



[SPECIAL
MARITIEME
TECHNIEK]

Emissieregelgeving dwingt rederijen tot maatregelen

Schoon schip maken

Ook de scheepvaartsector moet eraan geloven: strenge internationale emissieregelgeving. Rederijen zijn naarstig op zoek naar alternatieve brandstoffen, technologie en routes om eraan te voldoen. Door combinatie van verschillende innovaties en een andere wijze van exploiteren kunnen schepen tientallen procenten zuiniger en schoner varen.

FLEXIBELE HYBRIDE

Net als in autoland winnen hybride voorstuwingssystemen ook in de scheepvaartsector aan belang. Echt nieuw is het gebruik van hybridesystemen aan boord van schepen echter niet. Deselektrische aandrijfsystemen werden al voor de Tweede Wereldoorlog toegepast in onder meer onderzeeboten. In een dergelijk systeem wekt een dieselmotor stroom op, die wordt opgeslagen in accu's om er vervolgens middels een elektromotor de schroef mee aan te drijven. De diepere reden voor toepassing van deze systemen aan boord van onderzeeërs is het gebrek aan zuurstof wanneer het vaartuig

onder water duikt. Dieselmotoren kunnen dan niet draaien. Hoewel oppervlakteschepen aan zuurstof geen tekort hebben, maken ze ook steeds vaker gebruik van een deselektrische aandrijving. Twee varianten zijn gangbaar. De eerste configuratie is vergelijkbaar met die aan boord van deselektrische onderzeeërs. Het belangrijkste verschil is het ontbreken van grote accu's voor de tijdelijke opslag van elektriciteit; de generatoren leveren de stroom direct aan de elektromotoren. Veelal maken deze systemen gebruik van azipods, die de motor en schroef combine-

ren in een torpedovormige gondel onder het schip. In de tweede variant beschikt een schip naast een deselektrisch systeem ook over een grote conventionele motor. De elektromotoren fungeren dan als een secundaire aandrijving. Bij zeer lage snelheden kunnen ze eventueel de volledige voorstuwing voor hun rekening nemen. Het belangrijkste argument voor de toepassing van een hybride aandrijfsysteem is de grote flexibiliteit. Want hoewel conventionele schepschepen zeer efficiënt zijn – moderne diesels halen een thermisch rendement van

meer dan 50 % – draaien ze alleen bij een bepaald vermogen en toerental optimaal. Het rendement neemt af zodra een schip sneller of langzamer gaat varen. Met een hybride aandrijving zijn dit soort variaties beter op te vangen. Doordat de elektriciteitsproductie zich per generator laat regelen, is het mogelijk de inzet van de dieselmotoren onder verschillende condities te optimaliseren. Bij een relatief lage snelheid is het bijvoorbeeld mogelijk om één generator uit te schakelen, zodat de overige machines op een optimaal vermogen kunnen draaien.

Een ander voordeel van hybride aandrijfsystemen is de mogelijkheid de generatoren in te zetten voor zowel de aandrijving als de stroomvoorziening aan boord. Deze synergie wordt benut door cruiseschepen, die een aanzienlijk vermogen aan generatoren aan boord hebben om in de elektriciteitsvraag van de duizenden passagiers te voorzien. In de nachtelijke uren is de stroomvraag aanzienlijk kleiner, waardoor er meer vermogen voor de aandrijving over is. Tijdens de piekvraag kan besloten worden de vaarsnelheid te verlagen.

FOTO SIEMENS

Steeds meer schepen maken gebruik van een hybride deselektrische aandrijving, waarbij de schroef en elektromotor in een azipod worden gecombineerd.



HET IS NOVEMBER 2012. GEWAPEND MET snijbranders en slijptollen nemen Chinese werkmannen twee reusachtige containerschepen van de Deense rederij Maersk Line onder handen. De bijna 300 m lange Maersk Buffalo en Maersk Baltimore liggen keurig naast elkaar in een droogdok. Het kleine leger aan werklieden heeft het op de boegsectie voorzien. Vonkenregens dalen neer, doffe dreunen knallen door het dok en stukken romp worden verwijderd. De dagen van de slechts zes jaar oude schepen lijken geteld. De twee containerkolossen zijn echter sinds december al weer in de vaart. Op een wijziging van de namen in Seago Bremerhaven en Seago Antwerp na lijkt er weinig aan de schepen veranderd – zelfs de oude, hier en daar beschadigde verflaag is niet bijgepunt. De schepen zijn alleen beneden de waterlijn onder handen genomen: de complete bulbstevens van beide vaartuigen zijn vervangen. Een *nose job*, noemt rederij Maersk Line de verbouwing, die in totaal tien schepen zullen ondergaan. An-

ders dan deze beschrijving doet vermoeden, betreft het geen cosmetische ingreep. Het motief is zuiver economisch: de nieuwe bulbstevens reduceren de golfweerstand en verlagen zodoende het brandstofverbruik met mogelijk zo'n 5 %. Voor een bedrijf dat jaarlijks 7 miljard dollar (5,4 miljard euro) neertelt voor bunkerolie zet zo'n nose job dus zoden aan de dijk.

De verbouwing van tien containerschepen is niet alleen ingegeven door de besparing op de brandstofrekening. Samen met de beperking van het energiegebruik zorgen de nieuwe stevens namelijk ook voor een reductie van milieubelastende emissies. De maritieme sector heeft zich vooralsnog weinig zorgen gemaakt over de uitstoot van zwaveloxiden, stikstofoxiden en CO₂. Bij een gebrek aan internationale afspraken en verdragen – de scheepvaartbranche is vrijgesteld van onder meer het Kyoto-protocol – was hier eenvoudigweg geen reden toe. Deze vrijstelling werd veelal gelegitimeerd met het argument dat transport per schip in vergelijking met vrachtauto of

vliegtuig al heel schoon is. De sector, die grofweg 90 % van het wereldwijde goederentransport voor haar rekening neemt, is slechts verantwoordelijk voor 3 % van de CO₂-uitstoot. Schepen zijn echter goed voor 30 % van alle stikstofoxiden en ruim 10 % van de wereldwijde zwaveloxidenuitstoot. Bovendien groeit de branche nog steeds.

Aan het tijdperk van vrijstelling komt dan ook een einde. De Europese Unie heeft haar pijlen gericht op de hoge zwavelconcentraties: momenteel mag bunkerolie nog tot 3,5 % zwavel bevatten, maar vanaf uiterlijk 2020 geldt een maximumgehalte van 0,5 %. Voor de Noordzee, het Kanaal en de Baltische Zee, die als ecologisch kwetsbare gebieden zijn aangemerkt, is vanaf 2015 reeds een norm van 0,1 % van kracht. Dat is nog steeds aanzienlijk meer dan de limiet van 0,001 % voor autobenzine, maar de nieuwe regelgeving legt het gebruik van de meest vervuilende brandstoffen wel effectief aan banden.

Ook de International Maritime Organization (IMO), de belangrijkste internationale organisatie op het gebied van scheepvaart, neemt maatregelen om de scheepvaart groener te maken. Afgelopen januari introduceerde de organisatie de Energy Efficiency Design Index (EEDI), die voor het eerst minimale eisen aan de energetische efficiëntie van nieuwe schepen stelt. Daarnaast heeft de IMO het Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) ingevoerd, dat moet resulteren in een efficiënter gebruik van schepen.

AARDGAS

Met de hete adem van de EU en de IMO in hun nek zetten rederijen nu de eerste serieuze stappen in het opschonen van hun vloot. Zuiverdere bunkerolie geldt als de meest eenvoudige maatregel. Zwavelarme dieselmotoren is commercieel verkrijgbaar, maar is wel duurder dan de teerachtige brandstof waarop schepen nu doorgaans varen.

Aardgas heeft de meeste potentie. Bovendien is er reeds ruimschoots maritieme ervaring voorhanden. Lng-tankers (*liquefied natural gas*) gebruiken het in de tanks verdampende gas namelijk als brandstof voor hun motoren. Het eerste serieuze schip op aardgas, de 217 m lange ferry Viking Grace, vaart sinds januari op de Baltische Zee. Afgezien van de hoge kosten zijn er echter ook nog technische uitdagingen. 'Hoe moeten schepen het gas meenemen?', vat ir. Lex Vredevelt, senior onderzoeker Scheepsontwerp bij TNO, de voornaamste uitdaging samen. 'Alleen met cryogene tanks, die het gas bij -162 °C vasthouden, is voldoende brandstof mee te voeren. De

meeste conventionele staalsoorten zijn echter niet bestand tegen dergelijke temperaturen. Dit impliceert een thermisch geïsoleerde tank, die vanzelfsprekend meer ruimte inneemt dan een buffer voor bunkerolie. Er zijn wel studies verricht naar de integratie van cryogene tanks in de romp. In de ruimte tussen de dubbele scheepswand is bijvoorbeeld veel plaats. Maar het is de vraag of een dergelijke opgesloten tank wel voldoet aan de inspectievoorwaarden. Ook moeten er vragen worden beantwoord omtrent de veiligheid in het geval van een aanvaring: wat als een cryogene tank lekslaat?' Eenzelfde punt van zorg is de veiligheid bij het bunkeren. 'Een mogelijke middenweg is het gebruik van synthetische diesel vervaardigd uit aardgas', meent Vredevelt. 'Die diesel verbrandt veel schoner, maar heeft geen speciale tanks.'

Met alleen andere brandstof zijn de strengere emissienormen echter niet realiseerbaar en bovendien brengt het gebruik van schonere brandstof per definitie hogere kosten met zich mee. Toepassing van betere technologie in plaats van schonere brandstof om de emissie te reduceren kan het energieverbruik en daarmee de brandstofrekening juist drukken. Uit thermodynamisch oogpunt zijn schepschepen op zich niet veel verder te verbeteren. 'Het maximaal realiseerbare rendement is al zeer dicht benaderd', stelt ir. Leo de Vries, senior manager Propulsion Systems bij Wärtsilä Nederland. Het bedrijf is gespecialiseerd in de ontwikkeling en productie van complete scheepsinstallaties. 'Maar dat schepschepen al enorm zuinig zijn, wil niet zeggen dat de machines ook altijd optimaal worden benut. Het ontwerp van een schepschepen gaat uit van de operationele specificaties van een schip, waaronder de vaarsnelheid. Wanneer een schip ook daadwerkelijk volgens deze specificaties wordt ingezet, presteert de motor optimaal. In de praktijk vaart een schip echter niet precies volgens deze specificaties. Ter optimalisatie van het rendement is het mogelijk de motorinstellingen na ingebruikneming aan het daadwerkelijke gebruik aan te passen. Met behoud van snelheid kan tuning van de complete aandrijflijn tot een brandstofbesparing van 5 tot 10 % leiden.'

Onderzoekers van de Duitse Universität Köln hopen de dieselmotoren aan boord van schepen toch nog zuiniger te maken door injectie van water in de verbrandingskamers van de machines. De watermoleculen ontleden tijdens de arbeidslag in zuurstof en waterstof. Beide stoffen dragen vervolgens bij

'Het tunen van de complete aandrijflijn kan 5 tot 10 % brandstof besparen'



FOTO WÄRTSILÄ

Hoewel ingrijpende aanpassingen aan schepschepen vaak niet mogelijk zijn, past motorfabrikant Wärtsilä de instellingen wel aan op basis van de operationele prestaties.

HALVE KRACHT VOORUIT

Het verlagen van de vaarsnelheid is de meest eenvoudige en efficiënte maatregel die rederijen kunnen nemen om de uitstoot van stikstofoxiden, zwavel en CO₂ te beperken. De weerstand van een schip neemt exponentieel toe met de snelheid. Snelle vaartuigen als containerschepen hebben daarom een veel grotere motor en een veel groter brandstofgebruik dan langzame bulkcarriers of olietankers.

Het verschil komt tot uitdrukking in de emissies. Bulkcarriers, die in de regel niet harder varen dan 20 knopen (37 km/h), stoten gemiddeld voor het vervoer van een ton lading per kilometer

2,7 g koolstofdioxide uit. Olietankers koersen doorgaans met zo'n 16 knopen (30 km/h) over de wereldzeeën en zijn nog iets schoner: 2,3 g CO₂ per tonkilometer. Containerschepen daarentegen varen met snelheden tot 25 knopen (46 km/h) en stoten gemiddeld 7,6 g CO₂ uit voor het transport van een ton lading over 1 km. De grootste winst valt zodoende bij containerschepen te behalen. Een verlaging van de vaarsnelheid van 25 knopen (46 km/h) tot ongeveer 21 knopen (39 km/h) vertaalt zich in een halvering van het benodigde motorvermogen. Aangezien de motoren zijn geoptimaliseerd voor een

hoge vaarsnelheid, levert deze verkleining van het vermogen geen halvering van het brandstofverbruik op, maar het effect is wel significant. Als gevolg van de economische crisis, die ook de transportmarkt hard heeft getroffen, laten rederijen hun containerschepen reeds langzamer varen. Het gaat de bedrijven echter niet zozeer om het milieu, maar om de brandstofrekening. Een lagere vaarsnelheid vertaalt zich direct in een verlaging van de operationele kosten en daarmee in een verbetering van het bedrijfsresultaat. Het is echter de vraag wat rederijen zullen doen als de economie weer aantrekt.



FOTO GASUM

De 218 m lange Viking Grace is het eerste grote schip dat volledig op lng vaart.

aan een meer volledige en daarmee schonere verbranding van de zware dieselolie. De uitdaging zit in het mengen van water met stookolie. De Duitse wetenschappers werken aan een speciaal oplosmiddel, dat een succesvolle menging mogelijk moet maken. De winst van waterinjectie zit niet zozeer in een verhoging van het rendement, maar in de reductie van emissies. Het onderzoeksteam verwacht de uitstoot van stikstof met 80 % te kunnen beperken.

LANGZAMER

Schonere brandstof, tunen van motoren en injectie van water hebben weliswaar een gunstig effect op emissies van schepen, maar er valt nog veel meer winst te boeken met een doodeenvoudige maatregel, die in beginsel allerminst technisch van aard is: langzamer varen. De weerstand van een schip neemt namelijk exponentieel af met een dalende snelheid. De weerstand die een vaartuig ondervindt als gevolg van de golven, neemt zelfs met de zesdemachtswortel af. Vooral voor snelle containerschepen, die doorgaans met een snelheid van 22 tot 24 knopen (41 tot 44 km/h) varen, is de potentiële winst enorm groot (zie kader 'Halve kracht vooruit').

Het probleem is dat schepen worden geoptimaliseerd op een bepaalde ontwerpsnelheid. Wanneer een containerschip langzamer gaat varen – iets wat rederijen de laatste jaren ten gevolge van de economische crisis al doen – is de winst daardoor beperkt: de motor draait dan namelijk op een suboptimaal vermogen en de schroef presenteert minder goed. Met een andere afstelling kan de scheepsmotor weer goede prestaties leveren. De schroef laat zich minder gemakkelijk aanpassen. 'Vervanging van de bladen of van de complete schroef blijkt soms een aantrekkelijke optie', vertelt De Vries. 'Overigens beïnvloedt de plaatsing van een nieuwe schroef, die een hoger rendement zal hebben dan het oude exemplaar, wederom het benodigde motorvermogen. Met een nieuwe schroef kan het motorvermogen verder worden verkleind.'

Net als de motor en schroef is ook het hydrodynamisch ontwerp van de romp geoptimaliseerd voor een specifieke snelheid. Dit geldt onder meer voor de bulbsteven, die de weerstand van een schip verlaagt door een golfdal te veroorzaken dat bij een bepaalde snelheid precies samenvalt met de golftop die de boeg van het schip zonder bulb zou veroorzaken. Het golfdal heft de golftop zodoende op. Bij een gewijzigde snel-



ILLUSTRATIE: HEESRI YACHTS

Een nieuw motorjacht van 42 m lengte wordt dit jaar uitgerust met de Hull Vane van Van Oossanen. De vleugelconstructie bevindt zich direct achter de schroeven.

heid vallen top en dal echter niet langer samen, waardoor de weerstandsreductie minder groot is. 'In extreme gevallen, zoals een veel lagere snelheid of een kleinere diepgang, is het effect van de bulbsteven zelfs negatief', vertelt ir. Frans Hendrik Lafeber, projectmanager Scheepsaandrijving bij maritiem onderzoeksinstituut MARIN. 'De bulb zorgt dan dus voor meer weerstand.'

Ook Maersk Line vaart nu met een lagere snelheid en past om deze reden de stevens van tien containerschepen aan. Dankzij de nose jobs vallen de bulbgolven van de schepen weer keurig samen met de golfdalen. Het concern, 's werelds grootste containerreder, houdt het bij de verbouwing van de stevens en ziet vooralsnog af van andere ingrepen. Er valt echter veel meer te vertimmeren aan het hydrodynamisch ontwerp van scheepsrompen, meent Lafeber. 'De *ducktail* is een concept dat steeds vaker wordt toegepast', geeft de onderzoeker aan. 'Met name cruiseschepen, veerboten en jachten maken er gebruik van. In essentie is de ducktail een eenvoudig platform aan de achterzijde van een schip. De grotere lengte van de waterlijn zorgt voor een gunstiger golfpatroon en daarmee een reductie van de weerstand.'

'Een ducktail is eventueel te combineren met een zogenoemde interceptor, een plaat die aan de achterzijde van het schip verticaal in het water steekt', vervolgt Lafeber. 'Deze zorgt voor een verandering van de zogeheten hekgolf die achter het schip ontstaat en genereert een opwaartse kracht, die de achterkant van het schip uit het water probeert te tillen. Een combinatie van een ducktail met een interceptor kan de weerstand met zo'n 6 tot 10 % verlagen.' Ook past MARIN geregeld een zogenoemde *wave damping aftbody* toe. Dit is een speciaal vormgegeven achterschip, dat bijna helemaal vlak is en precies op de waterlijn eindigt en de hekgolf sterk reduceert. Wederom levert dit een verlaging van de weerstand op, die in sommige gevallen op kan lopen tot 10 %.

Het Nederlandse scheepsbouwarchitectenbureau Van Oossanen Naval Architects werkt eveneens aan een systeem dat de stroming rond het achterschip beïnvloedt. De Hull Vane, zoals het systeem heet, is een soort spoiler, die bevestigd onder de achtersteven van een schip de opwaartse beweging van het water omzet in een voorwaartse kracht. Het eenvoudig ogende ontwerp heeft zich reeds bewezen aan boord van een ferry op de Merwede. Dit vaartuig haalde tijdens tests de ontwerpssnel-

heid niet, wat de bouwer op een boete zou komen te staan. Van Oossanen werd geconsulteerd, de ferry werd voorzien van een spoiler en voer vervolgens zelfs harder dan de contractsnelheid voorschreef. Ook is er reeds een luxejacht met een vergelijkbare vleugel uitgerust. Een tweede jacht volgt nog dit jaar en Van Oossanen bestudeert de plaatsing van de vleugelconstructie onder een middelgroot vrachtschip. 'Vooral bij een relatief hoge vaarsnelheid is de winst groot', stelt ir. Niels Moerke, directeur bij Van Oossanen. 'Een groot voordeel is de mogelijkheid de vleugel op bestaande schepen te plaatsen. De constructie bestaat uit relatief eenvoudig plaatwerk, dat met conventionele lastechnieken aan een romp is te bevestigen. Deze retrofitmogelijkheid vergroot de potentie van het systeem enorm.'

Toch zijn rederijen vooralsnog terughoudend. De maritieme sector is simpelweg conservatief van aard: iedereen wil wel, maar wacht af totdat een andere partij het voortouw neemt. De komst van strengere regelgeving geeft bedrijven mogelijk net de prikkel om innovatieve technologie ook daadwerkelijk toe te passen. De International Maritime Organization is dan ook optimistisch gestemd en verwacht veel van het Ship Energy Efficiency Management Plan en de Energy Efficiency Design Index. Deze twee nieuwe instrumenten moeten in combinatie met invoering van reeds beschikbare technologie de groei van emissies een halt toeroepen. Zonder de maatregelen zou de jaarlijks CO₂-uitstoot door schepen toenemen van 870 miljoen ton nu naar ruim 2600 miljoen ton in 2050, meent de IMO. Met de index en het managementplan neemt de emissie van CO₂ toe tot 'slechts' 1600 miljoen ton. ●

'Motoren die op zich zuinig zijn, worden vaak niet optimaal benut'

DUURZAME MOBILITEIT



Dit jaar staat bij het Koninklijk Instituut Van Ingenieurs KIVI NIRIA het thema duurzame mobiliteit centraal. Een van de aandachtspunten is het energieverbruik van vervoer. Verder komt het materiaalgebruik in het ontwerp van transportmiddelen aan bod. Het jaarcongres over dit onderwerp, Sustainable Mobility, vindt op 6 november plaats aan de TU Eindhoven.
www.kiviniria.nl/mobility