Ministerie van Defensie

Strategische Kennis- en Innovatieagenda

2021 | 2025

Inhoudsopgave

	Voorwoord	**4**
	Samenvatting	**6**
	Inleiding	**10**
1	**Kennis en innovatie bij Defensie**	**12**
1.1	Defensie Research & Technology	13
1.2	Innovatie	16
1.3	De juridisch-ethische context van Research & Technology	20
1.4	De relatie met de Defensievisie 2035	20
2	**De kennis- en innovatieomgeving: partners en speelveld**	**22**
2.1	De Defensie Industrie Strategie	23
2.2	De kennis- en innovatieomgeving van Defensie	25
2.3	Het belang van ecosystemen	28
3	**Kennis voor beleid, strategie en krijgsmachtsontwikkeling**	**30**
4	**De uitwerking van de Strategische Kennis- en Innovatieagenda: richtsnoeren voor de toekomst**	**34**
4.1	PUSH: de Defensie technologieverkenning 2020	36
4.2	PULL: de Defensievisie 2035 - Vechten voor een Veilige Toekomst	40
5	**De Research & Technology-gebieden van Defensie**	**46**
6	**De Strategische Kennis- en Innovatieagenda 2021-2025: de speerpunten**	**54**
	Begrippenlijst	**58**

Voorwoord

De afgelopen jaren hebben we hard gewerkt aan de uitvoering van de Defensienota 2018. Inmiddels kijken we verder vooruit, in de Defensievisie 2035. De Visie staat nadrukkelijk stil bij de ingrijpende geopolitieke veranderingen en hun betekenis voor de Nederlandse krijgsmacht en defensieorganisatie. Deze ontwikkelingen vragen om een technologisch hoogwaardige en informatiegestuurde krijgsmacht die daarbij een betrouwbare partner is in nationale en internationale samenwerkingsverbanden. Kennisopbouw, technologieontwikkeling en innovatie zijn onmisbaar om onze (potentiële) tegenstanders een stap voor te blijven en het perspectief op de krijgsmacht van 2035 te verwezenlijken.

Kennisopbouw, technologieontwikkeling en innovatie bij Defensie staan niet op zichzelf. Defensie is onderdeel van de samenleving. Met de vernieuwing van de krijgsmacht en de defensieorganisatie willen we ook bijdragen aan het oplossen van maatschappelijke uitdagingen, zoals de energietransitie. Verder blijven we nauw samenwerken met onze publieke en private partners ter bestendiging en versteviging van onze gezamenlijke technologische en industriële basis.

De geopolitieke ontwikkelingen van de afgelopen jaren hebben duidelijk gemaakt dat het behouden, beschermen en ontwikkelen van strategische kennis, technologie en capaciteiten van wezenlijk belang is voor onze nationale veiligheid. De defensiesector levert ook een substantiële bijdrage aan het economisch verdienvermogen van Nederland. Daar mogen we trots op zijn.

De horizon van de Defensievisie bestrijkt vele jaren en begint vandaag. Verwezenlijking van de ambities van de Visie vereist versterkte samenwerking met onze publieke en private partners. Daarbij gaat het niet alleen om omvang en impact van onze lange termijn agenda. Ook de sterk veranderende kennis- en innovatieomgeving van Defensie en haar publieke en private partners maakt dat nodig. Daarnaast vraagt de visie om de versterking van het innoverend vermogen van Defensie. We moeten als Defensie, in een steeds complexere kennis- en innovatieomgeving, ook de samenwerking in onze eigen kennis- en innovatieketen versterken. Speciale aandacht gaat uit naar ons vermogen om kort-cyclisch te innoveren. Deze Strategische Kennis- en Innovatieagenda geeft daar richting aan. Niet als gedetailleerde routekaart, maar door een systematische verkenning van technologische ontwikkelingen en de behoeften van Defensie. Zij beïnvloeden elkaar immers in een doorlopend, dynamisch proces. In dat samenspel spelen onze publieke en private partners een cruciale rol.

De Strategische Kennis- en Innovatieagenda is dan ook gericht op een breed publiek, binnen en buiten Defensie. Alleen samen kunnen we de krijgsmacht en de defensieorganisatie voor de toekomst gereed maken. Leest u onze Agenda dus vooral ook als een uitnodiging om mee te denken en mee te doen.

Ank Bijleveld-Schouten
Minister van Defensie

Samenvatting

Kennis, technologieontwikkeling en innovatie vormen het fundament onder de vernieuwing van de Nederlandse krijgsmacht en de defensieorganisatie. Nieuwe dreigingen in onze omgevingen, in combinatie met de opkomst van baanbrekende technologieën, vereisen een doorlopende inspanning om voor te blijven op onze (potentiële) tegenstanders. Om af te schrikken, en zo nodig, op te kunnen treden. Defensie geeft met de Strategische Kennis- en Innovatieagenda (SKIA) 2021-2025 richting aan kennisopbouw, technologieontwikkeling en innovatie.

Kennis. Defensie investeert in kennisopbouw en technologieontwikkeling (*Research & Technology*, R&T) om te voorzien in de kennisbehoefte van de krijgsmacht en de defensieorganisatie. De strategische kennispartners van Defensie, TNO, NLR en MARIN, nemen deze taak voor hun rekening. Zij onderhouden voor Defensie de defensiespecifieke kennisbasis; dat is kennis die niet via de markt kan worden verkregen. Deze kennisbasis, die bestaat uit negen R&T-gebieden, verbindt technologieën met hun operationele en/of organisatorische context en geeft inzicht in de technologie- en capaciteitenontwikkeling bij Defensie. De R&T-gebieden van Defensie zijn een belangrijke bron van informatie en houvast voor Defensie en haar kennis- en innovatiepartners. De afgelopen jaren heeft Defensie zich aangesloten bij bredere kennisinitiatieven, zoals de Nationale Wetenschapsagenda en de Nederlandse AI Coalitie. Hiermee wil Defensie zich verzekeren van kennis uit fundamenteel onderzoek (door universiteiten) en van kennis die (deels) in de markt wordt opgebouwd of toepasbaar gemaakt. Zo kunnen we onze defensiespecifieke kennisbasis verbreden en versterken.

Innovatie. Het innoverend vermogen van Defensie wordt enerzijds bepaald door het ontwikkelen en toepasbaar maken van technologieën via R&T en anderzijds door het succesvol implementeren van technologieën. Als het gaat om innovatie onderscheiden we twee sporen. Invoering van platformen en wapensystemen zijn het resultaat van langjarige innovatietrajecten. Relevante en beschikbare civiele technologieën kunnen we in een relatief kort tijdsbestek militair toepasbaar maken. Het belang van dat korte traject, we noemen dat bij Defensie kortcyclische innovatie, is de afgelopen jaren toegenomen. De defensieonderdelen hebben innovatiecentra opgericht die samen met het MKB het voortouw nemen. Innovatie vereist meer dan technologische vernieuwing. Daarom zijn ook diverse activiteiten ontplooid ter bevordering van sociale innovatie. Een concreet voorbeeld is de introductie van innovatiecoaches. Ook is de Innovatie Strategie Defensie (2018) opgesteld, waarin een systematische aanpak samen met cultuurverandering (meer ruimte en aandacht voor innovatie) moeten leiden tot snellere innovatie.

Samenwerking. Defensie en defensie-industrie werken sinds jaar en dag samen in de zgn. Gouden Driehoek. Als gevolg van de toenemende inzet op kort-cyclisch innoveren is de samenwerking met private partijen verder toegenomen. De Defensie Industrie Strategie (DIS, 2018) is de basis voor de samenwerking met de defensiesector. Nederland wil blijven beschikken over een eigen defensie technologische en industriële basis teneinde onze nationale veiligheid te borgen en een zeker autonoom handelingsperspectief te behouden. Hiermee leveren Defensie, kennisinstellingen en

defensiebedrijven ook een belangrijke bijdrage aan het economisch verdienvermogen en de export van Nederland. Het belang van de DIS is verder toegenomen door de groeiende noodzaak om Nederlandse technologieën op kritische gebieden te beschermen en te ontwikkelen. Economische veiligheid en (een zekere mate) van strategische autonomie staan hoog op de politiek-bestuurlijke agenda.

Ecosystemen. De kennis- en innovatieomgeving van Defensie is de afgelopen jaren ingrijpend veranderd. Defensie is aangesloten bij de Nationale wetenschapsagenda en het Rijksbrede Missiegedreven Topsectoren en Innovatiebeleid. Defensie heeft bij de aanloop naar het Nationaal Groeifonds, samen met publieke en private partners, eerste voorstellen ingediend en zal dat vaker doen. Defensie en haar kennis- en innovatiepartners werken nauw samen bij het positioneren van Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen voor het Europees Defensiefonds. Hierin staan de versterking van de Europese Defensie Technologische en Industriële Basis centraal, gekoppeld aan de versterking van het Europese handelingsvermogen en het streven naar (meer) strategische autonomie. Defensie wil met haar kennis- en innovatiepartners met een ecosyteembenadering inspelen op de nieuwe mogelijkheden om kennis en middelen te verbinden aan onderzoek, technologieontwikkeling en innovatie.
Defensie blijft zich daarom inzetten voor beleid, dat Rijksbreed oog heeft voor de defensiesector. Tegelijkertijd blijft de NAVO, ook vanuit R&T-perspectief, onverminderd relevant. Daarbij gaat het om het bondgenootschappelijk delen van kennis en, recentelijk, de lancering van de *Emerging & Disruptive Technologies Roadmap* (2019). Dat geldt ook voor de R&T-samenwerking met bondgenoten en partnerlanden.

Kennis voor beleid, strategie en krijgsmachtsontwikkeling. Defensie heeft kennis nodig om strategisch te kunnen anticiperen op toekomstige ontwikkelingen. Kennispartners Clingendael en HCSS doen onderzoek waarmee Defensie strategische implicaties kan duiden. Deze kennisbasis omvat een gezamenlijk onderzoekprogramma PROGRESS met het ministerie van Buitenlandse Zaken. We willen deze kennisbasis met kennisopbouw toekomstbestendiger maken. Ter versterking van haar strategische functie heeft Defensie een strategische cyclus ontwikkeld, met Defensievisie en Defensienota als begin- en eindpunt.

Richtsnoeren. De SKIA hanteert twee richtsnoeren voor *Research & Technology*. Het eerste is een verkenning van technologieën die het komend decennium waarschijnlijk doorslaggevend zullen zijn of worden; de *technology push*. Uit de Defensie Technologieverkenning 2020 (hoofdstuk 4) kan worden afgeleid dat de ontwikkeling van nieuwe technologieën, in het bijzonder kunstmatige intelligentie, kwantum en *data science* (*Big Data*), de komende vijftien jaar zowel in de samenleving als bij Defensie tot ingrijpende veranderingen zullen leiden. Om voor te blijven op (potentiële) tegenstanders is Defensie sterk afhankelijk van brede toepassing van deze baanbrekende technologieën. Het tweede richtsnoer is de verkenning van de militaire, organisatorische en maatschappelijke uitdagingen van Defensie, bijeengebracht in de Defensievisie 2035; de *capability*

pull. Nieuwe operationele concepten doen nadrukkelijk een beroep op bepaalde R&T-gebieden. Bij informatiegestuurd optreden (IGO) gaat het bijvoorbeeld om surveillance, dataopslag, *Man-Machine-Teaming*, geautomatiseerde dataverwerking, *Command & Control* en cyber. Tegelijkertijd vragen maatschappelijke uitdagingen zoals de energietransitie en vergrijzing om specifieke oplossingen.

Speerpunten. De SKIA is een agenda. Wat we de komende jaren precies gaan doen, weten we dus nog niet. Dit hangt af van voortschrijdende technologische ontwikkelingen en nog nader te maken politieke keuzes. Ook onze kennis- en innovatiepartners hebben hun eigen afwegingen te maken. Met deze agenda beschikken we wel over een concreet handelingsperspectief. Dat omvat vier speerpunten:

1. Versterking van de defensiespecifieke kennisbasis.

De brede defensiespecifieke kennisbasis blijft onverminderd van belang om te kunnen voorzien in zowel de huidige als toekomstige kennisbehoefte van Defensie. Technologische ontwikkelingen en de doorontwikkeling van de krijgsmacht naar een informatiegestuurde en technologisch hoogwaardige krijgsmacht vragen om deze brede kennisbasis. Bovendien weten we nog niet welke combinaties van technologieën en concepten de gewenste vernieuwing van krijgsmacht en defensieorganisatie zullen gaan opleveren. Wel willen we onze kennisbasis, in lijn met de Defensievisie 2035, gericht versterken met specifieke inzet op disruptieve technologieën en accenten op technologieontwikkeling ten behoeve van IGO, verduurzaming, personeel en arbeidsextensivering.

2. Innoveren borgen in werkomgeving, cultuur en bedrijfsvoering.

Innovatie is alleen succesvol als mens en organisatie optimaal gebruik maken van nieuwe technologische mogelijkheden. Dat vraagt om het borgen van innovatie in werkomgeving, cultuur en bedrijfsvoering. Defensie blijft dan ook inzetten op het toerusten van medewerkers en het scheppen van een organisatiecultuur waarin innovaties worden omarmd. Als het gaat om de bedrijfsvoering blijven we werken aan vereenvoudiging van processen en regelgeving. Ook nieuwe werkvormen, zoals innovatiepartnerschappen, gaan we stimuleren. Afzonderlijk aandachtspunt is de versterking van ons vermogen om kort-cyclisch te innoveren.

Daartoe willen we de resultaten van de afgelopen jaren bestendigen, in het bijzonder de oprichting van de zeven innovatiecentra van de defensieonderdelen. Ook willen we de mogelijkheden vergroten om met MKB, *start-ups* en defensiebedrijven te experimenteren en toepassingen op te schalen.

3. Versterking samenwerking met onze kennis- en innovatiepartners.

Samenwerking met onze private partners is essentieel voor de vernieuwing van krijgsmacht en defensieorganisatie. De grondslag hiervoor blijft de Defensie Industrie Strategie. Als het gaat om de wezenlijke belangen van Nederland willen we vaker een beroep doen op Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen. Extra overweging is het toegenomen belang van de bescherming en de ontwikkeling van Nederlandse kennis en technologie. Dat geldt ook voor het streven van de EU naar (een zekere mate) van strategische autonomie.
Bij de samenwerking met onze private partners, van *start-up*, MKB tot defensie-industrie, willen we gehoor geven aan de vraag om deze samenwerking een duurzamer karakter te geven. In dat kader gaat Defensie inzetten op de versterking van bestaande en de ontwikkeling van nieuwe kennis- en innovatie ecosystemen. Een dergelijke aanpak is gebaat bij de ontwikkeling van gezamenlijke *roadmaps,* voor een optimale doelbereiking. Hiermee kunnen we ook een meerjarige aanpak ontwikkelen om optimaal gebruik te maken van beleidsinstrumenten zoals het Nationaal Groeifonds, de Nationale Wetenschapsagenda, het Europees Defensiefonds en het Missiegedreven Topsectoren en Innovatiebeleid. Dat kunnen we niet afzonderlijk, maar uitsluitend als goed functionerend ecosysteem. Dat vraagt ook om op de defensiesector toegesneden beleidsinstrumenten. Defensie zal zich daarvoor blijven inzetten.

4. Versterking samenwerking in de Defensie Kennis- en Innovatieketen.

Defensie wil gericht vernieuwen. Dat vraagt om versterkte samenwerking in de Defensie Kennis- en Innovatieketen. Verschillende actoren zijn namelijk elk verantwoordelijk voor een deel van die keten. Daarom richt Defensie in 2021 een defensiebrede Kennis- en Innovatieraad op, met de uitvoering van de SKIA als gemeenschappelijk perspectief. We willen ook vaker een beroep doen op externe deskundigheid. Daartoe richten we, eveneens in 2021, een strategische Kennis- en Innovatie Adviesraad op. Ten slotte gaan we onze kennis- en innovatienetwerken nauw betrekken bij de uitvoering van de SKIA.

Inleiding

Defensie en haar kennis- en innovatiepartners hebben sinds het verschijnen van de vorige Strategische Kennis- en Innovatieagenda (SKIA) in 2016 veel werk verzet. Tot de resultaten behoren onderzoek naar disruptieve technologieën, de oprichting van onze innovatiecentra en het opstellen van de Kennis- en Innovatieagenda (KIA) Veiligheid van het Missiegedreven Topsectoren en Innovatiebeleid. Resultaten waarmee we op termijn de vernieuwing van de krijgsmacht en de defensie-organisatie helpen verwezenlijken. Kennisopbouw, technologieontwikkeling en innovatie vragen vanzelfsprekend om een permanente inspanning, onder wijzigende omstandigheden.

Voor u ligt daarom de Strategische Kennis- en Innovatieagenda 2021-2025. Het doel van deze SKIA blijft ten opzichte van de vorige edities ongewijzigd, namelijk richting geven aan kennisopbouw, technologieontwikkeling en innovaties die bijdragen aan de vernieuwing van de krijgsmacht en de defensieorganisatie. Daarbij vragen de opkomst van nieuwe technologieën, daarmee verband houdende dreigingen en complexe langjarige maatschappelijke vraagstukken, de komende jaren nadrukkelijk om aandacht. Daarop willen we met deze SKIA optimaal inspelen. Tegelijkertijd is de kennisbehoefte van de krijgsmacht en de defensie-organisatie actueel en breed; Defensie is een kennisorganisatie. Bij materieelverwerving, operaties en oefeningen wordt doorlopend een beroep gedaan op eerder opgebouwde kennis. De brede vraag naar kennis vraagt om een evenwichtige benadering. Tegelijkertijd is Defensie een uitvoerings-organisatie. Innovatie is het sleutelwoord om onze mensen te blijven voorzien van slimme oplossingen, moderne technologieën, capaciteiten en diensten. Innoveren blijft uitdagend voor Defensie. Deels omdat doorgevoerde verbeteringen nog moeten worden geborgd. Deels vanwege complexe defensieprocessen, en wet- en regelgeving die zich niet zo maar laten veranderen. En deels als gevolg van de kennis- en innovatieomgeving van Defensie die de afgelopen jaren nationaal en internationaal ingrijpend is veranderd.

Ten opzichte van de voorgaande editie is deze SKIA opnieuw aangepast. De eerste aanpassing betreft de speerpunten gericht op de vernieuwing van de krijgsmacht en de defensieorganisatie. Met het verschijnen van de Defensievisie 2035 beschikt deze SKIA over een duidelijk richtsnoer. De tweede aanpassing betreft de gebruikmaking van de Defensie Technologieverkenning 2020. Deze verkenning maakt deel uit van de versterkte technology *watch & assessment*-functie van Defensie, een doelstelling van de SKIA 2016-2020. In dat kader worden technologische ontwikkelingen doorlopend geïnventariseerd en op hun mogelijke waarde en toepasbaarheid in het defensiedomein getoetst. De combinatie van de voorziene doorontwikkeling van de krijgsmacht en defensierelevante technologische ontwikkelingen geeft richting en houvast aan de verschillende belanghebbenden binnen en buiten Defensie, van politiek en samenleving tot beleidsmakers en planners, kennisinstellingen en bedrijfsleven. De derde vernieuwing van de SKIA betreft de toevoeging van de *Research & Technology* (R&T)-gebieden van Defensie. In deze gebieden worden defensieonderzoek (*Research*) en technologie-ontwikkeling (*Technology*) in hun militair-operationele context geplaatst. Deze R&T-gebieden zijn de basis voor de capaciteitenontwikkeling van de krijgsmacht en bieden houvast voor kort-cyclische innovaties.

Tot dusver sprak Defensie over kennis- en expertisegebieden. Met de omschrijving *Research & Technology* sluit Defensie aan bij de nationaal en internationaal gangbare terminologie.
Met bovenstaande vernieuwingen wil de SKIA alle betrokkenen, binnen en buiten Defensie, meer inzicht en aanknopingspunten bieden in de kennis- en innovatievragen van Defensie. Dat is nodig om ook in de toekomst de krijgsmacht en de defensieorganisatie van moderne middelen en diensten te kunnen voorzien. Daarbij is, meer dan ooit te voren, een nauw samenspel vereist tussen Defensie en haar publieke en private partners. Zij zijn op elkaar aangewezen in een steeds complexere kennis- en innovatieomgeving. Een omgeving bovendien die steeds hogere eisen stelt aan alle *stakeholders* en een omgeving waarin traditionele scheidslijnen vervagen. Zo zet de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO), in overleg met Defensie, topsectoren en kennisinstellingen, onderzoek uit bij universiteiten en werken defensieonderdelen samen met universiteiten.
Een omgeving ten slotte, waarin ook nieuwe samenwerkingsvormen zijn ontstaan, zoals fieldlabs en proeftuinen.

Wat niet is veranderd, is het uitgebreide consultatieproces op basis waarvan de SKIA tot stand is gekomen. Daartoe zijn diverse stakeholders, binnen en buiten Defensie, bevraagd.

Leeswijzer

Hoofdstuk 1 geeft antwoord op de vraag waarom kennis en innovatie voor Defensie zo belangrijk zijn, hoe we ermee omgaan en agendeert de verdere versterking van het innoverend vermogen van Defensie.

Hoofdstuk 2 beschrijft het kennis- en innovatiespeelveld: de kennis- en innovatiepartners met wie we kennis en innovatie concreet vorm geven, de Defensie Industrie Strategie en het nationale en internationale kennis- en innovatiebeleid en, in deze context, het belang van ecosystemen.

Hoofdstuk 3 beschrijft de kennisopbouw voor beleid, strategie en krijgsmachtsontwikkeling, en de strategische cyclus van Defensie.

Hoofdstuk 4 reikt de richtsnoeren aan voor de nadere uitwerking van de SKIA. Met behulp van de Defensievisie 2035 en de Defensie technologieverkenning 2020 krijgen we concreet zicht op de gevraagde Research & Technology-inspanningen.

Hoofdstuk 5 beschrijft de *Research & Technology*-gebieden van Defensie. Daarin komen technologie en de militair-operationele context bij elkaar.

Hoofstuk 6 brengt de voorgaande hoofdstukken bij elkaar, met de speerpunten van de Strategische Kennis- en Innovatieagenda 2021-2025 als uitkomst. Ter afsluiting is een begrippenkader opgenomen.

1 Kennis en innovatie bij Defensie

Dit hoofdstuk legt uit waarom kennis- en innovatie voor Defensie zo belangrijk zijn, hoe we ermee omgaan en agendeert de verdere versterking van het innoverend vermogen van Defensie.

Het belang van kennis en innovatie voor de krijgsmacht kan niet worden overschat. De invloed van kennis en innovatie is overal zichtbaar, in wapen-, sensor- en platformsystemen, in de uitrusting van onze militairen in alle vormen van militair optreden en binnen onze bedrijfsvoering en informatievoorziening. Kennisopbouw en technologieontwikkeling raken het primaire proces, de inzet en gereedstelling, en het secundaire proces, ondersteuning (bedrijfsvoering etc). Kennisopbouw is essentieel om onze krijgsmacht en defensieorganisatie te kunnen blijven vernieuwen, en om mee te bewegen en waar mogelijk te anticiperen op technologische, militaire, maatschappelijke en geopolitieke ontwikkelingen. Naast kennisopbouw en technologieontwikkeling wordt het innoverend vermogen van Defensie bepaald door de snelheid, effectiviteit en efficiëntie waarmee opgebouwde kennis kan worden toegepast. Een succesvolle innovatie betekent dat er in de krijgsmacht iets zodanig is veranderd dat er een beter operationeel effect is bereikt. Een innovatie is een samenspel van veranderingen. Het gaat niet alleen om de introductie van een nieuwe technologie, maar ook om de veranderingen die dat met zich meebrengt. Bijvoorbeeld aanpassingen in het voorraadbeheer, nieuwe logistieke processen, trainingen en opleidingen, doctrines, procedures en regels en het anders invullen van internationale afspraken.[1]

1.1 Defensie Research & Technology

Defensie investeert in onderzoek voor kennisopbouw (*Research*) en technologieontwikkeling (*Technology*). Dat gebeurt via meerjarige onderzoekprogramma's en de financiering van onderzoeksfaciliteiten bij de strategische kennispartners van Defensie, TNO, NLR en MARIN. Zij onderhouden voor Defensie de defensie-specifieke kennisbasis. Deze kennisbasis bestaat uit negen R&T-gebieden en richt zich op die kennis die niet van de markt kan worden verkregen als gevolg van marktfalen en essentieel is voor de eigen organisatie en taakuitvoering. Kennis is nodig voor de ontwikkeling en verwerving van capaciteiten en diensten; kennis is nodig ter beoordeling van kwaliteit en toepasbaarheid van elders te verwerven producten en diensten; kennis is nodig om nieuwe componenten te kunnen integreren in de militaire capaciteitenportfolio; en kennis is nodig om in internationaal verband toegang te krijgen tot elders opgebouwde kennis. Dat is voorwaardelijk om op termijn te blijven beschikken over een technologisch hoogwaardige en operationeel relevante krijgsmacht. Ook bij toenemend gebruik van civiele innovaties voor militaire toepassingen (*dual-use*), de opkomst van 'open' innovatie en versterkte internationale samenwerking blijft defensiespecifieke kennis onontbeerlijk. Dat belang neemt nog verder toe onder druk van geopolitieke ontwikkelingen. Als gevolg daarvan zijn nationale veiligheid en (een zekere mate van) strategische autonomie verbonden geraakt met het beschermen of ontwikkelen van kritische technologieën.

De kennisbasis van Defensie, onze Research & Technology-gebieden

1 | Cyber & Elektronische Oorlogsvoering (Cyber & *Electronic Warfare* (EW)).
2 | Sensoren (*Sensor systems*).
3 | Wapensystemen (*Weapon systems*).
4 | Platformsystemen (*Platform systems*).
5 | *Command & Control* (C2).
6 | Bescherming (*Protection*).
7 | Menselijk presteren, mensen & training (*Human performance, People & Training*).
8 | Autonome & onbemande systemen (*Autonomous & Unmanned systems*).
9 | Sleuteltechnologieën (*Key enabling technologies*).

De R&T-gebieden worden beschreven in hoofdstuk 5.

1. *We volgen de Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie (AWTI) die in haar rapport 'Verspreiding: De onderbelichte kant van innovatie' (2018) innovatie omschrijft als: "de implementatie van een nieuw of significant vernieuwd product of dienst, proces, nieuwe marketingmethode of een nieuw organisatiemodel." In deze beschrijving wordt juist de invoering van een idee centraal gesteld. Ook geeft het AWTI aan "kleine, voortdurende veranderingen niet als innovatie aan te merken, maar de term te bewaren voor zaken die nieuw zijn voor de organisatie die innoveert, en groot, algemeen en duurzaam genoeg zijn om de werkwijze of het karakter van die organisatie te veranderen."*

Met de onderzoekers van TNO, NLR en MARIN beschikt Defensie over deskundige onderzoekers die worden ingezet bij een scala aan activiteiten Daarbij kan het gaan om verwervingstrajecten, de ontwikkeling van doctrines, het ondersteunen van oefeningen, de ontwikkeling van demonstratiesystemen en prototypen, het gebruik van geavanceerde testfaciliteiten en het ondersteunen van kort-cyclische innovatietrajecten. Hun diensten omvatten ook operationele analyse, *Strategic Defence Analysis* en systeemintegratie. Daarnaast vertegenwoordigen zij Defensie in de wetenschappelijke samenwerking met individuele landen en in NAVO-verband.

Ook binnen Defensie wordt wetenschappelijk kennis opgebouwd. Dat gebeurt bij de Nederlandse Defensie Academie (NLDA), onder andere op het terrein van militair-operationele en ethisch-juridische vraagstukken. De decaan van de NLDA is sinds 2018 onze *Chief Scientific Adviser.*

De vernieuwing en de verbreding van de kennisbasis

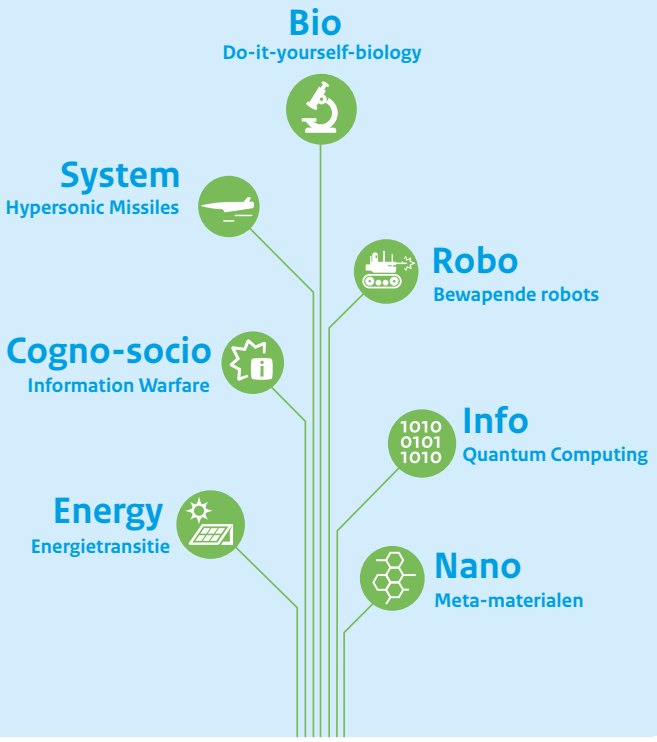
Conform de Defensienota 2018 en in lijn met de EDA-norm [2] is de afgelopen jaren aanvullend onderzoek gestart naar cyber, informatiegestuurd optreden, en slagkracht in het land-, lucht- en maritieme domein. Verder is begonnen

2. Nederland heeft zich gecommitteerd aan de EDA-norm, de afspraak om ten minste 2% van de defensie-uitgaven te besteden aan Research & Technology (onderzoek en technologieontwikkeling). Defensie heeft dat streven nog eens bevestigd in de Defensievisie 2035. EDA: het European Defence Agency van de EU. In 2019 is in de defensiebegroting een Key Performance Indicator uitgaven aan onderzoek en technologieontwikkeling geïntroduceerd.

MILITAIR OEFENT IN EEN GESIMULEERDE, VIRTUELE WERELD OP EEN '*MIXED REALITY PLATFORM*' VAN TNO

Risicodragend Verkennend Onderzoek

Sinds 2017 doet TNO in opdracht van Defensie zgn. Risicodragend Verkennend Onderzoek (RVO). We noemen dat zo omdat het gaat om technologische en wetenschappelijke gebieden waarvan we de impact voor Defensie nog niet precies kunnen vaststellen. Het gaat om de gebieden Bio (biotechnologie, *human enhancement*), Robo (robotica, kunstmatige intelligentie), Info (ICT, Big Data, sensoren, cyber, kwantum), Nano (nanotechnologie; tevens materialen en *3D-printing*), *Energy* (opwekking, distributie, opslag), *System* (systeemintegratie) en Cogno-socio (cognitie, gedrag). Het RVO-programma heeft al diverse vernieuwende concepten opgeleverd, onder andere voor signatuurreductie, ballistische bescherming, autonome systemen en gedragsmodellering.



met verkennend onderzoek naar nieuwe technologieën zoals kunstmatige intelligentie, robotica, 5G, hypersone rakettechnologie en bio- en nanotechnologie. Hiermee is de afgelopen jaren een impuls gegeven aan de versterking van de defensiespecifieke kennisbasis. We moeten, zo onderstreept de Defensievisie 2035, ons echter blijven inspannen om aansluiting te houden bij NAVO-bondgenoten en (potentiële) statelijke en niet-statelijke tegenstanders. Zij investeren fors in technologieontwikkeling om een voorsprong te ontwikkelen en te behouden. Het kunnen beschikken over en het kunnen toepassen van nieuwe technologieën zal naar verwachting de geopolitieke verhoudingen mede bepalen.

Tegen deze achtergrond heeft de NAVO in 2019 een *Emerging & Disruptive Technologies Roadmap* goedgekeurd, gericht op de toepassing van deze technologieën in de krijgsmachten van de NAVO-landen. Nederland heeft zich bij dit initiatief aangesloten. Bestaande, defensie-specifieke onderzoeksgebieden zoals instandhouding, ballistische bescherming, CBRN, radar- en sonartechnologie, en wapen- en munitieonderzoek blijven ook in deze context van belang. Bij de introductie van nieuwe technologieën zullen combinaties met deze “klassieke” gebieden naar verwachting bovendien leiden tot de ontwikkeling van succesvolle, nieuwe operationele concepten. De defensiespecifieke kennisbasis moet dus zowel kunnen voorzien in de huidige als in toekomstige kennisbehoeften van de eindgebruikers binnen Defensie, met een bandbreedte van ca. 0-15 jaar.

In aanvulling hierop heeft Defensie zich aangesloten bij bredere kennisinitiatieven, in het bijzonder de Nationale Wetenschapsagenda, het Missiegedreven Topsectoren- en Innovatiebeleid en bij de Nederlandse AI Coalitie (zie hoofdstuk 2). Hiermee wil Defensie zich verzekeren van kennis uit fundamenteel onderzoek (door universiteiten) die nog geen onderwerp is van toegepast wetenschappelijk onderzoek, en van kennis die (deels) in de markt wordt opgebouwd of toepasbaar gemaakt. Zo kunnen we onze kennisbasis verbreden en versterken. Veelal zijn onze strategische kennispartners TNO, NLR en MARIN betrokken om een goede aansluiting met toegepast wetenschappelijk onderzoek te verzekeren.

1.2 Innovatie

Lang-cyclische innovatietrajecten

De vernieuwing van de krijgsmacht en de defensieorganisatie krijgt in belangrijke mate gestalte in wat we bij Defensie onze Kennis- en Innovatieketen noemen (zie hoofdstuk 5). Daarbij wordt Defensie, in een nauw samenspel met kennisinstellingen en defensiebedrijven (de zogenaamde Gouden Driehoek), van nieuwe capaciteiten voorzien in een doorlopende cyclus van onderzoek, technologie- en capaciteitsontwikkeling. Hierbij gaat het vaak om lang-cyclische innovatietrajecten voor de vernieuwing van technologisch hoogwaardige, complexe defensiespecifieke capaciteiten, zoals fregatten, helikopters en commandovoeringsystemen. Defensie beschikt in dat kader naast een budget voor kennisopbouw (*Research*) ook over budgetten voor technologieontwikkeling (*Technology*), ter stimulering van de ontwikkeling van kansrijke, kritische technologieën. Daarbij financiert de industrie in beginsel mee. Ten slotte is er een afzonderlijk budget voor kennisgebruik om opgebouwde kennis te kunnen inzetten voor specifieke investeringsprojecten. Zo slaan we de brug tussen technologieontwikkeling en capaciteitenontwikkeling. Verder beschikken we over verschillende mogelijkheden om innovatie te stimuleren, zoals het *launching customership* en via de Commissie Defensie Materieelontwikkeling (CODEMO). Hiermee kan Defensie het bedrijfsleven en kennisinstituten vroegtijdig betrekken bij de ontwikkeling van prototypen en materieel.

Kort-cyclisch innoveren

Waar in het verleden defensieonderzoek de aanjager was van baanbrekende, civiele technologieontwikkeling zoals GPS, internet en ruimtemissies, is tegenwoordig de civiele technologieontwikkeling in verschillende domeinen leidend geworden.

COMBAT SUPPORT SHIP

SAMENWERKING MET HET NEDERLANDS MKB: VOORBEREIDING VAN EEN OPERATIE IN EEN VIRTUELE OMGEVING

Daarnaast is het tempo van doorontwikkeling van civiele technologieën en toepassingen hoog. Defensie heeft zich de afgelopen jaren dan ook nadrukkelijk ingezet op kort-cyclisch innoveren. Zo kan sneller worden ingespeeld op een nieuwe behoefte of op technologische ontwikkelingen en veranderingen in de omgeving. De innovatiecentra van de defensie-onderdelen hebben hierbij het voortouw genomen.
Kort-cyclisch innoveren betreft veelal het toepassen van bestaande civiele (*dual-use*) en militaire technologie voor specifieke defensietoepassingen, waarbij wordt samengewerkt met (defensie) bedrijven, *start-ups* en kennisinstellingen. Met kleinschalige experimenten krijgt Defensie inzicht in de mogelijkheden en de effecten van een technologie of dienst, waarna via opschaling deze technologie desgewenst kan worden geïmplementeerd. In deze samenwerkingsverbanden (of in het ecosysteem) neemt Defensie de rol van *launching partner* aan, met het toevoegen van waarde als uitgangspunt. De inbreng is in deze gevallen niet uitsluitend die van aanbestedende dienst. Vaak gaat het ook om het beschikbaar stellen van vraagarticulatie, een netwerk en/of een experimenteeromgeving.

Innovatie is een cyclisch proces en kent vanzelfsprekend experimenten die niet slagen of waarvan, op basis van de uitkomsten van de experimenten, besloten wordt om niet verder te gaan. Sinds enkele jaren gebruiken we de innovatieradar van TNO waarin civiele en militaire technologieontwikkelingen worden gevolgd.[3] Zo zien we innovatieve ontwikkelingen eerder aankomen en kunnen we daar sneller op inspelen. Verder vraagt de toepassing van civiele technologie in een defensieomgeving om defensiespecifieke kennis. Kort-cyclische innovatie maakt kennisopbouw en technologieontwikkeling niet overbodig, maar sluit hier juist op aan.

Er is sinds het verschijnen van de vorige SKIA (2016) veel bereikt. Zo beschikken alle defensieonderdelen inmiddels over een of meer innovatiecentra waaraan budgetten en personele capaciteit zijn toegewezen. Deze centra hebben de afgelopen jaren kennis en ervaring opgedaan met kort-cyclisch innoveren, veelal met private partijen uit de niet-defensie-specifieke buitenwereld. Er is beter zicht ontstaan op de mogelijkheden van innovaties vanuit het

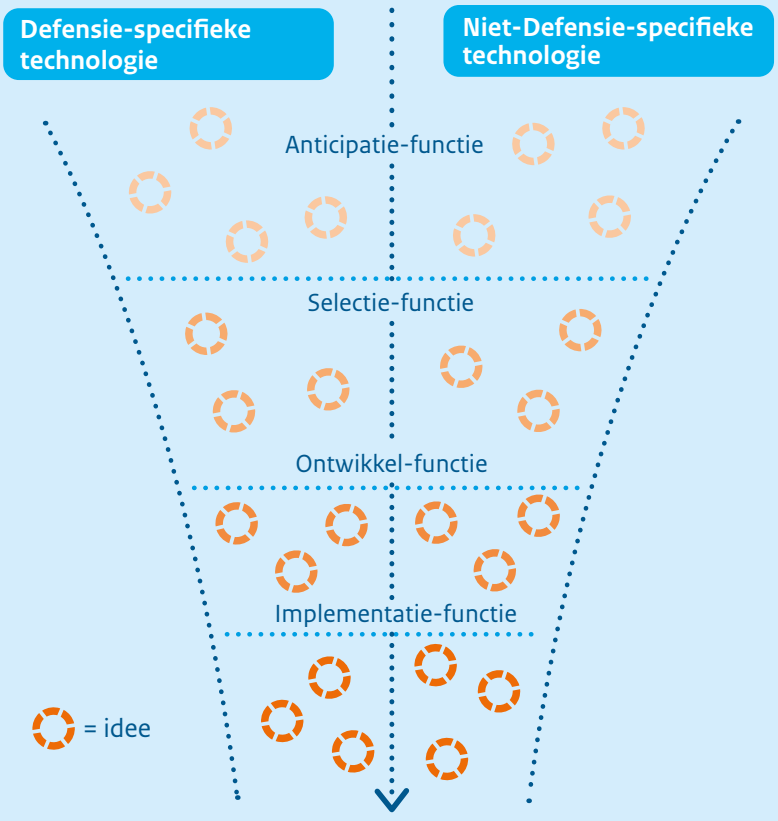
3. De TNO Innovatieradar is voortgekomen uit de wens resultaten van technologieverkenningen en roadmapping bij zowel TNO als Defensie breder toegankelijk en herbruikbaar te maken. Het biedt een integraal en centraal overzicht van trends en technologieën. Op de radar worden de innovaties geplot op verschillende factoren en de R&T-gebieden. Hoe dichter de innovatie zich bij technologische volwassenheid bevindt, hoe dichterbij op de radar geplot.

De Innovatiestrategie Defensie (2018)

De strategie is een leidraad hoe Defensie beter en sneller innovaties in haar organisatie kan absorberen. Het verbindt een goede exploitatie van de organisatie met het exploreren van nieuwe mogelijkheden. Zo kan Defensie beter inspelen op de kansen en mogelijkheden die ontwikkelingen in de samenleving, technologie en wetenschap bieden. De strategie zet in op een systematische aanpak van innovatie, via anticiperen, selecteren, ontwikkelen en implementeren. Tegelijkertijd wordt ruimte gemaakt voor innovators en het ontwikkelen van een cultuur waarin innovatie gedijt. Multidisciplinariteit en diversiteit in teams zijn daarbij succesfactoren. De strategie moet bijdragen aan:

- Meer innovatieve partnerschappen met huidige en nieuwe partners gebaseerd op open innovatie.
- Beter inzicht in innovatieprojecten, zodat deze tijdig in de begroting kunnen worden meegenomen.
- Meer kleinschalige en kortlopende projecten waarbij eindgebruikers betrokken zijn.
- Minder belemmeringen bij het implementeren van innovatie in bedrijfsvoering, mindset en cultuur.

Innovatie is af te beelden als een trechter. In de trechter vallen allerlei innovatieve ideeën die op het eerste gezicht interessant lijken. Gaandeweg valt er een aantal af door de kritische toets van de praktijk. De trechter kent verschillende ‘filters’: anticiperen, selecteren, ontwikkelen en implementeren. Dit model dient als kapstok voor de innovatiestrategie.



KLEINSCHALIGE EXPERIMENTEN IN HET KADER VAN HET VERGROTEN VAN ENERGIEONAFHANKELIJKHEID. MARINIERS TESTEN OPROLBARE ZONNEPANELEN

civiele domein en van het betrekken van kleine en middelgrote bedrijven en *start-ups*. Inmiddels zijn ook de traditionele kennispartners van Defensie, TNO, NLR, en MARIN betrokken geraakt bij kort-cyclische innovatietrajecten. En in 2018 is de Innovatiestrategie Defensie verschenen om het innoverend vermogen van Defensie een impuls te geven.

We willen de kort-cyclische innovatiefunctie verder versterken. De innovatiecentra zijn nu nog vaak projectorganisaties met een beperkte levensduur. Personele capaciteit en budget van de innovatiecentra, en opgebouwde kennis en ervaring, zijn (nog) niet geborgd. Ook is innovatie nog onvoldoende geïntegreerd in bestaande defensie-processen, zoals behoeftestellingen, inkoop en capaciteitenontwikkeling. Dat vraagt om een systematische, innovatiegerichte aanpak, met gebruikmaking van innovatieve partnerschappen en innovatieve inkoopmethoden. Ten slotte is er behoefte aan meer focus. Zo kan beter gebruik worden gemaakt van beschikbare innovaties.

Sociale innovatie

Succesvol innoveren draait uiteindelijk om de vraag of een organisatie in de praktijk bereid en in staat is om innovaties te absorberen. Dat is voorwaardelijk voor de versterking van ons innoverende vermogen, of het nu gaat om kort- dan wel lang-cyclische innovaties. Niet voor niets besteedt de Innovatie Strategie Defensie (2018) aandacht aan een cultuuront-wikkeling waarin innovatie gedijt en er ruimte is om te experimenteren. Daarbij stimuleren we nieuwe manieren van denken en werken we aan een open *mindset* en meer diversiteit in teams (militair, burger, operationeel of anderszins werkzaam), zowel binnen als buiten Defensie. Zo ontstaat er (meer) ruimte voor vernieuwing en verandering. Succesvol innoveren valt of staat met het vermogen om mens en technologie met elkaar te verbinden. Deze aanpak die we in het kader van de SKIA omschrijven als sociale innovatie, beperkt zich per definitie niet tot innovatiecentra, innovatiehubs of specifieke innovatietrajecten, maar moet binnen de defensieorganisatie breed worden omarmd en, uiteindelijk, tot effecten leiden in bestuur, commando- en bedrijfsvoering.

De noodzaak van sociale innovatie wordt binnen Defensie inmiddels breed onderkend, maar we moeten ons bewust blijven van het belang ervan. Daarom blijven we inzetten op:

- een werkomgeving waarin alle defensiemedewerkers, van hoog tot laag, openstaan voor verandering en ontwikkeling.
- het werkelijk inpassen van nieuwe technologie in de organisatie. Dat vereist de bereidheid om anders te gaan werken, ons werk anders te organiseren en, waar nodig, anders te structureren. Alleen dan kunnen we de verwachte verbetering van optreden of ondersteuning uit de technologische vernieuwing halen.
- het breed verspreiden van *design thinking* als methode om creatieve denkprocessen te bevorderen.
- Defensie als lerende organisatie, constant op zoek naar verbetering. Daarom willen we innovatie bereikbaar maken voor alle Defensiemedewerkers en een beroep doen op hun unieke kwaliteiten. In de vorm van begeleiding, opleiding en goede voorbeelden, met een aanjagende rol voor onze innovatiecoaches. Zo ontsluiten we het volle innovatiepotentieel van onze organisatie.
- de bereidheid om risico's te nemen. Experimenten en proeven slagen niet altijd, evenmin als organisatorische aanpassingen, maar we zullen er beslist van leren.
- de vorming van multidisciplinaire teams rondom potentiele innovaties, met mensen van binnen en buiten Defensie. Zo profiteren we van cruciale kennis en kunde waarmee we ons innoverend vermogen versterken.

Sociale innovatie heeft nadrukkelijk betrekking op ons vermogen om samen te werken met kennis- en innovatiepartners buiten Defensie. Daarom gaan we actief op zoek naar nieuwe en slimmere manieren van samenwerking. Daarbij kan het bijvoorbeeld gaan om uitwisseling van mensen, middelen en gebruikmaking van faciliteiten.

1.3 De juridisch-ethische context van Research & Technology

Defensie heeft nadrukkelijk aandacht voor de juridisch-ethische aspecten van technologieontwikkeling. Van bijzonder belang is de ontwikkeling van autonome wapensystemen. Daarbij wordt vanzelfsprekend vastgehouden aan het uitgangspunt dat we betekenisvolle menselijke controle behouden. Defensie stemt in dat kader doorlopend af met het ministerie van Buitenlandse Zaken. Bij Defensie zijn de ethisch-juridische aspecten van *Research & Technology* onderwerp van onderzoek bij Defensie (de NLDA) en een aandachtspunt bij de uitvoering van onderzoek.

1.4 De relatie met de Defensievisie 2035

De Defensievisie schetst het profiel van de krijgsmacht in 2035. Hierin staan de eigenschappen technologisch hoogwaardig, informatiegestuurd en betrouwbare partner en beschermer centraal. De SKIA 2021-2025 is tot stand gekomen in samenhang met de Defensievisie 2035.

Human Enhancement stelt Defensie beter in staat om te kunnen voldoen aan de zorgplicht voor het (militair) personeel, zodat zij onder moeilijke omstandigheden maximaal kan blijven presteren. Deze nieuwe discipline brengt kunstmatige middelen voort die de fysieke en cognitieve beperkingen van het menselijk lichaam kunnen overkomen of permanent verbeteren.

Defensie neemt deel aan diverse internationale werkgroepen op dit terrein. Defensie werkt op basis van de juridisch-ethische kaders die in het civiele domein gebruikelijk zijn, omdat op deze manier de zorg voor het personeel het grootste kan zijn. Hierbij is een van de belangrijkste uitgangspunten dat de autonomie en integriteit van het menselijk lichaam te allen tijde dient te worden beschermd, zoals geregeld in artikel 11 van de Grondwet, de richtlijnen van de Wet medisch-wetenschappelijk onderzoek (WMO) de *Code of Conduct for Life Scientists* en de Richtlijn Militaire Gezondheidszorg RMG/013 over Medisch-wetenschappelijk onderzoek.

Accenten

- De Defensievisie legt een stevig accent op de versterking van het innoverend vermogen van Defensie. Dat is nodig voor het verwezenlijken van het perspectief op een technologisch hoogwaardige krijgsmacht, een informatie-gestuurde organisatie en informatiegestuurd optreden.

- De Defensievisie vraagt om extra onderzoek, met een accent op nieuwe technologieën, zoals kwantum en kunstmatige intelligentie. Verder wijst de Defensievisie nadrukkelijk naar maatschappelijke ontwikkelingen zoals verduurzaming en vergrijzing. Daarbij kan R&T bijdragen aan het vinden van arbeidsextensieve en energieonafhankelijke oplossingen. Verder stelt de Defensievisie over de volle breedte eisen aan R&T en de innovatiefunctie van Defensie (zie hoofdstuk 4).

- De Defensievisie wil, door middel van kort-cyclisch innoveren, ruimte maken voor experimenteren en opschalen van nieuwe technologieën en werkwijzen in de organisatie. Mede tegen deze achtergrond stimuleert de Defensievisie de verdere ontwikkeling van innovatieve defensie ecosystemen van bedrijven, universiteiten en kennisinstellingen.

De Defensievisie onderstreept nogmaals het belang van een goed functionerend Defensie Kennis- en Innovatieketen. De Operationele Commando's, het defensie-ondersteuningscommando (DOSCO), de Bestuursstaf (Directoraat-Generaal Beleid en Defensiestaf) en de Defensie Materieel Organisatie (DMO) hebben elk een deel van de keten onder hun hoede. Als ketenpartners leggen zij het fundament voor modernisering en vernieuwing. Dat vraagt om versterkte samenwerking in een technologisch steeds hoogwaardiger organisatie die opereert in een steeds complexere kennis- en innovatieomgeving. Hoofdstuk 5 legt uit hoe we dat gaan doen.

2 De kennis- en innovatieomgeving: partners en speelveld

Dit hoofdstuk beschrijft de kennis- en innovatieomgeving van Defensie. Wie zijn onze kennis- en innovatiepartners? Welke beleidsinstrumenten hebben we, nationaal en internationaal, tot onze beschikking? En welke rol kunnen ecosystemen daarbij spelen?

Defensie, kennisinstellingen en defensiebedrijven werken sinds jaar en dag nauw samen bij de ontwikkeling en de oplevering van capaciteiten voor de krijgsmacht. Dat leidt tot kansrijke producten voor de export en draagt rechtstreeks bij aan de veiligheid en aan het economisch verdienvermogen van Nederland. Traditioneel gebeurt dat in de Gouden Driehoek, in nauwe verbinding met de Kennis- en Innovatieketen van Defensie. De vertrouwde samenwerking binnen de Gouden Driehoek blijft onverminderd relevant. Nieuwe partners zijn inmiddels evenzeer van belang. Vanuit de Defensie innovatiecentra zijn diverse samenwerkingsverbanden aangegaan met niet-traditionele partners, zoals *start-ups*, voorheen niet op defensie georiënteerde bedrijven en universiteiten. Internationaal werken we samen met partnerlanden en, via de NAVO en de EU, met een scala aan R&T-organisaties.

Defensie, kennisinstellingen, defensiebedrijven en andere private partners hebben inmiddels een breed instrumentarium tot hun beschikking. De Defensie Industrie Strategie blijft richtinggevend, met specifieke defensiegerelateerde instrumenten als *launching customership* en CODEMO. De afgelopen jaren zijn daar andere, niet-defensiespecifieke mogelijkheden bijgekomen. Daarbij gaat het in het bijzonder om het Missiegedreven Topsectoren en Innovatiebeleid en de Nationale Wetenschaps-agenda. Internationaal gaat het om het Europees Defensiefonds en het NAVO *Science&Technology*-beleid.

2.1 De Defensie Industrie Strategie

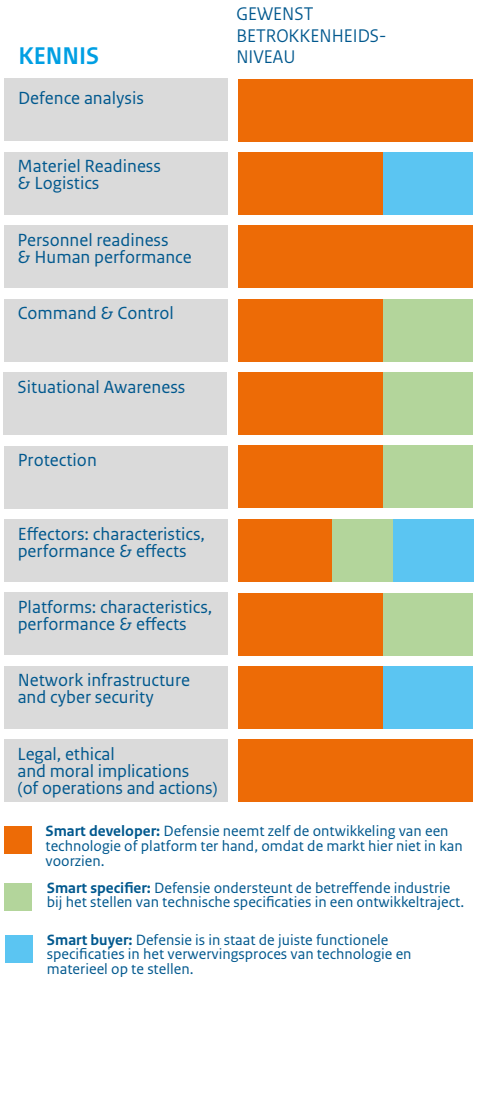
De Defensie Industrie Strategie (DIS) berust op het uitgangspunt dat het behoud van kennis op het gebied van defensie- en veiligheidstechnologie rechtstreeks bijdraagt aan de Nederlandse veiligheidsbelangen. Dat geldt ook voor van het buitenland onafhankelijke logistiek en onderhoud.

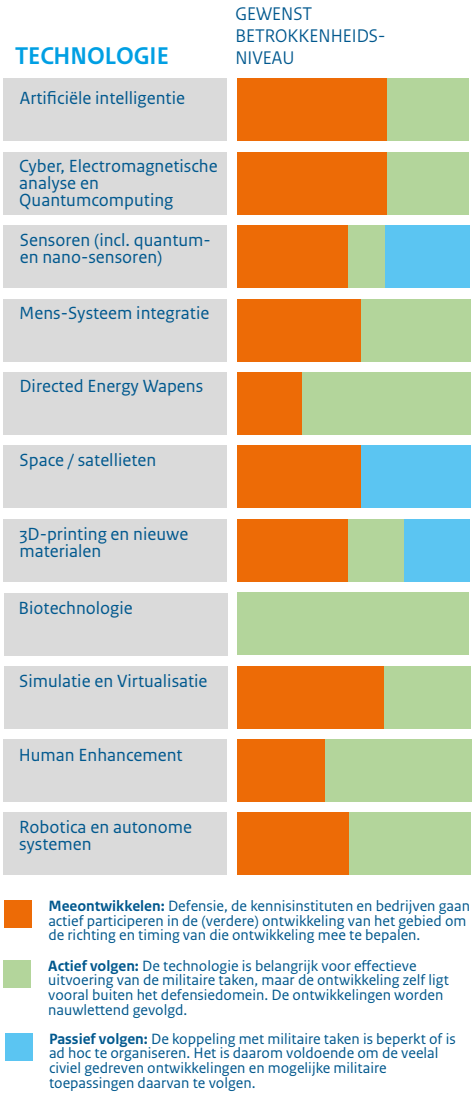
MODULAR AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE, EEN ONTWIKKELING VAN HET MARIN

Het is onwenselijk om voor bepaalde technologieën en systemen, zowel qua kennis- als industriële en operationele capaciteiten, volledig afhankelijk te zijn van een (wel of niet bevriende) andere mogendheid. Nederland hecht aan de mogelijkheid om in het kader van de eigen soevereiniteit en de bescherming van de wezenlijke belangen van de nationale veiligheid in voorkomend geval te beschikken over zelfstandige en autonome capaciteiten. Capaciteiten die kunnen worden ingezet als de nationale veiligheid wordt bedreigd of een lopende operatie snel en effectief moet worden ondersteund. Met een dergelijke aanpak verzekeren we ook volwaardige participatie van de Nederlandse defensie- en veiligheidsindustrie op Europees en mondiaal niveau, bijvoorbeeld als hoogwaardige partner en/of toeleverancier bij de ontwikkeling, productie en instandhouding van defensiematerieel.

Nederland wil dus blijven beschikken over een eigen defensie technologische en industriële basis. Zo kan onze nationale veiligheid worden geborgd en blijft een zeker autonoom handelingsperspectief behouden. Hiermee leveren Defensie, kennisinstellingen en defensiebedrijven ook een belangrijke bijdrage aan het lange termijn economisch verdienvermogen van Nederland, met grote betekenis voor onze export. Zo is Nederland wereldwijd een van de koplopers op het terrein van radar- en sensortechnologie. Ook op andere terreinen onderscheidt Nederland zich door innovatieve toepassingen en *high tech*-oplossingen.

Defensie-R&T is van direct belang voor defensiebedrijven. Het door Defensie gefinancierde onderzoek bij TNO, NLR en MARIN legt in veel gevallen de basis voor de technologie- en





capaciteitenontwikkeling door defensiebedrijven. Vaak is er sprake van wederzijdse afhankelijkheid, met de private sector die een deel van de kennis- en technologieontwikkeling voor zijn rekening neemt. In de SKIA zijn daarom twee eerder in de DIS opgenomen indicatieve tabellen opnieuw afgebeeld.

Sinds het verschijnen van de DIS is vanwege geopolitieke ontwikkelingen de betekenis ervan toegenomen. Op Nederlands en Europees niveau is er sprake van een groeiend inzicht dat afhankelijkheid van buitenlandse partijen als het gaat om bepaalde kritische technologieën en capaciteiten als ongewenst moet worden beschouwd. Strategische kennis, waardevolle technologieën en industriële capaciteiten kunnen bovendien het mikpunt worden van spionage of worden bedreigd door overname door een buitenlandse partij. Voorbeelden zijn C2, bescherming, netwerkinfrastructuur en *cybersecurity*. Onze nationale veiligheid kan dan in het gedrang komen.

Dit inzicht is vanzelfsprekend ook op het defensiedomein van toepassing. Kritische kennis, technologie en capaciteiten willen we behouden of ontwikkelen voor Nederland. Hierbij ligt het dan voor de hand meer te investeren op kritische R&T-terreinen en bij toekomstige aanbestedingstrajecten - cf. de DIS en binnen de kaders van de Europese regelgeving - te kiezen voor Nederlandse leveranciers, als we vinden dat dit in het belang van onze nationale veiligheid is. Eenzelfde benadering geldt uiteraard voor het onderhoud van kritische capaciteiten.

2.2 De kennis- en innovatieomgeving van Defensie

Sinds 2016 is de kennis- en innovatieomgeving van Defensie ingrijpend veranderd. Met de Nationale Wetenschapsagenda, het Missiegedreven Topsectoren- en Innovatiebeleid en, vanaf 2021, het Nationaal Groeifonds zijn de mogelijkheden om defensierelevant onderzoek, technologieontwikkeling en kort-cyclische innovaties te ontplooien sterk vergroot. Tevens biedt dit mogelijkheden om de Gouden Driehoek te versterken met nieuwe partners en cofinanciering van het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap en het ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Ook internationaal biedt de kennis- en innovatieomgeving nieuwe mogelijkheden. In 2021 gaat het Europees Defensiefonds van start. Het bevorderen van gezamenlijk defensieonderzoek en technologieontwikkeling is daarvan een belangrijk onderdeel. Bij de NAVO wint het gezamenlijke defensieonderzoekprogramma van de NAVO-lidstaten aan belang.

Het Missiegedreven Topsectoren- en Innovatiebeleid

In 2018 is het topsectoren- en innovatiebeleid van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat vernieuwd. Dat is nu 'missiegedreven' en kent als onderdeel de Kennis- en Innovatieagenda (KIA) Veiligheid. In 2019 hebben Defensie en het ministerie van Justitie en Veiligheid (JenV) in overleg met de topsectoren High Tech Systemen en Materialen (HTSM), Water&Maritiem, Logistiek en vertegenwoordigers van bedrijfsleven en kennisinstellingen vervolgens een aantal missies geformuleerd. Deze missies bieden uitzicht op concrete innovaties voor de operationele gebruikers bij Defensie en JenV, en op economische kansen voor het bedrijfsleven. Elke missie bevat combinaties van bovengenoemde aspecten, met zwaartepunten die per missie anders liggen. In samenspraak met de relevante topsectoren, bedrijven, kennisinstellingen en maatschappelijke partners worden deze missies uitgewerkt in concrete programma's.

De missies van de Kennis- en Innovatieagenda Veiligheid

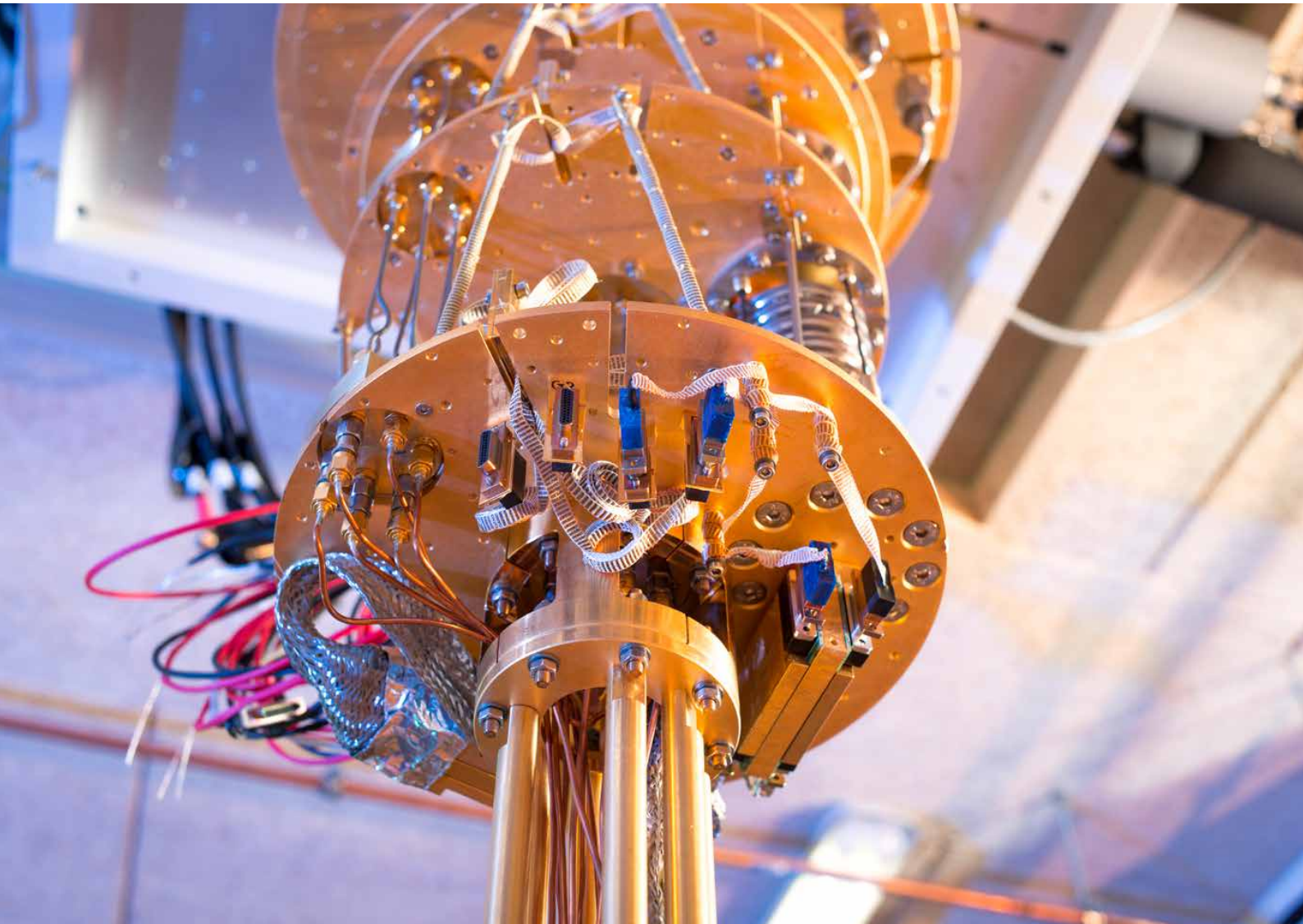
1 | Samenleving, om georganiseerde criminaliteit minder lonend te maken.
2 | Maritieme hightech, voor een veilige zee.
3 | Space, voor veiligheid in en vanuit de ruimte.
4 | Cyber, om veiligheid in het digitale domein te vergroten.
5 | Genetwerkt optreden op land en vanuit de lucht, om (militair) voordeel te behalen tijdens operaties met verschillende sensoren en actoren door informatiedeling en samenwerking.
6 | Adaptieve krijgsmacht, samen sneller innoveren.
7 | Data en intelligence, om de met veiligheid belaste diensten te voorzien van adequate data en analyses.
8 | De veiligheidsprofessional, wiens prestaties worden verhoogd door goede opleidingen en moderne (training) technologieën.

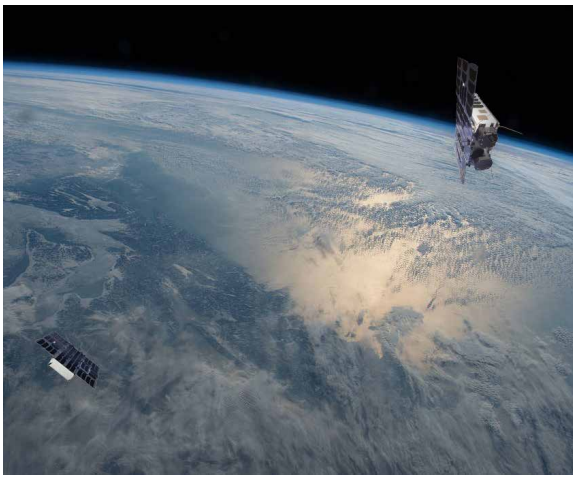
Met behulp van de missies kunnen we de samenwerking in de Gouden Driehoek versterken en, via de topsectoren, toegang krijgen tot nieuwe innovatiepartners. Een belangrijk onderdeel van het Missiegedreven Topsectoren- en Innovatiebeleid (MTIB) is het uitzetten van fundamenteel onderzoek op het terrein van veiligheid door de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO). Dit biedt Defensie de mogelijkheid haar defensiespecifieke kennisbasis te versterken. Met het MTIB beschikken we ook over een hefboom waarmee in aanvulling op defensiemiddelen aanvullende financiering mogelijk is. We zijn in 2020 begonnen met de uitwerking van de KIA Veiligheid. Samen met TNO, NLR, MARIN, topsectoren en andere stakeholders, zoals de NIDV, zijn we begonnen met het verzekeren van de juiste voorwaarden om van de KIA een succes te maken. De vorming van ecosystemen speelt daarin een belangrijke rol.

De Nationale Wetenschapsagenda

De Nationale Wetenschapsagenda (NWA) verbindt wetenschappelijk onderzoek en maatschappelijke uitdagingen. De NWA beoogt bruggen te slaan tussen uiteenlopende wetenschappelijke, innovatie- en beleidsagenda's en samenwerking te bevorderen tussen de diverse spelers over de gehele keten van onderzoek en innovatie. Vergaande multi- en interdisciplinariteit, een integrale aanpak en samenwerking met maatschappelijke partners, inclusief vakdepartementen, bedrijven en niet-gouvernementele organisaties, zijn daarom cruciale kenmerken van NWA-projecten en programma's. Defensie participeert actief in de 'Actielijn 2' van de NWA. Zo kunnen we samen met universiteiten uitdagingen op het gebied van defensie en veiligheid aanpakken. Het gaat om diverse programma's, waaronder alternatieven voor dierproeven, cybersecurity en encryptie, kwantum

ER WORDT GEWERKT AAN DE ONTWIKKELING VAN EEN NIEUW SOORT COMPUTER OP BASIS VAN DE PRINCIPES VAN DE KWANTUMMECHANICA





LANCERING TANDEMSATELLIETEN, MEDIO 2022. DOELSTELLING BINATIONALE SAMENWERKING TUSSEN NEDERLAND-NOORWEGEN (MILSPACE II)

en kunstmatige intelligentie. We gaan de samenwerking met universiteiten verder versterken, met gebruikmaking van het instrumentarium van de NWO, zoals Maatschappelijk Verantwoord Innoveren (MVI), de NWA en universitair onderzoek, dat de NWO financiert in het kader van het Missiegedreven Topsectoren- en Innovatiebeleid.

Het Nationaal Groeifonds

In december 2019 heeft het ministerie van EZK een groeistrategie gepresenteerd, in 2020 gevolgd door een bijbehorend fonds, dat is gericht op het lange termijn verdienvermogen van Nederland. De strategie noemt *Research & Development* en innovatie als één van de drie aandachtsgebieden. Defensie heeft vanzelfsprekend belang bij de groeistrategie en de daarin aangekondigde publieke investeringen in sleuteltechnologieën, *Research & Development* en innovatie. Dat geldt ook voor de bij de groeistrategie behorende strategie ter versterking van ecosystemen. Deze voornemens bevorderen de mogelijkheden van Defensie om buiten de eigen begroting en als aanvulling op het eigen instrumentarium defensie-relevant onderzoek aan te jagen, in het bijzonder op het terrein van kritische technologieën zoals AI, kwantum, *data science* en cyber. Ook willen we samen met onze kennis- en innovatiepartners initiatieven ontplooien ter ondersteuning van de Defensie Industrie Strategie. Onze defensiesector levert immers een bijdrage aan het economisch verdienvermogen van Nederland. Defensie, defensiebedrijven en kennisinstellingen zijn inmiddels doordrongen van de potentie van dit groeifonds. Dat werpt een nieuw perspectief op de samenwerking in de Gouden Driehoek, waarbij de versterking en de ontwikkeling van ecosystemen om aandacht vragen.

Internationale R&T-samenwerking

Internationale samenwerking is een effectieve en efficiënte manier om de defensiespecifieke kennisbasis te onderhouden en te versterken. Defensie zet actief in op versterking van die samenwerking. Landen delen kennis op basis van wederkerigheid, met gesloten beurzen. Langs deze weg heeft Defensie de beschikking over kennis, die met eigen middelen niet had kunnen worden verkregen. Verder kan in Nederland opgebouwde kennis internationaal worden getoetst (*peer review*). Nederland werkt op basis van overeenkomsten samen met diverse landen, waaronder Canada, Duitsland, Frankrijk, Noorwegen, het Verenigd Koninkrijk, de Verenigde Staten en Zweden. Internationale R&T-samenwerking heeft ook een raakvlak met internationale materieelsamenwerking. Als het gaat om verwerving of modernisering zijn daarbij vaak ook defensiebedrijven betrokken. Ten slotte kan Nederland bijdragen aan multilaterale initiatieven van de EU en de NAVO. In dat kader verkennen we de mogelijkheden of er, in aanvulling op nationale initiatieven, in multinationaal verband kansen liggen voor kort-cyclische innovatie-samenwerking.

Voorbeeld van internationale samenwerking:

Nederland en Noorwegen werken op strategisch belangrijke onderzoeksterreinen samen in het *Strategic Mutual Assistance in Research and Technology* (SMART)-programma. Het doel van de samenwerking is om kennis op te bouwen over huidige en toekomstige ruimtevaart-gerelateerde technieken, technologieën en operationele concepten. Een van de projecten die hieronder valt is *'Military Use of Space'* (MILSPACE II). NLR en TNO ontwikkelen samen met de Noorse onderzoeksinstelling FFI een demonstratiemissie voor een observatiesysteem vanuit de ruimte. Dat detecteert en lokaliseert met behulp van twee kleine satellieten radarsignalen (waaronder navigatieradars op schepen).De inzet van satellieten maakt Defensie uiteindelijk minder afhankelijk van externe partijen.

De NAVO

Science & Technology is een weinig bekend, maar omvangrijk en concreet werkterrein binnen de NAVO. De lidstaten hebben daarin het voortouw. Zij leveren wetenschappers voor het gezamenlijk onderzoekprogramma en financieren de *NATO Science & Technology Organisation* (STO). Namens Nederland participeren onderzoekers van TNO, NLR en MARIN en in enkele gevallen de defensieonderdelen in meer dan 200 activiteiten. Het onderzoek in NAVO-verband draagt bij aan de defensiespecifieke kennisopbouw bij de instituten en voorziet in de kennisbehoefte van de NAVO-organisatie. Dat gebeurt op diverse terreinen, van kunstmatige intelligentie tot *Counter-IEDs*. De NAVO onderhoudt, via de *NATO Industrial Advisory Group* (NIAG), ook contacten met de defensie-industrie van de NAVO-lidstaten. De NAVO kent ook S&T-beleid, als richtsnoer voor de lidstaten, hun gemeenschappelijk onderzoekprogramma en de NAVO-organisatie.

Met de *NATO Emerging & Disruptive Technologies Roadmap* (EDTR, 2019) worden de NAVO-landen aangemoedigd om in hun gezamenlijk NAVO-onderzoekprogramma en in hun nationale programmering meer accent te leggen op het onderzoek naar en de ontwikkeling van deze technologieën. Zo moet worden voorkomen dat de NAVO achterop raakt bij potentiële tegenstanders als Rusland en China. De kernboodschap van de *Roadmap* is dan ook: '*NATO must maintain its technological edge*'. We willen de implementatie van de EDTR actief ondersteunen. Dat gaan we doen met gerichte bijdragen aan het gemeenschappelijke werkprogramma van de STO. Het gaat onder meer om kunstmatige intelligentie, kwantum, *data science* en autonomie. Daaraan dragen landen individueel bij en krijgen samen meer terug. Dat vraagt wel om extra inzet van onderzoekers van TNO, NLR en MARIN.

Het Europees Defensiefonds

Met ingang van 2021 gaat het Europees Defensiefonds (EDF) van start. Het EDF zet in op de versterking van de Europese defensie-industrie door de samenwerking tussen de lidstaten op het terrein van defensieonderzoek en capaciteitenontwikkeling te bevorderen. Daarmee wordt het concurrentie- en innovatievermogen van de Europese Defensie Technologische en Industriële Basis (EDTIB) vergroot. Het EDF draagt tevens bij aan een sterker gemeenschappelijk veiligheids- en defensiebeleid (GVDB) en de strategische autonomie van de EU.

NATO Science & Technology Strategy (2018)

De strategie is een richtsnoer voor de NAVO en de NAVO-lidstaten. Verder heeft de strategie betrekking op het gezamenlijk onderzoekprogramma van NAVO-lidstaten en op de S&T-activiteiten van andere NAVO-onderdelen, zoals het *NATO Communications & Information Agency* (NCIA, Den Haag). Daarnaast is het een richtsnoer voor de NAVO-lidstaten. De S&T Strategy onderscheidt vijf *Lines of Effort:*

a. *Stay at the forefront of S&T;*
b. *Forge & nurture partnerships;*
c. *Promote prototyping & technology demonstrations;*
d. *Enhance alliance decision making;* en
e. *Focus on Alliance needs to boost impact*

Er zijn tot 2027 Europese middelen (uit het gemeenschappelijke EU-budget) beschikbaar voor R&T en capaciteitenontwikkeling. Defensie wil nadrukkelijk inspelen op het EDF. Inzet is om het EDF te ontwikkelen tot een waardevol instrument voor Defensie, kennisinstellingen en defensiebedrijven. Hiervoor is cofinanciering nodig van de beleidsverantwoordelijke departementen, Defensie en het ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Ecosystemen kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan het ontwikkelen van gezamenlijke voorstellen voor de Europese Commissie.

2.3 Het belang van ecosystemen

Defensie participeert inmiddels in alle genoemde beleidsinstrumenten, van Missiegedreven Topsectoren- en Innovatiebeleid en Nationale Wetenschapsagenda tot Europees Defensiefonds. Ook zijn de eerste voorstellen voor het Nationaal Groeifonds ingediend. Dat gebeurt in alle gevallen met onze kennis- en innovatiepartners. Daarmee beschikken we over een, meer dan voorheen, divers instrumentarium om te kunnen voorzien in onze kennis- en innovatiebehoeften. Het ontbreekt echter nog aan een samenhangende en gestructureerde aanpak om samen met onze partners optimaal gebruik te maken van de nieuwe mogelijkheden. In die aanpak staat de ontwikkeling van gezamenlijke

lange termijn perspectieven centraal. Welke kennis en innovaties heeft Defensie nodig? Welke kennis kunnen TNO, NLR en MARIN en universiteiten in dat kader opbouwen? En wat kunnen bedrijven betekenen bij technologie- en capaciteitenontwikkeling? Dat vraagt om langdurige samenwerking in ecosystemen, waarin gezamenlijke doelbereiking centraal staat. Daarbij kunnen Defensie en haar partners dan gericht gebruik maken van de beschikbare beleidsinstrumenten. De ontwikkeling en de versterking van Defensie kennis- en innovatie-ecosystemen vraagt ook om een specifiek beleidsinstrumentarium, met oog voor de bijzondere positie van defensiebedrijven. Met Defensie als voornaamste opdrachtgever zijn zij meestal niet of in mindere mate dan andere bedrijfstakken in staat om onderzoek zelfstandig voor te financieren. Europese wet- en regelgeving op het terrein van aanbesteding is een obstakel bij kort-cyclische innovatietrajecten. Er zijn al succesvolle voorbeelden van dergelijke langjarige samenwerkingsverbanden, bijvoorbeeld in het maritieme domein. Nederland Radarland en *Dutch Naval Design* verdienen in dat verband vermelding. Deze werkwijze willen we veel vaker toepassen, met het ontwikkelen van lange-termijn relaties als eerste doelstelling. Recente ontwikkelingen, zoals de aansluiting van Defensie bij de Quantum Innovation Hub Rijksoverheid en de Nederlandse AI Coalitie, vragen eveneens om een lange-termijnbenadering. Hierbij willen we nauw samenwerken met vertrouwde en nieuwe kennis- en innovatiepartners, en met gebruikmaking van gezamenlijke initiatieven, zoals het Platform Defensie Bedrijfsleven. Defensie wil daarom actief participeren in het versterken, en het opzetten van nieuwe kennis- en innovatie-ecosystemen. Hiermee ondersteunt Defensie ook de Kabinetsstrategie “Versterken van onderzoeks- en innovatie-ecosystemen”(Kamerbrief 30 oktober 2020). Verder beseffen we dat dat opdrachtgeverschap daarin een belangrijke plaats inneemt. Samen experimenteren zonder vervolg kan bij herhaling leiden tot het afhaken van partijen.

TIJDENS DE JAARLIJKSE INNOVATION IN DEFENCE-BEURS IN DEN HAAG PRESENTEREN KENNISINSTITUTEN TNO, NLR EN MARIN RESULTATEN VAN HUN ONDERZOEKSPROGRAMMA’S EN - MEESTAL SAMEN MET BEDRIJVEN - PROTOTYPES VAN NIEUWE MIDDELEN IN HET KADER VAN TECHNOLOGIEONTWIKKELINGSPROGRAMMA’S

Wat is een ecosysteem?

Een ecosysteem voor onderzoek en innovatie omvat een dynamische set van samenhangende actoren, activiteiten, faciliteiten en regels die van belang zijn voor het onderzoeks- en innovatievermogen van individuele actoren en groepen van actoren en, hierdoor, voor het creëren van waarde (Dialogic, 2020).

Zoals beschreven in de *Groeistrategie voor Nederland op de lange termijn*[4] liggen er aanvullend op het huidige onderzoeks- en innovatiebeleid kansen voor het versterken van onderzoeks- en innovatie-ecosystemen. Onderzoek, innovatie en innovatief ondernemerschap floreren in goed aangesloten ecosystemen waarbij er sprake is van hechte samenwerking. Een succesvol ecosysteem heeft aantrekkingskracht op talent en financiering, waardoor het zichzelf versterkt. Het is dynamisch en kenmerkt zich door samenhang, samenwerking en een zekere mate van afhankelijkheid, regionaal, nationaal en internationaal. Een gezond ecosysteem vraagt om gezamenlijke netwerk- en agendavorming ten behoeve van onderzoek, kennisverspreiding en brede toepassing van innovaties.

4. *Kamerstuk 29 696, nr. 7 d.d. 13 december 2019*

3

Kennis voor beleid, strategie en krijgsmachts-ontwikkeling

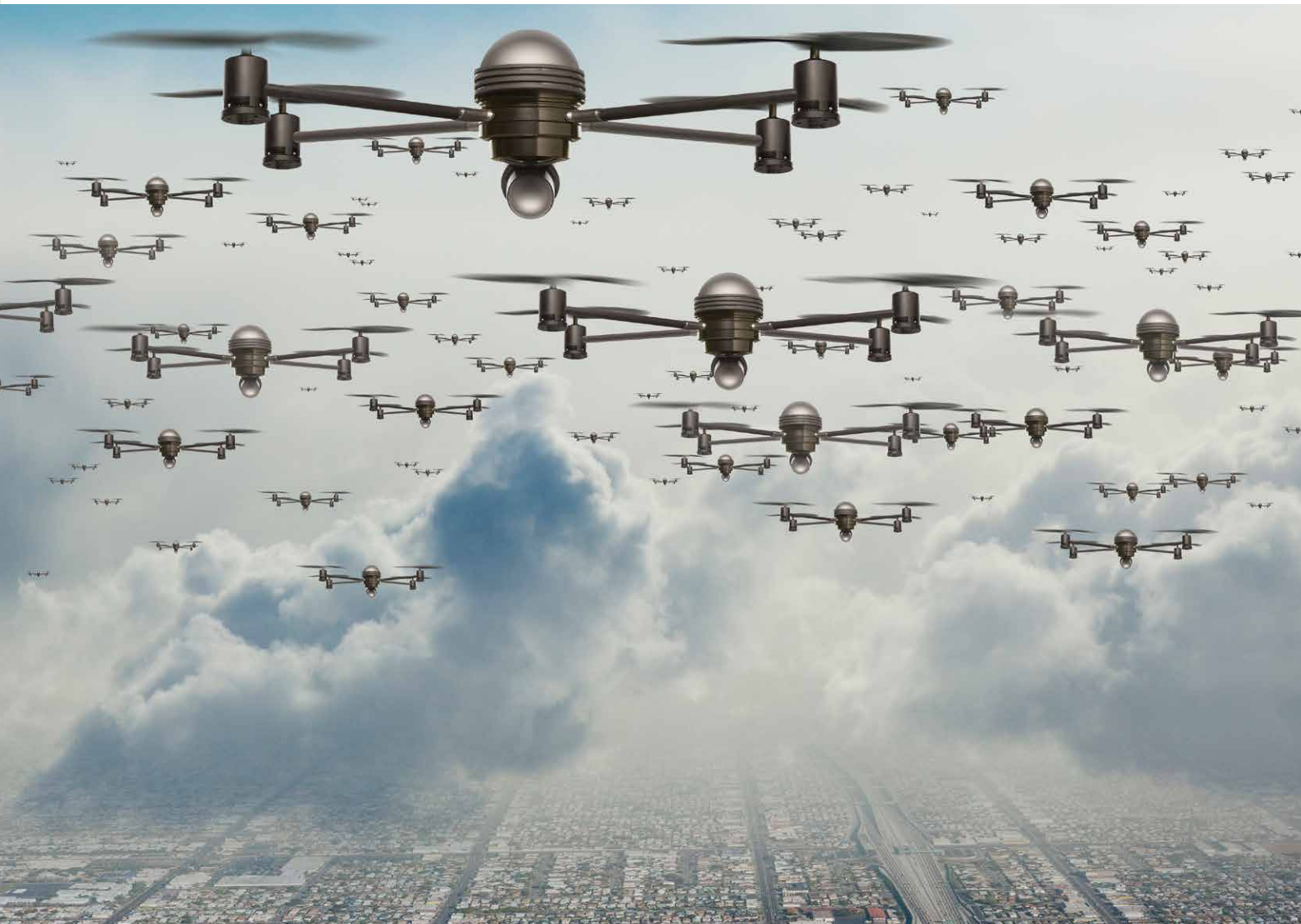
Dit hoofdstuk beschrijft de strategische functie van Defensie en de kennis die daar voor nodig is.

Kennis om de juiste dingen te doen (beleid, strategievorming en krijgsmachtsontwikkeling reikt vanzelfsprekend verder dan kennis van technologische ontwikkelingen en hun militaire context. Het vermogen van Defensie om te anticiperen berust ook op doorlopende analyse van toekomstige ontwikkelingen, geopolitiek, militair-strategisch, maatschappelijk en sociaal. We noemen dat strategische anticipatie, het doorlopend monitoren van externe ontwikkelingen en het duiden van hun strategische implicaties. Daartoe beschikt Defensie over een kennisbasis voor beleid, strategievorming en krijgsmachtsontwikkeling. Deze kennisbasis omvat een gezamenlijk onderzoekprogramma PROGRESS met het ministerie van Buitenlandse Zaken. Ook technologische ontwikkelingen worden systematisch gemonitord, via regelmatig uitgevoerde technologieverkenningen (zie hoofdstuk 4). Onze beleidsdirecties, verenigd binnen het Directoraat-Generaal Beleid, en de *warfare* centra van de verschillende operationele commando's zijn belangrijke, maar zeker niet de enige afnemers van deze kennis. In aanvulling hierop wordt gebruik gemaakt van kennis die Defensie via aanvullende, specifieke onderzoeksopdrachten verkrijgt. Ten slotte werken we samen met NAVO- en EU-partners samen aan strategische studies; ook deze studies schragen onze strategische anticipatie.

Versterking strategische cyclus Defensie

De afgelopen jaren hebben we de verkregen kennisgebruikt bij het opstellen van onze strategische beleidsdocumenten, zoals de Defensienota 2018 en de Defensievisie 2035. Deze documenten worden het respectievelijke begin- (Defensievisie) en eindpunt (Defensienota) van een vierjaarlijkse strategische

NIEUWE DREIGING; DRONES DIE IN SAMENHANG OPTREDEN (SWARMING)

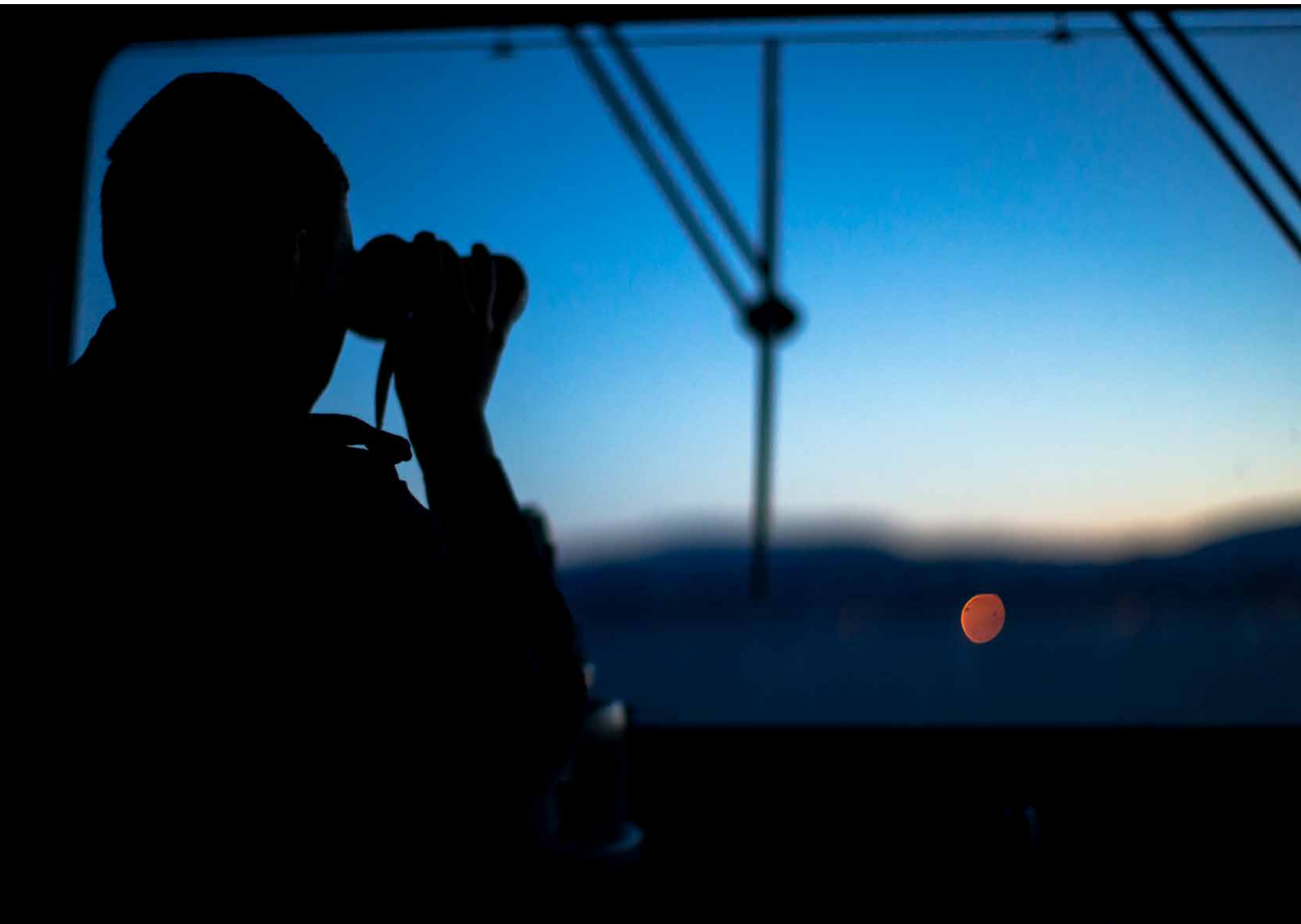


cyclus. Hiertoe richten we een doorlopend proces in op basis van *strategic foresight* en *forecasting*, met als uitkomst robuuste maatregelen op het gebied van organisatie, concepten en capaciteiten die bijdragen aan een toekomstbestendige en financieel duurzame krijgsmacht.

De strategische cyclus van Defensie berust op een aantal stappen. Dit zijn de hierboven genoemde Defensievisie waar op basis van een grondige omgevingsanalyse op hoofdlijnen onze uitdagingen en ambities uiteen worden gezet. Het **Strategisch Concept** geeft antwoord op de vraag waarvoor de toekomstige defensieorganisatie ingezet moet kunnen worden en geeft nadere richting en prioriteiten aan de toekomstige organisatie. Deze richting en prioriteiten worden door vertaald naar operationeel niveau, namelijk de ***Future Operating Environment*** (FOE) van Nederland. De FOE geeft daarnaast ook input aan het Strategisch Concept.

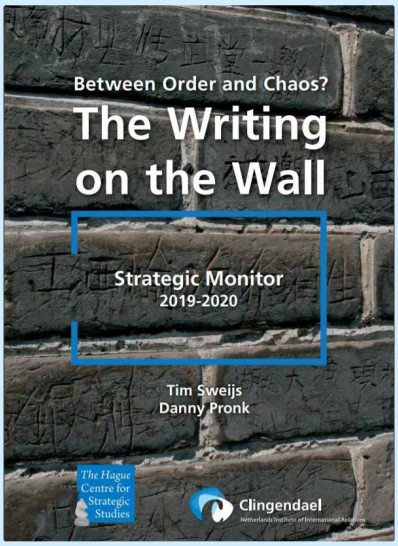
Uitwerking van de militaire implicaties op operationeel niveau kunnen namelijk leiden tot nieuwe inzichten op strategisch niveau. Het Strategisch Concept en de FOE vormen de basis voor het ***Future Operating Concept*** (FOC), waar verschillende (operationele) deelconcepten aan opgehangen kunnen worden. Aan de hand van het FOC worden vervolgens de benodigde *capabilities* vastgesteld. Het daaropvolgende **Capability Plan** geeft een aantal reële, schaalbare beleidsopties. Vervolgens geeft Defensie op basis van het regeerakkoord de **Defensienota** uit. De Defensienota bevat besluiten over de inrichting en richting van Defensie, met de bijbehorende maatregelen. Op basis van de Defensienota wordt vervolgens het Defensie Lifecycle Plan (DLP) geactualiseerd, aan de hand waarvan behoeftestellingen worden gedaan.

Deze cyclus zal de komende kabinetsperiode voor het eerst worden doorlopen. Ter ondersteuning daarvan gaan we aanvullende kennis opbouwen, onder meer



PROGRESS bestrijkt vijf onderzoeksgebieden:

- **Geopolitics, Great Powers and Global Governance**
- **Europe and its neighbors**
- **Europe and the EU**
- **Security and Defence**
- **Strategic Monitoring and Foresight**



door operationele concepten als *mosaic warfare, swarming,* A2AD, *multidomain operations, information manoeuvre, hyperwarfare, netforce* en *grayzone operations* in een voor Nederland relevante context te plaatsen. Verder willen we "*tools*" ontwikkelen, zoals *future force modelling* en *wargaming* voor strategische besluitvorming. Daarbij gaan we een beroep doen op kennispartners. Ten slotte heeft Defensie behoefte aan inrichtingsvoorstellen voor de toekomstige defensieorganisatie. Daarbij gaan we niet alleen de nadruk leggen op de 'harde zijde' van de defensie-organisatie (capaciteiten en materieel), maar ook *capabilty gaps* zichtbaar maken op het gebied van bijvoorbeeld cultuur, werkwijze of organisatie.

Onderzoek naar strategische vraagstukken: PROGRESS

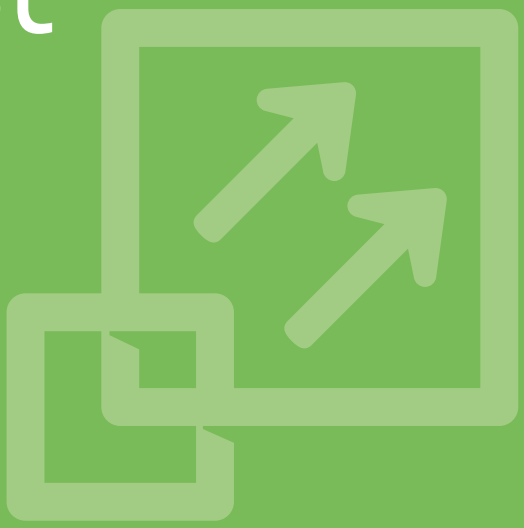
PROGRESS is het gezamenlijke beleids-ondersteunende onderzoeksprogramma van de ministeries van Buitenlandse Zaken en Defensie. Daarin staan buitenlands beleid en internationale veiligheid centraal. PROGRESS wordt uitgevoerd door het Nederlands Instituut voor Internationale Betrekkingen Clingendael en het *Hague Center for Strategic Studies,* met bijdragen van andere, veelal internationale kennispartners. De belangrijkste uitkomsten worden bijeengebracht in de jaarlijks geactualiseerde Strategische Monitor; deze monitor is openbaar, net als andere PROGRESS-rapporten. In januari 2017 gestart, is PROGRESS met ingang van januari 2020 met vier jaar verlengd. De verlenging van PROGRESS is benut om ook op lange(re) termijn te beschikken over de benodigde strategische kennis. In dat kader is begonnen met de verkenning van lange(re) termijn thema's en de verdere ontwikkeling van "*tools*" ter ondersteuning van PROGRESS (gekoppeld aan *data science* en *early warning*). Tevens zijn de eerste stappen gezet om PROGRESS door te ontwikkelen tot breder kennisplatform, door de hub-functie van PROGRESS te versterken.

Het hoeft geen betoog dat geopolitieke ontwikkelingen vragen om meer strategisch anticipatievermogen en nauwere samenwerking bij het verkrijgen van de kennis die daarvoor nodig is. Daarom hebben Buitenlandse Zaken en Defensie hun gezamenlijke beleidsonder-steunende onderzoeksprogramma PROGRESS niet alleen verlengd, maar ook een begin gemaakt met kennisopbouw. We willen PROGRESS via kennisopbouw toekomstbestendiger maken. Dat vereist een systematische benadering, waarbij kennis wordt gestructureerd en gekoppeld aan mogelijke beleidsvragen. Daarom hebben HCSS en Clingendael voor PROGRESS een kennistaxonomie opgesteld. Met hun gezamenlijk onderzoek willen Buitenlandse Zaken en Defensie ook bijdragen aan de verdere ontwikkeling van een nationale kennisinfrastructuur voor buitenlands beleid, defensie en veiligheid.

4

De Strategische Kennis- en Innovatieagenda 2021-2025: richtsnoeren voor de toekomst

Dit hoofdstuk geeft richting aan de uitwerking van de SKIA. Dat gebeurt aan de hand van twee richtsnoeren, de Defensievisie 2035 en de Defensie Technologieverkenning 2020.



Deze Strategische Kennis- en Innovatieagenda wil, meer dan voorheen, richting geven aan *Research, Technology* en Innovatie bij Defensie. Daarbij kunnen en willen we niet de exacte coördinaten meegeven. Technologische ontwikkelingen en hun militaire toepassingen zijn doorlopend in beweging en beïnvloeden elkaar. Deze dynamiek geldt ook de samenwerking tussen Defensie en haar kennis- en innovatiepartners. We beschikken gelukkig wel over twee belangrijke richtsnoeren voor de toekomst:

- Verkenning en analyse van de technologieën die het komend decennium doorslaggevend zullen zijn of worden; *de technology push.*
- Militaire, organisatorische en maatschappelijke uitdagingen van de krijgsmacht en de defensieorganisatie, bijeengebracht in Defensievisie 2035; de *capability pull.*

Onder *technology push* verstaan we de ontwikkeling van nieuwe concepten en producten die wordt gedreven door onderzoek en technologieontwikkeling. De ontwikkeling en toepassing van disruptieve technologieën, zal de komende vijftien jaar tot ingrijpende veranderingen leiden in de maatschappij. Het ligt voor de hand dat dergelijke veranderingen ook zichtbaar worden in de investeringsplannen van Defensie. Defensie is als kennisintensieve, technologisch hoogwaardige organisatie sterk afhankelijk van de toepassing van nieuwe, hoogwaardige technologieën. Technologieën als autonomie/man-*machine teaming, directed energy weapons,* cyber, kwantum, *human enhancement,* bio- en nanotechnologie en kunstmatige intelligentie bepalen in toenemende mate het vermogen om te blijven beschikken over een technologische hoogwaardige en operationeel relevante krijgsmacht en defensieorganisatie. Bij het onderzoek naar deze technologieën en hun toepassingen kijken we niet alleen naar kansen (het verbeteren van capaciteiten), maar brengen we ook de dreigingen (mogelijkheden voor de tegenstander) in kaart.

Met *capability pull* bedoelen we de militaire, organisatorische en sociaal-maatschappelijke ontwikkelingen die ons handelen de komende vijftien jaar (gaan) beïnvloeden. Allereerst zullen nieuwe operationele concepten van Defensie invloed hebben op de technologie die de krijgsmacht gebruikt.
De Defensievisie legt een sterk accent op informatiegestuurd optreden. Dit concept van optreden heeft bijvoorbeeld invloed op de vraag naar technologie op het gebied van surveillance, dataopslag, geautomatiseerde dataverwerking, *Command & Control* en cyber. Ook nieuwe operationele concepten, zoals *Mosaic* (of *Multi Domain*) *Warfare*, dienen zich aan. Hiermee kan bijvoorbeeld worden ingespeeld op *hybrid warfare.*
Tegelijkertijd vragen maatschappelijke uitdagingen bij Defensie om specifieke oplossingen. Zo wijst de Defensievisie op verschillende ontwikkelingen, zoals de ontwikkeling van de toekomstige arbeidsmarkt. Die ontwikkeling vraagt om een (meer) arbeidsextensieve organisatie. Hierbij kan het evenzeer gaan om operationeel optreden als bedrijfsvoering.
Ook de noodzaak om het operationeel optreden energieonafhankelijker te maken en bij te dragen aan de energietransitie zijn van invloed.

Push en *pull* beïnvloeden elkaar doorlopend. Zo leiden kunstmatige intelligentie en *data science* op termijn tot de mogelijkheid om enorme hoeveelheden data te verwerken tot bruikbare informatie. Dat perspectief leidt tot maatschappelijke en ethische discussies over het al dan niet toepassen van deze kennis. Deze discussies leiden op hun beurt tot de ontwikkeling van systemen en controlemechanismen, die politiek-maatschappelijk op draagvlak kunnen rekenen.
Defensie dient zich dus doorlopend te vergewissen van *push*- en *pull*-factoren en deze te betrekken bij strategievorming en krijgsmachtsontwikkeling.

HYBRIDE OORLOGVOERING; SCHEIDSLIJNEN TUSSEN INZET VAN WAPENS, MILITAIREN EN INFORMATIE VIA NETWERKEN ZIJN IN EEN CONFLICT NIET MEER TE TREKKEN

4.1 PUSH: de Defensie Technologieverkenning 2020

Wetenschap en technologie hebben grote effecten op de wijze waarop Defensie kan optreden en de dreigingen waarmee Defensie te maken heeft. Tank, vliegtuig en radar hebben bijvoorbeeld geleid tot nieuwe operationele concepten. Daarom zijn nieuwe technologieën en hun mogelijke militaire impact een belangrijk richtsnoer voor de inrichting van de krijgsmacht van de toekomst.

Defensie volgt technologische ontwikkelingen nauwgezet, bijvoorbeeld met de voor Defensie ontwikkelde Innovatieradar. In 2020 hebben TNO, NLR en MARIN ten behoeve van deze SKIA in opdracht van Defensie een technologieverkenning uitgevoerd. Zij hebben daarbij in aanvulling op hun eigen expertise gebruik gemaakt van gezaghebbende internationale rapportages, waaronder de *NATO Technology Trend Watch 2020-2040*. Het resultaat is een lijst van vijftien technologische ontwikkelingen die waarschijnlijk grote impact op Defensie gaan hebben.

1. Kunstmatige Intelligentie (AI)

Kunstmatige Intelligentie wordt in alle internationale trendrapporten gezien als de belangrijkste disruptieve technologie van de komende jaren. Voor Defensie zal AI effect hebben op alle capaciteiten. Het meest in het oog springend zijn toepassingen in wapensystemen en platformen die steeds intelligenter en autonoom gedrag gaan vertonen. Daarnaast is AI cruciaal voor het analyseren van informatie dat voortkomt uit sensoren. AI maakt het namelijk mogelijk om grote informatiestromen te filteren en duiden. Nieuwe sensoren, gecombineerd met AI en drones kunnen mogelijk een geheel nieuwe militaire capaciteit creëren. Maar er zijn ook andere toepassingsgebieden, denk aan offensieve en defensieve cyber, of logistiek en onderhoud. Verder zal AI helpen om betere simulaties en virtualisaties te ontwikkelen zowel voor gereedstelling als tijdens operaties.

2. Cyber Operaties en Cyber Elektromagnetische activiteiten (CEMA)

Er is een voortdurende strijd gaande op internet om informatie te bemachtigen dan wel te beschermen. De digitale inzetbaarheid van Defensie steunt op drie factoren: digitaal pantser, digitale slagkracht en voortzettingsvermogen in cyberspace. Het informatiedomein beheersen en/of de tegenstander informatiedominantie kunnen ontzeggen, zijn belangrijke succesfactoren voor toekomstige conflicten.

3. Kwantumtechnologie

We verwachten dat kwantumtechnologie doorbraken zal forceren op het gebied van databeveiliging, real-time besluitvorming waarbij veel data razendsnel worden doorgerekend, en de ontwikkeling van sensoren waarmee elektromagnetische velden en grootheden zoals gravitatie, tijd, rotatie en beweging uitermate nauwkeurig kunnen worden gemeten.

4. Sensortechnologie

Sensoren zijn onontbeerlijk voor het militaire optreden en ontwikkelen zich steeds verder. Naast de traditionele sensorfuncties, waarvan de prestaties steeds verder zullen verbeteren, zijn ook nieuwe sensor(concepten) in ontwikkeling. Gedistribueerde gevoelige (kwantum) sensoren maken het wellicht mogelijk platformen op grotere afstand te detecteren, te lokaliseren en te identificeren. Geminiaturiseerde en geavanceerde sensoren in de ruimte zorgen voor betere en continue waarneming wereldwijd.

5. Mens-systeemintegratie

Er worden steeds geavanceerde methoden, tools en middelen ontwikkeld die gericht zijn op het optimaliseren van de samenwerking tussen mensen en systemen. Doordat systemen steeds intelligenter worden maar tevens steeds meer een *black box* vormen, ligt de huidige focus in ontwikkelingen op verbetering van (1) voorspelbaarheid, transparantie, uitlegbaarheid van en vertrouwen in systemen (2) hoe controle over systemen kan worden gehouden, en (3) sociale vaardigheden van systemen.

6. Wapentechnologie

Het betreft de inzet van nieuwe generatie wapens, waarvan *directed energy weapons* (bv. laser) en hypersone wapens (minstens vijfmaal de geluidssnelheid: Mach 5 - 6.200 km/u) de belangrijkste ontwikkelingen zijn. Oogmerk van deze ontwikkelingen is sneller, doeltreffender, flexibeler (o.a. doseerbare effecten) en grotere precisie.

7. Ruimtetechnologie

Het betreft de benodigde technologie voor het gebruik van de ruimte op de volgende gebieden: (1) observatie, (2) communicatie, en (3) wapeninzet. De belangrijkste ontwikkelingen zijn miniaturisatie en betaalbaarheid van satellieten, kwetsbaarheden en afhankelijkheid van satellieten reduceren (navigatie, wapengeleiding etc.).

8. 3D-printing en nieuwe materialen

Middels 3D-printen kunnen onderdelen lokaal vervaardigd worden waardoor onderhoudsconcepten en logistieke ketens fundamenteel veranderen en nieuwe vormen geproduceerd worden. Ontwikkelingen op het gebied van materiaaltechnologie betreffen nieuwe composieten, nano- en metamaterialen, die zo gemaakt kunnen worden dat ze sterker zijn of meer energie-absorberend vermogen hebben dan conventionele materialen.

9. Biotechnologie

Biotechnologie omvat methoden voor het toepassen, veredelen en aanpassen van organismen. Dit omvat traditionele methoden (voor fokken, veredelen, fermenteren etc.), moderne methoden gebaseerd op genetische modificatie, en *enabling*-methoden zoals bio-informatica en synthetische biologie.

10. Simulatie- en virtualisatietechnologie

Technologie gericht op het ontwikkelen en toepassen van virtuele omgevingen waarmee en waarbinnen mens en systeem kunnen interacteren. Huidige ontwikkelingen richten zich op *merged reality* (integreren van echte en virtuele wereld) voor planning, besluitvorming en training, en op het steeds meer *(near)realtime* kunnen uitvoeren van simulaties zodat deze direct het besluit-vormingsproces kunnen voeden. De basis hiervoor zijn *Digital Twins*, digitale versies van een systeem waarop toepassingen voor operationele besluitvorming, training en instandhouding worden gebouwd. Voor trainings-doeleinden ligt het accent op de combinatie van 'live', virtuele en constructieve elementen.

11. *Human Performance & Training*

De ontwikkelingen om fysiek, cognitief en/of mentaal presteren te verbeteren gaan snel. Het gaat hier om methoden, tools en middelen in de volgende gebieden: (1) selectie, (2) medische zorg, (3) opleiding en training (O&T), (4) mens-machine interfaces, en (5) '*human enhancement*' (door psychofarmaca, voeding, implantaten, neurotechnologie of lichaamsgebonden systemen/ protheses.

12. Robotica en autonome systemen technologie

Voertuigen die in de lucht, op de grond, op of onder water werken en geen menselijke operator aan boord hebben. Ontwikkeling van methoden, tools en middelen in de volgende gebieden: (1) mechanische structuur, (2) afstandsbediening, en (3) autonome bediening.

13. ICT & netwerken

Het exploiteren van informatie en het offensief en defensief gebruik van informatie wordt door de toenemende digitalisering en hyperconnectiviteit, ook in het militaire domein van strategisch tot tactisch niveau, steeds belangrijker. Met betrouwbare en interoperabele netwerken en communicatie en -informatiesystemen wordt dit meer mogelijk.

14. *Behavioural engineering*

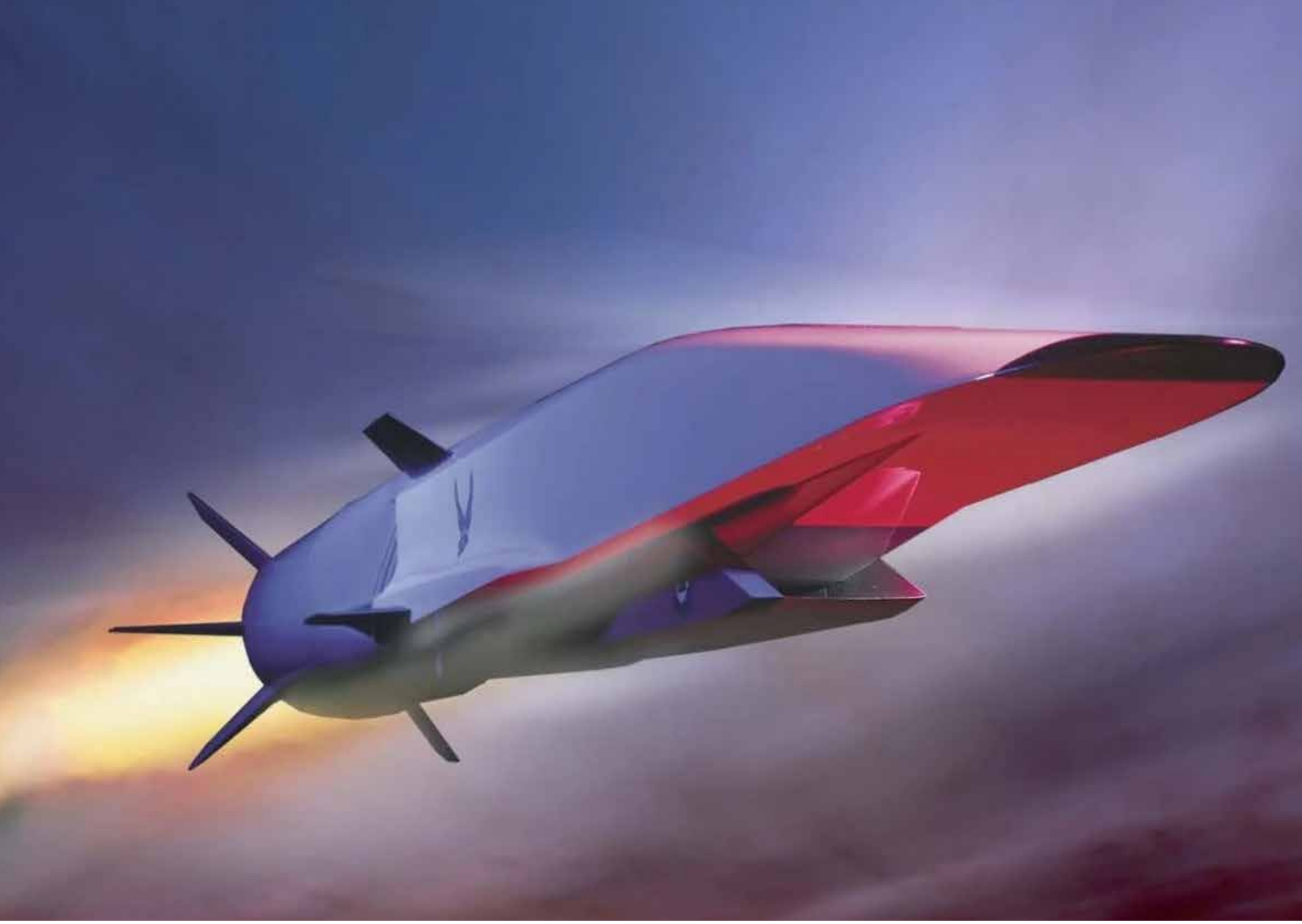
Met *Behavioural Engineering* worden technologieën en methodes bedoeld die zich richten op de analyse van sociaal gedrag, gedragsbeïnvloeding en het verhogen van weerbaarheid tegen deze beïnvloeding. De methoden en technieken voor sociale analyse en (on) bewuste beïnvloeding worden steeds geavanceerder (manipuleren van sociale media, inzet van trollen, verspreiden van des- of misinformatie en deep fakes). De methoden en middelen zijn daarbij vrij beschikbaar en zijn een risico in het kader van hybride dreiging en een weerbare samenleving.

15. Energietechnologie

Een hoge mate van energiezekerheid en vergroting van het voortzettingsvermogen bieden operationeel voordeel. Trendmatig neemt het energieverbruik van (wapen) systemen (zwaarder, groter en sneller), in vastgoed in Nederland en in kampementen in missiegebieden toe. Gelijktijdig zijn de kosten van brandstof aan fluctuaties onderhevig. Schaarste aan fossiele brandstoffen door de wereldwijd groeiende behoefte aan energie in combinatie met afnemende voorraden, vormen daarom een potentieel risico. Vermindering van verbruik van fossiele brandstof is daarom in toenemende mate van belang voor de effectiviteit van de gereedstelling en inzet van eenheden.

Toelichting:

De Defensie Technologieverkenning omvat vijftien technologiegebieden. Ten opzichte van de vorige verkenning (2018) zijn vier technologiegebieden toegevoegd (1, 13, 14 en 15). De 15 technologiegebieden lopen niet parallel aan de negen Defensie R&T-gebieden (hoofdstuk 4). Daarin worden technologieën namelijk in hun militair-operationele context geplaatst. Technologiegebieden kunnen relevant zijn voor meer dan een R&T-gebied en in een aantal R&T-gebieden zijn verschillende technologiegebieden bijeengebracht. De negen R&T-gebieden dekken de 15 technologiegebieden van de verkenning af.

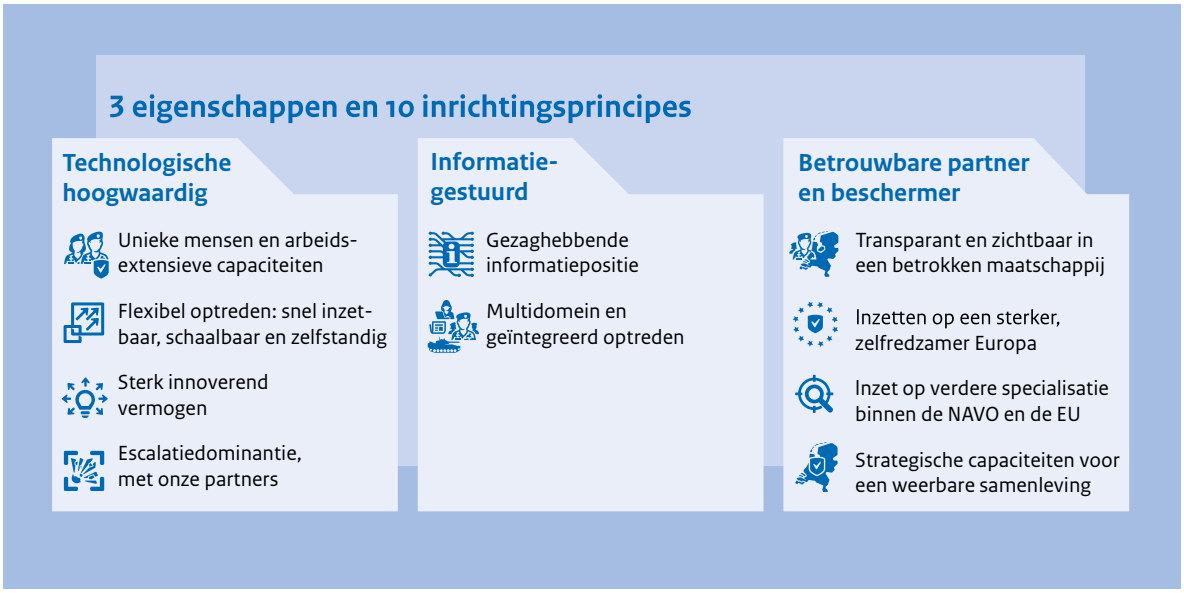


HYPERSOON WAPEN VAN DE AMERIKAANSE LUCHTMACHT (ARTIST IMPRESSION)

Appreciatie

Ten opzichte van de vorige Defensie Technologieverkenning, ten behoeve van de Defensie Industrie Strategie 2018, zien we dat de afgelopen twee jaar hypersone wapentechnologie flink in opkomst is. Recente claims uit Rusland en China liggen hier aan ten grondslag. Ook *behavioural engineering*, een technologiegebied dat informatieoperaties, misleiding en beïnvloeding omvat, begint op te komen. De toename van hybride dreigingen en de mogelijke impact daarvan hangen daarmee samen. ICT & netwerken en energietechnologie zijn weliswaar flink civiel gedreven, maar hebben een grote impact op het defensie optreden en vereisen maatwerk voor defensiespecifieke oplossingen. Voor Defensie kunnen enkele minder (traditioneel) bekende wetenschapsgebieden nu en in de toekomst relevanter worden, met name de gedragswetenschappen in relatie tot hybride dreigingen (beïnvloeding, weerbaarheid etc.) en *Industrial Design & Engineering* in relatie tot de inzet van robotica en autonome systemen en de nieuwe vormen van mens-systeem integratie. Bovenstaande uitkomsten worden de komende jaren betrokken bij de versterking en vernieuwing van de defensiespecifieke kennisbasis en, waar relevant, bij kort-cyclische innovaties en investeringsprojecten.

Aanvullende analyses leiden tot de volgende conclusies. De meeste voor Defensie relevante innovaties komen de komende jaren waarschijnlijk uit de technologiegebieden kunstmatige intelligentie, sensortechnologie en ICT & netwerken. Kwantumtechnologie en hypersone wapentechnologie (als onderdeel binnen wapentechnologie) zijn het meest embryonaal. Van kwantumtechnologie wordt op de langere termijn de grootste impact voor Defensie verwacht.



4.2 PULL: de Defensievisie 2035 - Vechten voor een Veilige Toekomst

Aan de hand van drie eigenschappen en tien inrichtingsprincipes richt de Defensievisie 2035 de ontwikkeling van de krijgsmacht en de defensie-organisatie. Daarmee beschikt de SKIA over een tweede, onmisbaar richtsnoer voor *Research & Technology* en innovatie. De Defensievisie legt de lat hoog: “In 2035 is Defensie een slimme technologische hoogwaardige organisatie” en “Onze mensen hebben de modernste middelen nodig, zodat ze op het hoogste niveau zo veilig mogelijk hun werk kunnen doen”. Daarom legt de Defensievisie een accent op een sterk innoverend vermogen (inrichtingsprincipe 3), extra onderzoek en het sneller kunnen innoveren. In deze paragraaf worden de relevante inrichtingsprincipes verbonden met de hiervoor relevante R&T-gebieden (zie hoofdstuk 5).

- *Eigenschap 1: technologisch hoogwaardig.*

Technologische hoogwaardigheid wordt gecombineerd met flexibiliteit. Eenheden zijn snel inzetbaar, modulair, configureerbaar, schaalbaar en flexibel en kunnen langdurig zelfstandig optreden met voldoende voortzettingsvermogen. Wapensystemen zijn makkelijk op te waarderen, ‘inklikbaar’ met andere systemen en in een groot aantal dreigingsscenario’s inzetbaar. Een technologisch hoogwaardige organisatie vraagt om een sterke innovatiefunctie en een kwalitatief sterk personeelsbestand met een groter aandeel van personeel geschoold in (informatie)technologie. Unieke mensen en arbeidsextensieve capaciteiten. Automatisering, digitalisering en robotisering bieden kansen: door mensen en machines op de juiste manier een ‘team’ te laten vormen, halen we het beste uit onze mensen, kunnen we ons (vaak gevaarlijke) werk veiliger maken, kunnen we met het zelfde aantal mensen een groter effect bereiken en kunnen we in bepaalde gevallen de fysieke selectiecriteria veranderen. Hierdoor spelen we in op de demografische ontwikkelingen en zetten we onze unieke menselijke capaciteiten in waar zij de meeste meerwaarde hebben. In de Defensievisie worden *Command & Control* (C2), logistiek, wapensystemen, opleiding & training en bedrijfsvoering als voorbeeld genoemd van toepassingsgebieden voor arbeidsextensieve systemen. Ten slotte biedt de inzet van meer simulatoren een nieuw perspectief op trainen en oefenen; andere en gevaarlijke scenario’s, trainen

in de gecontroleerde omgeving en het leveren van maatwerk zijn binnen handbereik terwijl de omgeving in veel mindere mate wordt belast. Voor R&T ligt de focus op *Human Performance, People & Training, Autonomous & Unmanned Systems* en *Key Enabling Technologies,* zoals kunstmatige intelligentie (AI), *Modelling & Simulation* en *Advanced Maintenance & Logistics.*

Flexibel optreden; snel inzetbaar, schaalbaar en zelfstandig. Capaciteiten op gebied van gevechtskracht en ondersteuning worden doorontwikkeld en versterkt met speciale aandacht voor modulariteit, interoperabiliteit, toekomstige opwaardering en connectiviteit. De zelfredzaamheid van eenheden en systemen wordt vergroot en de noodzakelijke ondersteuning wordt effectief en zo efficiënt mogelijk ingericht. Alle R&T-gebieden zijn hierbij van belang, maar *Command & Control* en *Cyber & Electronic Warfare* leggen hierbij de basis voor de noodzakelijke connectiviteit en snelle en gegarandeerde informatievoorziening.

Sterk innoverend vermogen. Om technologisch hoogwaardig te zijn en te blijven lopen we voorop in onderzoek en ontwikkeling. We versterken hiervoor de defensiespecifieke kennisbasis in de breedte en intensiveren het onderzoek naar disruptieve technologieën (zoals kwantum, AI, robotica, 3D-printen en bio- en nanotechnologieën) en vitale technologieën (zoals sensorsystemen en systemen voor inlichtingenvergaring). Dit leidt tot een focus

AUTONOME SYSTEMEN ONDERSTEUNEN EENHEDEN BIJ TACTISCH OPTREDEN. DE ROBOTICA & AUTONOME SYSTEMEN (RAS)-EENHEID VAN DE 13 LICHTE BRIGADE TE OIRSCHOT EXPERIMENTEERT MET VERSCHILLENDE VOERTUIGEN

op de R&T-gebieden *Command & Control*, *Sensor Systems*, *Autonomous & Unmanned Systems* en Key *Enabling Technologies*.

Escalatiedominantie. Samen met onze internationale partners zal Defensie escalatiedominantie in alle domeinen handhaven. Hiervoor is het nodig om te investeren in capaciteiten conform de doelstellingen van NAVO en EU en het versterken van internationale samenwerkingsverbanden.
De interoperabiliteit van capaciteiten en het snel ter plaatse kunnen zijn, zijn daarbij belangrijke succesfactoren. De prioriteit ligt op de gereedstelling van snel inzetbare strijdkrachten en de randvoorwaarden die nodig zijn voor de inzet en het voortzettingsvermogen. Nederland wil op gebied van *Military Mobility* een voortrekkersrol blijven spelen. Voor R&T betekent dit een focus op *Cyber & Electronic Warfare*, *Platform Systems* en *Weapon Systems*.

- *Eigenschap 2: Informatiegestuurd in organisatie en optreden.*

Informatiegestuurd optreden (IGO) wordt de basis van onze toekomstige defensieorganisatie. We specialiseren ons in het opbouwen en behouden van een gezaghebbende informatiepositie. Daarmee kunnen we relevante en betrouwbare informatie snel vergaren, verwerken, analyseren en daar uiteindelijk snel en beslissend mee handelen en mee vechten, van strategisch niveau tot het niveau van de individuele militair in het veld.

Gezaghebbende informatiepositie. Een robuuste infrastructuur voor communicatie en commandovoering, gegarandeerde toegang tot onze netwerken, gebruik van de ruimte en het elektromagnetisch spectrum en voldoende gekwalificeerde en getrainde mensen zijn voorwaardelijk om informatie snel te kunnen vergaren, analy-

HET VERWERKEN VAN GROTE HOEVEELHEDEN DATA IS VOORWAARDELIJK VOOR INFORMATIEGESTUURD OPTREDEN

seren, verrijken en real-time te kunnen ontsluiten. Met een combinatie van hoogtechnologische capaciteiten en specialistische menskracht blijven we één van de koplopers in het optreden in de informatieomgeving en met name in het cyberdomein. Dit leidt tot een focus op de R&T-gebieden *Cyber & Electronic Warfare, Sensor Systems, Command & Control* en *Key Enabling Technologies.*

Multidomein en geïntegreerd optreden.

We zijn in staat in alle domeinen (inclusief cyber en de ruimte) en geïntegreerd op te treden in een hybride context. Er is behoefte aan kennis, kunde en capaciteiten op het terrein van operationeel optreden in deze hybride context (o.a. informatiegestuurd optreden inclusief de cognitieve aspecten daarvan, informatie als wapen/instrument, maar ook StratCom), *early warning*, detectie en duiding en responsopties (militair en in civiel-militaire samenwerking). Om multidomein en geïntegreerd op te kunnen treden, moeten onze systemen en processen bovendien uitwisselbaar zijn, inpasbaar en samen te gebruiken zijn. Interoperabiliteit wordt een criterium bij de keuze voor te ontwikkelen systemen en werkwijzen. Dit leidt tot een focus op de R&T-gebieden *Platform Systems* en *Command & Control.*

● *Eigenschap 3: Betrouwbare partner en beschermer.*

Voor onze veiligheid, zeker ook in de toekomst, is de geloofwaardigheid van onze samenwerkingsverbanden essentieel. Transparant en zichtbaar in een betrokken samenleving en Strategische capaciteiten voor een weerbare samenleving. Voor het vervullen van de rol van *last organisation standing* beschikken we over capaciteiten die de continuïteit van onze democratie en van de vitale processen binnen het Koninkrijk in buitengewone omstandigheden zo lang mogelijk kunnen waarborgen. Dit zijn o.a. communicatieapparatuur, ontsmettingscapaciteit en mobiele hospitalen, militaire terreinen waarop op autonome wijze energie kan worden opgewekt en grootschalige en langdurige inzet om vitale infrastructuur te beschermen. Hiermee ligt de focus op R&T-gebieden *Command & Control* en *Protection.*

Strategische capaciteiten voor een weerbare samenleving.

Ter bescherming van onze democratische rechtsstaat en open economie tegen hybride en andere dreigingen willen we op bepaalde vlakken

INTEROPERABILITEIT IS ESSENTIEEL VOOR INTERNATIONALE SAMENWERKING. R&T KAN DAAR BIJ HELPEN. IN JUNI 2019 BEZEGELDEN NEDERLAND EN DUITSLAND DE OPRICHTING VAN DE DUITS-NEDERLANDSE ORGANISATIE 'TEN' (*TACTICAL EDGE NETWORKING*). DUITSLAND EN NEDERLAND INTEGREREN HUN KRIJGSMACHTEN DIGITAAL

onafhankelijk zijn. Bij strategische autonomie kan het gaan om (ondersteunende) capaciteiten, voorraden, en infrastructuur, maar ook om kennis.

Inzetten op een sterk en zelfredzamer Europa.

Een sterk en zelfredzamer Europa vereist nadrukkelijk ook een grotere R&T-inspanning in zowel het civiele als militaire domein. Dat betekent in de eerste plaats versterkte samenwerking tussen landen en op Europees niveau. Defensie bevindt zich in een goede uitgangspositie vanwege haar defensiespecifieke kennisbasis en de onderzoekers van TNO, NLR en MARIN, die Defensie internationaal vertegenwoordigen. Defensie werkt nauw samen met een aantal Europese partnerlanden en spant zich ook actief in voor de ontwikkeling van het Europees Defensiefonds. Hierbij is een belangrijke rol weggelegd voor Nederlandse defensiebedrijven.

Inzet op verdere specialisatie binnen de NAVO en de EU.

We groeien en specialiseren in de gebieden waarin we uitblinken. Dit zijn op dit moment de F-35 jachtvliegtuigen, de onderzeeboten, onze capaciteiten in het cyberdomein, de *Special Operation Forces,* de raket- en luchtverdediging en onze geïntegreerde benadering. Hiermee ligt de focus op R&T-gebieden *Cyber & Electronic Warfare, Sensor Systems* en *Platform Systems.*

Appreciatie

Analyse van de eigenschappen en de inrichtingsprincipes wijst uit dat uitvoering van de Defensievisie een beroep doet op alle R&T-gebieden. De Visie onderstreept daarmee nog eens het belang van onze brede, defensie-specifieke kennisbasis. We weten immers nog niet of de Visie volledig zal kunnen worden uitgevoerd en of er nadere keuzes zullen worden gemaakt. We weten ook niet welke (combinaties van bestaande en) nieuwe technologieën en welke strategische en militair-operationele ontwikkelingen op termijn doorslaggevend zullen zijn voor de vernieuwing van de krijgsmacht. Daarnaast legt de Defensievisie een aantal specifieke accenten. Daarop willen wij naar vermogen inspelen:

- We willen een brug slaan naar de toekomst en het onderzoek naar **disruptieve technologieën** intensiveren (zoals kwantum, AI, robotica, 3D-printen en bio- en nanotechnologieën) en vitale technologieën (zoals sensorsystemen en systemen voor inlichtingenvergaring). Hiermee leggen we ook een stevig fundament onder IGO. Daarbij zetten we in op: versterking van de defensiespecifieke kennisbasis bij onze strategische kennispartners TNO, NLR en MARIN; versterking samenwerking met universiteiten, in het bijzonder ten aanzien van kwantum; en versterking samenwerking in ecosystemen rondom sleuteltechnologieën (zoals onze aansluiting in 2019 bij de Nederlandse AI Coalitie).
- **Informatiegestuurd optreden (IGO)** wordt de basis van onze toekomstige defensieorganisatie. Ook voor optreden in een hybride context is IGO onontbeerlijk. Dat geldt ook voor de rol van Defensie bij het beschermen van vitale processen in het Koninkrijk.

SAMEWERKING TUSSEN MENS EN ROBOT,
INNOVATIELAB KONINKLIJKE MARECHAUSSEE

DOOR EEN MIX VAN TRAINING IN *VIRTUAL & AUGMENTED REALITY* ZIJN VLIEGERS SNELLER IN STAAT KWALITEITEN TE VERSTERKEN EN VERBETEREN. (MENS-MACHINE TEAMING: *NLR-PROJECT INTERACTIVE MULTIMODAL MIXED REALITY SIMULATOR*)

- We gaan meer inspelen op de mogelijkheden van automatisering, digitalisering en robotisering om onze **medewerkers optimaal** te **ondersteunen.** We verbinden dat streven met onze inspanningen op het terrein van **sociale innovatie.** Daarin neemt de verbinding tussen mens en technologie immers een belangrijke plaats in. Het belang van Mens-Machine-Teaming neemt in een technologisch steeds hoogwaardiger krijgsmacht steeds verder toe. Automatisering, digitalisering en robotisering moeten ons ook helpen om het hoofd te bieden aan de negatieve impact van vergrijzing en de schaarste aan gekwalificeerd personeel, een onvermijdelijke demografische ontwikkeling. Daartoe gaan we bij de vernieuwing van de kennisbasis, waar mogelijk, R&T-gebieden laten bijdragen aan **arbeidsextensivering.**

- **Verduurzaming** staat hoog op de politieke en maatschappelijke agenda. Bij Defensie is dat niet anders. Of het nu gaat om het vastgoed van Defensie, de vernieuwing van ons materieel of het gebruik van alternatieve brandstoffen, Defensie zoekt actief naar mogelijkheden om ons energieverbruik en onze CO2-uitstoot terug te dringen. Daarmee dragen we ook bij aan een militair-operationeel streven, energieonafhankelijkheid. Dat is bij operaties en in een veranderende geopolitieke omgeving van toenemend belang.

De komende jaren willen we, met ons Plan van Aanpak Energietransitie als vertrekpunt, samen met onze kennis- en innovatiepartners innovatieve oplossingen ontwikkelen. Verduurzaming is bij uitstek een gezamenlijke uitdaging. Er liggen nadrukkelijk kansen voor het MKB om samen met Defensie op te trekken. Waar mogelijk willen we aansluiten bij landelijke, regionale en plaatselijke initiatieven, om zo veel mogelijk snelheid en impact te maken. Als het gaat om de verduurzaming bevinden we ons in een goede startpositie, als belangrijke speler. Bijvoorbeeld bij vastgoed, waar de diverse landelijke locaties van Defensie de komende jaren uitstekend als proeftuin kunnen fungeren.

5

De Research & Technology-gebieden van Defensie

Dit hoofdstuk beschrijft de *R&T*-gebieden van Defensie. Daarin worden technologieën in hun militaire context geplaatst. Zij geven een helder inzicht in onze specifieke vernieuwingsgebieden.

In het vorige hoofdstuk hebben we de richtsnoeren voor R&T bij Defensie, de Defensievisie 2035 en de technologieverkenning 2020, geanalyseerd. In dit hoofdstuk beschrijven we de R&T-gebieden van Defensie. Daarin komen onze richtsnoeren bij elkaar.

De R&T-gebieden van Defensie

De R&T-gebieden beschrijven de defensiespecifieke kennisbasis, verbinden technologieën met hun operationele en/of organisatorische context en geven inzicht in de technologie- en capaciteiten-ontwikkeling bij Defensie. De R&T-gebieden bieden focus en houvast voor Defensie, kennisinstellingen, defensiebedrijven en andere partners. Daarbij kan het ook gaan om kort-cyclische innovaties.
De R&T-gebieden zijn organisch ontstaan, op basis van langjarig defensieonderzoek en technologieontwikkeling (*push*) en de kennisbehoeften van Defensie (*pull*). De R&T-gebieden zijn in 2020 geactualiseerd en zullen blijven evolueren, onder invloed van technologische ontwikkelingen, veranderende defensiebehoeften en internationale (geo)politieke ontwikkelingen.

Onderzoeksprogrammering

Middels vraagsturing door Defensie worden de R&T-gebieden door kennisinstellingen (veelal TNO, NLR en MARIN) onderhouden met onderzoekprogramma's en technologieontwikkelingsprojecten. Deze vraagsturing krijgt vanaf 2021 vorm in het Defensie R&D-plan. Dit plan onderscheidt de volgende drie categorieën onderzoekprogramma's waarmee nu en in de toekomst optimaal kan worden ingespeeld op de kennisbehoeften van Defensie:

- **Horizontale programma's** verzekeren de negen R&T-gebieden van continuïteit. Bij horizontale programma's gaat het meestal over onderzoek dat leidt tot kennis die pas op een termijn van 5 à 10 jaar en soms zelfs nog verder in de toekomst, kan worden gebruikt. Deze kennis is niet zomaar te koop en vereist goede onderzoekers en hoogwaardige onderzoeksfaciliteiten. Een voorbeeld hiervan is langjarig radaronderzoek.
- **Verticale programma's** hangen nauw samen met de realisatie van de korte en middellange termijn investeringsplannen. Een concrete operationele behoefte van een defensieonderdeel is het uitgangspunt. De programma's zijn dus vraaggestuurd en leiden binnen een termijn van vijf jaar tot kennisgebruik. Verticale programma's hebben een sterk integrerend karakter. Voorbeelden hiervan zijn onderzoek gekoppeld aan de vervanging onderzeeboten en in de nabije toekomst mogelijk het *Future Main Ground Combat System*.
- De derde categorie wordt gevormd door **focusprogramma's.** Deze richten zich op het realiseren van prioritaire beleidsdoelen die voortkomen uit nationale en internationale ontwikkelingen. Als deze ontwikkeling daarom vraagt, kan worden gekozen voor een expliciete intensivering door Defensie van onderzoek op bepaalde onderwerpen. Het gaat vaak veelal om onderwerpen die nationaal of internationaal een impuls behoeven om de aansluiting niet te verliezen of om focus in het vervolgonderzoek aan te brengen. Een voorbeeld van een focusprogramma is de uitwerking van Mens-Machine-Teaming.

De Research & Technology-gebieden van Defensie

1. Cyber en Elektronische Oorlogsvoering

Het kennis-gebied cyber en elektronische oorlogsvoering is onlosmakelijk verbonden met moderne oorlogsvoering. De kennis kan zowel offensief als defensief worden ingezet in het verzamelen van inlichtingen, het beschermen van onze mensen en platformen, maar ook in het ontzeggen van capaciteiten aan de tegenstander of als afschrikking. Dit R&T-gebied is erop gericht om met eigen gedigitaliseerde eenheden volledig gebruik te kunnen blijven maken van het cyberdomein en het elektromagnetisch spectrum, ook als dit wordt beïnvloed door tegenstanders. Vanwege het belang van cyber en digitale connectiviteit in het elektromagnetisch spectrum neemt het belang van dit R&T-gebied de komende jaren toe. In dit kennisgebied onderscheiden we drie subdomeinen: *Cyber Operations, Cyberspace* en elektromagnetische activiteiten en *Electronic Warfare.*

Voorbeeld van onderzoek:
Misleiding & Signatuurmanagement Land
Met het onderzoeksprogramma 'Misleiding & Signatuurmanagement Land' wil defensie een inhaalslag te maken in het kennisniveau op signatuurmanagement, zodat de Krijgsmacht een integrale visie (m.b.t. middelen, toepassing, inzet, training) kan ontwikkelen op de rol van camouflage- en misleiding naast andere middelen en onderdelen en zo beter kan inspelen op huidige en toekomstige dreigingen.

2. Sensor systemen

Sensoren zijn de primaire waarnemingsmiddelen van Nederlandse defensie-eenheden. Onderzoek en ontwikkeling op het gebied van sensoren leidt tot een verbeterd *situational awareness* bij de eenheden en draagt daarmee bij aan de effectiviteit van de operatie.
De ontwikkeling van sensoren richt zich op de continue verbetering van prestaties samen met de kennisinstellingen en de (Nederlandse) defensie- en gerelateerde industrie. Binnen sensor systemen wordt onder andere onderzoek gedaan op het gebied van radar, sonar, en elektro-optische en infraroodsystemen. Daarnaast is er aandacht voor de ontwikkeling en mogelijkheden van niet-traditionele sensoren zoals navigatiesensoren.

Voorbeeld van een samenwerkingsplatform:
Nederland Radarland
Het Platform Nederland Radarland is in 2002 opgezet door Defensie, Thales Nederland, TNO, TU Delft en het ministerie van Economische Zaken. Inmiddels zijn ook bedrijven uit het MKB aangehaakt. Nederland Radarland is opgezet om innovatief te blijven op het gebied van radarontwikkeling zodat Defensie ook in de toekomst kan beschikken over de modernste radar- en geïntegreerde sensoren ter wereld tegen een lage prijs. Het is nu bijvoorbeeld mogelijk om een ballistische middellangeafstandsraket op grote afstand te detecteren zodat de reactietijd aanzienlijk is en de juiste verdedigingsmaatregel kunnen worden genomen. In dit onderzoek wordt intensief internationaal samengewerkt. Detectie van een *missile* door een Nederlands schip waarna deze wordt uitgeschakeld door een Amerikaans schip; dit allemaal met zeer korte reactietijden.

Voorbeeld van onderzoek:
***Unmanned Under Water Sensors* 2035**
Defensie wil in 2035 een diversiteit aan onbemande onderwatersensoren op een zodanig wijze in kunnen zetten dat ze zelfstandig en gecoördineerd complexe, meervoudige taken kunnen uitvoeren in het dynamische onderwater domein zonder of met minimale interactie van de operator die een beperkte diepte van kennis- bezit. Hiervoor moeten de onbemande onderwatersensoren beschikken over een nauwkeurige locatiebepalingssystematiek, *false alarm*-reductie (FAR), *automatic target recognition* (ATR), effectieve gegevensuitwisseling en algoritmes voor effectieve inzet in tijd en ruimte.
De operators moeten ondersteund worden met innovatieve software om mogelijkheden van deze systemen optimaal te benutten. Met die technieken en inzetondersteuning moeten deze onbemande onderwatersensorsystemen gecoördineerd optreden om de opgedragen taken uit te voeren.
Het programma heeft als doel kennis- op te bouwen om Defensie in staat te stellen om na 2025 samen met industrie en kennisinstituten een nieuwe generatie onbemande onderwatersensoren te ontwikkelen en te verwerven.

3. Wapensystemen

Het onderzoek binnen wapensystemen richt zich primair op de effecten van de wapens. Nauwgezette kennis van het effect van wapens is belangrijk om de uitwerking goed te kunnen inschatten. Daarnaast richt het R&T-gebied zich op nieuwe technologieën zoals hypersone wapens en *high energy laser*-wapens om hier in de toekomst voldoende kennis over te hebben. Verder is kennis over munitieveiligheid erg belangrijk: dit gaat over het veilig opslaan van en veilig werken met munitie. Aangezien Defensie veel wapensystemen niet zelf ontwikkelt, maar "van de plank" koopt, beschikt het bij haar kennisinstituten over testfaciliteiten en kennis- van testmethodieken om de juiste werking van deze wapensystemen te verifiëren.

Voorbeeld Faciliteiten voor het onderzoek aan wapensystemen

Defensie draagt bij aan de ontwikkeling van test-faciliteiten voor wapens. Zo heeft TNO de beschikking over een *target bunker* waar allerlei soorten vuurwapens, munitie en explosieven te testen zijn. Er zijn geavanceerde instrumenten aanwezig om de uitwerking precies vast te leggen, waaronder *ultra high speed*-camera's ondersteund met een röntgenbron. Zo kan TNO de uitwerking van het projectiel of explosief heel precies meten. Het onderzoek geniet ook internationaal veel aanzien blijkens experimenten die TNO voor andere landen uitvoert. Maar ook andere partijen hebben interesse in de expertise: het komt ook voor dat fabrikanten van ramen, deuren en (rol)luiken willen weten hoe zeer hun producten inbraak-, kogel- en/of explosiewerend zijn.

Voorbeeld van Onderzoek - Counter RPAS

De doelstelling van dit programma is het opbouwen van innovatieve kennis, kunde en infrastructuur bij kennisinstellingen om de ministeries van Defensie en JenV te kunnen ondersteunen op het gebied van de ontwikkeling van effectieve maatregelen tegen *Remotely Piloted Aircraft Systems* (RPAS). Dit behelst zowel de deelaspecten die betrekking hebben op dreigingskenmerken, de detectie van deze dreigingen, de technieken en methodes om de dreigingen te pareren als ook de technische integratie. Deze aspecten behoeven innovatieve oplossingen aangezien ze technologisch complex zijn.

4. Platformsystemen

Platformen, bemand en in toenemende mate onbemand, zijn de basis voor ons optreden. Veel maritieme, land- en luchtsystemen zijn geoptimaliseerd om samen met sensor-, wapen- en C2-systemen een geïntegreerd *System of Systems* te vormen. Een *Systems Engineering* benadering is essentieel om zeker te stellen dat platformen gemoderniseerd kunnen worden met nieuwe technologie en capaciteiten als deze beschikbaar komen, ook al is het platform inmiddels ouder. Het gebruik van energie en energieonafhankelijkheid hebben significante invloed op het functioneren van platformen en worden met het oog op de toekomst als specifiek onderzoeksgebied aangemerkt. In dit R&T-gebied richt Defensie onderzoek op landsystemen, maritieme systemen, en lucht- en ruimtesystemen, en is het de intentie om ook meer inspanning te richten op het militair gebruik van energie en energieonafhankelijkheid.

Voorbeeld van een platform:
Het Luchtverdedigings- en commandofregat
De Koninklijke Marine beschikt over vier LCF die in staat zijn om een complete vloot te beschermen tegen vijandelijke dreigingen vanaf de zee en de lucht. Het onderzoek binnen dit R&T-gebied zorgt ervoor dat deze schepen, ondanks dat ze al meer dan twee decennia varen, met hun sensoren nog steeds goed kunnen meedoen. Dit verreist een voortdurende inspanning van de kennispartners, academische partijen en industrie.

5. Command & Control

Command & Control-systemen brengen sensorsystemen, informatie, mensen, besluitvorming, en wapen- en platformsystemen bij elkaar, zodanig dat de commandant weloverwogen besluiten kan nemen en acties kan uitvoeren om een missie te volbrengen. Dit R&T-gebied richt zich op verschillende deel-gebieden die te maken hebben met ondersteuning van besluitvorming, zoals communicatie en netwerk-infrastructuur, *data science* en *intelligence* en (Cyber) *Situational Awareness & Understanding*. Onderzoek naar *command & control* is randvoorwaardelijk voor het informatiegestuurd optreden van een technologisch hoogwaardige krijgsmacht. Om de krijgsmacht de komende jaren naar het volgende niveau van informatie-gestuurd optreden te brengen is veel ontwikkeling, en dus zelfstandig onderzoek, nodig. Het onderzoek richt zich niet alleen op netwerken en communicatie, maar ook op het extraheren van informatie uit een veelheid van databronnen, en het op maat beschikbaar stellen van deze informatie op het juiste moment en op de juiste plek. Het incorporeren van autonome sensor- en wapensystemen geeft een extra uitdaging aan C2-systemen. Ten slotte zijn ICT(netwerken) en beslissingsondersteunende systemen onontbeerlijk voor Informatiegestuurd optreden. Op dit moment wordt met projecten als FOXTROT, TEN en GrIT invulling gegeven aan de essentiële randvoorwaarde.

Voorbeeld: NLAIC
Het toepassen van kunstmatige intelligentie biedt voor Defensie veel kansen om de ambities met betrekken informatiegestuurd optreden waar te maken. Het helpt niet alleen bij het kunnen vergaren van veel data maar daar ook snelle bewerkingen en analyses op los kunnen laten voor een betere beeld- en besluitvorming. Om deze reden is Defensie actief betrokken bij de Nederlandse AI Coalitie (NLAIC) en is er een specifieke Werkgroep Defensie opgericht.

6. Bescherming

Om onze mensen veilig en beschermd hun werk te kunnen laten doen, is een scala aan onderzoeksprogramma's noodzakelijk. Dit wordt grotendeels bepaald door de verschillende gebieden die onder dit R&T-gebied vallen. Het onderzoek in dit R&T-gebied richt zich onder meer op de bescherming tegen en omgang met chemische, biologische en radiologische dreigingen, cyberbescherming en weerbaarheid (*resilience*) inclusief *Cyber Secure Behaviour*, de bescherming van mensen en systemen op het gevechtsveld en antiterrorisme en beveiliging.

Voorbeeld: CBRN-onderzoek
Defensie bouwt kennis op over 1) preventie: activiteiten om inzet van CBRN-middelen te voorkomen, dan wel bij voorbaat de gevolgen ervan te beperken; 2) protectie: processen die een rol spelen kort na een *CBRN-release*, zoals het tijdig vaststelling van de aard en ernst van een CBRN-incident, accurate informatievoorziening en adequaat beschermende middelen; en 3) herstel: het behandelen van slachtoffers en het ontsmetten om de operationele gereedheid zo spoedig mogelijk te herstellen. Het onderzoek wordt onder meer uitgevoerd in het *'high tox'*-laboratorium van TNO, het enige laboratorium in Nederland dat dit onderzoek mag verrichten.

7. Menselijk presteren, mensen en training

Dit R&T-gebied richt zich vooral op de menselijke kant van onderzoek en ontwikkeling. Daarbij gaat het om het presteren van de mens, trainen en opleiden, gezondheid, en de effecten van technologische vernieuwing op ethisch en juridisch gebied. Alhoewel dit gebied vanuit technologisch perspectief soms over het hoofd wordt gezien, is de invloed van deze onderzoeksgebieden vaak cruciaal voor de succesvolle implementatie van nieuwe technologieën en operationele concepten.

Voorbeeld: Prestaties van *air crews*
Defensie vraagt veel van haar vliegers. De vlieger krijgt te maken met steeds meer nieuwe technologieën die informatie verschaffen over de omgeving van het toestel. Mensen moeten dit wel kunnen bijhouden. Hiertoe wordt bijvoorbeeld bij NLR en TNO onderzoek gedaan naar het functioneren naar bijvoorbeeld fysieke beweging, zwaartekrachtbelasting, warmte en koude, hypoxie, slechtzichtomstandigheden, information load, ruimtelijke desoriëntatie en *startle*. Hoeveel informatie kan een mens in fysiek en cognitief belastende omgeving adequaat verwerken? Het onderzoek zorgt ervoor dat Defensie over de juiste kennis beschikt om mensen te kunnen selecteren en te trainen en bovendien de juist faciliteiten om dat te kunnen doen (bijvoorbeeld simulatoren). Het onderzoek leidt tot toepassingen in werving, selectie, opleiding en training.

Voorbeeld: Onderzoek voor trainingssimulatoren
Militairen worden onder extreme omstandigheden ingezet. Om extreme situaties in een veilige omgeving te trainen worden trainingssimulatoren ontwikkeld. Defensie bouwt veel kennis op voor de ontwikkeling en onderhoud van simulatoren. Zo wordt er onderzoek gedaan naar de effectiviteit en nieuwe mogelijkheden van simulatietechnologie, maar ook hoe commandovoering en operaties kunnen worden getraind. NLR heeft bijvoorbeeld *Fighter 4-ship simulator* ontwikkeld om tactische oefeningen met vier straaljagers te kunnen doen en werkt aan een ecosysteem om door middel van registratie en analyse van individuele data, training af te stemmen op de momentane behoefte van de individu.

Voorbeeld: Duurzaam Gezond Inzetbaar
In het programma Duurzaam Gezond Inzetbaar wordt nauw met de academische wereld samengewerkt. Experimenteel onderzoek naar de toepassing van medische sensoren voor gezondheidsmonitoring bij inzet van de militairen vormen een DOSCO/DGO-project waarbij *start-ups* betrokken zijn. Beide trajecten zijn niet zozeer gericht op K&I in de traditionele zin, maar hebben ook tot doel om nieuwe producten, methoden en technieken snel te kunnen implementeren.

8. Autonome en onbemande systemen

Kunstmatige intelligentie (AI) en autonome systemen worden naar verwachting vanaf midden 2020 cruciale militaire systemen. AI zal waarschijnlijk de prestaties van verschillende militaire systemen zoals ISR, verbeteren. Daarnaast is AI een belangrijke factor in het creëren van in toenemende mate autonome, onbemande systemen. In complexe situaties op het gevechtsveld zullen in de nabije toekomst autonome, onbemande systemen waarschijnlijk superieur worden aan de bestaande *remotely piloted*'- systemen, ook gezien het personeel-extensieve karakter. Onderzoek naar autonome, onbemande systemen is belangrijk voor toekomstige, militaire capaciteiten, maar ook om op te kunnen treden tegen autonome systemen van een mogelijke tegenstander. Gezien het belang van deze systemen in de toekomst en de mogelijke ontwikkelingen elders in de wereld, zijn autonome en onbemande systemen als apart R&T-gebied aangemerkt.

Voorbeeld: RAS-eenheid CLAS
Robotica en kunstmatige intelligentie bieden de mogelijkheid om zelfstandige taakuitvoering door intelligente machines (RAS) mogelijk te maken tegen lage personele bezetting. Dit geeft de potentie om voldoende gevechtskracht te kunnen ontwikkelen zonder sterk te hoeven groeien in personele bezetting. Ook moet de inzet van robots en autonome systemen op het gevechtsveld leiden tot significant minder risico voor militairen.
Het uitvoeren van een *Concept Development & Experimentation* (CD&E)-programma met directe betrokkenheid van de gebruiker, de 13 Lichte Brigade, geeft CLAS de mogelijkheid om gedegen ervarings- en kennisopbouw te doen en praktisch op operationeel, juridisch en ethisch gebied de implicaties van gebruik en inzet van RAS te ontdekken.

9. Sleuteltechnologieën

In dit R&T-gebied zijn belangrijke, ondersteunende, *enabling* technologieën opgenomen die op meerdere plekken kunnen worden ingezet. Deze technologieën zijn belangrijk voor de samenhang van het defensie-onderzoek. In dit R&T-gebied zijn ook technologieën opgenomen die over een aantal jaren onlosmakelijk onderdeel zijn geworden van andere R&T-gebieden, waardoor ze hier niet meer of slechts gedeeltelijk zullen zijn opgenomen. Voorbeelden van sleutel technologieën voor Defensie zijn kunstmatige intelligentie, *Data Science & Machine Learning*, *Sustainable Development*, kwantumtechnologie, geavanceerde materialen (inclusief *low observable*-materialen en configuraties) en *Modelling & Simulation* waarin onder andere *Virtual & Augmented Reality* zijn opgenomen.

Voorbeeld: *Digital Twins*
Een *digital twin* is een virtuele benadering van een fysiek systeem met als doel een actueel beeld te geven van de status en de werking van een systeem. Dit wordt tegenwoordig veel gebruikt om fysieke eigenschappen van systemen vast te leggen, die gemeten kunnen worden met sensoren. Kennis van digitale kwetsbaarheden die is opgedaan aan de hand van de ontwikkelde *digital twin* van een fysiek systeem kan worden gebruikt om de *cyber resilience* te verbeteren.

6
De Strategische Kennis- en Innovatieagenda 2021-2025: de speerpunten

In dit hoofdstuk komen de geschetste ontwikkelingen, kansen en mogelijkheden voor de versterking van het innoverend vermogend van Defensie bijeen in vier speerpunten.

Net zoals de vorige SKIA's gaat het ook dit keer om een agenda. Wat we de komende jaren precies gaan doen, weten we nog niet. Hoever we kunnen gaan met de verwezenlijking van onze ambities hangt vanzelfsprekend af van nog nader te maken keuzes. In de eerste plaats door het volgende kabinet en de Tweede Kamer, in de tweede plaats door onze kennis- en innovatiepartners; ook zij hebben nadere afwegingen te maken. In beide gevallen zullen nationale en internationale ontwikkelingen vanzelfsprekend van invloed zijn. Met deze SKIA beschikken we in elk geval over een gezamenlijk handelingsperspectief.

De speerpunten van de SKIA berusten op de appreciatie van de algemene ontwikkelingen, kansen en mogelijkheden, en van voornemens voorzien in hoofdstukken 1 en 2. De voorgenomen versterking van onze defensiespecifieke kennisbasis berust op de analyse van onze richtsnoeren, de Defensie Technologieverkenning 2020 en de Defensievisie 2035 in hoofdstuk 4. Daarmee is het mogelijk om specifieke accenten te leggen binnen onze R&T-gebieden.

De uitvoering van de speerpunten zal niet onmiddellijk tot resultaten leiden. Vernieuwing is nu eenmaal een kwestie van lange adem, zeker als het gaat om de vernieuwingsopgaven waarvoor Defensie staat. We kunnen wel, voortbouwend op het werk van de afgelopen jaren en in nauwe samenwerking met onze kennis- en innovatiepartners, gericht werken aan de versterking van het innoverend vermogen van Defensie.

1. Versterking van de defensiespecifieke kennisbasis

- Het toepasbaar maken van opkomende en baanbrekende technologieën is instrumenteel voor de verwezenlijking van een technologisch hoogwaardige krijgsmacht, een van de eigenschappen van de krijgsmacht van 2035. We willen daarom meer onderzoek gaan doen naar baanbrekende technologieën, zoals kunstmatige intelligentie, kwantum, en *data science*. Het toepasbaar maken van deze technologieën is van cruciaal belang voor de vernieuwingsopgave van Defensie, over de volle breedte van de krijgsmacht en de defensieorganisatie.

- Tweede accent betreft informatiegestuurd optreden (IGO), eveneens een eigenschap van de krijgsmacht van 2035. Hiertoe willen we werken aan de versterking van R&T-gebieden *Cyber & Electronic Warfare, Sensor Systems, Command & Control Systems* en *Key Enabling Technologies*. Hierbij zal ook specifieke aandacht uitgaan naar het gebruik van de ruimte ("space"), een belangrijke *enabler* voor IGO.

- Tegelijkertijd blijven we investeren in de overige R&T-gebieden. Er wordt doorlopend en defensiebreed een beroep gedaan op de opgebouwde kennis, ten behoeve oefeningen, operaties, kort-cyclische innovaties en vervangingstrajecten. Vernieuwing komt altijd tot stand in combinaties van verschillende bestaande en nieuwe technologieën; voorspellen kunnen we dat niet. We weten nog niet hoe de Defensievisie 2035 uiteindelijk zal worden geïmplementeerd. Wel is duidelijk dat de Visie een beroep doet op alle R&T-gebieden, met andere woorden de volledige defensiespecifieke kennisbasis. Daarbij gaat het ook om de ondersteuning van specifieke aandachtspunten van de Visie, zoals verduurzaming en arbeidsextensivering. Daarvoor willen we, afhankelijk van nog nader te maken keuzes, specifieke trajecten inrichten.

2. Innoveren borgen in werkomgeving, cultuur en bedrijfsvoering

- Innoveren staat of valt met de werkomgeving van onze medewerkers. Krijgen zij de ruimte en zijn ze (voldoende) toegerust? Daarbij hoort een organisatiecultuur, waarin innovatie - van hoog tot laag - wordt omarmd. Dit is essentieel en voorwaardelijk voor succesvol innoveren, dat wil zeggen waar innovatieve producten en diensten worden geïmplementeerd en gebruikt. Sociale innovatie is dan ook een nadrukkelijk

aandachtspunt bij de versterking van het innoverend vermogen van Defensie. Naast toerusting (leertrajecten, coaching) gaat het ook om het verzekeren van diversiteit en multidisciplinariteit. Daarbij betrekken we ook kennis en expertise uit de omgeving van Defensie. Dat vergroot ons vermogen om creatieve oplossingen te bedenken. Durven experimenteren en risico's nemen (een experiment levert niet altijd het gewenste resultaat op) vraagt ook om een werkomgeving en een cultuur die daarop zijn ingericht. We blijven dus gericht werken aan sociale innovatie.

- Tweede aandachtspunt is het (beter) borgen van innoveren in onze bedrijfsvoering. Daarbij gaat het in de eerste plaats om het aanpassen en vereenvoudigen van onze sturing en bedrijfsvoering. Als we sneller willen innoveren, moeten we onze processen nog beter inrichten op snelheid en flexibiliteit. Met het oog op weerbarstige wet- en regelgeving gaan we verwervingscapaciteit richten op innovatief inkopen, waaronder het aangaan van innovatiepartnerschappen. Sneller innoveren vraagt ook om het vergroten van onze adaptiviteit; de mogelijkheid om als organisatie (sneller) te bewegen, qua inzet van mensen, middelen en geld (budgetten). Dat is vanzelfsprekend een grote opgave die deze SKIA overstijgt.

- Daarom willen we met voorrang ons vermogen versterken om kort-cyclisch te innoveren. De afgelopen jaren is op dat vlak veel bereikt, zoals de oprichting van onze innovatiecentra en het ontplooien van diverse initiatieven, veelal in nauwe samenwerking met het bedrijfsleven. Om deze resultaten te bestendigen willen we, waar dat nog niet het geval is, onze innovatiecentra structureel inbedden in onze organisatie, voorzien van personele capaciteit en budget om te experimenteren en, bij bewezen, succes, op te schalen. Hiermee kunnen we sneller beschikken over militaire toepassingen, als het gaat om op de markt verkrijgbare kennis. Daartoe willen we ook het Defensie Life Cycle Plan (DLP, ons investeringsplan) flexibeler maken, om kort-cyclisch en met het bedrijfsleven ontwikkelde capaciteiten inderdaad te kunnen verwerven. We willen ook meer samenhang aanbrengen tussen de activiteiten van de verschillende innovatiecentra. Als het gaat om het domein overstijgende innovaties willen we daarvan vanzelfsprekend defensiebreed profiteren. We kunnen ook leren van elkaars ervaringen. Het verbinden van kort-cyclisch innoveren met ons DLP is een afzonderlijk aandachtspunt, met het bereiken van synergiën als beoogd resultaat. Ook binnen lang-cyclische innovatietrajecten, veelal gekoppeld aan de vernieuwing van platforms en wapensystemen, kan kort-cyclische innovatie meerwaarde opleveren. Tegen deze achtergrond zal de rol van onze *Chief Innovation Advisor* (Innovatiestrategie Defensie, 2018) worden versterkt. De wijze waarop dat gaat gebeuren wordt in 2021 vastgesteld.

3. Versterking samenwerking met onze kennis- en innovatiepartners

- De versterking van het innoverend vermogen van Defensie is niet mogelijk zonder nauwe samenwerking tussen Defensie en haar kennis- en innovatiepartners. In het licht van haar grote vernieuwingsopgave wil Defensie die samenwerking intensiveren. Dat is ook de wens van onze private partners, zowel van langjarige spelers uit de Gouden Driehoek als bij kort-cyclische innovatie betrokken (relatieve) nieuwkomers. Daarbij willen we gevolg geven aan hun gemeenschappelijke wens om die samenwerking een meer duurzaam karakter te geven. Dat is mogelijk op basis van een flexibel partnerschap; soms meer, soms minder betrokken, maar wel steeds verbonden.

- Daarom gaan we, eveneens op verzoek van onze partners, vaker gebruik maken van *roadmaps.* Die zijn behulpzaam bij zowel lang-cyclische als kort-cyclische innovaties. Of het nu gaat om de ontwikkeling van een nieuwe generatie sensoren of experimenteren en opschalen, met *roadmaps* kunnen we de samenwerking met onze partners van een steviger basis en, waar nodig, van de nodige focus voorzien.

- Daarom gaat Defensie actiever inzetten op de versterking en de ontwikkeling van ecosystemen. Ecosystemen, waarin we met onze partners gezamenlijk werken aan kennisopbouw,

technologieontwikkeling en innovaties, met hoogwaardige capaciteiten en diensten, excellente kennis en economisch verdienvermogen als beoogd resultaat. Als dat opportuun is, nemen wij het voortouw, maar we nodigen onze publieke (TNO, NLR, MARIN, universiteiten en andere kennisinstellingen) en private partners (industrie, MKB) nadrukkelijk uit om het voortouw nemen. Er zijn diverse variaties mogelijk: ecosystemen rondom de ontwikkeling van defensie-specifieke technologieën; ecosystemen gericht op het binnenhalen van civiel beschikbare toepassingen door middel van kort-cyclisch innoveren; of ecosystemen gekoppeld aan een maatschappelijke uitdaging (bijvoorbeeld verduurzaming). Waar dat de logische oplossing is, zoals bij kunstmatige intelligentie en kwantum, zoeken we aansluiting bij bestaande en leidende ecosystemen. In andere gevallen neemt Defensie een specifiek initiatief. Zo kan de inrichting van proeftuinen met publieke en private partijen als katalysator voor de ontwikkeling van ecosystemen fungeren.

Een ecosysteembenadering maakt het ook mogelijk om beter in te spelen op het Missiegedreven Topsectoren- en Innovatiebeleid, het Europees Defensiefonds, het Nationaal Groeifonds en de Nationale Wetenschapsagenda. Daarbij is een gezamenlijke en meerjarige inspanning van alle partners voorwaardelijk, zoals dat bij de lang-cyclische innovatietrajecten van Defensie meestal het geval is. De ontwikkeling en de versterking van kennis- en innovatie-ecosystemen vraagt ook om een specifiek beleidsinstrumentarium, met oog voor de bijzondere positie van defensiebedrijven. Defensie blijft zich daar voor inspannen.

4. Versterking samenwerking in de Defensie Kennis- en Innovatieketen

- Maximale impact van *Research & Technology* en Innovatieve-trajecten (kort- en lang-cyclisch) vraagt om een goed functionerende Defensie K&I-keten. Het Directoraat-Generaal Beleid (DGB) is verantwoordelijk voor de instandhouding van de specifieke kennisbasis door TNO, NLR en MARIN. De defensieonderdelen spelen als opdrachtgevers een cruciale rol bij technologieontwikkeling en kort-cyclisch innoveren.
  Als het gaat om kennisgebruik, ten behoeve van investeringsprojecten, heeft de DMO namens de CDS het voortouw. De verschillende actoren zijn samen verantwoordelijk voor een goed functionerende K&I-keten. De afstemming vindt thans vooral plaats in informele kennisnetwerken en bij de besluitvorming over het centrale budget voor wetenschappelijk onderzoek. Daarom gaan de K&I-spelers binnen Defensie nauwer samenwerken, met de uitvoering van de SKIA als gezamenlijk perspectief. Daartoe zal in 2021 een defensiebrede Kennis- en Innovatieraad worden opgericht. Verder gaat Defensie haar *Chief Scientific Advisor* (ingesteld in het kader van de Defensie Innovatie Strategie) omringen met externe deskundigen op het terrein van *Research & Technology*. Deze Kennis- en Innovatie Adviesraad zal in 2021 worden opgericht.

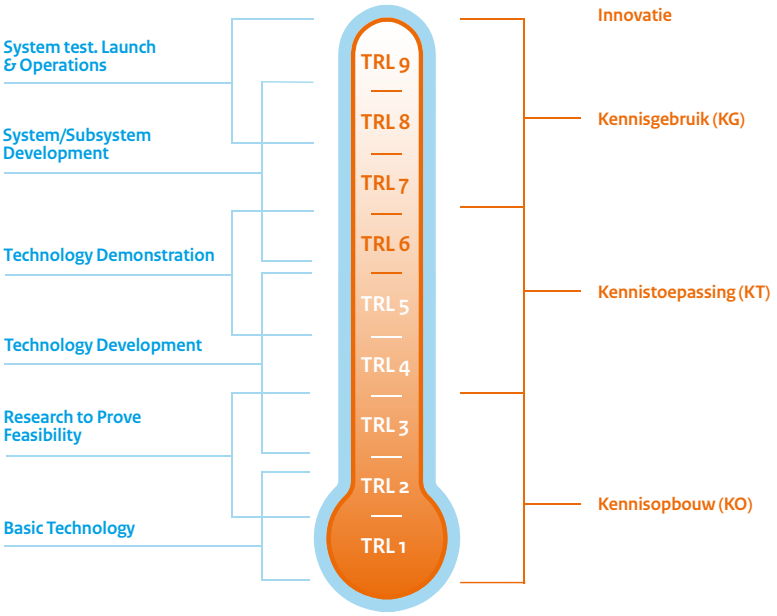
- Maximale impact van R&T en Innovatie vraagt ook om samenhang en samenwerking in de organisatie zelf. De defensieonderdelen zijn nauw betrokken bij de programmering van R&T-onderzoekprogramma's, zowel bij de vraagarticulatie als de begeleiding. Bij kort-cyclische innovaties hebben de defensieonderdelen het voortouw. Via hun kenniscentra, kennisnetwerken en het innovatienetwerk zijn de verschillende defensie-onderdelen, domeinen en vakgebieden onderling verbonden. We gaan deze centra en netwerken dan ook nauw betrekken bij de uitvoering van de SKIA 2021-2025.

Begrippenlijst

Hieronder vindt u een overzicht van begrippen die nodig zijn om de SKIA in de juiste context te kunnen lezen en die niet in het document zelf worden uitgelegd.

K&I

Het domein van kennisopbouw, technologie ontwikkeling, experimenten tot en met de succesvolle implementatie van een nieuw concept of nieuwe technologie in de organisatie (de innovatie).
De hoofdactiviteiten binnen het Kennis- en Innovatiedomein grijpen in elkaar en vormen samen een keten. Kennisopbouw is de basis voor technologie ontwikkeling, die op zijn beurt innovatieve toepassingen van kennis- in het defensiedomein stimuleert.
(Innovatie Strategie Defensie, 2018)



Innovatie

De implementatie van een nieuw of significant vernieuwd product of dienst, proces, nieuwe marketingmethode of een nieuw organisatiemodel. (bron: rapport 'Verspreiding: De onderbelichte kant van innovatie', Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie (AWTI), 2018).
In deze beschrijving staat de invoering van een idee centraal. Ook geeft het AWTI aan kleine, voortdurende veranderingen niet als innovatie aan te merken, maar de term te bewaren voor zaken die nieuw zijn voor de organisatie die innoveert, en groot, algemeen en duurzaam genoeg zijn om de werkwijze of het karakter van die organisatie te veranderen. In de SKIA wordt met innovatie dus niet louter het (door) ontwikkelen van nieuwe technologieën bedoeld.

Innovatiepartnerschap	Innovatiepartnerschap is een procedure in Europese richtlijn 2014/24/EU en (vanaf de inwerkingtreding) in de gewijzigde Aanbestedingswet 2012. Deze procedure kan worden gebruikt voor de aanschaf van producten, werken en diensten die nog niet op de markt beschikbaar zijn (of in ieder geval niet met het gewenste prestatie niveau). De overheidspartij definieert het probleem of de behoefte en bedrijven stellen innovatieve oplossingen voor. Na het uitvoeren van de onderzoeks- en ontwikkelingsfase, kan het product, werk of dienst in commerciële volumes worden ingekocht onder de voorwaarden die bij de start van het innovatiepartnerschap zijn overeengekomen. (bron: https://www.pianoo.nl/nl/inkoopproces/fase-1-voorbereiden/mogelijke-procedures/europese-specifieke-procedures, 26 oktober 2020)
Launching customership	Term die beschrijft dat een partij de eerste afnemer is van een nieuw product. (bron: Defensie Industrie Strategie, 2018) *Meestal betreft het hier het gehele gezamenlijke traject van behoeftestelling tot afname.*
Launching partner	Term die beschrijft dat een partij actief betrokken is bij de marktintroductie, zonder daarbij per definitie afnemer te zijn (zoals dat bij *launching customer* wel het geval is).
(Defensie) R&D	EDA: 'Any R&D programmes up to the point where expenditure for production of equipment starts to be incurred. R&D includes R&T.' (bron: EDA, https://eda.europa.eu/info-hub/defence-data-portal/Definitions, 20 oktober 2020). *Dit zijn alle activiteiten verbonden aan Onderzoek en Ontwikkeling m.u.v. de activiteiten en kosten voor de aanschaf van het uitontwikkelde product of de dienst.*

(Defensie) R&T

EDA: 'Basic research, applied research and technology demonstration for defence purposes. It is a subset of R&D expenditure'. (bron https://eda.europa.eu/info-hub/defence-data-portal/Definitions, 20 oktober 2020). *De EDA-norm betreft de commitment van de EU-lidstaten om ten minste 2% van de defensie-uitgaven te besteden aan Research & Technology. Dit zijn alle activiteiten verbonden aan onderzoek en technologieontwikkeling.*

S&T

'The selective and rigorous generation and application of state-of-the-art, validated knowledge for defence and security purposes. S&T activities embrace scientific research, technology development, transition, application and field-testing, experimentation and a range of related scientific activities that include systems engineering, operational research and analysis, synthesis, integration and validation of knowledge derived through the scientific method' (bron: NATO STO, https://www.sto.nato.int/pages/organization.aspx, 20 oktober 2020).

Bronnenlijst illustraties

Illustraties en foto's zijn afkomstig van het Ministerie van Defensie.
Onderstaand genoemde illustraties zijn afkomstig uit externe bronnen:

p. 14 - Studio Oostrum/TNO

p. 23 - MARIN: https://www.youtube.com/watch?V=J_VRZBBZF2C

p. 27 - TNO/NLR: NanoAvionics Space

p. 31 - Getty Images

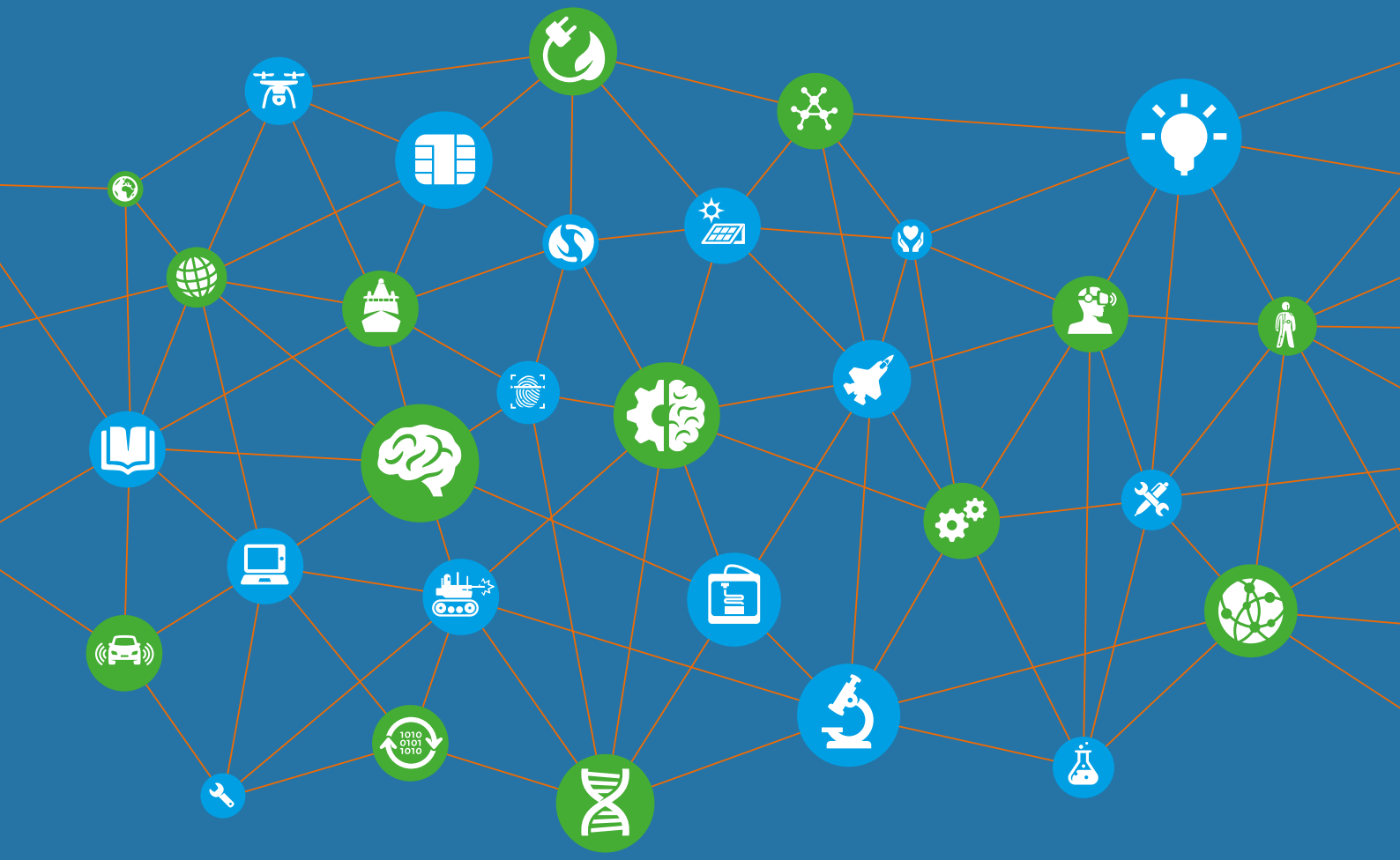
p. 39 - US Airforce

p. 42 - istockphoto

Deze brochure is een uitgave van:
Ministerie van Defensie

Layout:
MediaCentrum Defensie | Den Haag

© Ministerie van Defensie | december 2020


1010
0101
1010