

# Imagineering Future Defence

*Een blik in de verre toekomst*



*Naar verwachting zullen er rond 2050 meer en grotere megacities (steden met meer dan 10 miljoen inwoners) zijn. Het huidige Mumbai is er één van. Megacities vormen een mogelijk 'theater of conflict'*

FOTO DE BEELDUNIE, M. DANIELS

**In 2017 vierden Defensie en TNO het 70-jarig bestaan van defensieonderzoek binnen TNO. Een periode waarin de ontwikkeling van onder meer radar, slimme munitie en trainingssimulatie een zodanige vlucht hebben genomen dat ze vandaag de dag gemeenschapsgoed zijn. Veel ontwikkelingen konden door nieuwe technologie in bijvoorbeeld ICT en beeldverwerking, telkens een stap verder worden gebracht. Hoewel ontwikkelingen van technologie vaak vroegtijdig te herkennen zijn, is het succes van een technologie lastiger te voorspellen. Zo was de opkomst van internettechnologie al eind jaren tachtig merkbaar maar de toepassingen daarvan en de impact op ons leven hadden we dertig jaar geleden niet kunnen voorzien. In dit artikel trachten we te duiden hoe technologische ontwikkelingen in combinatie met mogelijke demografische, economische, sociale, ecologische en (geo)politieke trends het toekomstige defensieoptreden zullen veranderen.**

*Drs. W.R.M.J. Meessen - Principal Advisor bij TNO Defensie & Veiligheid*

*Prof. dr. A.W. Bronkhorst - Principal Scientist bij TNO Defensie & Veiligheid*

*Drs. H.G. Geveke - Algemeen Directeur TNO Defensie & Veiligheid*

Op basis van de geschiedenis kunnen we constateren dat technologische ontwikkelingen steeds sneller zijn gegaan. Het lijkt erop dat deze exponentiële groei ook de komende decennia nog wel zal voortduren.<sup>1</sup> Volgens aanhangers van de zogeheten singulariteitsvisie zullen we ooit een punt bereiken waarop de technologische vooruitgang zo snel gaat dat deze de intelligentie van mensen te boven gaat.<sup>2</sup> Maar voorlopig kunnen we nog even voort en hebben we ook in de komende decennia te maken met technologische vernieuwingen die veel invloed zullen hebben op de militaire omgeving. Deze vernieuwingen vormen zowel kansen als bedreigingen voor onze veiligheid.

Om hierop goed te kunnen anticiperen is het op regelmatige basis doen van *foresights* belangrijk. Uiteraard is het doen van voorspellingen voor de verre toekomst een gevaarlijke hobby, maar het niet doen van voorspellingen is nog veel gevaarlijker. Er zijn veel factoren die de toekomst

bepalen, zoals geopolitiek en economie, en al die factoren zijn weer onderling afhankelijk en worden ook weer door tal van onzekerheden beïnvloed. Sommige factoren zullen een trendmatige ontwikkeling laten zien, andere zullen gekenmerkt worden door zogeheten *strategic shocks*, zoals de val van de Muur en 9/11. Onze visie is dan ook dat foresights altijd moeten voorzien in een integrale benadering van deze factoren.

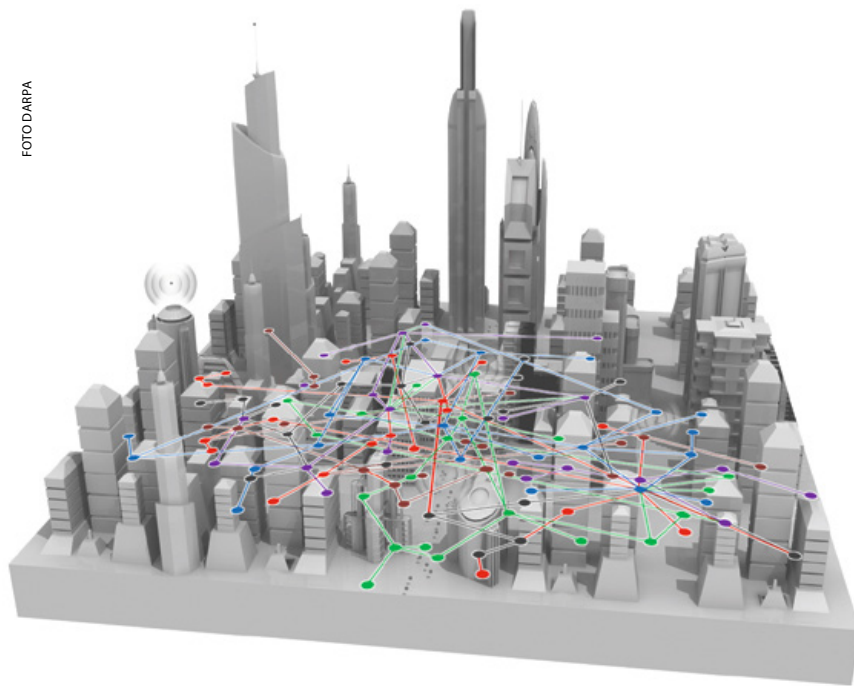
### Aanpak

We hebben daarvoor een aanpak ontwikkeld, die we *Imagineering Future Defence* hebben genoemd en die een samentrekking is van de Engelse

1 I. Morris, *Why the west rules – for now* (2010), 582-583, ISBN 97 8037 429 0023.

2 Zie <http://www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns>. In 2001 schreef R. Kurzweil een essay, *The law of accelerating returns*, waarin hij een veralgemenisering van de wet van Moore voorstelde. Die wet vormt voor veel mensen de basis voor hun geloof in de 'technologische singulariteit'.

FOTO DARPA



*Megacities zijn kwetsbaar vanwege hun infrastructuur (ICT, energie, transport) die benodigd is om de stad draaiende te houden. Deze infrastructuur kan een doelwit zijn voor kwaadwillenden*

woorden *imagination* (verbeelding) en *engineering* (constructie). Vanuit dit perspectief kijken we naar demografische, economische, sociaal-culturele, technologische, ecologische en politieke factoren (inclusief hun onderlinge samenhang) die de toekomst grotendeels bepalen. Deze factoren hebben we afgeleid van de DESTEP-analyse<sup>3</sup> die in marketing wordt gebruikt om de niet beïnvloedbare elementen rondom een markt of organisatie in kaart te brengen.

We proberen vervolgens de toekomst te verbeelden (*imagination*) in zogeheten *theaters of conflict* waarbinnen we toekomstige defensie *capabilities* een plek geven. Daarbij verbinden (*engineering*, constructie) we toekomstige technologische ontwikkelingen met vijf andere toekomstbepalende factoren. Omdat we binnen

TNO sterk georiënteerd zijn op technologie in de brede zin van het woord (inclusief *human factors* en operationele analyse) staat de technologie in onze aanpak wel centraal maar niet op zichzelf.

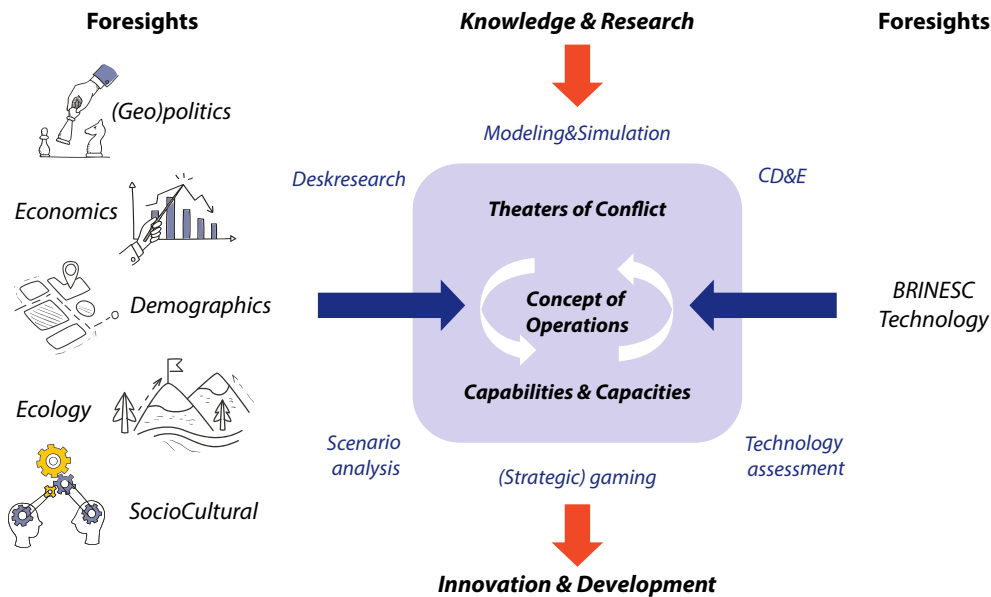
Uiteindelijk is deze aanpak niet alleen bedoeld voor het bevredigen van de creatieve geest maar zou een solide basis kunnen vormen voor het maken van strategische keuzes en voor vernieuwingen en investeringen in operatie-concepten, *capabilities*, kennis en innovatie.

### Opzet artikel

In dit artikel zullen we de technologische mogelijkheden en daarbij behorende *capabilities* voor een toekomstige krijgsmacht verbeelden aan de hand van twee mogelijke theaters of conflict: megacity en de Noordelijke Zeeroute. Deze theaters of conflict zijn geïdentificeerd op basis van verwachte ontwikkelingen, en worden ook in andere bronnen vaak vermeld als toekomstig conflict 'gebieden'.<sup>4</sup> Als tijdshorizon hebben we 2050 genomen, omdat we daarmee grotendeels voorbij de huidige vervangings- en investeringstrajecten kunnen kijken.

<sup>3</sup> A.J. Marijs & W. Hulleman, *De analyse van de bedrijfsvoering* (Groningen, Noordhoff, 2013) 10-12.

<sup>4</sup> M. Harris e.a., *Megacities and the US Army: preparing for a complex and uncertain future*, Chief of Staff of the Army (Strategic Studies Group, juni 2014); G. E. Connolly, *NATO and the security in the Arctic* (NATO Parliamentary Assembly Political Committee, 7 oktober 2017).



Figuur 1 Imagineering Future Defence aanpak. De DESTEP factoren worden geanalyseerd voor specifieke 'theaters of conflict', gebruikmakend van verschillende methoden (zoals 'wargaming' en 'concept development & experimentation'). Kennis over deze factoren wordt samengebracht met domeinkennis over capaciteiten, scenario's en operaties. De term BRINESC verwijst naar een indeling in technologieën, die later in het artikel aan de orde komt

Bij het identificeren en uitwerken hiervan hebben we experts binnen en buiten TNO geraadpleegd. Tevens hebben we veel relevante documenten bestudeerd van toonaangevende organisaties, zoals DARPA.<sup>5</sup> De meeste informatie is afkomstig uit westerse landen en met name uit Angelsaksische hoek, maar we hebben ook kunnen putten uit openbare bronnen die een blik werpen op de ambities van Rusland<sup>6</sup> en China<sup>7</sup>.

## Theater of conflict 1: Crisis in een megacity

Demografische, ecologische (klimatologische) en sociaal-culturele factoren zijn een belangrijke basis voor dit theater of conflict, zoals hierna blijkt. Momenteel telt de aarde 7.4 miljard bewoners; rond 2050 verwacht men dat dit er 9.7 miljard zijn, waarvan 70 procent in steden zal leven. Dit leidt tot een voorspelde<sup>8</sup> toename van het aantal megacities (steden met meer dan 10 miljoen inwoners) van 23 nu naar 50 in 2050.

Maar niet alleen het aantal steden neemt toe, ook de omvang ervan. Met name in Afrika en Azië zullen onvoorstelbaar grote megacities ontstaan: Mumbai, Kinshasa en Lagos zullen in 2050 naar verwachting tussen de 30 en 40 miljoen inwoners tellen: een verdubbeling van het huidige aantal.

### Oorzaken groei megacities

Er zijn veel oorzaken voor deze stedelijke groei, waaronder het veranderende klimaat. Zo zal langdurige droogte ertoe leiden dat veel mensen, in het bijzonder jongeren, wegens gebrek aan perspectief het platteland verlaten en richting stad trekken. Door de (te) snelle groei van steden zijn daar de mogelijkheden van een leefbaar bestaan echter beperkt: er is gebrek aan werk,

5 Breakthrough technologies for national security (DARPA, maart 2015).

6 J. Schubert, *Russia's 'National Technology Initiative'* (International Center for Eurasian Research, 28 september 2016).

7 J. Ray e.a., *China's Industrial and Military Robotics Development* (Research Report Prepared on Behalf of the U.S.-China Economic and Security Review Commission, oktober 2016).

8 D. Hoornweg & K. Pope, *Socioeconomic pathways and regional distribution of the world's 101 largest cities* (Global Cities Institute Working Paper 04, januari 2014).



*Megacities kunnen een voedingsbodem worden voor criminaliteit, radicalisering en vervuiling. De jarenlange droogte en het gebrek aan perspectief hebben er bijvoorbeeld in Syrië toe geleid dat massa's jongeren het platteland hebben verruild voor de stad*

gebrek aan voorzieningen als huisvesting, en gebrek aan basisbehoeften als voedsel en drinkwater.

Het gevolg is dat megacities een voedingsbodem kunnen worden voor armoede, criminaliteit, radicalisering, vervuiling, mobiliteitsproblemen en gebrek aan cohesie, met ontwrichting van die steden als gevolg. De ontwikkelingen in Syrië zijn hiervan een voorbeeld: in 2005-2010 waren er jaren van lange droogte die ertoe hebben

bijgedragen dat grote massa's jongeren het platteland hebben verruild voor de stad, waarna velen zijn geradicaliseerd.<sup>9</sup>

Maar ook goed georganiseerde en gestructureerde megacities, zoals Tokyo, Parijs of New York, vormen risicosteden. Ze beschikken over een goede en omvangrijke infrastructuur (ICT, energie, transport) die benodigd is om de stad draaiende te houden. Deze kritische infrastructuur kan een doelwit zijn voor kwaadwillende individuen en (non-)statelijke actoren, aangezien het uitschakelen ervan grote massa's mensen in problemen brengt en daarmee een stad of zelfs regio ernstig kan ontwrichten.

<sup>9</sup> C.P. Kelley, S. Mohtadi, M. A. Cane e.a., 'Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought' (PNAS 112, 11, maart 2015) 3241-3246.

### Toenemende kans op conflicten

Bij een grootschalige en mogelijk langdurige ontworping van een stad en in het bijzonder een megacity neemt de kans op ernstige conflicten en rampen in en rondom de stad toe. De noodzaak voor militaire inzet zal daardoor toenemen. Mogelijke denkbare missies betreffen gevechtsmissies tegen zowel conventionele als onconventionele / hybride dreigingen (bijvoorbeeld drones, cyber- of biowapens), en veiligheidsmissies om na een natuurlijke of door de mens veroorzaakte ramp de situatie te stabiliseren, zodat opbouwwerkzaamheden kunnen plaatsvinden. Deze missies kunnen extra worden bemoeilijkt door de aanwezigheid van informele machtsstructuren (criminele netwerken), fysieke terreinbeperkingen (kapotte en/of dichtgeslibte wegen) en verouderde of niet werkende infrastructuur.

Zonder compleetheit na te streven, levert dit een groot aantal eisen op waaraan het militair

optreden moet voldoen: een hoge mate van mobiliteit en bescherming, gemakkelijk en snel bereikbare *drop-off* zones voor aan- en afvoer van mensen en materieel, precisie *targeting*, bescherming tegen *Unmanned Aerial Vehicles* (UAVs), en geniecapaciteit om in de stedelijke bebouwing snel en voldoende beschermd te kunnen manoeuvreren. Een voorbeeld van het laatste is *house moling*: snel gaten kunnen maken in muren van huizen om zo van huis naar huis voort te bewegen en daardoor minder aan gevaar op straat te worden blootgesteld.

### Artificiële Intelligentie en robotica

Welke technologisch gedreven veranderingen in het militair optreden verwachten we in 2050 in een megacity? We denken dat ontwikkelingen in Artificiële Intelligentie (AI) en robotica essentieel zullen zijn omdat ze grote effecten zullen hebben op vrijwel alle essentiële capaciteiten. Daarnaast zal sensortechnologie een grote rol spelen omdat die het mogelijk maakt gedetail-

*Ook goed georganiseerde megacities zoals Tokyo vormen een risico*

FOTO VN



leerde informatie over een hele megacity te verzamelen; toepassing van AI voor intelligente duiding en filtering zal daarbij noodzakelijk zijn. Vergroting van de nauwkeurigheid van informatie en van (micro)wapens maakt het mogelijk individuen of objecten zeer precies aan te grijpen, met evidente voordelen voor effectiviteit en *collateral damage*.

Militairen zullen naar verwachting nog steeds ter plekke optreden, maar met technologie die individuele bescherming geeft en die daarnaast het mentale en fysieke presteren verbetert. Hierna lichten we deze veranderingen in termen van optreden en capabilities verder toe.

### Meer robots, minder mensen

Vanwege de snelle groei in IT, AI, nano- en energietechnologie zullen onbemande systemen ('robots') op land, in de lucht, en op zee, krachtiger en veelzijdiger worden, waardoor ze steeds meer taken van mensen kunnen overnemen. Onbemande systemen kunnen taken langer volhouden, informatie sneller verwerken en meer blootgesteld worden aan dreiging en gevaar. In een recent rapport<sup>10</sup> van het US Army Research Lab over de toekomst van het militair optreden staat dan ook het volgende:



Onbemande grond- en luchtsystemen zullen onontbeerlijk zijn. Het lijkt eveneens onvermijdelijk dat bewapende robots het strijdveld gaan betreden



Steeds meer drones verrichten een grote variatie aan taken

*A time traveler from today would be immediately taken with the 'over-crowding' of the battlefield of 2050 populated by all manner of robots, robots that greatly outnumber human fighters, and robot-looking humans.*

Ook in het optreden in megacities, waar bescherming, surveillance, complexe geniewerkzaamheden en snelle aan- en afvoer van middelen nodig zijn, zullen onbemande grond- en luchtsystemen onontbeerlijk zijn. Het lijkt onvermijdelijk dat bewapende robots het strijdveld gaan betreden. Idealiter opereren deze onder menselijke controle, die opdrachten aan of acties van robots toetsen aan internationaal recht en *rules of engagement*; een dystopisch (het tegenovergestelde van utopisch) beeld is echter dat 'killer robots' als autonoom vernietigingswapen ingezet gaan worden.

Robots komen ook steeds dichterbij de mens en zullen dienen voor informatievoorziening, ondersteuning van de besluitvorming en communicatie (zoals automatische vertaling). Ook kunnen zij beschermingstaken uitvoeren, bijvoorbeeld tegen elektronische oorlogvoering of als (opofferings)schild tegen IEDs en *snipers*. Door een meer symbiotische en gelijkwaardige samenwerking met de mens worden robots 'echte' teamleden. Ze zullen beschikken over sensoriek en redeneringsvermogen die hen in staat stellen 'bewust' te zijn van hun omgeving, de context waarin ze opereren en hun eigen functioneren. Zij zullen ook *human-aware* zijn en niet alleen rekening houden met het (fysieke) doen en laten van mensen, maar ook met hun informatiebehoefte, mentale en fysiologische status.

<sup>10</sup> A. Kott, D. Alberts, A. Zalman e.a., *Visualizing the Tactical Ground Battlefield in the Year 2050* (Workshop verslag, ARL-SR-0327, juni 2015).



FOTO: US DEPARTMENT

*Micro-robotica zal een grotere rol gaan spelen, zowel op de grond als in de lucht*

Om een symbiotische samenwerking mogelijk te maken zullen nieuwe, adaptieve en multimodale (op basis van onder meer spraak, geur, gebaar en tactiele informatie) *Human-Machine-Interfaces* nodig zijn, die de mens in staat stellen veel informatie waar te nemen en snel en intuïtief te interacteren met robots en andere intelligente systemen.

### **Bio- en gentechnologie**

De rol van de mens zelf zal veranderen, deels door het samenspel met robots en deels door nieuwe *human enhancement* technologieën. Middels bio- en gentechnologie, gebruik van (psycho)farmaca en ingebrachte implantaten kan het fysieke, cognitieve en mentale prestatieniveau kunstmatig worden vergroot. Met behulp van biotechnologie en door toepassing van 3D printen kunnen lichaamseigen weefsels en lichaamsdelen worden vervaardigd, niet alleen voor de behandeling van aandoeningen en verwondingen maar ook voor 'enhancement' van gezonde mensen.

Zo kunnen botten worden verstevigd en kunnen sensoren, *lab-on-chip devices* en slimme systemen voor medicijntoediening op of in het lichaam worden gebracht. Bijvoorbeeld voor detectie van chemische of biologische (CB) agentia en het direct tegengaan van hun effecten. Gebruik van psychofarmaca zal gemeengoed worden, met als doel om op beslissende momenten neuroplasticiteit te optimaliseren, bijvoorbeeld om efficiënter te leren, op het juiste moment mentaal te pieken en versneld te herstellen na een fysiek of mentaal trauma.

### **Micro-targeting: alles en iedereen is uit te schakelen**

In plaats van een heel gebouw of voertuig onder vuur te nemen, met grote kans op nevenschade, wordt micro-targeting toegepast: het met chirurgische precisie aangrijpen of uitschakelen van specifieke individuen of onderdelen. Door de combinatie van hyperconnectiviteit, big data en AI-technieken wordt het mogelijk om personen of groepen steeds beter te volgen en hun gedrag

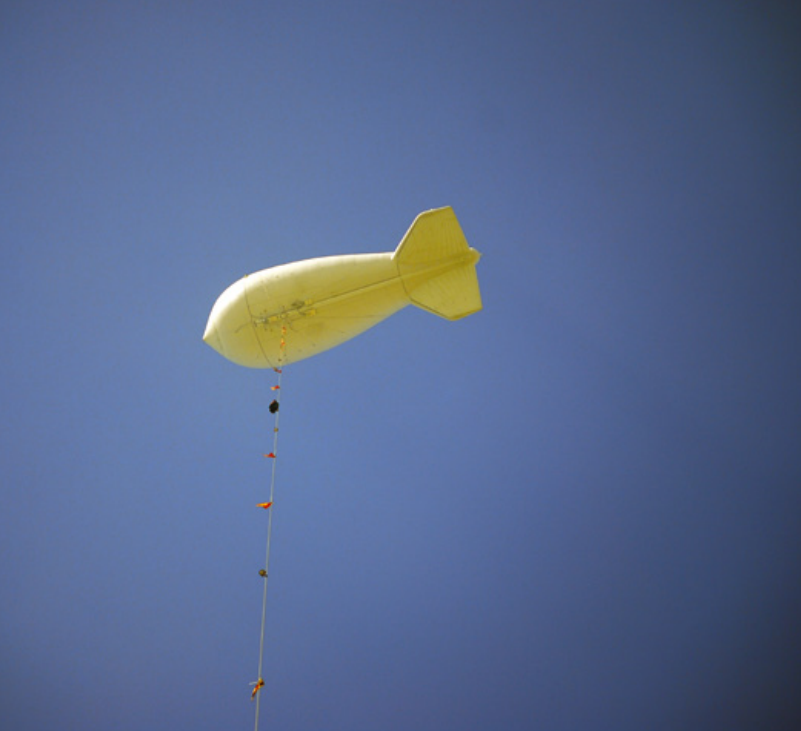


FOTO US ARMY, A. DESS

Met behulp van een 'blimp' (een drijvende aerostat) of drones kan een eigen netwerk worden uitgerold, zodat de bestaande ICT-infrastructuur kan worden omzeild

in het fysieke, informatie- en menselijk domein te voorspellen. Hierdoor kunnen ze met nauwkeurige wapens of micro-UAV's tijdig (en eventueel ook tijdelijk, bijvoorbeeld door verdooving) worden uitgeschakeld.

Micro-targeting vereist overigens wel een genetwerkte omgeving en samenleving. Om de bestaande ICT-infrastructuur te omzeilen of vervangen kan met 'blimps' of drones een eigen netwerk worden uitgerold. Micro-targeting kan ook op systemen worden toegepast. Een voorbeeld daarvan is het uitschakelen van een radar- of communicatiesysteem door met een laserwapen of een op afstand bestuurd robot voedingskabels door te branden. Zo is er veel minder kans op nevenschade dan bij de nu toegepaste bommen of *anti-radiation missiles*.

### De kracht van *smart dust*

Het idee van *smart dust*, een draadloos netwerk van sensoren op microschaal, is niet nieuw. Al in 1972 beschreef Christopher Anvil in *The unknown* hoe ruimtepiloten geplaagd werden door ultrakleine spionagecomputers, niet groter dan stofdeeltjes. Momenteel worden er experimenten gedaan met slimme draadloze sensoren op zonne-energie, niet groter dan een korrel zout, die beweging, geluid en geur kunnen detecteren.

Nieuwe materiaaltechnologie zal verdere verkleining mogelijk maken; met grafeen kunnen bijvoorbeeld antennes worden gebouwd die slechts enkele atomen dik zijn. Het voordeel van smart dust is gelegen in het gemakkelijk kunnen uitstrooien (bijvoorbeeld vanuit de lucht door een UAV) en in de redundantie van de sensoren. Toepassingen zijn onder meer het *realtime* kunnen meten van CB agentia, van (vijandelijke) bewegingen en van de aanwezigheid van mensen. Dit is vooral van belang in onoverzichtelijke omgevingen als megacities.

## Theater of Conflict 2: conflict om de Noordelijke zeeroute

In dit theater spelen ecologische (klimatologische), economische en geopolitieke factoren een belangrijke rol. Onderzoekers van de University of Reading voorspellen dat het aantal dagen per jaar dat de Arctische routes met

FOTO US DEPARTMENT OF DEFENSE, M. GOSSE



Vanwege klimaatverandering wordt de Arctische route geopolitiek en economisch interessant, waardoor grotere militaire aanwezigheid te verwachten is

normale schepen kunnen worden bevaren, in 2050 verdubbeld zal zijn.<sup>11</sup> Soms zal zelfs over de Noordpooltop gevaren kunnen worden. Dit biedt economische kansen (nieuwe en snellere handelsroutes, winning van olie en gas), maar ook nieuwe geopolitieke risico's.

### Rusland

Recent heeft Rusland een tweede militaire basis in het Noordpoolgebied (Franz Josef land) geopend<sup>12</sup>, en daarbij aangegeven dat die tevens dient voor het borgen van de (Russische) veiligheid van de Noordelijke zeeroute; een route die door Russische wateren loopt en een onderdeel is van de grotere noordoostelijke doorvaart tussen de Atlantische Oceaan en de Grote Oceaan.

Verbinden we deze klimatologische verandering met geopolitieke ontwikkelingen en economische belangen, dan lijkt een toekomstig conflict tussen Rusland en China, en zeker ook de VS,

over de vrije toegang tot de Noordelijke Zeeroute een reële optie. China is nu gericht op de Chinese Zuidzee en de Indische Oceaan, maar zal op termijn zijn invloedssfeer willen uitbreiden. Het fors stijgende defensiebudget van China, 175 miljard dollar in 2018<sup>13</sup>, waarmee modernisering van de marine en ontwikkeling van *Anti-Access* en *Area Denial* (AA-AD) capabilities mogelijk wordt gemaakt, geeft China ook de slagkracht om deze verder weg, bijvoorbeeld in de Arctische wateren, in te zetten.

### China

Daar komt bij dat China via private investeringen en *leasing* van land door de overheid grote

11 N. Melia, *On Predicting the Opening of Arctic Sea Routes* (Department of Meteorology, University of Reading, 2016).

12 Voor een virtuele tour, zie: <http://mil.ru/files/files/arctic/arctic.html>.

13 'What we know about China's increased defense spending in 2018, in: *Defence News*, 5 maart 2018.



belangen heeft in Siberië, onder meer voor voedselproductie en exploitatie van mineralen.<sup>14</sup> De combinatie van militaire slagkracht en het hebben van een *foothold* in Siberië, geeft China een sterke strategische positie in de Arctische regio. Hoewel Rusland de investeringen van China nodig heeft om deze regio te kunnen exploiteren, zal het zijn hegemonie in deze regio willen behouden. De rol van de VS hierin is evident, zowel vanuit zijn ambitie als *global policeman* als vanuit strategische en economische belangen doordat Alaska aan de ingang van de Noordelijke Zeeroute ligt.

Een toekomstig conflict zal in ieder geval twee componenten kennen: het vermogen om de tegenstander vrije toegang tot gebieden te ontzeggen, bijvoorbeeld door inzet van AA-AD capabilities, en de genetwerkte inzet van maritieme capabilities, zoals onderzeeboten en fregatten, om uiteindelijk *combat and security* operaties op zee en in de kustomgevingen te kunnen uitvoeren. Deze veranderingen lichten we hierna verder toe, in termen van optreden en capabilities.

#### **Game changers voor Anti-Access Area-Denial**

Hypersonische raketten<sup>15</sup> zullen in de toekomst *common use* zijn voor de grote staten. Daarmee worden grote afstanden in minuten in plaats van uren overbrugd. Rusland, China, de VS en India werken momenteel hard aan deze systemen, met name voor afschrikking en AA-AD. Verder worden de zogeheten *railguns* doorontwikkeld. Hiermee is het mogelijk projectielen met snelheden van 9000 kilometer per uur af te vuren zodat een bereik van 100 kilometer tegen oppervlakte-doelen wordt gehaald. Railguns op fregatten kunnen luchtdoelen uitschakelen en daarmee een vrij luchtruim te creëren. Uiteraard geldt hier het bekende actie-reactiespel aangezien deze wapens ook geschikt zijn als tegenmaatregel voor AA-AD.

#### **Mini nucleaire wapens**

Een andere ontwikkeling in het kader van AA-AD zijn de *mini-nukes*. Dit zijn tactische nucleaire wapens waarmee grote gebieden voor lange tijd ontoegankelijk kunnen worden gemaakt. Een aantal landen beschikt nu al over kleine tactische nucleaire *warheads* (< 10 kT), die in een vliegtuigbom of Intercontinental Ballistic Missile kunnen worden geplaatst. Zorgwekkend is dat mini-nukes door proliferatie van kennis in vele handen terecht kunnen komen, ook in die van niet-statelijke actoren.

#### **Laserwapens**

Laserwapens zullen een belangrijk middel worden in het verhinderen of verkrijgen van toegang tot zeeroutes. De huidige lasers (met vermogens van 60-100 kW) zijn enkel geschikt voor zelfverdediging tegen kleine doelen op korte afstand (3-5 km). Door hogere vermogens en verbeterde efficiëntie, bijvoorbeeld door de laserbundel nauwkeuriger te richten en dispersie effecten<sup>16</sup> te minimaliseren, zullen bereik en effectiviteit sterk worden vergroot. Laserwapens kunnen dan vanaf de kust tegen schepen worden ingezet, of zelfs vanuit de lucht (*airborne* laserwapens).

Het gebruik van laserwapens in het kader van AA-AD is interessant vanwege de schaalbaarheid in effecten. Hierdoor kunnen ze op verschillende niveaus van de escalatieladder worden ingezet. Een nadeel is dat er *Line-of-Sight* nodig is tussen de laser en het doel, maar in de toekomst kan dat omzeild worden door bijvoorbeeld UAVs met spiegels als *relay* te gebruiken, zodat de laserstraal door deze spiegels kan worden doorgekaatst naar het doel.

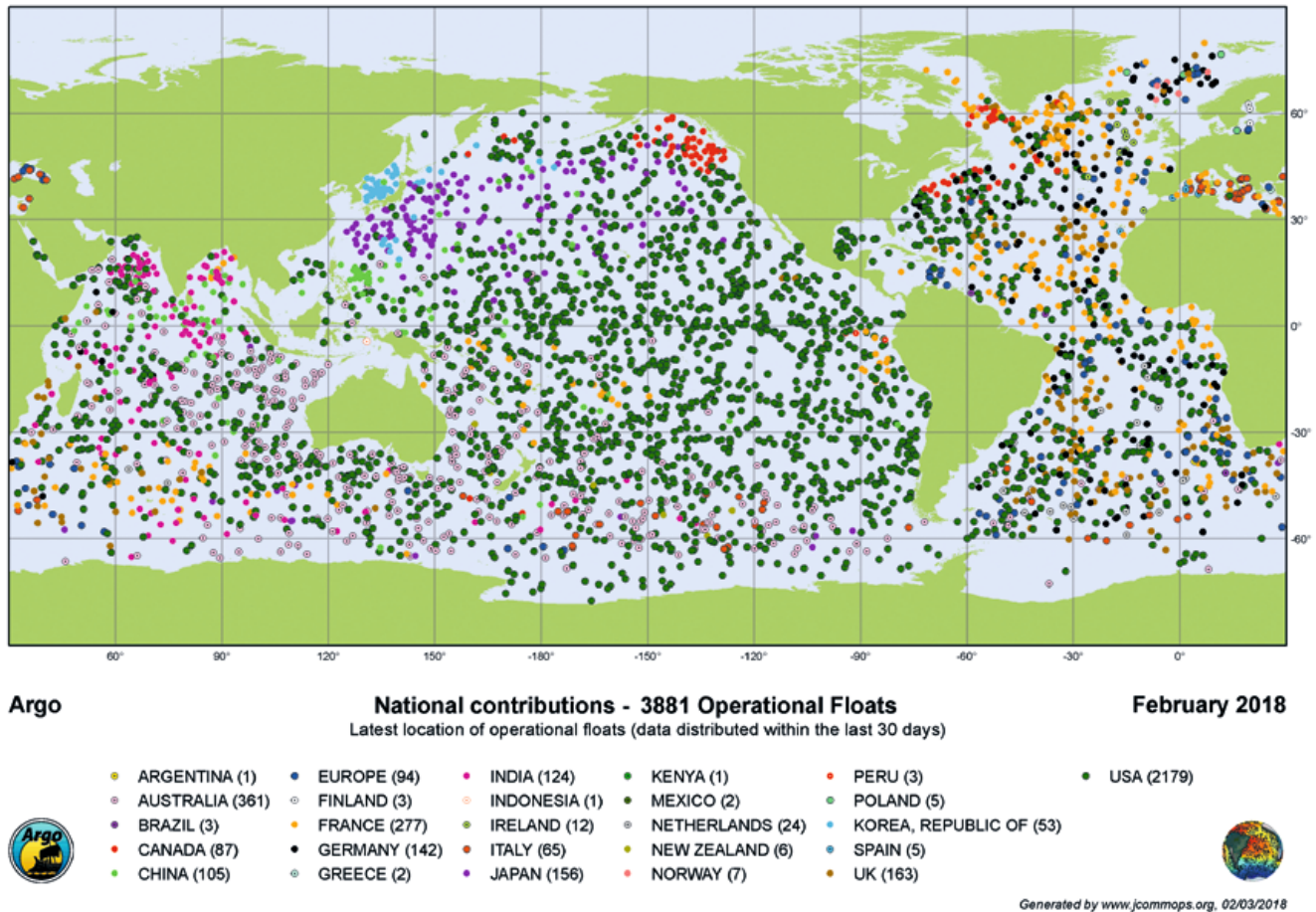
#### **De transparante oceaan en de toekomst van de onderzeeboot**

Al lange tijd speculeren onderzoekers over een transparante oceaan (*see-through sea*). Inmiddels lijkt dit idee minder utopisch dan het was. Vooral door de geïntegreerde inzet van drones, big data-technieken en snelle (quantum-) computers komt deze stap dichterbij. De kunst is immers om uit de beperkte en deels ook kwalitatief slechte onderwatersignalen zoveel informatie te halen dat onderwaterobjecten,

14 'Outcry in Russia over China land lease', in: *Financial Times*, 25 juni 2015.

15 Hypersonische raketten met snelheden groter dan 6.000 kilometer per uur; sommige raketten zullen zelfs snelheden van 12.000 kilometer per uur kunnen bereiken.

16 Dispersie van laserstralen is een natuurkundig verschijnsel waarbij de laserstraal als het ware verstrooid wordt en daardoor minder vermogen per oppervlakte (bijvoorbeeld een vierkante meter) genereert.



Figuur 2 Wereldwijd array van floats

zoals onderzeeboten, zichtbaar gemaakt kunnen worden.

### Drones

Door de verwachte toename van drones onder en boven water is het in de toekomst mogelijk om grote hoeveelheden signalen uit zee op te pikken en die realtime via satellieten naar dataverwerkingscentra te sturen. Een huidige voorbeeld is de ARGO array<sup>17</sup>, bestaande uit 3800 floats die tot 2000 meter diep duiken en dan weer vanzelf boven komen. Ze gaan met de stroom mee en sturen data via satellieten naar datacentra. Door gebruik te maken van *big data analytics* kan uit de veelheid van ruis en slechte data toch voldoende informatie gehaald worden om objecten onder water te kunnen detecteren.

Daarnaast zijn er nieuwe detectietechnologieën in ontwikkeling. Zo kunnen *Unmanned Underwater Vehicles* (UUVs) en *Unmanned Surface Vehicles* (USVs) worden uitgerust met gevoelige (quantum-)magnetometers, die zeer kleine veranderingen in het aardmagnetisch veld kunnen waarnemen. Op deze wijze kunnen onderzeeboten worden gedetecteerd op basis van de magnetische signatuur van de boot zelf of van het zog. Verder kan in de toekomst ook *Laser Imaging Detection And Ranging* (LIDAR) worden toegepast voor onderzeebootdetectie.

17 Zie: <http://www.argo.ucsd.edu>.



FOTO VN

*Vooraf in Afrika en Azië zullen onvoorstelbaar grote megacities ontstaan: Mumbai zal in 2050 zo'n 30-40 miljoen inwoners tellen. Door de (te) snelle groei van steden zijn de mogelijkheden van een leefbaar bestaan beperkt: er is gebrek aan werk, huisvesting en basisvoorzieningen als water en voedsel*

Dit werpt uiteraard de vraag op of onderzeeboten nog wel nodig en nuttig zullen blijven. Eenzelfde discussie vond plaats aan het begin van de Tweede Wereldoorlog toen de Engelsen voor het eerst met een grondradar Duitse gevechtsvliegtuigen konden waarnemen en ze daardoor tijdig konden uitschakelen met luchtafweer. De verliezen aan Duitse zijde waren ongekend, en pas toen Duitsland Britse radiocommunicatie onderschepte die de positie van de hun vliegtuigen aangaf, wisten ze dat de

Britten hen konden zien. Toch heeft dit niet de neergang van gevechtsvliegtuigen betekend; door onder de radar te gaan vliegen en door radars tijdig uit te schakelen ontstond zich een actie-reactiespel.

### Stealth

Voor de toekomstige inzet van onderzeeboten in een transparante oceaan is te verwachten dat er zowel aan signatuurreductie (*stealth*) als aan het operatieconcept zal worden gesleuteld. Enkele van de eerder genoemde technieken kunnen immers ook in het eigen voordeel worden gebruikt, bijvoorbeeld voor onderwatercommunicatie tussen onderzeeboten onderling en tussen onderzeeboot en UAVs. Dit maakt gecoördineerd optreden mogelijk waardoor de onderzeeboot buiten bereik van de tegenstander kan blijven (*stand off*) en de UAVs het gevaarlijke gebied ingaan; in feite dus een netcentrisch onderwater optreden.

Deze wijze van optreden zal in de toekomst zelfs volledig joint mogelijk zijn, *killer webs* (ook wel *tactical clouds* genoemd) zullen data van zee-, land-, lucht- en space-systemen vergaren en verzamelen. Een fregat, onderzeeboot of vliegtuig kan hieruit dan relevante data halen en daarmee de *kill chain* (in feite bedoelen we de *effect chain*) versneld doorvoeren.

### Technologie en innovaties

We hebben aan de hand van de twee gekozen theaters of conflict een aantal technologische ontwikkelingen beschreven. Daarmee hebben we de methodiek van *Imagineering Future Defence* geïllustreerd. Uiteraard zijn er nog veel meer voor defensie relevante technologische ontwikkelingen en innovaties op komst. Denk daarbij aan nieuwe mogelijkheden van simulatie, waarbij militairen in een alom aanwezige simulatie-*bubble* altijd en overal tactieken kunnen uitproberen en verfijnen.

Een andere ontwikkeling is de vooruitgang in de synthetische biologie waardoor DNA *sequencing* steeds sneller en goedkoper kan worden gedaan. Een gevolg hiervan zal zijn dat de mogelijkheden

voor 'do-it-yourself' synthetische biologie en het aantal bio-hackers zullen toenemen, met alle gevaren van dien. Ook verwachten we dat in 2050 hologrammen hun opwachting op het gevechtsveld hebben gemaakt, en daarmee een zesde domein van oorlogvoering creëren: het schijngevechtsveld (*Imaginary Battlespace*).

Levenschte hologrammen van imposante militaire platformen boven en op het gevechtsveld zullen leiden tot afschrikking en beïnvloeding van bevolking en militaire eenheden en tot het wegleiden van vuurcapaciteit van echte doelen.

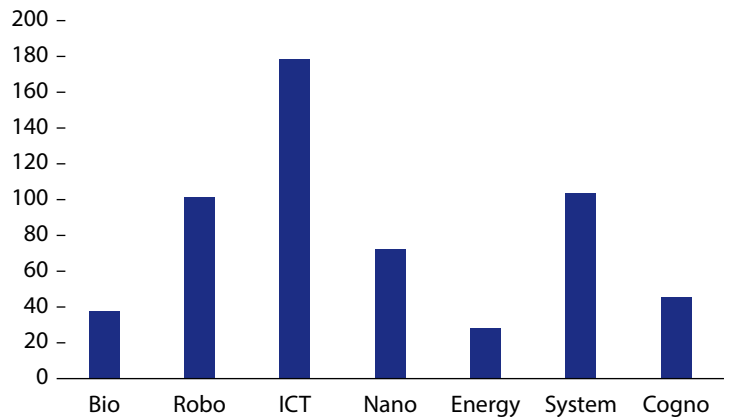
Kortom, er staat ons nog veel te wachten. In het in 2015 gestarte project 'Technologieverkenningen voor defensie' houdt TNO een overzicht bij van al deze verwachte, voor defensie relevante innovaties. Momenteel zijn ruim 250 innovaties geïdentificeerd en beschreven. Zoals aangegeven in figuur 3, komen deze voort uit zeven verschillende technologische / wetenschappelijke gebieden ('BRINES-C'):

- Biotechnologie, human enhancement
- Robotica, mens-robot interactie
- ICT, big data, sensoren, cybertechnologie, quantum-computing, *internet of things*
- Nanotechnologie, nieuwe materialen, 3D-printing
- Energieopwekking, distributie en opslag; voortstuwing
- Systemen, systeemintegratie
- Cognitie, gedrag van mensen en organisaties; operationele analyse.

Gezien de hoge waarden voor de 'R' en 'I' gebieden in de figuur lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat toekomstige middelen en operaties van Defensie voor een belangrijk deel gebaseerd zullen zijn op (r)evoluties in robotica en ICT. Omdat AI de belangrijkste onderliggende technologie in deze gebieden is, kan de conclusie nog aangescherpt worden: AI zal een belangrijke *game changer* zijn voor Defensie (en waarschijnlijk ook in ons dagelijkse bestaan).

De Amerikaanse filosoof Sam Harris waarschuwde in 2016 in zijn TED-talk<sup>18</sup> dat AI een technologie is waarin onvermijdelijk een

Number of innovations: mapping on BRINES-C



Figuur 3 Overzicht van de 'enabling' technologieën van innovaties, zoals geïdentificeerd in de TNO Technologieverkenning

wapenwedloop ontstaat. Hij gaf aan dat dit niet te voorkomen is gezien de enorme voorsprong die het land dat als eerste 'bovenmenselijke intelligentie' ontwikkeld heeft, zal krijgen. Harris vindt dat er in de VS snel een nieuw 'Manhattan-project' moet komen, vergelijkbaar met het Amerikaanse overheidsproject dat leidde tot de ontwikkeling van de atoombom.

Als daar in de VS al openlijk over wordt nagedacht, zal de rest van de wereld zich moeten afvragen of zij kunnen achterblijven. China en Rusland zitten ondertussen niet stil en investeren ook al fors in AI. Interessant in dat kader is de uitspraak in 2017 van de Russische president Poetin, dat het land dat leidend zal zijn in AI, ook heerser van de wereld zal zijn.<sup>19</sup>

## Tot slot

### Stof tot nadenken

We zien dat er in theorie geen rem lijkt te staan op de technologische ontwikkelingen. In praktijk zal het antwoord op de vraag hoe ver we willen of kunnen gaan mede afhankelijk zijn van de genoemde DESTEP-factoren. Economi-

18 Zie: [https://www.ted.com/talks/sam\\_harris\\_can\\_we\\_build\\_ai\\_without\\_losing\\_control\\_over\\_it?language=nl](https://www.ted.com/talks/sam_harris_can_we_build_ai_without_losing_control_over_it?language=nl).

19 Zie: <https://www.theverge.com/2017/9/4/16251226/russia-ai-putin-rule-the-world>.

sche, lees financiële, beperkingen zullen sowieso een rol blijven spelen. De recent verschenen *Defensienota* gaf aan dat het defensiebudget structureel zal toenemen, maar desalniettemin blijft er schaarste en wordt er beperkt geïnvesteerd in kennis en innovatie. Het blijft dus niet alleen noodzakelijk om scherpe keuzes te maken; het zal ook lastig zijn om voldoende innovatief te blijven. De hier beschreven *Imagineering Future Defence* aanpak kan hierbij helpen omdat ze inzicht biedt in keuzeopties en consequenties.

Een belangrijk element van de aanpak is het betrekken van sociaal-culturele aspecten, zoals de ethische en morele afwegingen die een steeds belangrijkere rol gaan spelen bij acceptatie van

technologie. Het bioniseren van de mens door cybernetica, gentechologie en brain-machine-interfaces zal mogelijk leiden tot supersoldaten. De discussie hierover staat nog maar aan het begin, evenals die hoe ver we willen gaan met de autonomie van computers en onbemande systemen. Inmiddels hebben invloedrijke wetenschappers en COE's als Stephen Hawkins en Elon Musk op de gevaren van AI gewezen, niet alleen in ethisch opzicht maar ook sociaaleconomisch, omdat robots tot grootschalig banenverlies kunnen leiden.

In het defensiedomein is niets doen echter geen optie, want de kans dat onze (potentiële) tegenstanders wel investeren in supersoldaten en volledig autonome militaire systemen is meer

*Het gebruik van sensoren, biotechnologie en mens-machine interfaces neemt toe en zal mogelijk leiden tot 'supersoldaten'*

FOTO US NAVY, J. HARTMAN



dan reëel. Een oplossing is om ethische aspecten al te betrekken in het technologische onderzoek. Zo kan het concept *meaningful control*<sup>20</sup> – het borgen dat de mens inzicht in en controle over het systeem houdt – een belangrijke bijdrage leveren aan verantwoorde inzet van autonomie. Ook juridische grenzen komen onder druk te staan. Met nieuwe technologie is veel meer mogelijk dan momenteel juridisch is toegestaan.

De discussie wie verantwoordelijk is indien een robot een fatale fout maakt, speelt niet alleen bij onbemande of autonome systemen maar ook bij het gebruik van allerlei sensorische informatie. Het dragen van *helmet-mounted camera's* die alle gevechtshandelingen vastleggen, kan bijvoorbeeld de privacy schenden en juridische consequenties hebben omdat de beelden als bewijsmateriaal opgevraagd kunnen worden. Bij gebruik van sensoren in de uitrusting of zelfs in



FOTO US ARMY, J. WELCH

*Het dragen van helmet-mounted camera's die alle gevechtshandelingen vastleggen kan de privacy schenden en juridische consequenties hebben*

het lichaam van de militair, bedoeld om zijn fysieke, cognitieve en mentale toestand te monitoren en daarop te sturen, kunnen fouten worden gemaakt. Wie is dan aansprakelijk?

### Hoe nu verder?

In dit artikel hebben we geprobeerd te illustreren dat het via de aanpak van Imagineering Future Defence mogelijk is om beter richting te geven aan verwachte trends voor het militair optreden en capabilities, en dat daarmee ook richting kan worden gegeven aan investeringen in kennis en innovatie. Een eerste stap daarbij kan zijn om met de belangrijkste actoren in het Nederlandse speelveld (Defensie, kennisinstituten, denktanks) voor Nederland relevante en potentiële theaters of conflict te beschrijven. Veel informatie en kennis is immers al beschikbaar, zoals de Strategische Monitor en de Defensie Technologieverkenning. Daarmee wordt ook het gat dat bestaat tussen strategische oriëntatie/anticipatie en strategische planning deels ingevuld. Een tijdige anticipatie is uiteraard belangrijk, maar is alleen zinvol indien die ook wordt vertaald naar beleid en implementatie. ■

20 'Autonomous weapon systems: the need for meaningful human control', in: AIV 97/ CAVV 26, oktober 2015.