Froude-getal) loopt de weerstandsreductie bij sommige schepen op tot meer dan 25 procent. Sommigen trekken dit in twijfel, maar de resultaten van diverse sleeptankexercities en CFD-berekeningen laten dit duidelijk zien. Die winst komt in die gevallen niet geheel van de opgewekte stuwkracht op de Hull Vane, maar voor een deel van de gunstige beïnvloeding van het golfsysteem rond het achterschip en voor een deel van het voorkomen van achterover-trim – bij hogere snelheden. Het inzicht dat de Hull Vane vooral goede prestaties levert bij hogere snelheden was de reden in 2009 het verdere onderzoek te richten op de schepen die tot de core-business van Van Oossanen behoren

Literatuur

- Oossanen, P. van & Joubert, P. N. (1986), "The Development of the Winged Keel for Twelve-Metre Yachts", *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 173, pp 55-71
- Oossanen, P. van (1996), "Onderzoek van de weerstand en voortstuwingseigenschappen van de 'Nieuwe Maze', uitgerust met een draagvleugel", Van Oossanen & Associates Rapport 96-014, juni 1996
- Oossanen, P. G. van, Heimann, J., Henrichs, J. & Hochkirch, K. (2009), "Motor Yacht Hull Form Design for the Displacement and Semi-Displacement Speed Range", *Proceedings of the 10th International Conference on Fast Sea Transportation (Fast 2009)*, Athens, Greece, ISBN 978-960-254-688-8 (Volume II).
- Vogel, S. (1994), "Life in Moving Fluids" (Hoofdstuk 12 "The Thrust of Flying and Swimming"), 2nd edition, Princeton University Press, New Jersey, USA; ISBN-13: 978-0-691-02616-9.



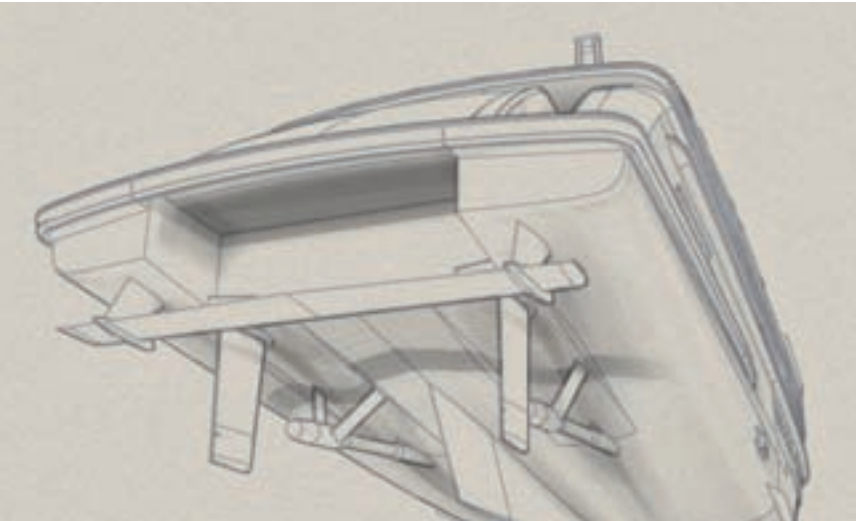
Figuur 7. Het benodigd vermogen als functie van snelheid voor het 42 m motorjacht in aanbouw bij Heesen Yachts staat hier indicatief afgebeeld. De stippellijn betreft de gemiddelde lijn door de gegevens van recent gebouwde vergelijkingschepen. De rode lijn betreft het jacht (met FDHF-romp) zonder Hull Vane en de groene lijn de curve met Hull Vane.

– de grote motorjachten. Hoewel de wortels in het ontwerpen van snelle zeiljachten liggen, is het ontwerpen van grote motorjachten sinds circa 2000 steeds belangrijker geworden voor het bedrijf. Zo heeft Van Oossanen enkele jaren geleden een (gepatenteerde) rompvorm ontwikkeld, de Fast Displacement Hull Form (FDHF). Deze rompvorm heeft zeer goede eigenschappen over het gehele snelheidsgebied tot een Froude-getal van ongeveer 1.0. Hiermee is het niet langer nodig snelvarende motorjachten een knikspant rompvorm te geven, zoals onlangs nog het geval was, met alle voordelen van dien (Van Oossanen et al, 2009).

Al sinds vele jaren verzorgt Van Oossanen het scheepsbouwkundig ontwerp van de motorjachten gebouwd door Heesen Yachts in Oss. Toen het bedrijf in 2011 de directie van Heesen Yachts in kennis stelde van de resultaten behaald in het kader van het project met Wagenborg en hen de mogelijke betekenis daarvan voor motorjachten demonstreerde, kreeg Van Oossanen het verzoek een voorstel te doen voor het toepassen van de Hull Vane op de nieuwe 42 m-serie waarvan Van Oossanen het scheepsbouwkundig ontwerp op dat moment aan het uitvoeren was.

Niet lang nadat er een ontwerp van de Hull Vane was gemaakt en middels CFD en sleepproeven was aangetoond dat de brandstofbesparingen aanzienlijk waren, kwam het bericht dat de eigenaar van het eerst te bouwen jacht van deze serie akkoord was gegaan met het aanbrengen van de Hull Vane op zijn schip. Dit schip wordt in het najaar van 2014 te water gelaten. Voor dit jacht, tevens met een FDHF-rompvorm, is met de Hull Vane een brandstofbesparing van ongeveer twintig procent over het gehele snelheidsgebied bereikt. Het benodigde vermogen als functie van snelheid staat indicatief afgebeeld in figuur 7.

Voortstuwing



Figuur 8. De Hull Vane onder het 55 m motorjacht in aanbouw bij Heesen Yachts te Oss.

Volgend op deze opdracht kwam een opdracht voor een Hull Vane op een 55 m-motorjacht. Een artist impression van de Hull Vane onder dit schip wordt getoond in figuur 8.

Hull Vane-projecten in diverse sectoren

Inmiddels zijn er diverse Hull Vane-projecten in uitvoering voor andere opdrachtgevers, zoals voor de US Navy. De schepen van de US Navy moeten structureel tien procent brandstofkosten gaan besparen. In het kader van het onderzoek dat is aangevangen om dit te kunnen bereiken, is Van Oossanen gevraagd met de Hull Vane te participeren.

Ook voor visserij- en binnenvaartschepen zijn inmiddels projecten in uitvoering. De voorlopige resultaten voor de betreffende schepen zien er gunstig uit en Van Oossanen hoopt binnenkort met deze partijen contracten af te sluiten voor het leveren van de tekeningen voor de bouw van de Hull Vane en voor het leveren van de nodige kennis voor de integratie daarvan in de scheepsconstructie.