



Ministerie van Defensie

ROADMAP ENERGIETRANSITIE OPERATIONEEL MATERIEEL

OP WEG NAAR 2050: oplossingen verkennen voor fossielonafhankelijk militair materieel



COLOFON

DIRECTORAAT-GENERAAL BELEID
DIRECTIE MATERIEEL VASTGOED EN DUURZAAMHEID

LOCATIE:
DEN HAAG - PLEIN-KALVERMARKT COMPLEX
KALVERMARKT 32 'S-GRAVENHAGE

POSTADRES:
POSTBUS 20701
2500 ES 'S-GRAVENHAGE
MPC 58B

CONTACTPERSOON:
IR. V.M.J. GALES
COÖRDINEREND ADVISEUR DUURZAAMHEID
VMJ.GALES@MINDEF.NL

VERSIE DEFINITIEF

De Roadmap Energietransitie Operationeel Materieel is opgesteld onder leiding van de Afdeling Duurzaamheid van het Directoraat Generaal Beleid/DMVD. De inhoud is tot stand gekomen via consultaties, gehouden door een kernteam van defensie-experts met bijdragen uit de defensieonderdelen, Defensiestaf, de kennisinstututen TNO, MARIN en NLR en beroepsvereniging KIVI en branchevereniging NIDV namens de industrie. Voor deze roadmap is het proces van het technology roadmapping gevolgd onder begeleiding van TNO.

Inhoud

1 **Introductie** **4**

1.1 **Inleiding** **4**

1.2 **Doelstellingen roadmap** **5**

1.3 **Scope roadmap** **5**

1.3.1 *Tijdsspanne* **5**

1.3.2 *Onderwerp* **5**

1.3.3 *Aandachtsgebied* **5**

1.4 **Randvoorwaarden** **7**

1.5 **Opbouw document** **7**

2 **Strategisch perspectief** **8**

2.1 **Context** **8**

2.2 **Strategische doelen** **9**

2.3 **Gewenste operationele effecten** **9**

3 **Functioneel en instrumenteel** **10**

3.1 **Introductie** **10**

3.1.1 *Model van de Trias Energetica* **11**

3.1.2 *Inventarisatie elementen* **12**

3.2 **Nationale en internationale context** **13**

3.3 **Varen** **14**

3.4 **Vliegen** **22**

3.5 **Rijden** **27**

3.6 **Kampementen** **33**

4 **Way forward** **39**

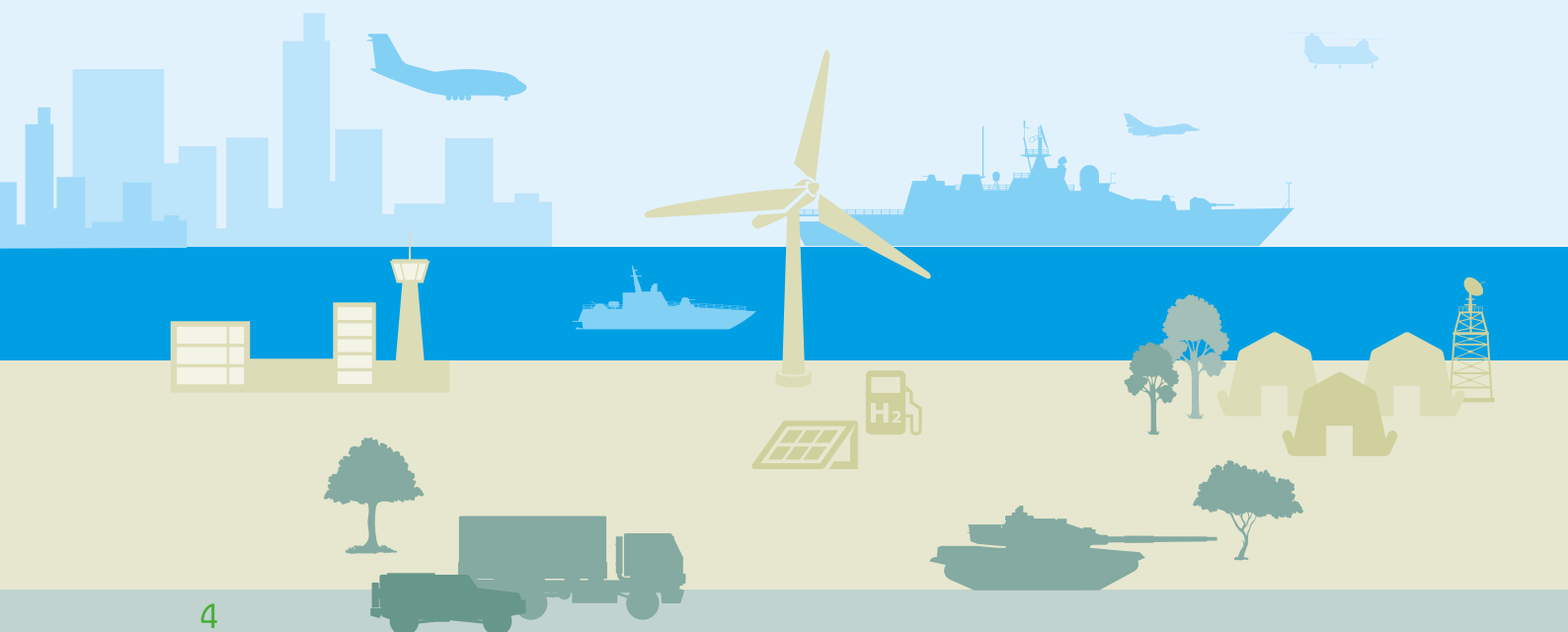
Introductie

1.1 Inleiding

Deze roadmap is een van de producten uit het Plan van Aanpak Energietransitie Defensie (Kamerstuk 34919, nr. 74) en sluit aan op de Strategische Kennis en Innovatie Agenda (SKIA) 2021-2025 (Kamerstuk 35570 X, nr. 32). De SKIA onderkent energietechnologie als één van de 15 technologiegebieden die waarschijnlijk een grote impact op het optreden van Defensie zullen hebben.

Het verloop van de energietransitie is niet simpel te voorspellen. De roadmap is daarom niet zozeer een spoorboekje om de energietransitie te doorlopen, als wel een gids waarin de relevante routes staan.

De roadmap heeft een brede doelgroep bestaande uit beleidmakers, behoeftestellers en project-/programmaleiders die te maken hebben met het onderhouden en vervangen van materieel, de energietransitie en het zeker stellen van energielevering en -voorziening. De roadmap is daarnaast informatief voor alle directe en indirecte stakeholders.



1.2 Doelstellingen roadmap

De roadmap heeft de volgende doelen:

- Een defensiebreed overzicht creëren van mogelijkheden, kansen en bedreigingen voor de energietransitie in het operationele domein.
- Richting geven voor het maken van keuzes. De roadmap is een hulpmiddel bij de regievoering en het programmatisch aansturen van het geheel aan initiatieven en projecten.
- Inzichtelijk maken van de samenhang tussen deze initiatieven en projecten, waardoor capaciteiten en budgetten efficiënt kunnen worden ingezet.
- Richting geven aan en ondersteunen van de kennisontwikkeling op het gebied van de energietransitie voor het operationeel materieel.

1.3 Scope roadmap

1.3.1 Tijdsperiode

De roadmap reikt tot 2050. Dit is gebaseerd op de Defensie Energie en Omgevingsstrategie (DEOS, Kamerstuk 33763, nr. 152) die zich richt op het einddoel in 2050 met tussendoelen voor 2030. De roadmap is een levend document dat periodiek zal worden geactualiseerd aan de hand van de voortgang en nieuwe ontwikkelingen.

1.3.2 Onderwerp

Het centrale onderwerp van de roadmap is de energietransitie van het operationeel materieel.

Deze transitie krijgt vorm door:

- Het voorkomen van onnodig energieverbruik binnen het huidige (fossiele) energiesysteem;
- De overgang van fossiele brandstoffen naar nieuwe (duurzamere) energiedragers;
- In te zetten op energie-efficiënt materieel, dus materieel dat energiezuiniger is in het gebruik.

Deze drie deelonderwerpen komen terug bij het toepassen van het strategisch model van de Trias Energetica, dat in hoofdstuk 3 verder wordt toegelicht.

1.3.3 Aandachtsgebied

Het aandachtsgebied van de roadmap is al het varende, vliegend en rijdend materieel en de kampementen van Defensie. Dit zijn tevens de thema's aan de hand waarvan deze roadmap is uitgewerkt. Deze thema's sluiten aan bij de voor Defensie gebruikelijke materieel-indeling en hebben onderling grotendeels verschillende technologieën die om een eigen transitieaanpak vragen. In hoofdstuk 3 wordt per thema ingegaan op de onderwerpen die voor dat specifieke thema binnen of buiten de scope vallen.

Operationele middelen die niet of nauwelijks energie nodig hebben en operationele materieellogistiek zoals bevoorrading van operationele eenheden, zijn niet in deze

roadmap opgenomen. Defensie volgt zoveel mogelijk de rijksbrede programma's voor het verduurzamen van niet-operationele domeinen zoals vastgoed en zakelijke mobiliteit (dienstvoertuigen). Deze vallen daarom buiten de scope van deze roadmap.

Ook het thema 'uitgestegen optreden' valt buiten de scope van deze roadmap. Onder uitgestegen optreden wordt verstaan het optreden met de militair als platform, oftewel het optreden vanuit de rugzak. Defensie is voornemens om voor het thema 'uitgestegen optreden' in een separaat traject innovaties te onderzoeken, via een Routekaart Energiebesparing Landoptreden.

De focus ligt daarin op de energievoorziening voor de individuele militair, waarbij het doel is meer zelfvoorzienendheid, wendbaarheid en voortzettingsvermogen te bereiken. De uitdaging is om aan een groeiende energievraag te voldoen, terwijl de middelen daarvoor gebruiksvriendelijk en klimaatbestendig zijn en minder gewicht toevoegen aan de uitrusting. Tevens is interoperabiliteit met de energievoorzieningen op bijvoorbeeld voertuigen en kampementen van belang.

ELEKTRISCH RIJDEN BIJ DEFENSIE. PROTOTYPE VAN MILITAIRE HYBRIDE QUAD_FOTO: PAUL TOLENAAR_LEUSDEN, 2 SEPTEMBER 2019



1.4 Randvoorwaarden

Om de energietransitie succesvol te doorlopen moet aan vele randvoorwaarden worden voldaan. De thema-overkoepelende randvoorwaarden zijn:

- **Vanuit inzet en operaties:** Defensie moet haar grondwettelijke taken kunnen blijven uitvoeren. De expeditionaire inzetbaarheid van de eenheden blijft geborgd en wordt zo mogelijk verbeterd.
- **Vanuit regelgeving en beleidsomgeving:** Er moet een goede aansluiting zijn op reeds bestaand beleid, bestaande wet- en regelgeving en bestaande (bedrijfs)processen binnen Defensie en binnen de Rijksoverheid.
- **Vanuit internationale samenwerking en het internationale krachtenveld:** internationale ontwikkelingen zijn mede richtinggevend bij het maken van keuzes en het stellen van prioriteiten. De Nederlandse krijgsmacht werkt immers intensief samen met de NAVO en EU-lidstaten en met andere internationale partnerschappen en samenwerkingsverbanden.
- **Op veel gebieden volgt Defensie de markt** en is zij afhankelijk van de mogelijkheden van de markt om te verduurzamen.

1.5 Opbouw document

In de roadmap zijn drie perspectieven opgenomen:
een **strategisch** perspectief,
een **functioneel** perspectief en
een **instrumenteel** perspectief.

Hoofdstuk 2 bevat het strategisch perspectief met de strategische doelen.

Hoofdstuk 3 geeft inzicht in het functioneel en het instrumenteel perspectief. Het functioneel perspectief bevat de bouwblokken die nodig zijn om de strategische doelen te kunnen verwezenlijken. Het instrumenteel perspectief bevat lopende en voorziene projecten en initiatieven die leiden tot de invulling van de bouwblokken uit het functioneel perspectief.

Strategisch perspectief

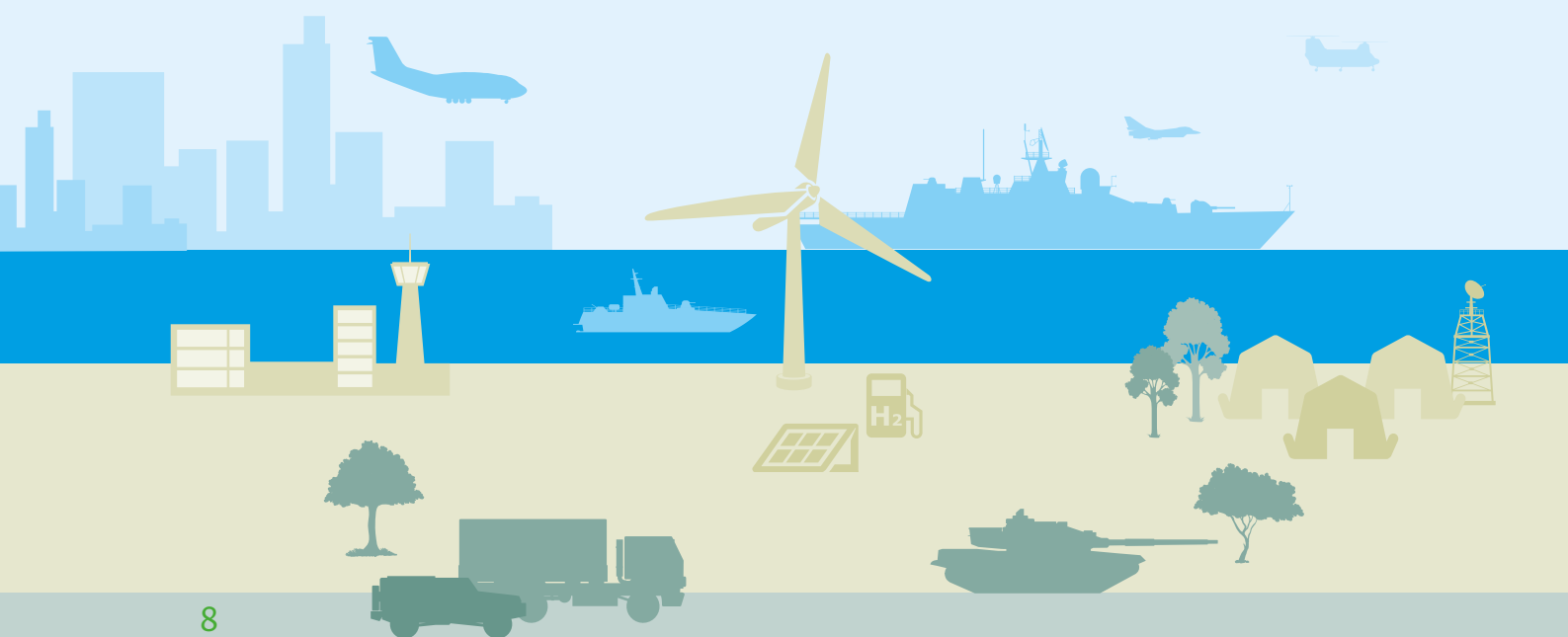
2.1 Context

Het fossiele energieverbruik van het Defensiematerieel bedroeg in 2020 ongeveer 5.000 terajoule.

Dit komt overeen met ongeveer 90% van het energieverbruik van het materieel in het referentiejaar 2010.

Figuur 1 geeft de verdeling naar brandstoftype weer en daarmee naar de modaliteiten varen, vliegen en rijden.

Het energieverbruik van kampementen en het aandeel duurzaam opgewekte energie wordt nog niet structureel gemonitord en is hier dus niet in opgenomen.



2.2 Strategische doelen

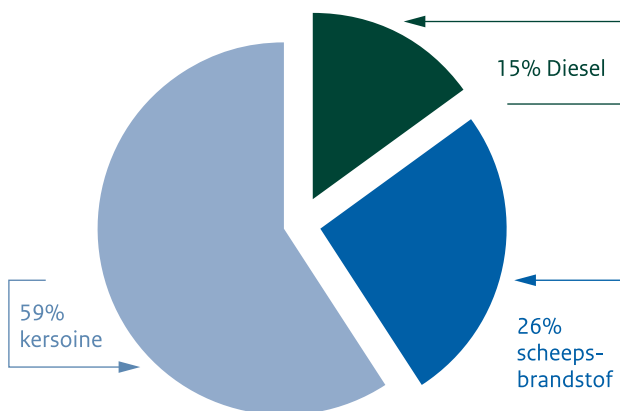
De roadmap is gericht op het behalen van de volgende streefdoelstellingen:

- In 2030 is de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen met ten minste 20% gereduceerd ten opzichte van 2010.
- In 2050 is de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen met ten minste 70% gereduceerd ten opzichte van 2010;

Voor kampementen zijn er naast bovenstaande algemene streefdoelstellingen, de volgende specifieke streefdoelstellingen:

- In 2030 wordt de benodigde energie voor de Defensiekampementen voor 50% duurzaam opgewekt.
- In 2050 zijn de kampementen van Defensie volledig zelfvoorzienend op energiegebied;

Defensie draagt met de invulling van deze streefdoelstellingen bij aan de nationale klimaatdoelstellingen die zijn vastgelegd in de Klimaatwet: Nederland moet in 2050 de uitstoot van broeikasgassen met 95% hebben gereduceerd ten opzichte van 1990. Voor 2030 is een tussentijds doel gesteld van 49% broeikasgasreductie (in het coalitieakkoord van december 2021 is dit laatste doel aangescherpt naar ten minste 55%).



Figuur 1: Verdeling van het aandeel van de verschillende brandstoftypes in het totale verbruik van brandstof door Defensie in 2020

2.3 Gewenste operationele effecten

Het uitgangspunt is dat minder afhankelijkheid van fossiele brandstof de operationele taakuitvoering niet verslechtert. Om te beginnen is de operationele taakuitvoering gebaat bij een grote autonomie. De toegang tot en de keuze uit alternatieve energievormen heeft hier een gunstige invloed op. Daarnaast betekent minder brandstof ook minder brandstoftransporten en daardoor minder operationele kwetsbaarheid van aanvoerlijnen. Dit draagt tevens bij aan een betere garantie voor de veiligheid van de militairen. Ten slotte kan elektrificatie van materieel zorgen voor lagere signaturen door minder warmte- en geluiduitstoot, waardoor vijandelijke troepen deze moeilijker kunnen detecteren.

Kortom, het behalen van de energiestreefdoelstellingen mag niet ten koste gaan van operationele slagkracht, maar draagt daar bij voorkeur juist aan bij.

3

Functioneel en instrumenteel perspectief

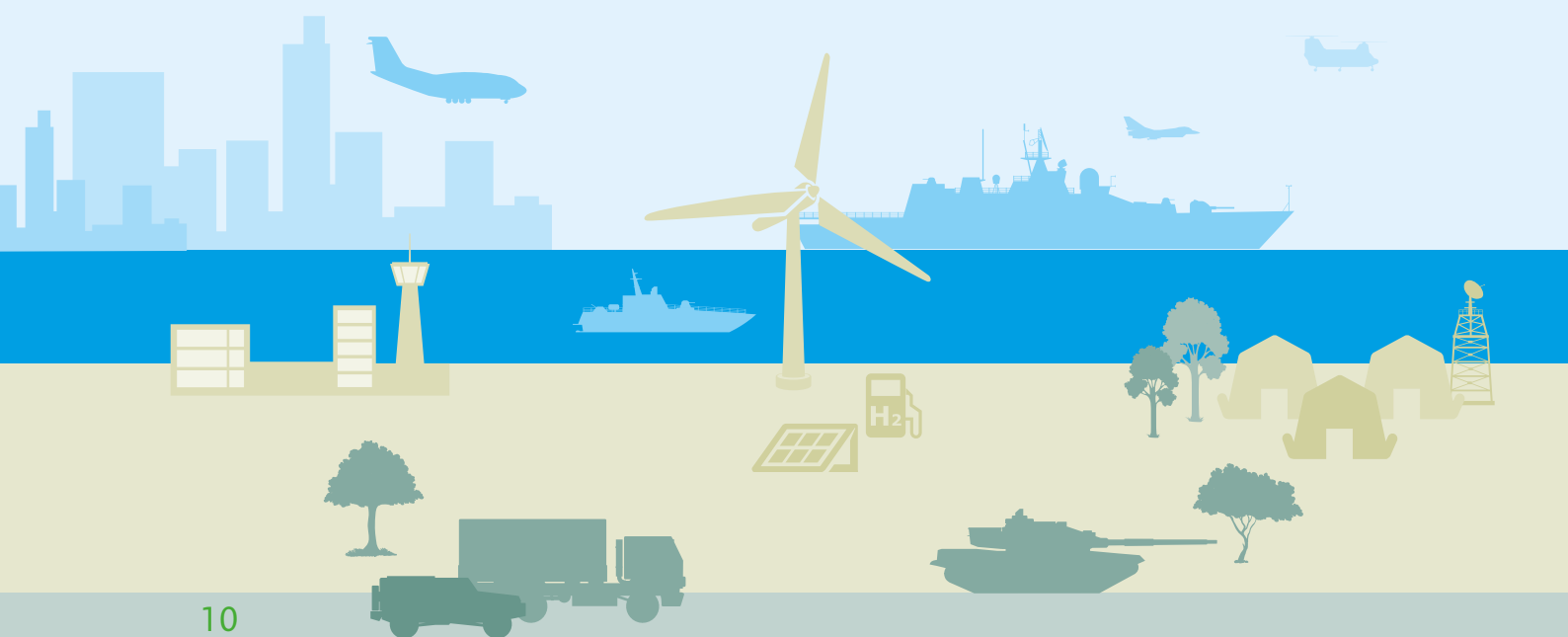
3.1 Introductie

Na het strategisch perspectief uit hoofdstuk 2, komen in dit hoofdstuk het functionele en het instrumentele perspectief aan bod.

Het functioneel perspectief bevat de bouwblokken die nodig zijn om de strategische streefdoelen te kunnen verwezenlijken.

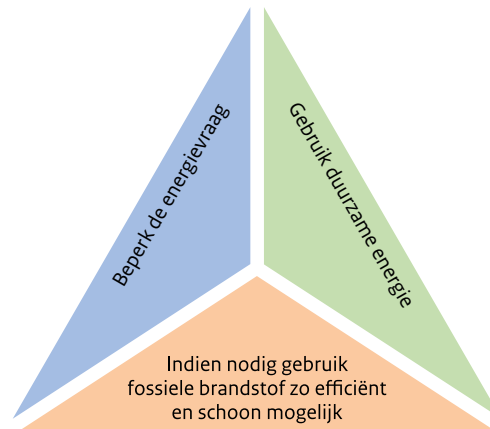
De bouwblokken zijn op hun beurt samengesteld uit elementen, bestaande uit technologieën of ontwikkelingen.

Het instrumenteel perspectief bevat lopende en voorziene initiatieven die invulling gaan geven aan de bouwblokken uit het functionele perspectief.



3.1.1 Model van de Trias Energetica

De expertgroepen hebben het functioneel en instrumenteel perspectief tijdens het roadmappingproces ingevuld aan de hand van de principes van de Trias Energetica, een driestappenstrategie om een energiezuinig ontwerp te maken (figuur 2). Dit model biedt drie opeenvolgende oplossingstappen:



Figuur 2: De Trias Energetica

Stap 1:

Het beperken van de energievraag

Een beperking van de energievraag leidt voor fossiele brandstoffen direct tot een reductie van CO₂-uitstoot (en overige schadelijke emissies). Dit is tevens voordelig voor het beperken van de omvang van het energiesysteem, inclusief de brandstofopslag.

Stap 2:

Het gebruiken van duurzame energie

Duurzame energie kan op twee manieren worden gebruikt. Het kan door het gebruik van brandstoffen die geproduceerd zijn uit tweede-generatie biologische grondstoffen of uit duurzame elektrische energie en afgevangen CO₂. De tweede manier is het gebruik van groene stroom die is opgewekt met bijvoorbeeld zonne- of windenergie.

Stap 3:

Het zo efficiënt en schoon mogelijk gebruiken van fossiele brandstof

Het efficiënt en schoon gebruik van fossiele brandstoffen richt zich op situaties waarin fossiele brandstof toch echt nodig is, bijvoorbeeld vanwege de hogere energiedichtheid van fossiele brandstof en het (nog) niet beschikbaar zijn van geschikte duurzame synthetische brandstoffen.

3.1.2 Inventarisatie elementen

Bij het inventariseren van mogelijkheden om de strategische doelen voor de energietransitie te verwezenlijken zijn de drie invalshoeken van de Trias Energetica gehanteerd. Verderop in dit hoofdstuk staat bij elk thema een overzichtsfiguur van de geïnventariseerde bouwblokken en elementen, gepositioneerd rondom de Trias Energetica. Hierbij wordt de betekenis van de elementen voor het betreffende thema toegelicht. Ten slotte staan bij elk thema (varend, vliegend en rijdend materieel en de kampementen) enkele sprekende voorbeelden van lopende initiatieven en nieuwe mogelijkheden.

Hoewel elk thema zijn eigen karakteristieken kent, die aan bod komen in de paragrafen 3.3 t/m 3.6, loopt een aantal elementen als een rode draad door alle thema's. Zo is dat voor de eerste stap van de Trias Energetica: het optimaliseren van operatie, doctrine, (technisch) ontwerp, opleiding en gedrag. Voor de tweede stap is dat de brandstofkeuze. Bij de derde stap van de Trias Energetica komt voor alle thema's het optimaliseren van de aandrijving en planning naar voren.

Brandstofkeuze en energie-onafhankelijkheid komen bij de verschillende thema's terug, maar wel met nuanceverschillen omdat voor varen, vliegen, rijden en kampementen verschillende brandstoftypen worden gebruikt.

Het thema 'varen' is gericht op het reduceren van de CO₂-uitstoot in de gehele brandstofketen van well-to-propeller¹ (WTP) en het zeker stellen van de energievoorziening voor de schepen. Bij de marineschepen is de ruimte die de brandstof inneemt van groot belang. Om onafhankelijk te kunnen optreden moeten marineschepen hun eigen brandstof mee kunnen nemen. De ruimte hiervoor aan boord is beperkt. Daarbij komt dat marineschepen op zee bevoorrad moeten kunnen worden met brandstof door NAVO-partners. Daarom blijft voor de marine dieselbrandstof

voorlopig de meest geschikte brandstof; hierin kan tot 50% bijgemengd worden met non-fossiele brandstof. De genoemde beperking geldt overigens in mindere mate voor de ondersteunende vaartuigen, zoals hulpvaartuigen en sleepboten. Voor deze schepen zijn alternatieve brandstoffen zoals methanol en waterstof eerder geschikt.

Voor het thema 'vliegen' geldt dat vlieg- en andere procedures vastliggen; hier kan en mag niet zomaar van afgeweken worden. Toch kan volgens de huidige certificering van militaire luchtvaartuigen tot 50% non-fossiele brandstof bijgemengd worden.

Het thema 'rijden' is vooral gericht op het beperken van het gebruik van fossiele brandstoffen, bijvoorbeeld door innovaties en aanpassingen van de techniek. Tevens wordt er gekeken naar het installeren en optimaliseren van energiemanagementsystemen om de energie-efficiëntie te verbeteren. Daarnaast is er aandacht voor de ontwikkeling van een high power-netwerk in voertuigen, waarmee voldoende energie kan worden geleverd aan deelsystemen, bijvoorbeeld voor communicatie.

Voor het thema 'kampementen' is een verregaande onafhankelijkheid van brandstof een belangrijk streven. Dit maakt lange en kwetsbare aanvoerlijnen overbodig en het voorkomt afhankelijkheid van voorzieningen in het uitzendgebied. Daarbij speelt voor de kampementen in het bijzonder de uitdagende taak van passend energiemanagement: het voorzien in de energiebehoefte van het kamp op een stabiele en betrouwbare manier. Daarom is er in dit thema extra aandacht voor de hele keten: van energieopwekking tot energiedragers en energieopslag.

1. Brandstofproductie en gebruik van bron tot en met aandrijving

3.2 Nationale en internationale context

Zowel nationaal als internationaal zijn er voor de verschillende thema's vele initiatieven waarbij aangesloten kan worden.

De Fourth IMO Greenhouse Gas Study 2020 (International Maritime Organisation, 2021) concludeert dat de uitstoot van de internationale scheepvaart blijft stijgen, ondanks maatregelen om efficiënter te varen. De oorzaak is de blijvende groei van de internationale scheepvaart. Dit vereist drastischer maatregelen, zoals varen op brandstoffen die in de gehele keten minder CO₂ uitstoten. Nederland heeft in de Green Deal voor de Scheepvaart, Binnenvaart en Havens C-230 (2019) daarom de ambitie geïntroduceerd van een CO₂-reductie van 70% uiterlijk in 2050 voor de zeevaart. Eén van de concrete maatregelen is dat de Koninklijke Marine bereid is om als launching customer te fungeren voor nieuw ontwikkelde klimaatneutrale technologie. Om deze technologie binnen het ecosysteem van de Nederlandse maritieme sector tijdig te ontwikkelen werkt Defensie nauw samen met andere ministeries, de brancheorganisaties zoals Nederland Maritiem Land, Netherlands Maritime Technology en de Koninklijke Vereniging van Nederlandse Reders en met de Nederlandse maakindustrie. Dit heeft geleid tot een kaderplan voor een emissieloze maritieme sector².

Vanuit de grondwapensystemen wordt de ontwikkeling van nieuwe Auxiliary Power Units (APU's) nauwlettend gevolgd, zoals brandstofcellen op basis van waterstof in combinatie met Diesel Fuel Reformers.

Voor de kampementen zijn de ontwikkelingen die plaatsvinden voor gebouwen mogelijk interessant, zoals ledverlichting, warmtewielen, zonnepanelen en toerenregelingen voor ventilatoren en zonneboilers. Groene waterstof wordt gezien als een belangrijk onderdeel van een CO₂-vrij energiesysteem, bijvoorbeeld om een overschot aan wind en zonne-energie op te slaan en te kunnen transporteren³.

Verder is er aandacht voor internationaal onderzoek naar veelbelovende oplossingen zoals restwarmteconversie en draadloze en/of bi-directionele energieoverdracht, waaronder Vehicle-to-Vehicle (V2V) en Vehicle-to-Grid (V2G). Andere opties waar onderzoekers naar kijken, zijn: hybride systemen gebaseerd op zowel brandstofcellen als batterijen, miniaturisatie⁴, flexibele zonnepanelen, realtime instrumenten voor energiemanagement, waste-to-energy oplossingen en opslagmogelijkheden voor elektriciteit voor voorwaartse militaire basissen, die vanuit een hoofdbasis worden bevoorrad.

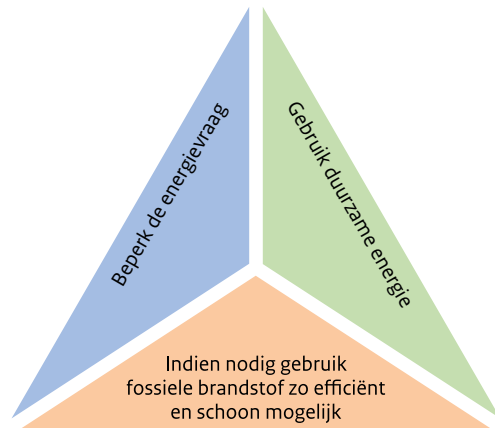
Defensie zal voor het uitvoeren van haar taken internationaal moeten (blijven) samenwerken. Dit heeft gevolgen voor energietransitie. In NAVO-verband werken we volgens het single fuel concept. Dit concept gaat uit van optimale interoperabiliteit voor installaties en voertuigen aan land door slechts een type brandstof te gebruiken. Dit zorgt echter voor een hoger gebruik van fossiele brandstoffen omdat het vermogen van wapensystemen minder is bij gebruik van single fuel. Verduurzaming vergt dus ook internationale samenwerking.

2. *Maritiem Masterplan, Nederland Maritiem Land, 2021.*
3. *Kabinetsvisie Waterstof, ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 30-03-2020*
4. *Miniaturisering is een techniek waarbij (onderdelen van) apparaten worden verkleind met behoud van hun functionaliteit en eventueel hun vorm.*

3.3 Varen

Voor het thema 'varen' is al het varend materieel van en in het beheer van Defensie beschouwd, inclusief de schepen die binnen liggen en bemand zijn. Ook het onderhoud aan de schepen en het gedrag, de opleiding en de training van de bemanning valt binnen de scope.

Buiten de scope vallen de Nederlandse en buitenlandse havens, behalve de infrastructurele aanpassingen die nodig zijn om energiereductie op de schepen te bewerkstelligen. Er is immers een afhankelijkheidsrelatie tussen de installaties op het schip en de walinstallatie.



Figuur 3 laat voor het thema 'varen' de bouwblokken en bijbehorende elementen zien vanuit het functionele perspectief. De bouwblokken en elementen zijn gerelateerd aan de drie invalshoeken van de Trias Energetica en worden verderop in deze paragraaf toegelicht.

DE HYBRIDE ZEESLEPER NOORDZEE IN DE HAVEN VAN DEN HELDER. _DEN HELDER, 1 MAART 2016.



BEPERK DE ENERGIEVRAAG

Optimalisatie operationele doctrine en scheepsontwerp

- Autonome systemen, drones
- Taakspecialisatie
- Sensor technologie

Optimalisatie ontwerp energiesystemen

- Hybride voortstuwing en energie
- Energiemanagement
- Zuinige hulpsystemen
- Toekomstige energie-systemen

Optimalisatie operatie

- CO2-challenges, Oceans
- CO2-monitoring
- CO2-incentives
- Gesimuleerde training

Hydronamische optimalisatie nmbw en bestaand

- Trim flap (Hull vane)
- Rompvorm- optimalisatie
- Schroefcoating
- luchtsmering

Optimalisatie onderhoud

- Romp-, en schroef onderhoud
- Onderhoud aan motoren

Routebepaling en snelheid

- Routeplanning
- Configuratie -advies
- Training energiezuinig varen

GEBRUIK DUURZAME ENERGIE

Alternatieve energie

- Batterijen als energiebron
- Windenergie
- Kernenergie
- Energie-eilanden

Duurzame brandstoffen

- Varen op methanol
- Varen op biodiesel
- Varen op waterstof
- Flexibel energiesysteem

INDIEN NODIG, GEBRUIK FOSSIELE BRANDSTOFFEN ZO EFFICIËNT EN SCHOON MOGELIJK

Voortstuwing en energie

- Afvoersgassen nabehandelen
- Zuinige motoren voor biobrandstof
- DC-distributie
- variabel toerental generatoren

Brandstofverbruik

- Monitoren brandstofverbruik
- Inzicht in brandstofverbruik operator
- Benutten restwarmte

Figuur 3

Optimalisatie operationele doctrine en scheepsontwerp

Bij het optimaliseren van de operationele doctrine en het scheepsontwerp is de doelstelling om een operatie zo te plannen dat het maximale effect van de operatie wordt bereikt met een zo klein mogelijke energievraag. Dit betekent dat deze optimalisatie al plaats moet vinden bij het vaststellen van de benodigde vloot van het varend materieel, het ontwerp van de schepen van deze vloot en het bijbehorende eisenpakket van dit materieel, waarbij het primaire uitgangspunt natuurlijk het operationele effect is en blijft. De optimalisatie moet meegenomen worden in de operationele analyse en het conceptontwerp tijdens de behoeftestellingsfase van projecten. Relevante projecten zijn bijvoorbeeld de toekomstige amfibische capaciteiten waaronder de vervanging van de Landing Platform Docks (LPD's) Zr. Ms. Rotterdam en Zr. Ms. Johan de Witt, de diverse landingsvaartuigen en drones en de vervanging van de Luchtverdediging- en Commandofregatten.

Naast het optimaliseren van de doctrine als geheel, speelt het vergroten van het bereik van sensoren een rol. Dit is onder meer bij de luchtverdediging van belang. Snellere detectie vermindert namelijk de noodzaak om bij luchtverdediging hard te varen en snel te manoeuvreren. Hierdoor wordt minder op topsnelheid gevaren en wordt zodoende minder brandstof verbruikt. Defensie werkt op dit gebied samen met de industrie en het samenwerkingsverband Nederland Radarland. Voor de toekomstige luchtverdedigingscapaciteit volgt Defensie de ontwikkeling van sensortechnologie voor luchtverdediging en sluit zij aan waar dat mogelijk is.

Optimalisatie ontwerp energiesysteem

Het optimaliseren van het ontwerp van het energiesysteem kan de verliezen in het energiesysteem met 10 tot 30% verlagen. Deze optimalisatie kan bestaan uit de volgende nog nader te verkennen aspecten:

- **Hybride voortstuwing en -energieopwekking:** Hybride voortstuwing is een combinatie van directe en elektrische aandrijving. Bij hybride energieopwekking wordt een combinatie van dieselgeneratoren en zogenoemde load levellingbatterijen gebruikt om pieken en dalen in de energievraag op te vangen. Deze hybride concepten zijn efficiënt doordat de dieselmotor over het gehele belastingsprofiel in een zo gunstig mogelijk werkpunt kan opereren.
- **Energiemanagementsystemen:** een energimanagementsysteem zorgt in een energiesysteem met meerdere energie-opwekkers, zoals dieselgeneratoren in combinatie met batterijen, dat de opwekkers automatisch in het beste werkpunt opereren. Omdat het werkpunt en het aantal actieve opwekkers effect hebben op de signaturen van het platform, zal het verlagen van de signaturen een van de functies van het energimanagementsysteem zijn.
- **Zuinige hulpsystemen:** de hulpsystemen verbruiken 5 tot 40% van het totale energieverbruik van de schepen. Door zuinigere hulpsystemen aan boord te plaatsen, kan een aanzienlijke hoeveelheid energie bespaard worden.
- **Toekomstige energiesystemen:** de ontwikkeling van alternatieve energiesystemen zoals energiedichte batterijen, brandstofcellen en gelijkstroom-distributiesystemen, wordt enorm versneld door de energietransitie van de civiele sector. Naast brandstofbesparing bieden deze toekomstige energiesystemen kansen om de signatuur van het schip verder te verlagen en te beïnvloeden.

Optimalisatie operatie

Het energieverbruik kan binnen de operationele doctrine beperkt worden. Hiervoor is het belangrijk dat de bemanning van de schepen beter inzicht heeft in het actuele brandstofverbruik en de bijbehorende CO₂-uitstoot en dat de operator zijn invloed op de CO₂-uitstoot beter leert kennen. Daarnaast dient de bemanning getraind en gestimuleerd te worden tot gedrag dat leidt tot het minimaliseren van het brandstofverbruik en daarmee van de CO₂-uitstoot.

Hydrodynamische optimalisatie

Met behulp van hydrodynamische optimalisatie kan de weerstand tussen het schip en het water en daarmee het energieverbruik met 5 tot 30% verlaagd worden. De volgende specifieke aspecten van hydrodynamische optimalisatie kunnen bijdragen aan het verlagen van het energieverbruik:

- Energy Saving Devices: een trim flap, zoals de gepatenteerde Hull Vane, is bijvoorbeeld een hydrodynamisch systeem dat de stroming van het water langs de romp van het schip verbetert. Dit kan leiden tot een besparing van 5 tot 20%.
- Rompvorm-optimalisatie: het optimaliseren van de rompvorm zorgt voor een lagere weerstand en dus een lager brandstofverbruik.
- Gebruik maken van composietmaterialen: het bouwen van lichtere schepen waardoor de weerstand afneemt.
- Schroefoptimalisatie: in het optimaliseren van de efficiëntie en de geluidemissie is winst te behalen. Hybride aandrijving geeft meer mogelijkheden voor het optimaliseren van de schroef. Een composietschroef kan bij lagere snelheden brandstof besparen.
- Schroefcoating: het coaten van scheepsschroeven beschermt de schroeven tegen aangroei en kan het rendement van de schroeven verhogen.
- Luchtsmering: luchtsmering door het aanbrengen van luchtbelletjes onder de romp kan de weerstand van schepen reduceren⁵.

Optimalisatie onderhoud

Door het verder optimaliseren van het onderhoud aan de romp, de schroef en de motoren kan naar verwachting een besparing van tientallen procenten bereikt worden. Lichte vervuiling van de romp en schroef met een slijm laag kan bijvoorbeeld al 10 tot 20% extra weerstand opleveren, en zware vervuiling met zeepokken zelfs 30 tot 80%. Optimaal onderhoud aan motoren kan 5 tot 20% besparing opleveren, mede te realiseren met een simulatiesysteem (digital twin) voor het verbeteren van de inzet en het onderhoud van motoren op basis van gelogde data. Bovenstaande aspecten moeten eerst nader worden onderzocht om de haalbaarheid te bepalen.

Routebepaling en snelheid

Om zo efficiënt mogelijk te varen kan een zo gunstig mogelijke route en snelheidsprofiel met een zo efficiënt mogelijke configuratie van de energieopwekking en voortstuwing, binnen de gegeven beperkingen, besparingen opleveren tot 25%. Deze besparingen zijn relevant om bij schepen met fossiele brandstoffen de uitstoot te verminderen en bij schepen met alternatieve brandstoffen de energievraag te beperken en het benodigde vaarbereik mogelijk te maken. Er zijn drie typen maatregelen geïdentificeerd:

- Route-optimalisatie-algoritmes voor advies aan de bemanning;
- Adviseren over de configuratie voor energieopwekking en voortstuwing;
- Trainen van bemanning om zo efficiënt mogelijk te varen.

5. *Energy as a Weapon II*, Schulten, P. J. M. et al, 2017

Alternatieve energie

Alternatieve energie voor het varend materieel kan bestaan uit walstroom voor batterij-elektrische schepen. Dit levert door de lage energiedichtheid echter een beperkt vaarbereik (missieduur) op, van een aantal uur tot een dag varen. Daarom is dit voor de meeste marineschepen geen optie. Verder is de energiedichtheid van zonne- en windenergie te laag voor oorlogsschepen. Voor bepaalde hulpschepen zou ondersteunende windvoortstuwning de energiebehoefte wel kunnen reduceren. Kernenergie wordt al toegepast in vliegdekschepen en onderzeeboten van een aantal buitenlandse marines, maar is voor de Nederlandse Defensie op dit moment geen betaalbare optie. Realistischer is het gebruik van alternatieve, duurzame brandstoffen.

Duurzame brandstoffen

De energievraag van toekomstige schepen is door toenemende energie-intensivering zodanig groot dat voor het behalen van de strategische doelen van de DEOS een groot deel van het varend materieel over moet gaan op alternatieve brandstoffen. Door de lagere energiedichtheid van alternatieve brandstoffen is ten minste twee keer het benodigde volume en gewicht aan brandstof voor hetzelfde vaarbereik nodig. Voor de schepen met een groot vaarbereik (oorlogsschepen en amfibische transportschepen) is dit niet haalbaar en zou dit tot grote belemmeringen leiden voor de operationele taakuitvoering. Voor deze schepen is het mogelijk om op kortere termijn tot 50% biobrandstof (zoals HVO⁶) bij te mengen en voor de langere termijn de ontwikkelingen op de markt te volgen van synthetische brandstoffen. Daarnaast geeft verhoging van de efficiëntie van het energiesysteem aan boord, met hybride geavanceerde opwekkingstechnologie en energieopslag, mogelijkheden voor toepassing van duurzame brandstoffen.

Schepen met een kleiner vaarbereik, zoals de zeegaande hulpvaartuigen, kunnen in beginsel gebruik maken van elektrische voortstuwning en methanol verbrandingsmotoren. Ook de havenduikvaartuigen kunnen in beginsel zowel varen op methanol als op waterstof.

6. Hydrotreated Vegetable Oil

Voortstuwing en energie

De meeste brandstof wordt verbruikt voor voortstuwing van het schip en door de energieopwekkingsinstallatie voor de hulpsystemen. Hier zijn tevens de grootste energieverliezen. Verbeteringen in de voortstuwing en van de energieopwekkingsinstallatie hebben daarom het grootste besparingspotentieel. De volgende maatregelen worden onderzocht en afgewogen voor toekomstige vervangingsprojecten om de uitstoot van schadelijke uitlaatgassen en de uitstoot van CO₂ te verminderen:

- Nabehandeling van afvoergassen reduceert de NO_x-uitstoot conform de internationale IMO Tier III emissie-eisen⁷ Ook kan het gebruik van warmte van de motoren het brandstofverbruik verminderen.
- De technologie van dieselmotoren is nog steeds in ontwikkeling. De verschillen in efficiëntie tussen verkrijgbare motoren kunnen oplopen tot 10%.
- Gelijkstroomdistributie kan een bijdrage leveren aan het reduceren van de verliezen in de elektrische distributie-installatie en kan het integreren van efficiëntere toerenregelingen, batterijsystemen voor load levelling, energimanagement en brandstofcellen versnellen.
- Door het toepassen van generatoren met een variabel toerental kan tot 10% brandstofverbruik bespaard worden, met name bij het toepassen van gelijkstroomdistributiesystemen.

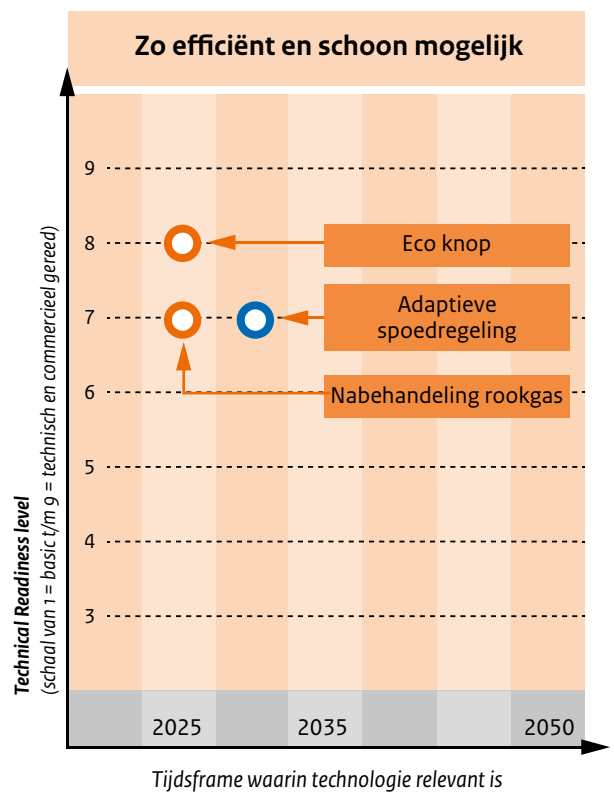
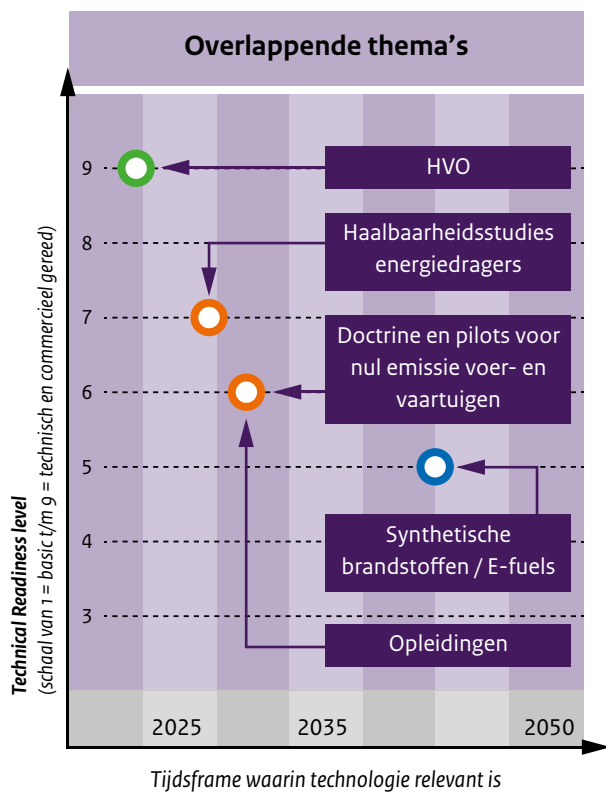
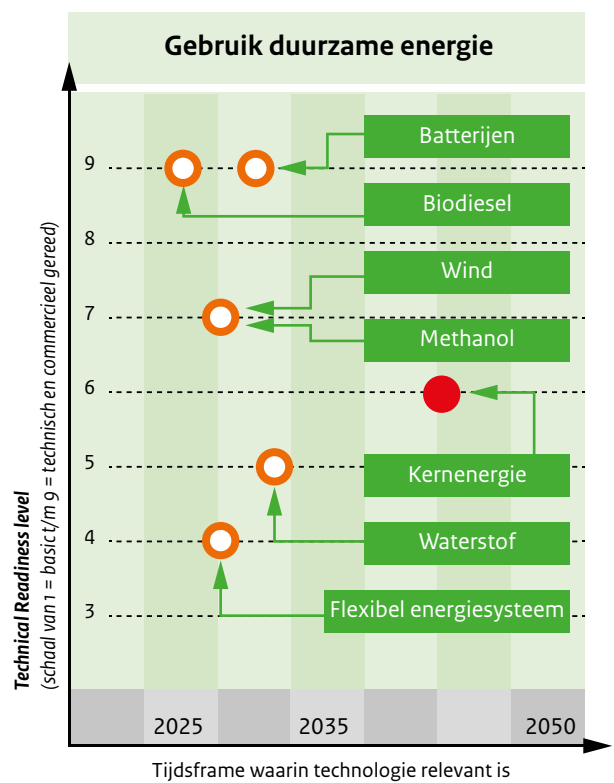
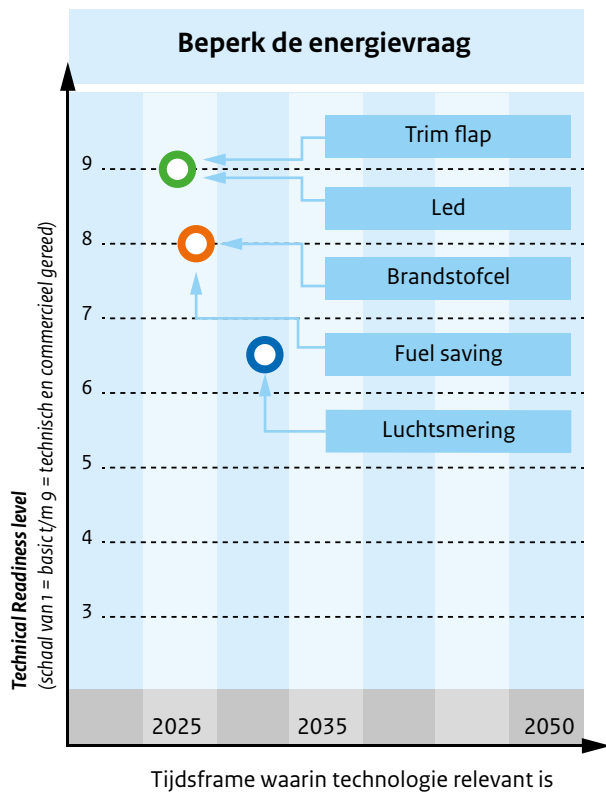
Brandstofverbruik

Het is van belang de bemanning inzicht te geven in het brandstofverbruik en de mogelijkheden om daarop te besparen. Het monitoren van het brandstofverbruik en het geven van inzicht aan de operator is hiervoor noodzakelijk. Vanuit verschillende initiatieven wordt hieraan gewerkt. Met de deelname aan Oceans-1⁸ wordt het brandstofverbruik gemonitord door een aantal schepen van de Koninklijke Marine. Tevens geeft het project Data voor Onderhoud meer inzicht in het brandstofverbruik en mogelijke oplossingen. Daarnaast werkt Defensie aan een model om het brandstofverbruik te voorspellen voor de heersende weerscondities, om zo een route-optimalisatie-adviestool te ontwikkelen.

Figuur 4 toont een aantal van de initiatieven die aan bovenstaande elementen zijn gerelateerd.



7. Internationale standaard van de scheepvaart voor luchtkwaliteit en volksgezondheid
8. Oceans-1 is een challenge waarbij bemanningen van civiele en militaire schepen het energieverbruik verminderen en hun energiedata delen.



De kleuren geven het ontwikkelingsniveau aan van het onderwerp binnen Defensie aan

● wordt toegepast
 ● Kan snel worden opgepakt
 ● Vergt uitwerking
 ● Kan nu nog onvoldoende worden uitgewerkt

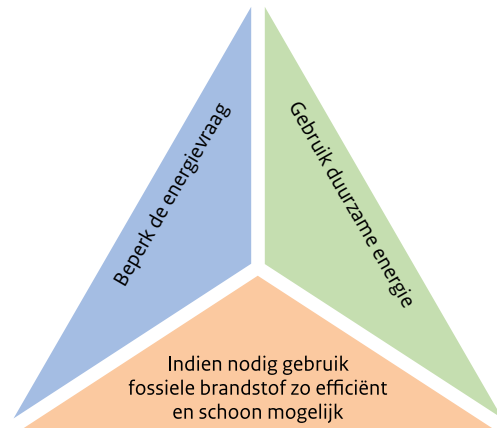
Figuur 4: Uitgelichte initiatieven voor het thema 'varen'

BEMANNINGSLEDEN ZR.MS.DE RUYTER IN DE WOESTIJN IN VAN DUBAI. DUBAI, 11 MAART 2020.



3.4 Vliegen

Voor het thema 'vliegen' vallen wapensystemen, training en opleidingen, systemen van derden (kustwachtvliegtuigen), onderhoud, infrastructuur en ondersteunende systemen binnen de scope. Onder wapensystemen worden de jachtvliegtuigen, de helikopters, de transportvliegtuigen, Unmanned Aircraft Systems (UAS) en radar voor luchtverkeers- en gevechtsleiding verstaan.



Figuur 5 laat voor het thema 'vliegen' de bouwblokken en bijbehorende elementen zien vanuit het functionele perspectief. De bouwblokken en elementen zijn gerelateerd aan de drie invalshoeken van de Trias Energetica en worden verderop in deze paragraaf toegelicht.



TESTVLUCHT MET C-139 HERCULES VOORZIEN VAN MICROVANES VOOR BRANDSTOFBESPARING_DECEMBER 2020.



BEPERK DE ENERGIEVRAAG

Vliegprocedures

- Katapulttechniek
- Procedure proefdraaien
- Opgestart procedures

Bedrijfsvoering en -processen

- E-managementtools
- Energievraag in kaart brengen

Infrastructuur

- Baanverlichting en overige vliegveldverlichting in led

Nieuwe concepten techniek

- Hybride systemen
- Opslaan vrijkomende energie
- Aerodynamica, distributed propulsion, boundary layer ingestion

Planning Operaties

- Onderscheid naar gevecht en andere operaties
- Bemand of drone
- Capabilities in ruimte
- Uitbesteden, samen met partnerlanden

Training en Opleidingen

- Simulatoren
- Virtueel trainen met partners
- Awareness

GEBRUIK DUURZAME ENERGIE

Internationale samenwerking

- Duurzaamheidscriteria
- Beschikbare grondstoffen

Nieuwe concepten techniek

- Elektrische lesvliegtuigen
- Hybride elektrisch vliegen
- Hybride brandstofcel verbranding
- Aansluiten bij Civiele luchtvaart
- Ondersteunende systemen (ILS, radar)

Logistiek concept

- Schaarse duurzame energie

Duurzame brandstof voortstuwing

- Duurzame Drop-in (gecertificeerd)
- Biobrandstoffen (HEFA)
- Synthetische brandstoffen (power-to-liquid)
- Waterstof
- Direct aircapture (DAC)
- Aansluiten bij certificeringsproces

INDIEN NODIG, GEBRUIK FOSSIELE BRANDSTOFFEN ZO EFFICIËNT EN SCHOON MOGELIJK

Planning, afstemming, en prioritering van activiteit, materieel en personeel

- Optimalisatie vliegbeweging
- Onderscheid tussen gevechts en andere operaties
- Bemand of drone

Nieuwe concepten techniek

- Volgen actuele ontwikkelingen
- Start - stop techniek vliegveldverlichting

Onderhoud materieel

- Volgen actuele ontwikkelingen

Schone efficiënte motoren

- Schaarse duurzame energie
- Propeller update

Training en Opleidingen

- Simulatoren

Figuur 5

BEPERK DE ENERGIEVRAAG

Vliegprocedures

Door vliegprocedures aan te passen kan brandstof worden bespaard. Hierbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld straight-in approaches (minder vliegtijd omdat geen procedurebocht wordt gevlogen) of tijdens de checks op de grond het vliegtoestel aansluiten op stroom in plaats van op de motor te laten draaien.

Bedrijfsvoering en -processen

Verduurzaming borgen in de bestaande processen rondom bedrijfsvoering levert ook een bijdrage aan het besparen van energie. Dit kan bijvoorbeeld door het ontwikkelen van e-managementtools en andere manieren om de energievraag in kaart te brengen.

Infrastructuur

De energievraag beperken van de infrastructuur op vliegbases kan door bijvoorbeeld over te schakelen op ledverlichting, warmtewisselaars in de start-landingsbaan, elektrisch aangedreven personen- en bagagevervoer en automatische sensoren in gebouwen.

Nieuwe concepten techniek

Nieuwe techniek voorziet in zuiniger gebruik van energie. Zo verminderen bijvoorbeeld microschoepen op vliegtoestellen de luchtweerstand, waardoor minder brandstof nodig is.

Planning operaties

In de planning van operaties zal meer rekening moeten worden gehouden met energieverbruik, bijvoorbeeld door gebruik te maken van drones voor verkenning. Hiermee wordt verduurzaming geïntegreerd in het planningsproces.

Training en opleidingen

Door intensiever gebruik te maken van simulatoren en augmented reality⁹ voor opleidingsdoeleinden kan het brandstofverbruik verminderd worden.

9. *Techniek waarbij digitaal een extra laag aan de werkelijkheid wordt toegevoegd*

GEBRUIK DUURZAME ENERGIE

Internationale samenwerking

Nederland heeft een sterke kennispositie op het gebied van duurzame energie zoals wind- en zonneparken. Door nauwe samenwerking met internationale partners kan deze kennis uitgewisseld worden om samen tot concrete aanpassingen in de luchtvaart te komen.

Nieuwe concepten techniek

Voor toekomstige vervangingsprojecten is het belangrijk om in te zetten op technologieën voor duurzame energie, zoals elektrische (les) vliegtuigen of hybride-elektrische toestellen met brandstofcel op waterstof. Het is aan Defensie om de industrie uit te dagen hier meer in te ontwikkelen.

Logistiek concept

De opslag en het vervoer van duurzame energie is lastig en dat maakt het gebruik ervan minder geschikt voor middelen die overal ter wereld voor onbepaalde duur inzetbaar moeten zijn. Defensie denkt na over de logistiek van duurzame energie. Een voorbeeld hiervan is het benutten van de restcapaciteit van het zonnepark van vliegbasis Leeuwarden. Defensie onderzoekt of die restenergie ingezet kan worden voor lokale waterstofproductie.

Duurzame brandstof voortstuwing

Waar mogelijk wordt fossiele brandstof vervangen door duurzame energie. Zo vliegt een deel van de F16's al sinds 2018 op een mengsel van 5% biobrandstof en 95% fossiele brandstof. Daarnaast is in de internationale luchtvaart een concept in ontwikkeling van Sustainable Aviation Fuel (SAF) uit synthetische stoffen. Dit is een initiatief met het idee om 50% duurzame brandstof bij te mengen. Het is nog onduidelijk of dit concept voor Defensie geschikt is.

Figuur 6 toont een aantal van de initiatieven die aan bovenstaande elementen zijn gerelateerd.



INDIEN NODIG, GEBRUIK FOSSIELE BRANDSTOFFEN ZO EFFICIËNT EN SCHOON MOGELIJK

Training en opleidingen

Het uitbreiden van de binnenlandse mogelijkheden om op vliegsimulatoren te lessen, zorgt voor minder vluchten en dus voor minder brandstofverbruik. Door simulatoren te gebruiken zijn er ook minder vlieguren naar buitenlandse trainingslocaties nodig. Ook dit levert een brandstofbesparing op. Daarnaast baat het om de cursisten zo vroeg mogelijk procedures aan te leren die hun energieverbruik beperken.

Nieuwe concepten techniek

Door de vraag naar nieuwe technologieën voor zuiniger energiegebruik en schonere uitstoot zijn deze steeds in ontwikkeling. Defensie blijft mee innoveren door bruikbare concepten te signaleren en uit te werken.

Efficiënte motoren

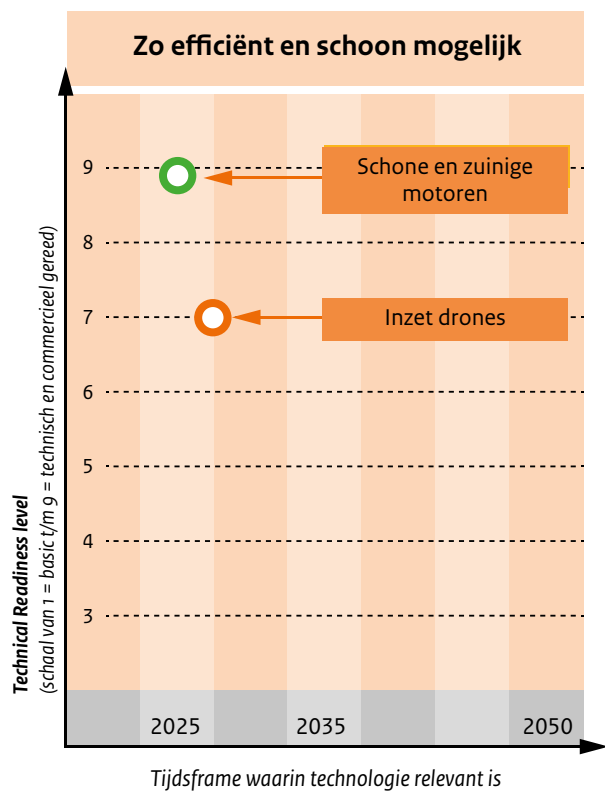
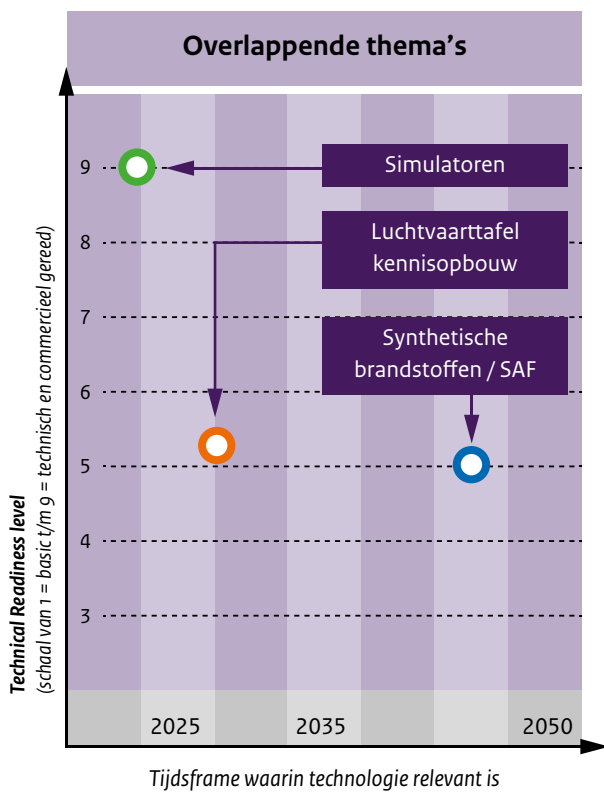
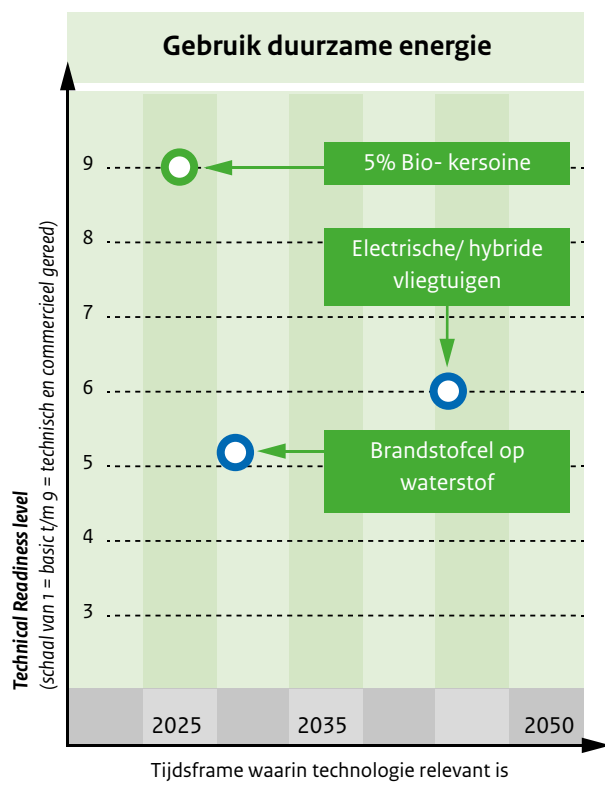
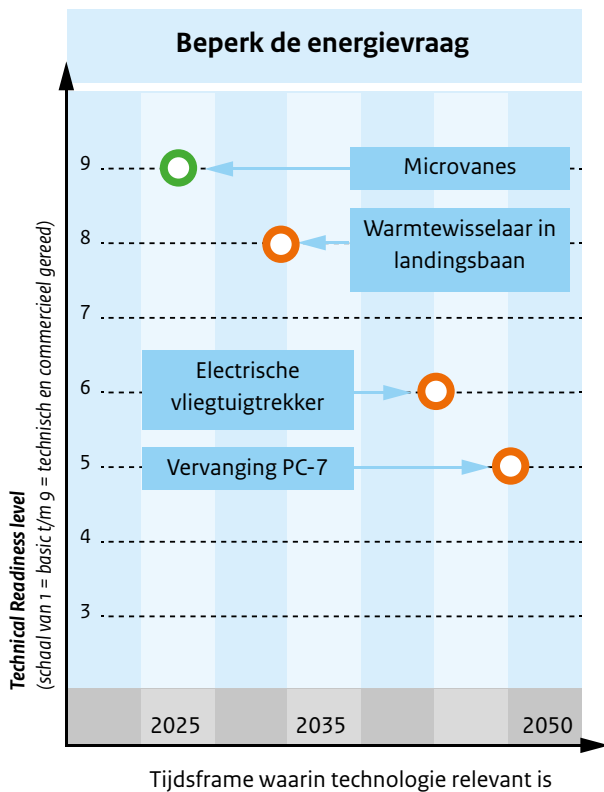
Overstappen op motoren die schoner zijn in hun uitstoot en zuiniger in gebruik helpt het verbruik van fossiele brandstoffen terug te dringen. Daarnaast zijn er technologieën op de markt beschikbaar die op een bestaand motorsysteem kunnen worden aangebracht om de uitstoot ervan te reduceren.

Onderhoud materieel

De Luchtmacht draagt zorg voor goed en tijdig onderhoud, omdat dit essentieel is voor een optimale prestatie van haar systemen.

Planning, afstemming, prioritering van activiteit, materieel en personeel

Door een goede planning in bijvoorbeeld internationaal samenwerkingsverband wordt dubbel werk voorkomen, waardoor fossiele brandstoffen niet onnodig worden ingezet. Ook het spreiden van operatiegebieden voorkomt ophoping van uitstoot op één plek.



De kleuren geven het ontwikkelingsniveau aan van het onderwerp binnen Defensie aan

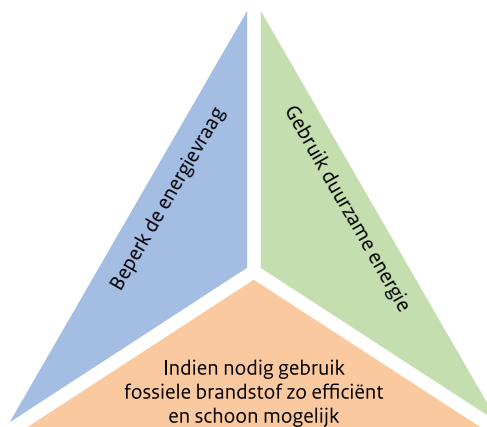
- wordt toegepast
- Kan snel worden opgepakt
- Vergt uitwerking
- Kan nu nog onvoldoende worden uitgewerkt

Figuur 6: Uitgelichte initiatieven voor het thema 'vliegen'

3.5 Rijden

Voor het thema 'rijden' vallen alle operationele voertuigen die gebruikt worden bij operationele taakuitvoering en gereedstelling (wiel- en rupsvoertuigen) binnen de scope. Hierbij gaat het zowel om gevechtsmiddelen als ondersteunende voertuigen (zoals transportvoertuigen), inclusief de (wapen)systemen op het voertuig.

Buiten de scope valt alles wat buiten de grens van het energiesysteem van het rijdend platform ligt, zoals de productie van het rijdend operationeel materieel, de aan- en afvoer van brandstoffen en de productie van brandstoffen en andere energiebronnen.



Figuur 7 laat voor het thema 'rijden' de bouwblokken en bijbehorende elementen zien vanuit het functionele perspectief. De bouwblokken en elementen zijn gerelateerd aan de drie invalshoeken van de Trias Energetica en worden verderop in deze paragraaf toegelicht.



DEMONSTRATIE VAN DE PILOT ELEKTRISCHE FENNIK TIJDENS HET SYMPOSIUM INNOVATION IN DEFENCE _ DEN HAAG, 2019



BEPERK DE ENERGIEVRAAG

Optimaliseren operationele doctrine

- Data-analyse gebruiken voor monitoring geïmplementeerd beleid
- Doctrine veranderen, zodat fysieke aanwezigheid in een gebied minimaal nodig is
- Meer oefenen met simulaties in plaats van real life
- Zuinig rijden, door zelfregulering in voertuig (controls toevoegen en instructies)

Vergroten bewustwording

- Monitoring en analyses van energiestromen in voertuig
- Meer aandacht voor het energieverbruik van de communicatie- en missiesubsystemen
- Management duurzaam rijden in voertuigen installeren
- Operationele meerwaarde benoemen, zoals geluidsniveau en warmtesignatuur van elektrische voertuigen

Ontwerp energiesystemen optimaliseren

- Reduceren gewicht en rolweerstand voertuigen
- Reduceren verliezen sluisverbruikers, verhogen efficiëntie van nieuwe systemen
- Kiezen voor energie-efficiënte motoren

Duurzaamheid in opleiding

- Koppel incentives aan minder/ efficiënter energiegebruik
- Kennis over energiebehoeften operationeel gebruik meenemen in opleiding

Inzetten op innovatie

- Elektrificeren waar mogelijk
- Nieuwe technologieën ontwikkelen zodat fysieke inzet minder benodigd is
- Ontwikkelingen op het gebied van duurzame brandstoffen in de gaten houden
- Toepassen van energie zuinige APU's

GEBRUIK DUURZAME ENERGIE

Duurzame brandstoffen

- Verantwoord verhogen van de biocontent in NATO brandstoffen
- Synthetische brandstoffen toepassen
- Ethanol, biogas, LNG toepassen als tussenoplossing
- Aansluiten op markt ontwikkelingen op het gebied van brandstoffen
- Gebruik van warmte, zonne- en wind energie voor opwekking van elektriciteit
- Rekening houden met kwaliteit brandstof voor buitenlandse inzet

Aanpassen materieel

- Aandrijfsystemen aanpassen zodat gebruik van alternatieve brandstoffen mogelijk wordt
- Toepassen elektrische aandrijving voor lichte voertuigen
- Toepassen waterstof elektrische aandrijving voor zwaardere voertuigen
- Het ontwerp van de aandrijflijn optimaliseren voor het gebruiksprofiel van het voertuig
- Inventariseren van de behoeftes bij de hoofdgebruikers van de DO'n
- Ondersteunen nieuwe technologie voor diagnostiek, prognostiek en voorspellend onderhoud

INDIEN NODIG, GEBRUIK FOSSIELE BRANDSTOFFEN ZO EFFICIËNT EN SCHOON MOGELIJK

Distributie

- Scheiden van statisch schoon opwekken van elektrische energie en gebruik in het voertuig
- Toepassing van efficiënte energiedistributiesystemen in voertuigen, door toepassing van zowel laag als hoogspannings-netwerken

Huidig materieel optimaliseren

- Aanpassen van en aandacht voor gebruik
- Optimaliseren onderhoud
- Toepassen van hybride aandrijfconcepten
- Toepassen van APU in voertuigen
- Materieel efficiënt maken, meer met minder kunnen
- Overstappen van euro 3 motoren naar euro 6 motor

Figuur 7

BEPERK DE ENERGIEVRAAG

Optimaliseren operationele doctrine

Door het optimaliseren van de operationele doctrine kunnen stappen gezet worden om de afhankelijkheid van fossiele brandstof te reduceren. Een voorbeeld is de fysieke aanwezigheid en bewegingen waar mogelijk verkleinen door bijvoorbeeld het gebruik van cyber-middelen en het inzetten van drones. Daarnaast draagt het inzetten van simulatoren voor opleiden en trainen bij aan een lager energieverbruik en mogelijk een hogere gereedheid.

Ontwerp energiesysteem optimaliseren

Het ontwerp van energiesystemen kan geoptimaliseerd worden om onnodig energieverbruik te voorkomen. Energie wordt daarmee alleen door de op dat moment benodigde systemen verbruikt waardoor het totale energieverbruik afneemt.

Vergroten bewustwording

Energiemonitoringsystemen kunnen worden opgenomen in het energienetwerk van het voertuig. Door monitoring en analyses van aanwezige energiestromen in het voertuig ontstaat inzicht in de hoeveelheid energie die bijvoorbeeld communicatie- en missiesubsystemen verbruiken en de invloed van dat verbruik op de resterende gebruikstijd. Daardoor krijgt de gebruiker de mogelijkheid selectief systemen uit te schakelen ten gunste van een langere gebruiksduur. In een aantal systemen, zoals de Boxer en de Bushmaster, zijn monitoringsystemen beproefd met als vervolgstap een energiemanagementsysteem om de gebruiker controle te geven over de verdeling van beschikbare energie over de verschillende systemen.

Ook (management)systemen voor het monitoren van brandstofverbruik, rijstijlen en emissie dragen bij aan het vergroten van de bewustwording.

Inzetten op innovatie

Van belang is het stimuleren van innovaties zoals het elektrificeren van voertuigen, energiezuinige Auxiliary Power Units (APU's), energie-efficiënte motoren en het verminderen van gewicht en rol- en luchtweerstand van voertuigen. Met het oog op gewichtsreductie is het toepassen van composieten in voertuigconstructies en beschermingsconcepten relevant. Het project Lightweight constructions for Armoured Multi-purpose Vehicles (L-AMPV II) onderzoekt samen met EDA-partners het vervaardigen van losse voertuigdelen zoals deuren en luiken uit composiet. Het technologieproject "Composiet Boxer missiemodule" bevat een haalbaarheidsstudie naar een herontwerp van een grotere voertuigconstructie geheel uit composiet.

Duurzaamheid onderdeel van opleiding

Opleidingen kunnen worden uitgebreid met meer kennis over energieverbruik, om zodoende het energie-efficiënt gedrag te verbeteren. De instructie van chauffeurs bevat dan ook bewust energie-efficiënt rijden, waarbij naast de CO₂-reductie tevens de operationele voordelen benadrukt worden van een lager energieverbruik, zoals grotere actieradius, minder slijtage en minder risico om te worden opgemerkt.

GEBRUIK DUURZAME ENERGIE

Duurzame brandstoffen

Bijna al het huidige materieel, maar ook de komende generatie voertuigen rijdt op diesel. Alternatieven voor diesel die met eventuele kleine aanpassingen aan het materieel gebruikt kunnen worden, zijn daarom essentieel. Op korte termijn is biobrandstof in de vorm van de drop-in brandstof Hydrotreated Vegetable Oil (HVO), een duurzaam alternatief voor fossiele brandstof. Deze vorm van biobrandstof kan in gemengde hoeveelheid gebruikt worden zonder aanpassing aan de motoren, omdat het voldoet aan de reguliere en de NAVO-norm voor diesel. Op lange termijn zijn waterstof en synthetische brandstoffen mogelijke alternatieven voor gebruik in verbrandingsmotoren of brandstofcellen.

Voor Defensie spelen verder hybride systemen¹⁰ een belangrijke rol in de energietransitie. Batterijtechnologie is sterk in ontwikkeling. De energiedichtheid neemt toe en verbeteringen in lithium-ion-technologie zorgen voor minder afhankelijkheid van schaarse grondstoffen als kobalt en voor een verbeterde brandveiligheid. Daarnaast kunnen de grondstoffen steeds beter gerecycled worden. Onderzoek naar toepassing van lithium-ion-batterijen heeft aangetoond dat de voordelen groot zijn, maar dat een herontwerp van de stroomvoorziening nodig is voor het veilig toepassen van deze technologie in militaire systemen.

Aanpassen materieel

Alternatieve aandrijvingen op basis van full hybride, plug-in hybride, elektrisch of waterstof kunnen toegepast worden om het verbruik van fossiele brandstoffen te laten afnemen. Aandrijfsystemen dienen verder geoptimaliseerd te worden voor het gebruiksprofiel en het gebruik van alternatieve brandstoffen dient hierbij mogelijk gemaakt te worden.

Defensie onderzoekt de operationele gevolgen van de toepassing van een alternatieve aandrijving in een militair voertuig. Voorbeelden zijn de Fennek E-drive, waarbij een Fennek wordt omgebouwd naar volledig elektrische aandrijving en het EDA-project Electric Light Utility Vehicle All-Terrain (ELUVAT), waarin een militair voertuig wordt uitgerust met in-wiel motoren en verschillende configuraties voor de energievoorziening worden vergeleken.

10. Een hybride systeem voorziet in een duurzame (elektrische) aandrijving, aangevuld met een verbrandingsmotor voor de operationele omstandigheden waarin de elektrische aandrijving met de huidige technologiestand nog niet voldoet.

Energiedistributiesystemen

Het toepassen van supercondensatoren in militaire voertuigen wordt onderzocht. Supercondensatoren zijn een belangrijke aanvulling op batterijen in toepassingen waar een hoge vermogensafgifte gecombineerd wordt met een groot aantal laadcycli.

Toekomstige nieuwe systemen van voertuigen vragen om hogere spanningen en een aangepast boordnet. Een goede netwerkarchitectuur is belangrijk voor een efficiënt energieverbruik door deze high voltage-systemen. Het defensieproject High Power Energy and Cooling is onderdeel van de ontwikkeling van directed-energy wapens (bijvoorbeeld laserwapens). De kennis die hier wordt opgebouwd is algemeen toe te passen voor de integratie van high power-systemen in militaire voertuigen.

Het technologieproject Hybrid Drive Trains for Military Purposes (HybriDT) onderzoekt een hybride aandrijflijn in een militaire toepassing. De hybride aandrijflijn maakt een systeem minder afhankelijk van fossiele brandstoffen. Daarnaast draagt deze ontwikkeling bij aan verbeterde operationele capaciteit door onder andere een lager geluidsniveau, een verbeterde warmtesignatuur en een langere silent watch¹¹.

Bestaand materieel optimaliseren

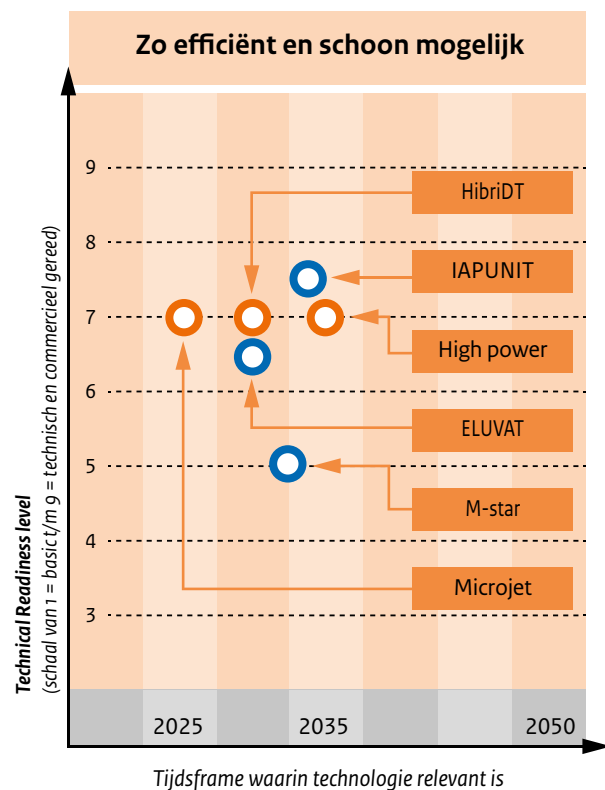
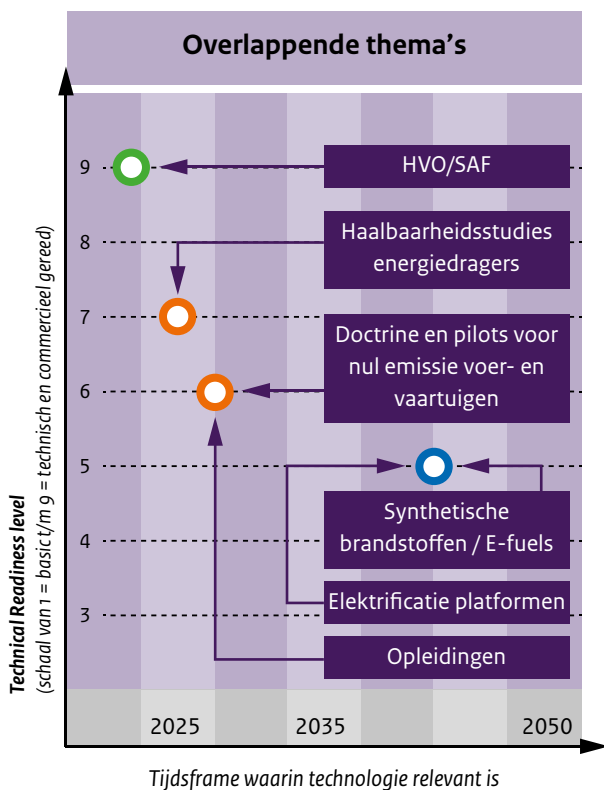
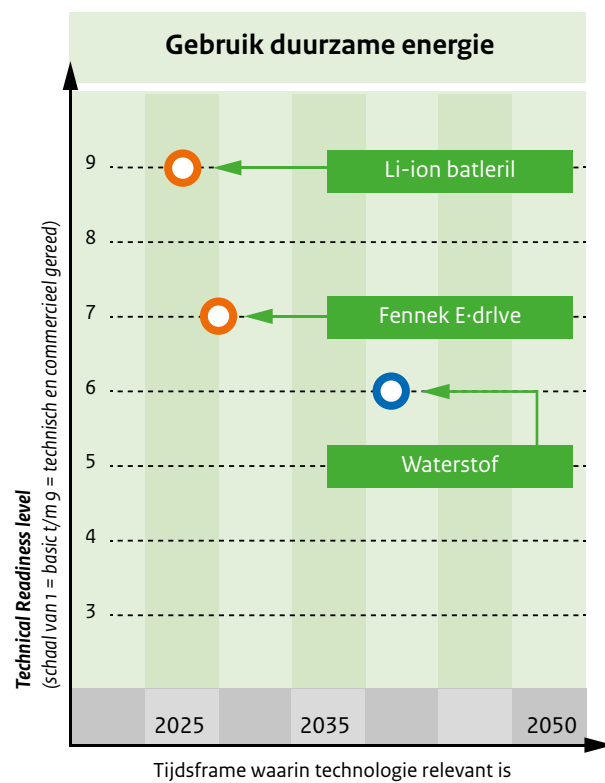
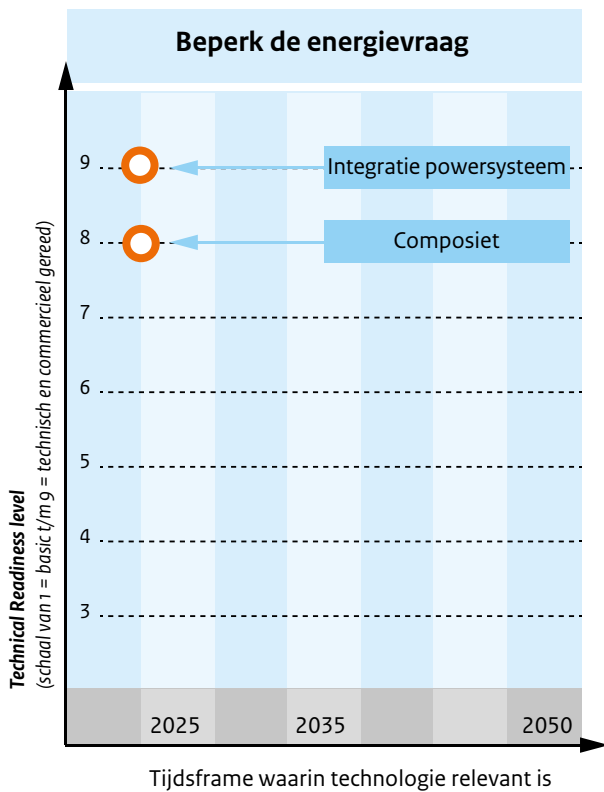
Door het toepassen van hybride, elektrische ondersteuning en Auxiliary Power Units (APU) in bestaande voertuigen, hoeft er minder gebruik te worden gemaakt van het vermogen van de hoofdmotor. Een APU is in staat op een efficiëntere manier stroom op te wekken dan de hoofdmotor van een voertuig, waardoor het brandstofverbruik afneemt. Het technologieproject M-STaR2¹² ontwikkelt een zeer compacte en lichtgewicht APU op basis van een rotatiemotor. Een micro turbinegenerator biedt eveneens gewichts- en volumevoordelen ten opzichte van de huidige generatoren. Binnenkort vinden hiermee praktijktesten plaats.

APU's die gebruik maken van een brandstofcel leveren naast brandstofbesparing ook reductie van warmte- en geluidsignaturen op. Het EDA-project IAPUNIT II ontwikkelt een demonstratiemodel waarin standaard NAVO-brandstof gezuiverd en omgezet wordt voor gebruik in een waterstofbrandstofcel. Ook goed geoptimaliseerd onderhoud zorgt voor beter en schoner lopende motoren en minder weerstand in de aandrijflijn.

Figuur 8 toont een aantal voorbeelden van de initiatieven die aan bovenstaande elementen zijn gerelateerd.



11. Uitvoering van taken met minimale warmte en geluidsignaturen.
12. Dit project continueert de ontwikkelingen en levert twee M-STaR generatoren op die geschikt zijn voor veldtesten.



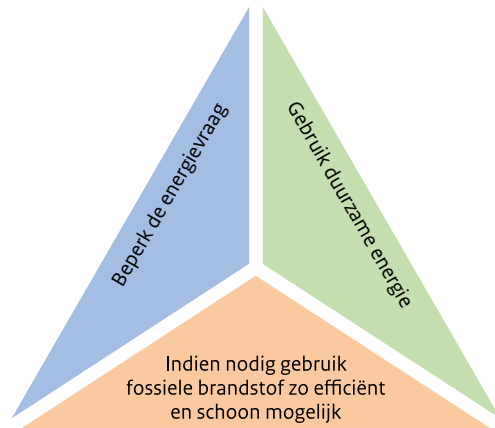
De kleuren geven het ontwikkelingsniveau aan van het onderwerp binnen Defensie aan

- wordt toegepast
- Kan snel worden opgepakt
- Vergt uitwerking
- Kan nu nog onvoldoende worden uitgewerkt

Figuur 8: Uitgelichte initiatieven voor het thema 'rijden'

3.6 Kampementen

Een kampement is een basis met een tijdelijk karakter in een operationele setting¹³. Dit is inclusief niet-militair materieel zoals slaapcontainers en grote aggregaten. Onderzoek van Defensie richt zich op het ontwikkelen van duurzame voorzieningen ten behoeve van de operatie, waarbij er rekening wordt gehouden met het eventueel overgedragen aan een andere gebruiker, of aan de lokale bevolking, wanneer een kampement wordt ontmanteld.



Figuur 9 laat voor het thema ‘kampementen’ de bouwblokken en bijbehorende elementen zien vanuit het functionele perspectief. De bouwblokken en elementen zijn gerelateerd aan de Trias Energetica en zijn kenmerkend voor invalshoeken die verderop in deze paragraaf zijn toegelicht.

13. In NAVO-terminologie spreekt men dan over tier 2 (initial phase of an operation) en tier 3 (semi-permanent accomodation).

DE GROEP CONCEPT DEVELOPMENT AND EXPERTIMENTATION VAN DE LANDMACHT TESTEN OPVUWBARE ZONNEPANNELEN. _EDERHEIDE, 17 JANUARI 2022.



BEPERK DE ENERGIEVRAAG

Energie-efficiëntie verhogen kampement

- Energiezuinig materieel
- Energie-efficiënt bouwen
- Isoleren tenten
- Betere isolatie voor woonverblijven
- Betere isolatie voor koelingen
- Voor legeringfaciliteiten de grond ingaan (onder maaiveld); bidet isoleren en tevens beschermen
- Licht gewicht materiaal gebruiken

Gedragsverandering realiseren

- Bewustzijn personeel verhogen
- Energiebewustheid
- Bewustwording bij energiegebruikers creëren
- Personele bewustwording stimuleren; wanneer apparatuur aan/uitzetten

Afalstromen verminderen

- Minder wegwerpverpakkingen meenemen
- Retourlogistiek plannen voordat inzet begint

Energiemanagement op kampementen

- Verdere centralisatie van situational awareness info vanuit kampement naar uitgestegen militair en patrouille voertuigen
- Voorbereiding en planning
- Ketendenken op focussen

GEBRUIK DUURZAME ENERGIE

Opslag van zelfstandig opgewekte energie

- Lichtgewicht accu's met hoge capaciteit
- Warmte/koude-opslag

Lokaal opwekken

- Energie winnen uit afval
- Elektriciteit opwekken uit zon- en wind energie
- Gebruik maken van kinetische energie
- Warmte-energie gebruiken
- Kernenergie
- Waterstof
- Overgangsfase met hybride systemen

Energiemanagement

- Energiemix moet zo zijn ingericht dat het makkelijk het verbruiksprofiel gedurende de dag kan genereren

Mispec- ontwikkeling

- Civiele producten militariseren

INDIEN NODIG, GEBRUIK FOSSIELE BRANDSTOFFEN ZO EFFICIËNT EN SCHOON MOGELIJK

Energiemanagement

- Gebruik maken van energiemangement systemen die energievraag en energieopwek zo goed mogelijk op elkaar afstemmen zodat er geen energieverlies optreed
- Gebruik maken van energieopslag om met kleinere aggregaten te kunnen werken in efficiënter werkpunt

Gebruik maken van bijmenging brandstof

- Gebruik maken van biobrandstoffen
- Gebruik maken van synthetische brandstoffen
- Bijmengen van door afvalverbranding verkregen olie aan de diesel
- Rekening houden met de brandstofkwaliteit
- Waste2Energy
- Standaarden aanpassen: Defensie moet nu overweg kunnen met de standaard NATO diesel (singel fuel concept)

Algemeen

Bij kampementen ligt voor verduurzaming de focus op energieopwekking, energiedragers en opslag, (het gebruik van) operationele infrastructuur en (het gebruik van) analyse van energiegegevens. Er wordt gekeken naar zon en wind, zuinigere generatoren en mogelijkheden voor energieopslag. Belangrijk voor het thema 'kampementen' zijn de innovatieprojecten op het gebied van (operationele) infrastructuur en de ontwikkelingen binnen het Fieldlab Smart Base. In dit veldlaboratorium werkt Defensie samen met het bedrijfsleven en verschillende kennisinstituten op basis van (open) innovatie aan nieuwe en duurzame oplossingen voor kampementen. Door op deze manier mee te gaan in (civiele) ontwikkelingen en de technische evolutie van producten en diensten moet een duurzaam kampement ontstaan dat past in het toekomstig landoptreden.

De roadmap heeft op functioneel perspectief niveau ideeën opgeleverd ten aanzien van efficiënt gebruik, gedragsverandering en het benutten van afval. Andere onderwerpen zijn het zelfstandig en lokaal opwekken en opslaan van energie, energiemanagement en het benutten van nieuwe opties voor brandstof (zie figuur 8).

De rode draad is dat er een nagenoeg voortdurend herontwerp van kampementen plaatsvindt in relatie tot energieopwekking, -opslag, -distributie, -eindgebruik en -management. De ontwikkelingen op het gebied van nieuwe materialen, technieken, kennis en/of werkwijzen zijn daarbij leidend. Een belangrijke voorwaarde voor het voortdurend kunnen aanpassen van alle kampement-gerelateerde energie-aspecten is een slim energiemanagementsysteem. Het is daarom ook niet verwonderlijk dat energiemanagement in het functioneel perspectief terugkomt in alle drie de aspecten van de Trias Energetica.

Hieruit volgt het ontwikkelen van energiemanagement met een smart grid. In een civiele context betekent dit: een elektriciteitssysteem dat de vraag naar elektriciteit beïnvloedt aan de hand van het aanbod op dat moment. Het conventionele elektriciteitsnet, dat nauwelijks opslagmogelijkheden kent, is vraag-gestuurd en hiërarchisch opgebouwd. Aan de top staat de elektriciteitsproductie die gestuurd wordt door het momentane verbruik. Duurzame energie wordt veelal opgewekt door externe omstandigheden als zon en wind; de productie vindt onafhankelijk plaats van de vraag. Door de vraag te sturen met een smart grid kan deze beter op het momentane aanbod afgestemd worden. Het smart grid kan daarvoor gebruik maken van informatie, tweerichtingsverkeer, communicatietechnologieën en AI.

In de context van kampementen is een dergelijk smart grid enerzijds zinvol om het verbruik te kunnen sturen aan de hand van het beschikbare aanbod (uit duurzame bronnen); anderzijds moet het netwerk kunnen voorzien in een (plotselinge) toename van de energievraag zo gauw deze zich voordoet.

BEPERK DE ENERGIEVRAAG

Bij het beperken van de energievraag spelen onderwerpen die allemaal betrekking hebben op het anders omgaan met de voorzieningen, infrastructuur en materieel op een kampement. Voorbeelden zijn: faciliteiten ten behoeve van de Real Life Support zoals woonverblijven, keuken- en eetfaciliteiten en sanitaire voorzieningen. Dit houdt sterk verband met het lokaal opwekken van energie: tenten kunnen in de toekomst mogelijk worden ingezet voor energieopwekking binnen het energienetwerk. Het initiatief Thermo canvas tent sluit hierbij aan. Ook het initiatief Waste2Energy leidt tot het gebruik van voorzieningen voor energieopwekking waar dit niet het primaire gebruiksdoel is. Daarnaast is het belang van inzicht in verbruiksgegevens genoemd.

Dit sluit aan bij energiemangement via het idee van een smart grid: in een smart grid wordt op meerdere plaatsen geconsumeerd, geproduceerd en opgeslagen. Het streven is dan ook om op termijn elke gebruiker zelf energie te laten opwekken en misschien zelfs te laten opslaan, zodat deze in voorkomend geval ook als energiebron voor andere gebruikers kan dienen. Tezamen met inzicht in de verbruiksgegevens draagt dit bij aan het beperken van de energievraag.

GEBRUIK DUURZAME ENERGIE

Voor het gebruik van duurzame energie zijn het toepassen van alternatieve energiebronnen en het lokaal opwekken van energie van belang. Daarnaast moet er een energiemix zijn die aansluit bij het verbruiksprofiel, waarbij pieken en dalen in de energievraag en het energieaanbod moeten kunnen worden opgevangen. Dit houdt tevens verband met de mogelijkheden om energie op te slaan. Voorbeelden van initiatieven in dat kader zijn vliegerenergie (Kitepower), Folded Solar Panels en Mobiele Windenergie. Nog op te starten initiatieven die verder weg in de tijd liggen betreffen draadloze energieverdracht en onderzoek naar alternatieve energiedragers.

Ook hier is de rode draad te herleiden naar energiemangement, de behoefte aan betrouwbaarheid en de continuïteit in de duurzame energievoorziening. Dit sluit aan bij het ontwikkelen van een smart grid.

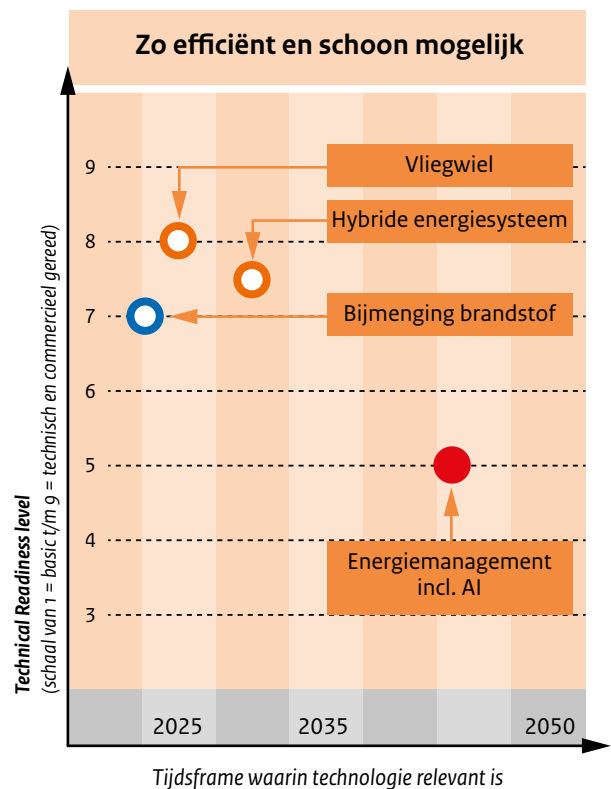
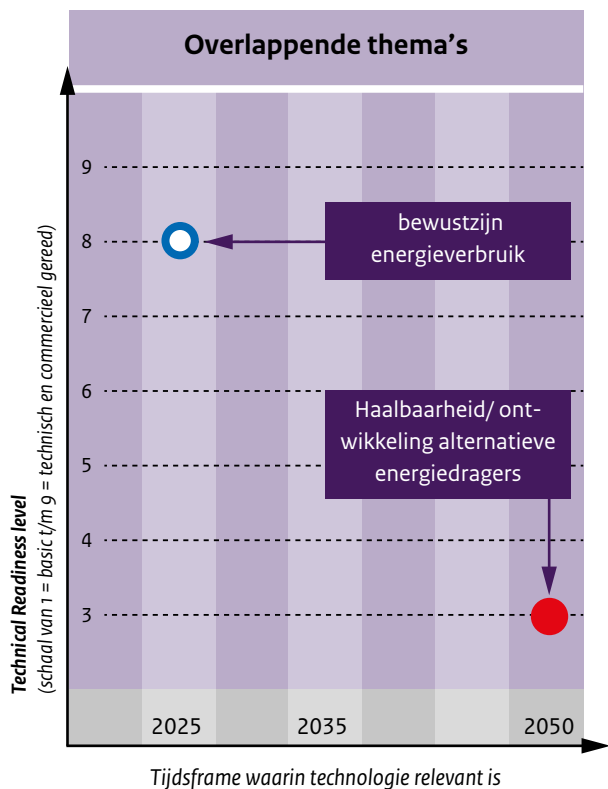
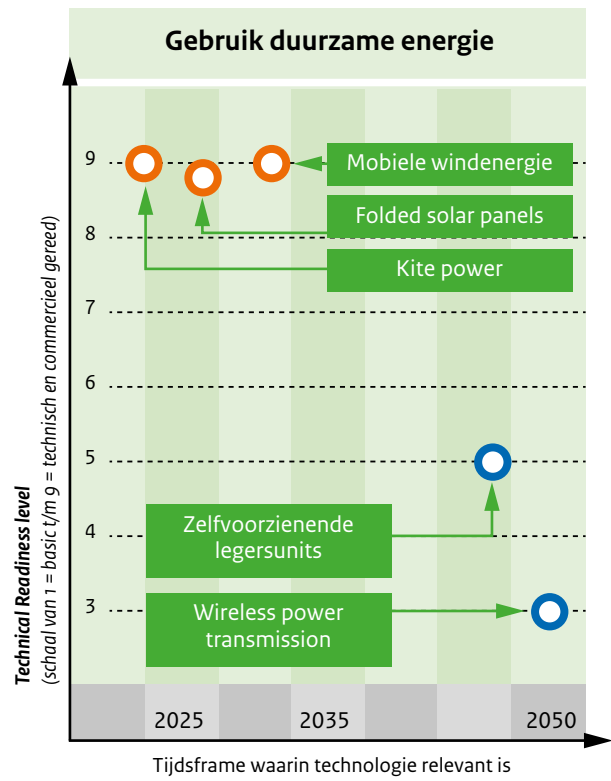
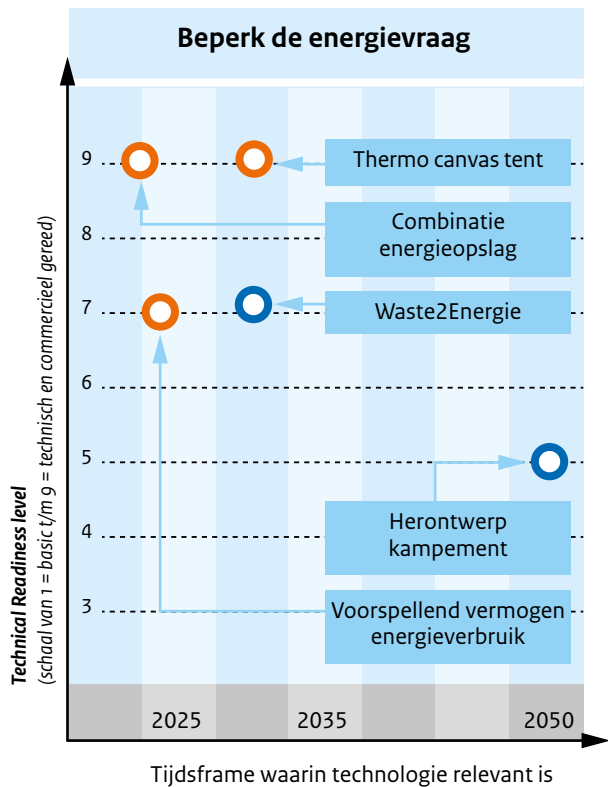
INDIEN NODIG, GEBRUIK FOSSIELE BRANDSTOFFEN ZO EFFICIËNT EN SCHOON MOGELIJK

Hier is de behoefte gericht op goede afstemming van energiewinning en energievraag. Het zal op korte en ook middellange termijn nog niet mogelijk zijn om volledig te kunnen leunen op duurzame energie. Realistisch gezien betreft het een proces van geleidelijkheid, waarbij de verhouding door de jaren heen steeds meer zal verschuiven van energie uit fossiele brandstoffen naar energie uit duurzame bronnen. Voorbeelden van initiatieven zijn de ontwikkeling van een vliegwielen en een hybride energiesysteem. In de huidige situatie en de komende jaren ontkomt Defensie er niet aan om gebruik te maken van fossiele brandstoffen om energie op te wekken, met name gelet op de internationale (NAVO) afspraken.

Ook bij het zo efficiënt en schoon mogelijk gebruik van fossiele brandstoffen ligt de kern in energiemanagement, waarbij aansluiting gevonden kan worden bij een smart grid. Een randvoorwaarde voor het smart grid is dat het moet kunnen functioneren met hybride oplossingen. Op die manier is het mogelijk om de overgang van fossiele energie naar duurzame energie geleidelijk te faciliteren.

In [figuur 10](#) is in dat kader een aantal initiatieven uit het instrumenteel perspectief uitgelicht.





De kleuren geven het ontwikkelingsniveau aan van het onderwerp binnen Defensie aan

- wordt toegepast
- Kan snel worden opgepakt
- Vergt uitwerking
- Kan nu nog onvoldoende worden uitgewerkt

Figuur 10: Uitgelichte initiatieven voor het thema 'kampementen'

Way forward

Deze roadmap is de eerste uitkomst van een dynamisch proces met het centrale thema ‘energietransitie bij het operationeel materieel en kampementen’. Verschillende gedachten en ideeën over de te volgen route zijn hierin constructief samengekomen. Het spreekt voor zich dat inbreng van nieuwe ideeën, technologische ontwikkelingen en inzichten een continu proces moet zijn om de roadmap actueel te houden en te vervolmaken.

Een roadmap is altijd een levend document. Dit betekent dat deze regelmatig vernieuwd zal worden zodat voortschrijdend inzicht meegenomen kan worden. Hiervoor moet de status van de programmatische aansturing van initiatieven en projecten regelmatig worden geactualiseerd, en periodiek ook de roadmap worden geëvalueerd. Het Directoraat Generaal Beleid zorgt daarom voor een vierjaarlijkse actualisatie van de roadmap.

De volgende stap is deze basis verder uit te werken door effectiviteits- en kostenbatenanalyses. Hierbij zal uit verkenningen moeten blijken welke technologieën al voldoende ontwikkeld zijn voor deze analyses en welke in later stadium aan bod komen.

