

Varen, vliegen, verplaatsen en vooruitkijken

De krijgsmacht en de afnemende olievoorraden

Defensie moet bij het plannen van nieuwe materieelprojecten anticiperen op de afnemende beschikbaarheid van ruwe olie. Welke nieuwe technieken en alternatieve brandstoffen zijn er om ook in de toekomst over een slagvaardige en expeditionaire krijgsmacht te kunnen beschikken? Nieuwe technieken en alternatieve brandstoffen zijn dan mogelijk niet toereikend. Om als krijgsmacht relevant te blijven zijn ook andere typen wapensystemen nodig, die efficiënter zijn in energiegebruik.

*M.G.M. Hendriks Vettehen – Kapitein-ter-zee van de technische dienst**

Het gebruik van energie en het milieu zijn twee kanten van dezelfde medaille. Minder energie gebruiken spaart immers het milieu. Dat besef is terug te vinden in de naamgeving van de Defensie Duurzaamheidsnota 2009, die inmiddels de Defensie Milieubeleidsnota 2004 vervangt. Is die naamsverandering slechts politiek ingegeven of is hier sprake van een fundamentele koerswijziging? Tot op heden heeft Defensie aan de Nationale Milieudoelstellingen hoofdzakelijk bijgedragen door het verminderen van het energieverbruik van vastgoed en dienstauto's. De mogelijkheden om te besparen op het energieverbruik van militair materieel werden slechts beperkt haalbaar geacht. Het bestaande materieel is immers niet gemakkelijk te vervangen door nieuw en energiezuiniger materieel. De inzet en de veiligheid van het personeel laten zich ook niet compromitteren door de noodzaak het milieu te sparen en klimaatverandering tegen te gaan. Los van de noodzaak bij te dragen aan een beter milieu en klimaat moet de krijgsmacht zich

instellen op een toekomst met minder energie. Niet zozeer omdat de energie opraakt – er zijn naast duurzame energie nog grote voorraden gas, kolen en uranium – maar omdat de ruwe olie opraakt. Die ruwe olie is noodzakelijk voor bijna alle mobiele toepassingen. Mobiliteit is van groot tactisch en strategisch belang voor een moderne expeditionaire krijgsmacht. Deskundigen discussiëren over het moment waarop de oliewinning niet langer de vraag kan bijhouden, het zogeheten *Peak Oil*. Er zijn wetenschappers die menen dat de heftige prijsschommelingen in 2008 aantonen dat Peak Oil al is gepasseerd. Anderen zijn van mening dat Peak Oil ergens tussen 2010 en 2020 gaat plaatsvinden.¹ Na het passeren van Peak Oil neemt de beschikbaarheid van ruwe olie langzaam maar gestaag af en wordt steeds duurder. Tegen 2050 speelt ruwe olie op de energiemarkt nog slechts een beperkte rol. In de Duurzaamheidsnota 2009 staat dat in het keuzeproces voor nieuw materieel de energie-efficiency als criterium moet worden gehanteerd. In 2010 zal Defensie ook een onderzoek hebben uitgevoerd naar het gebruik van alternatieve brandstoffen en naar de energie-efficiency van defensiematerieel.

* De auteur is werkzaam bij CZSK Directie Operationele Ondersteuning. Hij is tevens voorzitter van het *Defensie kennisnetwerk energie*.

¹ Willem Middelkoop en Rembrandt Koppelaar, *De permanente oliecrisis* (Amsterdam, Uitgeverij Nieuw Amsterdam, 2008).

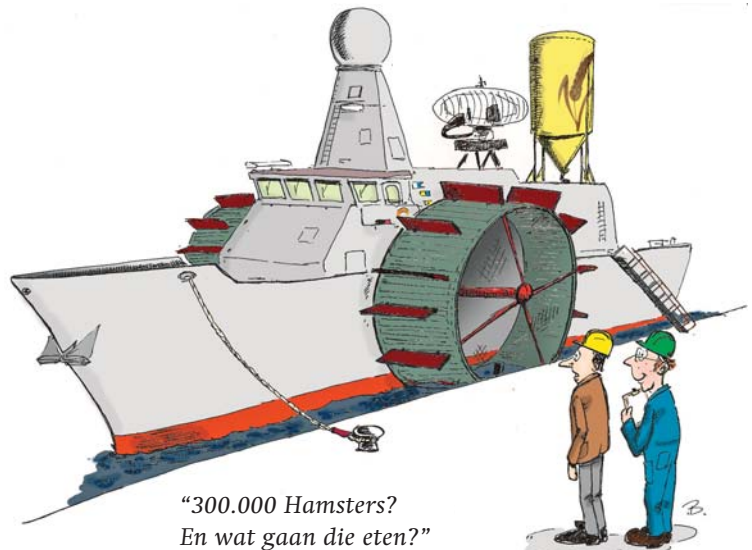
Hoe belangrijk is de noodzaak om de krijgsmacht nu voor te bereiden op een toekomst met minder ruwe olie? Welke methoden en technieken zijn er om de afhankelijkheid van ruwe olie te verminderen? Welke gevolgen kan dat hebben voor toekomstige wapensystemen?

Energieverbruik krijgsmacht en gevolgen voor de operationele inzet

Mondiaal gezien gebruiken krijgsmachten minder dan 1 procent van de ruwe olie. De brandstofkosten stijgen steeds, maar lijken op de totale defensiebegroting (circa 2 procent) nog van beperkte omvang.² Dat suggereert dat het allemaal wel meevalt en dat er voor Defensie geen noodzaak is om verstrekkende maatregelen te nemen. Dat is echter een verkeerde inschatting. Op de materiële exploitatie drukken die brandstofkosten verhoudingsgewijs natuurlijk veel zwaarder. De sterke en onvoorziene prijsstijgingen in 2008 leidden zelfs tot het tijdelijk inperken van de vaarprogramma's van de Franse vloot. De reserves ruwe olie liggen voor een groot deel in landen die niet onze natuurlijke bondgenoten zijn. Sommige van deze landen schrikken er niet voor terug om de kraan dicht te draaien om hun politieke ambities te realiseren. Een olieboycot maakt de olie nog duurder, brengt economische schade toe en ondermijnt ook effectief militair optreden. Wanneer westerse krijgsmachten minder afhankelijk zijn van ruwe olie zal het boycotwapen minder aantrekkelijk zijn.

Analyse energieverbruik

Bij analyse van het energieverbruik van het ministerie van Defensie blijkt dat eigen infrastructuur en dienstauto's circa 35-40 procent van de totale hoeveelheid energie consumeren.³ Het verbruik van vooral gas en elektra is de afgelopen jaren aanmerkelijk afgenomen door verkleining van de krijgsmacht en het toepassen van allerlei energiebesparende maatregelen. Het elektriciteitsverbruik per persoon is echter groter geworden door de toegenomen beschikbaarheid van digitale werkplekken en de daarbij horende IT-infrastructureur. Verdere besparingen zijn voor een groot deel te realiseren door energiezuinige ontwikkelingen op de markt te volgen.



CARTOON H. BOOMSTRA

Het resterende energieverbruik (60-65 procent) van de krijgsmachtdelen komt uit brandstoffen op basis van ruwe olie voor vliegtuigen, tanks en schepen. Het brandstofverbruik van luchtsystemen is het grootst en verhoudt zich tot zee- en landsystemen ruwweg als 5:3:2.⁴ Bij de Amerikaanse strijdkrachten is zelfs de helft van het totale energieverbruik vliegtuigbrandstof. Bij inzet onder oorlogsomstandigheden neemt het brandstofverbruik natuurlijk aanmerkelijk toe. Er komt dan ook nog een extra grote verbruiker bij, namelijk de mobiele (elektrische) energie-opwekking. De hoeveelheid brandstof die nodig is om alle generatorsets in Irak en Afghanistan te laten draaien is enorm en zelfs groter dan het brandstofverbruik van de luchtsystemen.⁵

Brandstofkosten zijn nu vaak alleen zichtbaar als directe uitgaven. De kosten om de brandstof op zee, door de lucht en over het land naar de gebruikers te krijgen – de *Fully Burdened Cost of Fuel* (FBCF) – zijn echter veel hoger. De kosten voor het transport en de bescherming daarvan leiden tot een veelvoud van de prijs aan de pomp. Bij een marktprijs van 2,5 dollar per gallon kost de brandstof bij *ship-to-ship refueling*

2 Op de totale defensiebegroting 2008 van 8,3 miljard euro is 100 miljoen uitgegeven aan brandstoffen en 75 miljoen aan gas, licht, water en huisbrandolie.

3 *Consequenties voor Defensie van de nationale energiedoelstellingen 2007-2020*, BS/DRMV ir. M.V. Gijsbers, 24 september 2008.

4 *Consequenties voor Defensie van de nationale energiedoelstellingen 2007-2020*, BS/DRMV ir. M.V. Gijsbers, 24 september 2008.

5 *Report of the Defense Science Board Task Force on DOD Energy Strategy*, februari 2008.

zeven dollar per gallon.⁶ Bij transport over land, inclusief *Force Protection*, is dat vijftien dollar. Vervoer van brandstof door de lucht is helemaal een kostbare zaak. Bij *air-to-air refueling* lopen de kosten op tot 42 dollar per gallon. De kosten om brandstof naar een afgelegen *Forward Operating Base* (FOB) te vervoeren kunnen zelfs oplopen tot honderden dollars per gallon.⁷

Defensiematerieel heeft een zeer lange levensloop. Tussen ontwikkeling en afstoting kan vijftig jaar zitten. Bij de planning van materieel moet dan ook steeds de vraag worden gesteld of er voldoende brandstof beschikbaar blijft om het wapensysteem ook na 25 jaar nog in te zetten. Wapensystemen waarbij dat niet mogelijk is en die daardoor eerder moeten uitfasen zijn een slechte investering. Wanneer de FBCF bij de planning van grote materieelprojecten inzichtelijk is, krijgen zuinige concepten meer kans dan alleen bij afwegingen op basis van het directe eigen verbruik.

Operationeel belang

Het belang van voldoende brandstof voor 'gemechaniseerd' militair optreden is natuurlijk niet nieuw. In de Tweede Wereldoorlog was voor de Duitsers het gebruik van de Roemeense olievelden en de verovering van de Kaukasus onderdeel van hun *grand strategy*. De afgelopen decennia was het 'zwarte goud' echter goedkoop en in overvloed aanwezig. Militaire planners zijn daarom het belang van voldoende brandstof enigszins uit het oog verloren. Irak en Afghanistan hebben het Westen weer met de neus op de feiten gedrukt.

Alleen al het transport van brandstof – volgens Amerikaanse cijfers circa 70 procent van de totale logistieke keten – is een militaire operatie op zich. De met *Force Protection* belaste eenheden zijn niet beschikbaar voor *winning hearts and minds* of offensief optreden. Ondanks de bescherming vallen er bij het transport toch

veel slachtoffers onder de coalitietroepen en het lokaal ingehuurd personeel. De ervaringen in Irak en Afghanistan hebben geleid tot het hernieuwde besef dat het ontbreken van voldoende brandstof de goede afloop van militaire operaties in gevaar brengt. Van de Amerikaanse generaal der mariniers James Mattis, die veel operationele ervaring in Irak en Afghanistan heeft, is de bekende nookreet: 'Unleash us from the tether of fuel' (Verlos ons van de ketenen van de brandstof). Bij het zoeken naar oplossingen ontbreekt het bij het Amerikaanse ministerie van Defensie naar eigen zeggen aan strategie, beleid, informatie, kengetallen en structuur om die ketenen af te werpen.⁸ In Nederland is dat nog niet beter.

Hoewel het brandstofgebruik van de Amerikaanse krijgsmacht in absolute zin beperkt is, is Defensie op de energiemarkt wel een grote speler.⁹ Het Pentagon is in Amerika de grootste individuele afnemer van (vloeibare) brandstof. Als zo'n klant serieus werk maakt van alternatieve en duurzame energie, beïnvloedt dat de markt. De Amerikaanse regering heeft in het verleden vaker de krijgsmacht gebruikt om maatschappelijke veranderingen door te voeren. Zo waren de strijdkrachten vanaf eind jaren veertig voorloper in het opheffen van de rassenscheiding. In de jaren zeventig werd de gelijkberechtiging tussen man en vrouw in de krijgsmacht een toonbeeld voor de rest van Amerika. De inspanningen om de strijdkrachten te verlossen van de ketenen van de brandstof zouden de Amerikaanse samenleving nu duurzamer kunnen maken. In een land dat een kwart van de ruwe olie verbruikt zet dat zoden aan de dijk.

Technieken om afhankelijkheid van ruwe olie te verminderen

De techniek staat niet stil en er zijn ontelbare grote en kleine initiatieven om minder energie te gebruiken. Die initiatieven omvatten onder meer kleine verbeteringen op componentniveau, complete nieuwe ontwerpen om de weerstand te verminderen, nieuwe energiezuinige voortstuwingssystemen en het gebruik van alternatieve brandstoffen. Hoewel veel

⁶ Een gallon is gelijk aan 3,785 liter.

⁷ *Report of the Defense Science Board Task Force on DOD Energy Strategy*, februari 2008.

⁸ *Report of the Defense Science Board Task Force on DOD Energy Strategy*, februari 2008.

⁹ Van de rond 81 miljoen vaten ruwe olie die per dag wereldwijd worden gewonnen, worden er 21 miljoen in Amerika verbruikt. Het Pentagon verbruikt 300.000 vaten per dag.

kleine verbeteringen ook grote energiewinsten mogelijk maken, is het nuttig enkele grotere ontwikkelingen nader te bekijken.

Luchtsystemen

In de luchtvaart zijn de vrachtkosten (voor het grootste deel brandstofkosten) veel hoger dan bij land- en zeetransport. Daar komt nog eens bij dat de mogelijkheden om in de luchtvaart over te gaan op andere technieken en brandstoffen kleiner lijken dan elders. De luchtvaart is immers hoe dan ook gebonden aan vloeibare brandstoffen. Alle andere alternatieven hebben een veel lagere energiedichtheid. Het zijn dan ook de luchtvaart en luchtmachten die het meest actief zijn bij het zoeken naar alternatieve vloeibare brandstoffen.

Biobrandstoffen van de zogeheten eerste generatie worden nu verkregen uit agrarische producten, zoals suikerriet en mais. Dat is niet onomstreden, omdat de productie vaak ten koste gaat van het landbouwareaal en tot ontbossing leidt. In de nabije toekomst komen er echter biobrandstoffen van de tweede generatie, geproduceerd uit plantaardig afval of algen.¹⁰ Een andere optie zijn synthetische brandstoffen, gewonnen door chemische omzetting van gas en kolen in vloeibare brandstoffen (het Fischer-Tropsch proces). In Zuid-Afrika staat al langere tijd een fabriek voor de productie van synthetische vliegtuigbrandstof. De Amerikaanse luchtmacht doet proeven met het gebruik van synthetische brandstof en overweegt de bouw van een eigen productiefabriek. Het Fischer-Tropsch proces vergt echter veel energie. Dat is duur en leidt tot extra CO₂-uitstoot.

De technische en logistieke problemen bij de productie van alternatieve brandstoffen zijn al met al nog erg groot. Het is dan ook onwaarschijnlijk dat ze op korte termijn de ruwe olie substantieel gaan vervangen. Volgens de *World Energy Outlook 2008* kunnen synthetische brandstoffen en andere niet-conventionele fossiele brandstoffen, zoals olie uit Canadese

teerzanden, in de periode 2007-2030 de stijgende vraag naar olie (gemiddeld 1 procent per jaar) hooguit dekken.¹¹ Shell verwacht dat de brandstof voor transportdoeleinden in 2025 voor circa zeven procent uit biobrandstoffen bestaat en voor vier procent uit synthetische brandstoffen.¹²

Door het toepassen van het *Blended Wing Body*-ontwerp (BWB) kan een groot vliegtuig zoals een tanker, bommenwerper of transportvliegtuig twee keer zo ver vliegen of twee keer meer

FOTO AVDD, P. WIEZORECK



Het opwekken van elektriciteit in operatiegebieden kost veel energie (Irak, 2005)

lading meenemen. Dat verkleint het aantal sorties en de noodzaak om in de lucht te tanken, want men kan langer in het operatiegebied blijven. Als deze aspecten worden meegerekend leidt dat zelfs tot aanmerkelijk meer brandstofbesparing.¹³ BWB is een tussenvorm tussen het traditionele romp-vleugel-ontwerp en de vliegende vleugel. De romp van de BWB is vleugelvormig en platter dan die van het

10 From Algae to JP-8. Pentagon's DARPA Funds Efforts To Make a Green Jet Fuel, zie: <http://www.defensenews.com/story>.

11 Het International Energy Agency (IEA) geeft jaarlijks een *World Energy Outlook* uit met een overzicht van de beschikbare energiereserves en voorspellingen over de ontwikkelingen op de energiemarkt.

12 David W. Savin, 'Naval Fuels in the 21st Century' in: *Journal of Naval Engineering*, Vol. 43, 2007.

13 *Report of the Defense Science Board Task Force on DOD Energy Strategy*, februari 2008.

traditionele ontwerp en gaat in een vloeiende vorm over in grote vleugels. Boeing werkt momenteel met de Amerikaanse luchtmacht en de ruimtevaartorganisatie NASA aan de X-48B BWB.¹⁴

De huidige helikopters maken gebruik van een decennia oud technisch concept. Er is nog maar weinig ruimte voor verbetering van de efficiency. Nieuwe ontwerpen en nieuwe technologie, met name *Variable Speed Tilt Rotor* (VSTR), lijken echter veelbelovend. Dergelijke nieuwe helikopters combineren de voordelen van verticale lift met de efficiency van een vrachtvliegtuig. Analyses tonen aan dat VSTR-helikopters aanmerkelijk energiezuiniger zijn

Er zijn volop ontwikkelingen gaande om militaire systemen energiezuiniger te maken

dan de huidige en toekomstige conventionele helikopters. Doordat VSTR-helikopters flexibel inzetbaar zijn, zijn er ook minder verschillende types nodig. De van ver aangevoerde vracht kan immers zonder over te laden in helikopters naar locaties met korte landingsbanen worden gebracht.¹⁵

Andere technieken om vliegtuigen lichter en zuiniger te maken zijn nieuwe *Versatile Affordable Advanced Turbine Engine*-motoren (VAATE), turboprops, *High Temperature Superconductivity*-generatoren (HTS), nieuwe composietmaterialen en het vervangen van hydraulische componenten door elektrische actuators.

Zeesystemen

Transport over water is een veelvoud goedkoper (in de verhouding ton per mijl) dan

transport door de lucht of over land. De prijs van de relatief goedkope scheepsbrandstof heeft daarom ook maar een beperkte invloed op de maritieme handelsstromen over zee en binnenwateren.

De koopvaardij gebruikt de efficiënte en op residuale brandstof (zware stookolie) werkende tweetakt dieselmotor.¹⁶ Door hun omvang en gewicht zijn deze niet aan boord van marineschepen te plaatsen. Marineschepen zijn gebonden aan *prime movers*¹⁷ met een hoge *power-to-weight* ratio zoals gasturbines voor hoofdvaart en viertakt dieselmotoren voor kruisvaart. Deze machines gebruiken duurdere destillaat-brandstoffen. Kleine marineschepen kunnen in de toekomst gebruik maken van moderne autotechniek (batterijen, waterstof/brandstofcel) of varen op *Liquidified Natural Gas* (LNG). Grotere marineschepen kunnen mogelijk gebruik maken van moderne (stationaire) elektriciteitsopwekking zoals *combined cycle*, hoge-temperatuur-brandstofcellen of overgaan op kernenergie.¹⁸

Ook in de toekomst blijft de *monohull* de meest optimale scheepsvorm. De efficiency daarvan kan nog verbeteren door het gebruik van contraroterende schroeven, het optimaliseren van de lengte/breedte-verhouding en een *clean hull*. Andere scheepsvormen zoals de *catamaran*, het *Surface Effect Ship* (SES) en *Small Waterplane Twin Hull* (SWATH) zijn ten opzichte van de *monohull* alleen energiezuiniger bij snelheden boven de dertig knopen. Ook het gebruik van waterjets is alleen bij hoge snelheden efficiënter dan het gebruik van schroeven.

Landsystemen

Om de energiebehoefte in Irak en Afghanistan te verminderen heeft het Pentagon de *Power Surety Task Force* (PSTF) in het leven geroepen.¹⁹ De PSTF beschikt in de VS over een eigen locatie met onderzoeks- en testfaciliteiten en heeft al een groot aantal initiatieven genomen om in de driehoek van *energieverbruik verminderen-toepassen energiebesparende technieken-toepassen duurzame energie*, de energiebehoefte in het operatiegebied te verminderen. Eén van de meest succesvolle initiatieven is het bedekken van alle (ontelbare) tenten met een schuim-

14 Zie: www.boeing.com.

15 *Report of the Defense Science Board Task Force on DOD Energy Strategy*, februari 2008.

16 Residuale brandstoffen blijven over wanneer door destillatie de lichtere bestanddelen eruit zijn gehaald voor de productie van benzine, diesel et cetera.

17 *Prime mover*: werktuig voor het omzetten van chemische energie in mechanische energie zoals dieselmotor, gasturbine, stoominstallatie.

18 M.G.M. Hendriks Vettehen, 'De marine varende houden' in: *Militaire Spectator* 177 (2008) (7/8) blz. 384-392.

19 Dan Nolan, *Energy Security for Enduring Operations*, zie: www.igsd.org/conferences/Paris2008.

laag waardoor de noodzakelijke koelcapaciteit terugloopt van 180 kW naar 30 kW. De PSTF heeft inmiddels nieuwe typen energiezuinige *dome*-tenten ontwikkeld. Ook in de woestijn is het mogelijk om met geothermische installaties koelcapaciteit uit de bodem te halen. Enkele meters onder het oppervlak is de temperatuur immers al 25-30 graden lager dan boven de grond. Er worden mobiele zonne-energiecentrales en/of windmolens geleverd aan troepen op moeilijk te bereiken posten. Eigen waterproductie en zuivering maken het kostbare transport van water vanaf lokale waterbedrijven en de bescherming daarvan overbodig.

toekomst zijn auto's lichter en efficiënter met energie. De vraag is niet of, maar in welke omvang en tempo elektriciteit (via batterij of waterstof/brandstofcel) de interne verbrandingsmotor gaat vervangen en waar al die elektrische energie vandaan moet komen.²⁰ Alle grote autoproducenten hebben inmiddels leveranciers van batterijsystemen overgenomen of zijn daar strategische allianties mee aangegaan. Bij militaire landsystemen ligt de situatie anders. Om het personeel beter te beschermen tegen steeds geavanceerdere mijnen en andere wapens worden infanterievoertuigen voortdurend zwaarder. Dat is een op den duur niet

vol te houden wedloop.

Het gebruik van elektrische voertuigen is ook niet mogelijk omdat onder oorlogsomstandigheden het elektriciteitsnet – als het er al is – niet leverbetrouwbaar is. Daarom zijn andere concepten nodig. Een interessant voorbeeld is de Amerikaanse ULTRA Armored Patrol – ook wel het 'Badenoch'-ontwerp genoemd – die door het gebruik van composietmaterialen licht is en meer bescherming biedt dan bestaande systemen.²¹

Het voertuig verbruikt mede

door moderne hybride-elektrische voertuigtechniek de helft minder brandstof dan de HUMVEE die het moet gaan vervangen. De ULTRA is gebouwd op het onderstel van een Ford F-350 truck is mede ontwikkeld door NASCAR-technici.²² De bijnaam *blast bucket* is te danken aan de opmerkelijk gevormde bovenbouw die de inzittende 360 graden zicht geeft en optimaal beschermt tegen explosies. Het verder ontwikkelen van een dergelijk voertuig is voor het Pentagon een technologisch speerpunt.²³



De ULTRA AP illustreert de ontwikkeling naar lichter materieel

In Uruzgan is op de Nederlandse compounds in Deh Rawod en Tarin Kowt 6 MW elektrisch vermogen geïnstalleerd. Dat vermogen wordt opgewekt met standaard 180 kW aggregaten. Dat vraagt veel onderhoud en is niet energieefficiënt. Door zonnedoeken over tenten en containers te spannen loopt de binnentemperatuur enigszins terug. Initiatieven om duurzame systemen te introduceren zijn nog niet succesvol geweest. Als Nederland in de toekomst expeditionair wil blijven optreden, moet Defensie haar eigen mobiele 'nuts-bedrijven' duurzaam inrichten.

De recordprijzen aan de pomp en de kredietcrisis hebben de auto-industrie in 2008 tot een radicale koerswijziging gedwongen. In de

20 Ronald Berger Strategy Consultants gaat er vanuit dat in 2020 een kwart van alle auto's in Europa en 10 procent wereldwijd elektrisch (exclusief hybrides) wordt aangedreven.

21 Het voertuig is genoemd naar één van de ontwerpers, de autotechnicus Scott Badenoch.

22 NASCAR: National Association for Stock Car Auto Racing.

23 Science Board recommends a light-weight vehicle to replace the HUMVEE, www.accessmylibrary.com

Onbemande systemen

Unmanned Aerial Vehicles (UAV's) kunnen langdurig, saai en gevaarlijk werk doen. Ze zijn lichter en langzamer dan bemande vliegtuigen en kunnen lang boven het doelgebied blijven. Ze zijn veelzijdig, energiezuinig, hoeven in de lucht niet te worden bijgetankt en kunnen met minder sorties hetzelfde resultaat leveren. De opgetelde brandstofbesparingen kunnen enorm zijn. Het Amerikaanse *Air Force Research Lab* (AFRL) heeft voor een specifieke situatie uitgerekend dat een besparing van 97 procent mogelijk was. Nederland gebruikt de Sperwer, een *tactical medium range UAV* en de Aladin, een mini-UAV. Aan de invoering van nieuwe systemen wordt gewerkt.

De maritieme sector gebruikt onbemande vaartuigen. Het gaat daarbij vooral om *Unmanned Underwater Vehicles* (UUV's) die worden ingezet voor het lokaliseren en onschadelijk maken

In 2010 komt het eerste patrouilleschip van de Holland-Klasse (3700 ton) in de vaart. In tegenstelling tot andere marineschepen van deze grootte – fregatten kunnen 30 knopen varen – hebben de patrouilleschepen slechts een maximale snelheid van 20 knopen. Omdat het patrouilleschip beschikt over een uitgebreide 'sensorsuite', een boordhelikopter en snel lanceerbare kleinere boten, kan het schip toch tijdig en snel reageren. Het verlagen van de snelheid tikt voor het brandstofverbruik snel aan. Om twee keer sneller te kunnen varen is immers acht keer meer vermogen nodig. De voortstuwing zal bestaan uit een diesel-elektrische combinatie. Normaal vaart het schip op de beide dieselmotoren, maar bij langdurig lage vaart gaat het over op energie-efficiënte aandrijving met elektromotoren.

DMO/Ressort Zee heeft onderzocht hoe energie kan worden teruggewonnen aan boord van het nog te bouwen *Joint Support Ship* (JSS). Er zijn drie opties bekeken, namelijk gebruik van het koelwater van de dieselmotoren voor de productie van drinkwater, het gebruik van datzelfde koelwater voor scheepsverwarming en het gebruik van de afvoergassen voor scheepsverwarming (met water of thermische olie). Na onderzoek is gekozen voor het systeem waarbij het koelwater van de dieselmotoren wordt gebruikt voor de scheepsverwarming.

LNG is al decennia in gebruik als brandstof voor LNG-tankers. Ook andere schepen varen tegenwoordig – zij het nog op bescheiden schaal – op LNG. De Noorse kustwacht bouwt drie schepen waarvan de gasmotoren op LNG lopen. Gasmotoren zijn dieselmotoren die daar speciaal voor zijn aangepast. Aardgas is een schone brandstof zonder uitstoot van NOx, terwijl bij verbranding 25 procent minder CO₂ vrijkomt. De voorraden aardgas zijn veel groter dan de voorraden ruwe olie. Nadeel is dat LNG cryogeen (koud) moet worden opgeslagen en die opslag vier keer volumineuzer is dan normale scheepsbrandstof. Bovendien vragen de veiligheidsaspecten nadere aandacht. Voor schepen in het lage geweldsspectrum die vanuit de eigen thuishaven opereren, zijn die nadelen geen probleem. DMO/Ressort Zee onderzoekt de

De krijgsmacht moet zich intensiever bezighouden met energie en milieu, de uitdagingen van de 21ste eeuw

van mijnen, het inspecteren en repareren van kades, fundaties, sluisen, kabels, leidingen et cetera. Ze vervangen de inzet van duikers op gevaarlijke en onbereikbare plaatsen. Het energiebesparende potentieel van UUV's is minder duidelijk dan dat van UAV's.

Kleine stappen in de goede richting

Het Defensie Materieelkeuze Proces (DMP) omvat natuurlijk ook de materiële exploitatiekosten. Hoewel die exploitatiekosten voor een groot deel uit brandstofkosten bestaan, focust het onderzoek in de praktijk doorgaans op de onderhoudskosten: incidenteel en planmatig onderhoud, in- en uitbesteden van dat onderhoud, kosten van reserveonderdelen, documentatie en speciale gereedschappen. De brandstofkosten worden nog vaak als nauwelijks beïnvloedbaar geaccepteerd. Onderzoek naar de FBCF of de duurzaamheid van de brandstof vindt (nog) niet plaats. Er zijn echter al wel enige ontwikkelingen in de goede richting.

mogelijkheden om aan te haken bij een initiatief van de Nederlandse maritieme industrie om sleepboten te ontwikkelen die LNG als brandstof gebruiken. Sleepboten met deze schone technologie zouden onder andere de bestaande sleepboten in Den Helder kunnen gaan vervangen.

Toekomstige wapensystemen

De in de Defensie Duurzaamheidsnota 2009 vastgestelde maatregel dat bij nieuwe materieelprojecten de energie-efficiency moet worden meegewogen, impliceert per alternatief de bepaling van de FBCF. Dat kan tot verrassende nieuwe vragen – en antwoorden – leiden. Wat is de noodzakelijk optimale en maximale snelheid voor diverse zee- en luchtsystemen? Kunnen fregatten en jachtvliegtuigen meer eigen brandstof meenemen zodat er minder tankers

Nucleaire voortstuwing marineschepen

Er zijn nog enkele concrete onderwerpen waar bij het energiegebruik nu of in de toekomst kan leiden tot discussie. Allereerst de voortstuwing van marineschepen. In 2008 heeft de Britse regering het contract getekend voor de bouw van twee grote vliegdekschepen van de *Elisabeth Class* (65.000 ton) die de bestaande drie vliegdekschepen van de *Invincible Class* gaan vervangen. De beide nieuwe schepen krijgen een *Integrated Full Electric Propulsion* (IFEP) systeem dat 109 MW elektrisch vermogen opwekt voor zowel voortstuwing als hulpvermogen. Dat grote vermogen wordt geleverd door twee RR MT30 gasturbines (totaal 70 MWe) en vier dieselgeneratoren (totaal 39 MWe). Om de kwetsbaarheid van de installatie te beperken zijn de prime movers verdeeld over vier over het schip verspreide machinekamers. De keuze voor een conventionele IFEP-voort-

BRON: DAMEN SCHELDE NAVAL SHIPBUILDING



Impressie van de nieuwe Holland-Klasse

nodig zijn? Moet worden ingezet op standaardisatie van brandstoffen of op diversificatie, op strategisch transport of op nieuwe regionale steunpunten? Moet Defensie kiezen voor meer energie-efficiënte, licht bepantserde voertuigen, of opteren voor minder, maar veilige zwaar bepantserde voertuigen? Toekomstige wapensystemen kunnen er wel eens fundamenteel anders uit gaan zien dan hun voorgangers. Het kan zijn dat een bepaalde capaciteit die nu met wapensysteem X wordt gerealiseerd, in de toekomst met een ander, energie-efficiënter wapensysteem Y zal worden gehaald.

stuwning is niet onomstreden. De toepassing van prime movers die veel destillaatbrandstoffen verbruiken aan boord van een schip dat tot 2050 operationeel moet blijven legt een enorme hypotheek op de toekomst. Door het ontbreken van een grote centrale technische ruimte zijn er ook weinig mogelijkheden om halverwege de levensduur de IFEP te vervangen door een nieuw type 'energiecentrale'.

Het University College London (UCL) heeft een onderzoek gedaan naar een optimale vloot-

samenstelling voor de Royal Navy.²⁴ UCL geeft aan dat toekomstige vliegdekschepen beter af zijn met een nucleaire voortstuwing dan met conventionele prime movers. Hoewel de initiële investeringen circa 20 procent hoger liggen, zijn de directe brandstofkosten zoveel lager dat de extra kosten worden terugverdiend. Door bestaande nucleaire technologie zoals aan boord van de Britse onderzeeboten over te nemen en de besparing op de inzet van tankers mee te rekenen, valt het financiële voordeel van nucleaire voortstuwing nog hoger uit.

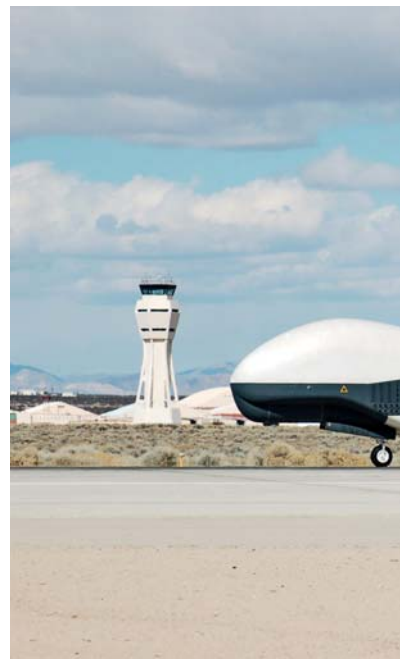
Inzet UAV's

Vliegdekschepen zijn krachtige en strategische wapensystemen. De vliegtuigen die vanaf vliegdekschepen opereren zijn echter complexer en zwaarder dan de 'landversies' en gebruiken daardoor in verhouding meer brandstof. Door de energievoordelen van zeetransport en UAV's te combineren, ontstaat een nieuw soort wapensysteem dat met relatief weinig brandstof *airpower* levert. Wanneer het varende platform nucleair wordt voortgestuwd, is ook de CO₂-uitstoot minimaal. Het gebruik van UAV's vanaf schepen staat nu nog in de kinderschoenen. Kleinere *fixed wing*-UAV's starten vanaf een lanceerinstallatie en worden opgepikt door ze in een net of tegen een kabel te laten vliegen. De Amerikaanse marine heeft Northrop Grumman in 2007 opdracht gegeven voor het demonstratieproject *Unmanned Combat Air Systems-Demonstrator* (UCAS-D). Het project moet aantonen dat de *fixed-wing* UCAV X-47B vanaf een vliegdekschip kan opstijgen en landen. De varende proeven moeten in de tweede helft van 2011 plaatsvinden.²⁵ Ook vanaf de nieuwe Britse vliegdekschepen zullen naar verwachting in de toekomst UCAV's opereren.

Terugdringen air-to-air refueling

Air-to-air refueling is kostbaar, maar onmisbaar voor de inzet van luchtstrijdkrachten. Vooral jachtvliegtuigen hebben zo weinig eigen brand-

*Terugdringen van
air-to-air refueling
is mogelijk door
de inzet van UAV's
zoals de Amerikaanse
Global Hawk*



stof in relatie tot het gebruik dat de inzet zich tot enkele uren beperkt tenzij in de lucht kan worden getankt. Het vernieuwen van een tankervloot is zeer kostbaar en komt niet eenvoudig tot stand. In Groot-Brittannië is onlangs na veel vertraging een contract gesloten waarbij een industrieel consortium voor 27 jaar air-to-air refueling capaciteit gaat leveren. In de VS heeft de minister van Defensie eind 2008 het moeizame besluit voor toewijzing van het 35 miljard dollar omvattende contract voor de levering van 179 tankervliegtuigen doorgeschoven naar de regering-Obama. De onderbouwing van het aantal Amerikaanse tankers is volgens het *CRS Report for Congress* gebaseerd op het aantal *theaters* waar gelijktijdig luchtstrijdkrachten worden ingezet en de daadwerkelijke inzet in 1991 (Perzische Golf), 1998 (Balkan), 2001 (Afghanistan) en Irak (2003).²⁶

Air-to-air refueling is bovendien niet energie-efficiënt. Het rapport *More Fight-Less Fuel* van het Amerikaanse ministerie van Defensie pleit daarom voor het verminderen van het transport van brandstof door de lucht.²⁷ Air-to-air refueling moet volgens dat rapport tot het uiterste worden beperkt. Het ligt daarom voor de hand de introductie van nieuwe tankers te

24 A.R. Greig, S. Rusling en R.W.G. Bucknall, *A future RN fleet with an IFEP nuclear aircraft carrier* (INEC 2008 Proceedings).

25 *Carrier UCAVs: The return of UCAS*, zie: www.defenseindustrydaily.com.

26 *CRS Report for Congress, Air Force Refueling: The KC-X Aircraft Acquisition Program*, april 2008.

27 *Report of the Defense Science Board Task Force on DOD Energy Strategy*, februari 2008.



FOTO NORTHROP GRUMMAN

het wapensysteem verbruikt in relatie tot het wapeneffect en de kosten om die brandstof bij het wapensysteem in het operatiegebied te krijgen.

Bij de operaties in Irak en Afghanistan is de beschikbaarheid van voldoende brandstof een militaire risicofactor. Naast het grote verbruik door lucht- en landsystemen zijn in het inzetgebied ook de eigen generatorsets grootverbruikers. Om de vraag naar energie te verminderen heeft het Pentagon een taskforce in het leven geroepen om te onderzoeken hoe besparing van energie ter plaatse mogelijk is en hoe duurzame energie kan worden toegepast.

Luchtssystemen gebruiken verreweg de meeste brandstof en lijken vast te zitten aan vloeibare brandstoffen. Luchtvaart en luchtmachten nemen dan ook de leiding in het onderzoek naar alternatieve brandstoffen. Nieuwe ontwerpen en toepassing van lichte materialen kunnen in de toekomst het brandstofverbruik van vliegtuigen verminderen. Landsystemen gebruiken weliswaar minder brandstof dan luchtssystemen, maar de kosten zijn hoog vanwege de vereiste Force Protection en de noodzaak lokaal eigen elektrische energie op te wekken. Landsystemen kunnen energie-efficiënter worden door voertuigen op een andere (lichtere) manier te beschermen. Kleine schepen kunnen gebruik maken van technieken uit de auto-industrie, voor grote schepen zijn technieken uit de stationaire energieopwekking of nucleaire energie mogelijke opties.

Alternatieve brandstoffen en nieuwe technieken kunnen de afnemende beschikbaarheid van ruwe olie de komende decennia vermoedelijk niet opvangen. Traditionele wapensystemen verliezen mogelijk hun bestaansrecht omdat ze teveel brandstof verbruiken. Andere, energie-efficiënte wapensystemen zullen hun plaats moeten innemen. Het is noodzakelijk nu de juiste keuzes te maken bij de verwerving van nieuw materieel, te investeren in R&D en te zoeken naar samenwerking met relevante industriële partners. Dat maakt het mogelijk ook in de toekomst als krijgsmacht relevant te blijven. ■

combineren met een programma om air-to-air refueling terug te dringen. Dat terugdringen is mogelijk door te kiezen voor nieuwe energiezuinige vliegtuigen met meer eigen brandstof, met (jacht)vliegtuigen die speciaal voor de grotere afstand zijn ontworpen en de inzet van meer UAV's.

Conclusie

De Nederlandse krijgsmacht heeft zich tot nu toe slechts mondjesmaat bezig gehouden met energie en milieu, *de* uitdagingen van de 21ste eeuw. Het halen van milieudoelstellingen was overgelaten aan de niet-operationele verbruikers. De Duurzaamheidsnota 2009 bepaalt nu dat alle investeringsprojecten moeten worden getoetst op hun energie-efficiency. Dat is ook nodig, omdat de voorraden ruwe olie de komende decennia afnemen en alternatieven niet zomaar beschikbaar zijn. Militair materieel gaat tot wel vijftig jaar mee en ook halverwege de levensduur moet er voldoende brandstof zijn voor inzet. Zo niet, dan moet het materieel voortijdig van de sterkte worden afgevoerd. Om de energie-efficiency vast te kunnen stellen moet van de verschillende concepten de FBCF worden bepaald: de kosten van de brandstof die