VLIEGWIEL VOOR INNOVATIE IN NEDERLAND

“Iedereen wist dat het niet kon, tot er iemand kwam die dat niet wist”

TNO innovation for life

STRATEGISCH PLAN 2018 – 2021

VLIEGWIEL VOOR INNOVATIE IN NEDERLAND

**“Iedereen wist dat het niet kon,
tot er iemand kwam die dat niet wist”**

INHOUD

Introductie & verantwoording **4**

Samenvatting **8**

Hoofdstuk 1. Vliegwiel voor innovatie in Nederland **12**

Hoofdstuk 2. Unieke positionering **16**

Hoofdstuk 3. Agenda voor de toekomst **24**

Hoofdstuk 4. Dynamische kennisvernieuwing **32**

Hoofdstuk 5. Organisatie & bedrijfsvoering **52**

Hoofdstuk 6. Gezonde financiële huishouding **58**

INTRODUCTIE & VERANTWOORDING

Voor u ligt het TNO strategisch plan voor de periode 2018–2021. Het huidige strategisch plan voor TNO beslaat de periode 2015–2018. Op verzoek van het kabinet—met als doel de planperiode voor alle toegepast-onderzoeksinstellingen (TO2-federatie) gelijk te schakelen—wordt de nieuwe strategieperiode voor TNO met één jaar vervroegd en beslaat de periode 2018-2021. Het overkoepelende strategisch kader van de TO2-federatie is aanvullend op het strategisch plan van TNO. Beide documenten moeten in samenhang worden gelezen en worden tegelijkertijd aan de minister van Economische Zaken aangeboden.

BREDE EXTERNE CONSULTATIE

Dit TNO strategisch plan is tot stand gekomen na uitvoerige consultatie met de belangrijkste stakeholders van TNO. Omdat TNO de ambitie heeft vooral 'van buiten naar binnen' te kijken—ofwel ons kennisportfolio en onze programmering in nauw overleg met onze klanten en partners vast te stellen—is het proces gestart met consultatie van externe stakeholders. Gesprekken hebben onder andere plaatsgevonden met het ministerie van Economische Zaken (EZ), de Raad voor het Defensieonderzoek, andere betrokken ministeries, met de Strategische Adviesraden van TNO en hun voorzitters in het bijzonder, en met verschillende topsectoren en topteams. Uiteraard zijn ook de adviezen van de Evaluatiecommissie TO2 en het deelrapport over TNO meegenomen.

INTERNE CONSULTATIE

Ook intern TNO is een intensief proces gevolgd. Verschillende werkgroepen hebben een bijdrage geleverd aan de totstandkoming. Het strategisch plan was onderwerp van een TNO breed 'webinar' en concepten zijn meermaals besproken met het management. Ook de Ondernemingsraad en de Raad van Toezicht zijn nauw bij het proces betrokken geweest.

We willen iedereen die tijd heeft willen vrijmaken om met ons mee te denken heel hartelijk danken. Juist in het continu zoeken van de dialoog, het voorhouden van spiegels en het leggen van verbindingen ligt de kracht van onze vernieuwing.

OPZET

Het voorliggende strategisch plan is opgezet met de blik 'van buiten naar binnen'. De kern van wat TNO doet is het realiseren van impact: de toepassing door anderen van de door TNO ontwikkelde kennis in de praktijk. Om dat te realiseren moeten kennisportfolio en programmering naadloos aansluiten bij die van onze klanten en partners. Relevante externe ontwikkelingen en specifieke agenda's zijn daarom het startpunt van dit strategisch plan en de keuzes die TNO maakt.

ADAPTIVITEIT

Een strategie behelst dat keuzes worden gemaakt over wat we willen doen, voor wie en daarmee wie en wat we willen zijn. Daarbij past wel een kanttekening. Gegeven de razendsnelle maatschappelijke en technologische ontwikkelingen moet de strategie niet worden gelezen als een in beton gegoten blauwdruk voor de komende vier jaar. Belangrijker is dat TNO als organisatie marktgericht en maximaal wendbaar is, om altijd snel en adequaat op nieuwe ontwikkelingen en vraagstukken te kunnen inspelen.

RANDVOORWAARDEN

Een aantal randvoorwaarden zijn noodzakelijk om onze strategie te kunnen realiseren. De belangrijkste is dat de rijksbijdrage de komende vier jaar minimaal wordt gecontinueerd op het niveau van 2017. Echter, samen met onze partners in de kenniscoalitie, pleit TNO voor een extra investering van minimaal één miljard euro om innovatie in Nederland verder te versterken.

Adequate financiering is immers noodzakelijk om te komen tot kennisonderhoud en -vernieuwing en om te kunnen blijven beschikken over topfaciliteiten: onderzoeksfaciliteiten die essentieel zijn voor het uitvoeren van excellent onderzoek en het aantrekken van toptalent.

ORGANISATORISCHE WIJZIGINGEN

In 2017 is de voorbereiding van twee majeure bewegingen in gang gezet: de samenvoeging van de duurzame energieportefeuilles van ECN en TNO onder de vlag van TNO en de overdracht van het voedingsonderzoek van TNO aan Wageningen Research, beiden per 1 januari 2018. In de gepresenteerde cijfers en scenario's zijn deze ontwikkelingen nog niet meegenomen. In de energieparagraaf in hoofdstuk 4 worden de ambities van het nieuwe ECN (onderdeel van TNO) beschreven, in lijn met de brief van de minister van Economische Zaken aan de Tweede Kamer[1]. De hierop gebaseerde strategie wordt momenteel door TNO en ECN samen uitgewerkt.

OPBOUW EN LEESWIJZER

Het strategisch plan is als volgt opgebouwd:

- De samenvatting geeft de essentie van de gekozen strategie weer
- Hoofdstuk 1 schetst de kern van wat TNO is, wil en doet: missie, ambitie, impact en kernwaarden
- Hoofdstuk 2 schetst een beeld van de positionering van TNO
- Hoofdstuk 3 geeft een beeld van relevante ontwikkelingen en agenda's, waarna
- Hoofdstuk 4 de daaruit volgende keuzes voor kennisportfolio en programmering beschrijft
- Hoofdstuk 5 benoemt de concrete prioriteiten voor de komende vier jaar, en
- Hoofdstuk 6 gaat in op het financieel model van TNO.

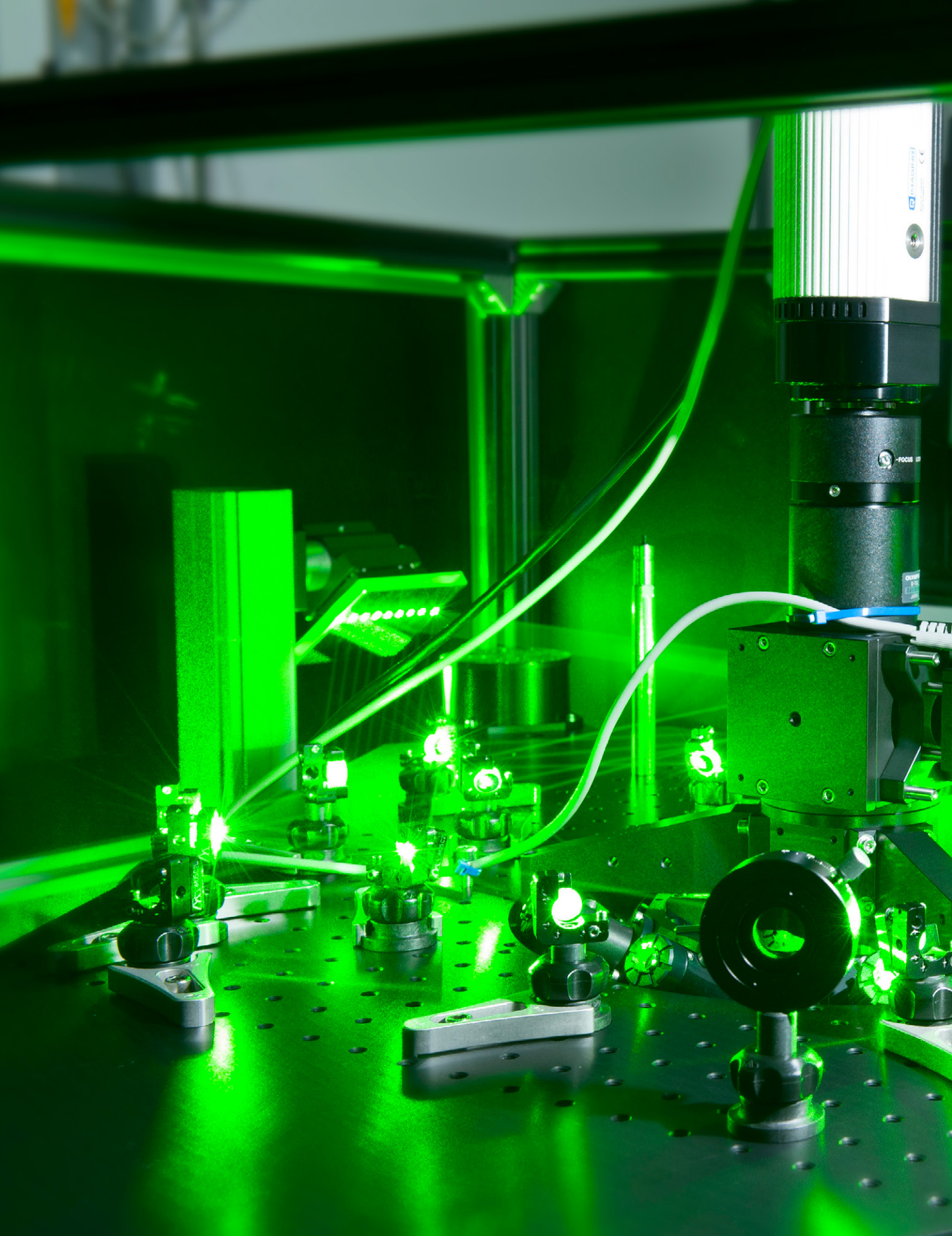
We zijn trots op het resultaat dat voor u ligt. In het besef dat de wereld ook na het opstellen van dit strategisch plan niet stilstaat wil ik u van harte uitnodigen om ons te blijven voorzien van uw opmerkingen, suggesties en ideeën. Want alleen een breed verankerd en gedragen TNO heeft 'right to play' en kan de toegevoegde waarde blijven leveren waar de samenleving om vraagt. Van ons mag u verwachten dat we u proactief van adviezen en van slimme, unieke en verrassende oplossingen blijven voorzien. Integer, professioneel en maatschappelijk betrokken: **innovation for life!**

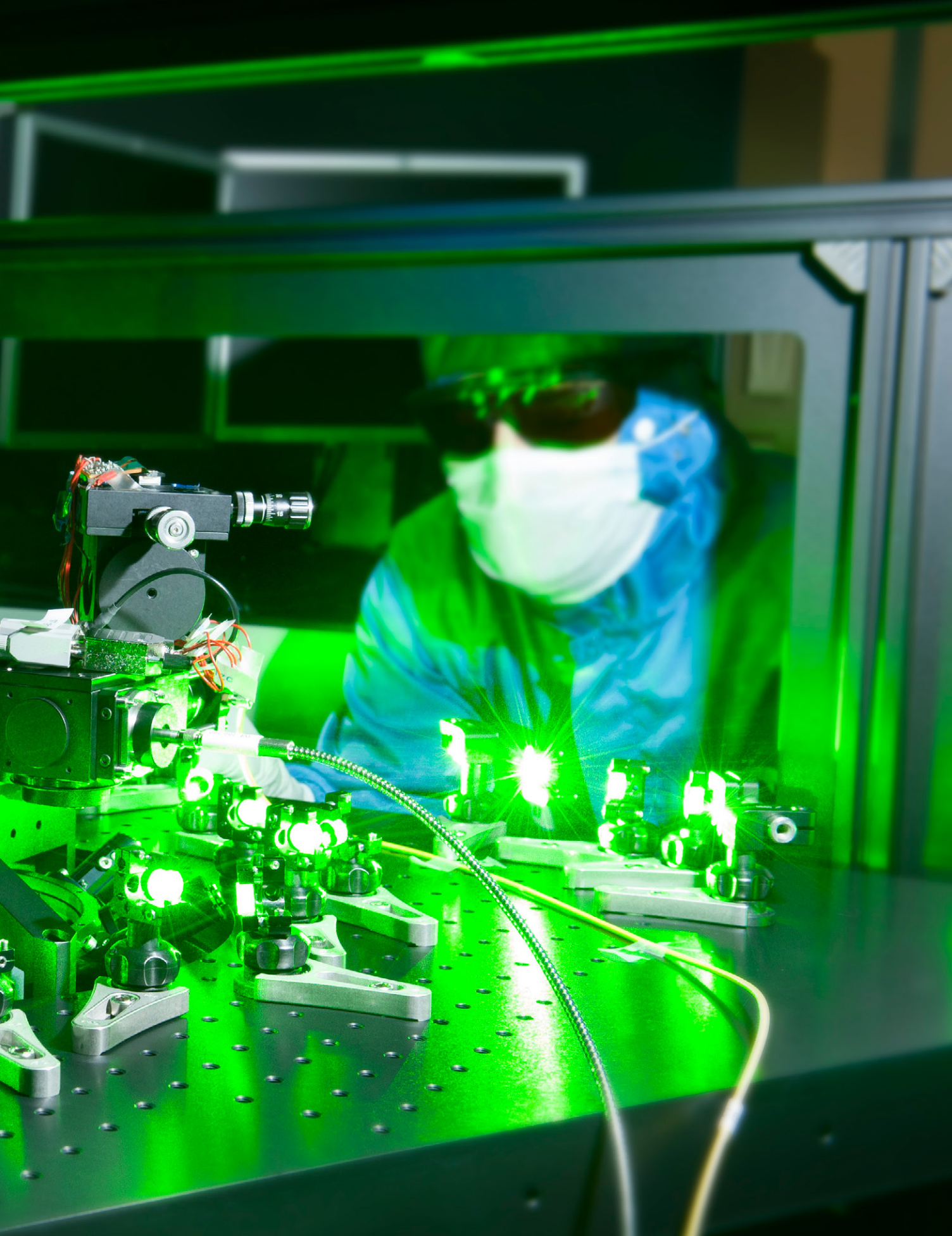
Ik wens u veel leesplezier!

Namens de Raad van Bestuur,

Paul de Krom, Voorzitter Raad van Bestuur/CEO

1. 'De toekomst van de Stichting Energieonderzoek Centrum Nederland en de ontvlechting van het duurzame energieonderzoek en de nucleaire activiteiten' (30 september 2016)





SAMENVATTING

Veranderingen zijn van alle tijden. Maar de snelheid waarmee zowel maatschappelijke als technologische veranderingen zich voltrekken neemt toe. Om waarde te blijven toevoegen voor de klanten en partners van TNO is het noodzakelijk dat TNO zich continu opnieuw uitvindt en vernieuwt. In kennisportfolio, programmering, positionering en organisatie. Alleen dan behoudt TNO zijn 'right to play'.

IMPACT CENTRAAL, EXTERN GEDREVEN

Centraal in de strategie van TNO staat het maximaliseren van impact: de mate waarin de door TNO ontwikkelde kennis ook daadwerkelijk wordt toegepast in de praktijk. Om dat te realiseren moeten kennisportfolio en programmering nauw aansluiten bij de wensen van onze klanten en partners. Het startpunt van het strategisch plan wordt daarom gevormd door relevante externe ontwikkelingen en agenda's.

'THOUGHT LEADERSHIP'

TNO wil vooroplopen in het signaleren van maatschappelijke en technologische ontwikkelingen en het bieden van slimme en verrassende oplossingen voor de uitdagingen die deze ontwikkelingen met zich meebrengen. TNO wil haar positie als 'thought leader' verder uitbouwen.

ONDERSCHEIDEND & DYNAMISCH PORTFOLIO

TNO richt zich op die gebieden waar we uniek en onderscheidend kunnen zijn, waarin we kunnen excelleren. Dat vereist behalve naadloze programmatische afstemming óók continue ontwikkeling en vernieuwing van ons kennisportfolio. TNO doet dit ook: de afgelopen vijf jaar is ongeveer 30% van het portfolio afgebouwd en deels vernieuwd. Ook in de komende strategieperiode willen we ons kennisportfolio continu vernieuwen.

VIJF DOMEINEN

TNO richt zich op strategisch niveau op vijf domeinen:

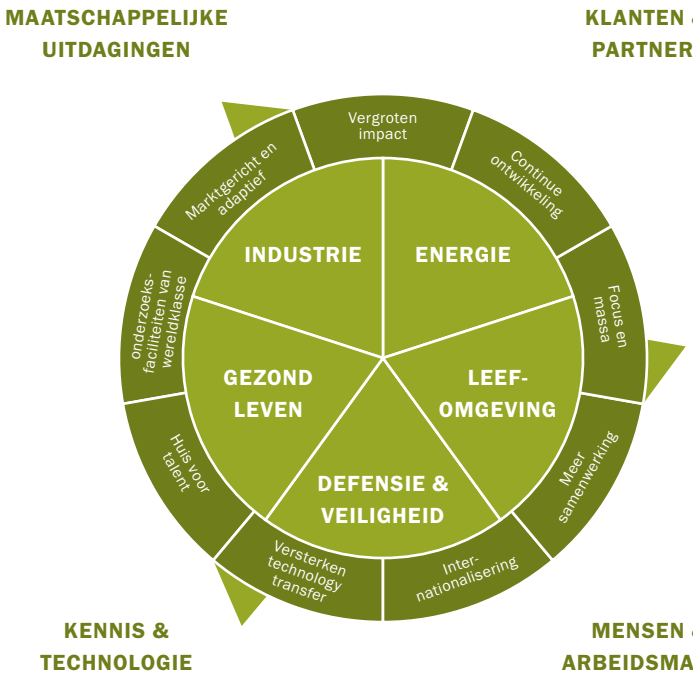
- Industrie: sterk internationaal concurrerend bedrijfsleven
- Gezond Leven: een vitale, gezonde en productieve bevolking
- Defensie & Veiligheid: krachtig optreden in een onzekere wereld
- Energie: versneld naar een CO_2-arme energiehuishouding
- Leefomgeving: innovaties voor vitale stedelijke regio's

FOCUS

Binnen deze domeinen richt TNO zich in het bijzonder op een aantal speerpunten: onderwerpen afgeleid van majeure maatschappelijke en technologische ontwikkelingen waar TNO een unieke en onderscheidende kennisbasis heeft of wil opbouwen (zie tabel 3.2).

VERBINDEN VAN MENSEN EN KENNIS

Als publieke, not-for-profit organisatie wil TNO, in lijn met onze wettelijke opdracht, mensen en kennis verbinden om innovaties te creëren die de concurrentiekracht van bedrijven en het welzijn van de samenleving duurzaam versterken. TNO wil in lijn daarmee de strategische relaties met ministeries, topsectoren, universiteiten en bedrijfsleven (zowel grootbedrijf als mkb) versterken en uitbreiden. Daartoe zal het aantal grootschalige en langjarige samenwerkingsverbanden verder worden uitgebreid, onder andere via Joint Innovation Centres.



Figuur 1 – TNO: vliegwiel voor innovatie

MULTIDISCIPLINARITEIT

Innovatie vindt vooral plaats op de kruispunten tussen verschillende wetenschappelijke disciplines, in langjarige samenwerkingsverbanden met onderliggende financiering. Daardoor wordt de noodzakelijke massa gecreëerd om maximale impact te kunnen realiseren. Dit betekent dat TNO naast monodisciplinaire dieptekennis ook het vermogen in huis moet hebben om multidisciplinaire oplossingen te ontwikkelen. Daarom wil TNO haar systems engineering kennis en vaardigheden verder ontwikkelen. Deze zijn noodzakelijk om samen met partners multidisciplinaire oplossingen te realiseren over de grenzen van technologiegebieden heen. Daarnaast moet TNO de kennis in huis hebben, om oplossingen domeinspecifiek te kunnen maken en toe te passen.

VLIEGWIEL VOOR INNOVATIE

TNO wil de hoeveelheid kennis die aan klanten en partners wordt doorgegeven, vergroten. Ook de snelheid waarmee dit gebeurt, moet omhoog. Daarin ligt immers bij uitstek onze maatschappelijke rol. TNO wil in 2021 hét vliegwiel zijn voor innovatie in Nederland. Niet door alles zelf te willen, kunnen of weten. Wél door consequent de samenwerking te zoeken met partners die in samenwerking met TNO en aanvullend op onze kennis integrale oplossingen kunnen aanbieden.

NEGEN PRIORITEITEN

De inhoudelijke agenda van het strategisch plan leidt tot negen prioriteiten met bijbehorende key performance indicators. In de komende strategieperiode wordt met kracht vormgegeven aan:

- Het vergroten van impact, zowel publiek als privaat
- Continue ontwikkeling en vernieuwing van ons kennisportfolio
- Het creëren van meer focus en massa in datgene wat we doen
- Het opzetten van meer samenwerkingsverbanden
- Verdergaande internationalisering
- Versterken en versnellen van technology transfer
- Het creëren van een ‘huis voor talent’
- Het onderhouden en ontwikkelen van onderzoeksfaciliteiten van wereldklasse
- Het inrichten van een marktgerichte en adaptieve organisatie verbonden door heldere kernwaarden

Het realiseren van deze prioriteiten moet leiden tot een duurzaam positief financieel resultaat, met als doel de continuïteit van de kennisopbouw en onderzoeksfaciliteiten te versterken en ruimte te scheppen om te investeren. ■

CENTRAAL IN DE STRATEGIE STAAT HET **MAXIMALISEREN VAN IMPACT**

HOOFDSTUK 1

VLIEGWIEL VOOR INNOVATIE IN NEDERLAND

TNO VIJFENTACHTIG JAAR

In 2017 bestaat TNO vijfentachtig jaar. Gedurende al die tijd heeft TNO als onmisbaar onderdeel van de publieke kennisinfrastructuur van Nederland een belangrijke bijdrage geleverd aan de opbouw en uitbouw van kennis en innovatie in Nederland. En daarmee aan de groei en werkgelegenheid van ons land. Iets waar Nederland trots op kan zijn.

SNELLE VERANDERINGEN

Verandering is van alle tijden. Maar de snelheid waarmee die veranderingen zich voltrekken neemt toe. Negentig procent van de Fortune 500-bedrijven is de afgelopen 60 jaar van de lijst verdwenen. Nieuwkomers ontwikkelen zich razendsnel zowel voor wat betreft technologie, business modellen als marktkapitalisatie en drukken gevestigde bedrijven naar de achtergrond.

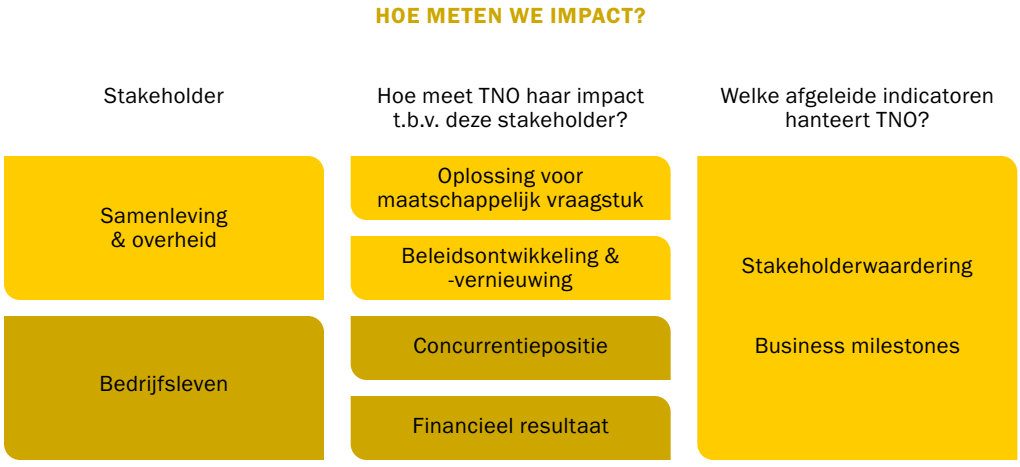
SCHAKEL TUSSEN WETENSCHAP EN PRAKTIJK

Ook voor TNO geldt dat vijfentachtig jaar succesvol toegepast onderzoek voor Nederland geen garantie is voor de volgende vijfentachtig jaar. Elke dag opnieuw moeten we onze toegevoegde waarde voor klanten en partners—overheid, bedrijven en NGO's—bewijzen. Dat kan alleen als we scherp afbakenen waar onze toegevoegde waarde ligt in het publieke kennis-innovatiesysteem: als verbindende schakel tussen wetenschap en toepassingen in de praktijk. En door continu aanpassingen door te voeren in onze kennisportfolio, programmering en organisatie.

MISSIE

Naast dieptekennis vereist dit ook de vaardigheid om verschillende kennisdomeinen, systemen en maatschappelijke sectoren met elkaar te verbinden en te integreren. Kennis wordt immers, onder andere door informatietechnologie, steeds dynamischer en overal toegankelijk. Het slim en effectief gebruik ervan wordt daarom steeds belangrijker. Juist in het leggen van slimme verbindingen, over de grenzen van wetenschapsdomeinen en maatschappelijke sectoren heen, ligt de kracht van innovatie. Daarom wil TNO—als enige in Nederland—een multidisciplinaire toegepast-onderzoeksorganisatie blijven, met gedreven mensen, werkend in wisselende partnerships, coalities of allianties. Door oplossingen te bieden waar onze klanten en partners op zitten te wachten. We werken alléén aan innovatieve oplossingen als het antwoord op de vraag "wie gaat dit gebruiken en waarvoor" haarscherp kan worden beantwoord. Op die manier draagt TNO bij aan het succes van haar klanten en partners en aan een veilig, gezond, leefbaar, concurrerend en duurzaam Nederland.

MISSIE:
TNO VERBINDT MENSEN EN KENNIS OM INNOVATIES TE CREËREN DIE DE **CONCURRENTIEKRACHT VAN BEDRIJVEN EN HET WELZIJN VAN DE SAMENLEVING** DUURZAAM VERSTERKEN



Figuur 1.1 – Hoe meet TNO impact?

AMBITIE

Wereldwijd is een trend gaande van bundeling van kennis en toepassing in een beperkt aantal 'global knowledge hubs'. De concentratie van kennis in nabijheid van (mkb-) bedrijven, overheden en NGO's zorgt voor de noodzakelijke dynamiek en massa om de globale concurrentieslag op het gebied van innovatie te winnen. TNO wil bijdragen aan de verdere ontwikkeling van Nederland als 'global knowledge hub'. Vanuit onze centrale positie in de innovatieketen—tussen wetenschap en toepassing in de praktijk in—en brede verankering in de Nederlandse kennisinfrastructuur, heeft TNO de ambitie om in 2021 hét vliegwiel voor innovatie in Nederland te zijn. Dat betekent dat TNO: a) op onderscheidende gebieden de drijvende kracht is achter toegepaste kennisontwikkeling en innovatie; b) het innovatieproces versnelt door mensen en kennis effectief met elkaar te verbinden; c) zo veel mogelijk kennis en innovaties ter beschikking stelt aan klanten en partners; en d) eventuele opbrengsten herinvesteert in nieuwe kennisontwikkeling en onderscheidende onderzoeksfaciliteiten. Kortom: TNO wil waarde toevoegen als hét 'laboratorium' van Nederland waar nieuwe ideeën ontstaan, worden ontwikkeld en doorvertaald naar praktische oplossingen. Op die manier wil TNO bijdragen aan Nederland als een innovatieve samenleving en aan het realiseren van de doelstelling van de Rijksoverheid om 2,5% van het BBP aan R&D te besteden.

IMPACT

TNO streeft naar maximale impact. Impact betekent dat de ontwikkelde kennis maximaal wordt gebruikt en toegepast door onze klanten en partners en meer in het algemeen voor het oplossen van de grote maatschappelijke uitdagingen. De komende jaren willen we onze impact vergroten. Niet door alles zélf te willen, kunnen of weten, maar door samenwerking te zoeken met partijen die samen met ons integrale oplossingen ontwikkelen. TNO wil zich daarbij richten op die onderwerpen waar we écht het verschil kunnen maken. Waar we onderscheidend zijn. Onderwerpen van voldoende schaalgrootte, waar TNO een 'right to play' heeft door de aanwezige kennis en positie. Die multidisciplinair van aard zijn en een beroep doen op onze vaardigheden op het gebied van systems engineering. Wát we doen, doen we goed, of we doen het niet.

ONZE AMBITIE:
IN 2021 IS TNO
HÉT VLIEGWIEL
VOOR INNOVATIE
IN NEDERLAND

Figuur 1.2 – Missie, kernwaarden & merkwaarden TNO

Nog sterker dan voorheen zet TNO de komende jaren in op samenwerking met toonaangevende (internationale) klanten en partners, vakministeries, universiteiten en andere instellingen voor toegepast onderzoek. In 2021 wil TNO bijvoorbeeld niet alleen strategisch samenwerken met de ministeries van Economische Zaken (EZ), Defensie, Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) en Infrastructuur en Milieu (IenM), maar ook een strategisch partnership opbouwen met andere ministeries, waaronder Veiligheid & Justitie (V&J), Volksgezondheid, Welzijn & Sport (VWS) en Onderwijs, Cultuur & Wetenschap (OCW). Daarnaast moet het aantal grote en langjarige samenwerkingsverbanden—Joint Innovation Centres—groeien van de huidige acht tot tenminste vijftien. TNO continueert haar bijdrage aan innovatie in ontwikkelingslanden in het programma ‘Innovation 4 Development’.

KERNWAARDEN

Om onze ambities te realiseren is vereist dat TNO geen schip is dat meedeint op de golven, maar scherp stuurt naar de toekomst. We willen ontwikkelingen zélf vormgeven, in nauwe afstemming en samenwerking met onze klanten en partners. Dit vereist een open en flexibele organisatie die vindingrijk is, met doordachte oplossingen komt, overal de verbindingen zoekt en gedreven is in het vinden van de oplossingen waar onze klanten en partners op wachten. Bemenst door (internationale) toptalenten die professioneel, onafhankelijk, en integer hun werk doen. Die vrijheid waarderen en verantwoordelijkheid nemen. Die vanuit hun persoonlijke ambitie en maatschappelijke betrokkenheid met plezier en passie willen bijdragen aan de vormgeving van de wereld van morgen. ■

KERNWAARDE: INTEGRITEIT
TNO is een organisatie met medewerkers die handelen vanuit een integere houding. Daarmee heeft TNO een goede naam opgebouwd. Integriteit houdt voor TNO in dat de organisatie wordt geleid vanuit een waardengestuurde visie én dat door medewerkers vanuit de kernwaarden wordt gehandeld. Besluitvorming vindt plaats op basis van zo correct mogelijke informatie. TNO is transparant waar dat gewenst is. Betrouwbaarheid en respectvol handelen zijn de basis voor onze open cultuur. Dit biedt ruimte voor het bespreken van lastige zaken en dilemma's, hetgeen de integriteit van TNO versterkt. TNO treedt adequaat op tegen misstanden en beschermt oprechte melders van misstanden.

KERNWAARDE: ONAFHANKELIJKHEID
TNO verricht objectief onderzoek, adviseert bedrijven en organisaties op onpartijdige wijze en treedt op als neutrale rapporteur in geschillen en rechtszaken. Ons succes is op onze onafhankelijkheid gebaseerd. Resultaten komen tot stand zonder oneigenlijke invloed van commerciële of andere belangen.

KERNWAARDE: PROFESSIONALITEIT
Professioneel handelen met behulp van heldere werkprocessen binnen de grenzen van tijd en geld, leidt tot optimaal resultaat. TNO werkt op diverse gebieden aan hoogwaardige kennis en combineert deze om tot nieuwe oplossingen te komen voor vraagstukken van deze tijd. Het is dus belangrijk om elkaar uit te dagen en meningen en ideeën te delen. Dit stimuleert de kwaliteit en creativiteit. Evalueren, reflecteren, openheid over juridische, veiligheids- en milieurisico's en het elkaar aanspreken op ongewenst gedrag bevorderen dat eveneens.

KERNWAARDE: MAATSCHAPPELIJKE BETROKKENHEID
TNO vervult een maatschappelijke rol: het verbinden van mensen en kennis om innovaties te creëren die de concurrentiekracht van bedrijven en het welzijn van de samenleving duurzaam versterken.

HOOFDSTUK 2

UNIEKE POSITIONERING

Onderscheidend vermogen

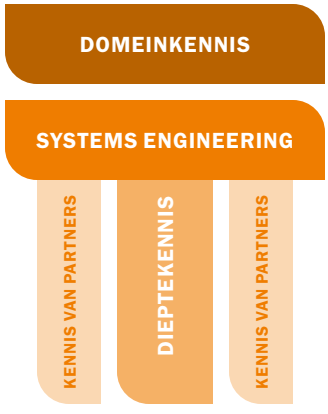
TNO's bestaansrecht hangt af van een herkenbare, zichtbare en unieke toegevoegde waarde in het innovatiesysteem. Dat is geen vanzelfsprekendheid. TNO'ers werken er elke dag hard aan om het onderscheidend vermogen—en dus de toegevoegde waarde—van TNO verder te ontwikkelen.

T-PROFIEL

TNO is een multidisciplinaire organisatie en wil dat blijven. Het onderscheidend vermogen van TNO berust op de combinatie van domeinkennis, specifieke dieptekennis en systems engineering competenties, tezamen ons unieke 'T-profiel'. Door de combinatie van deze drie elementen, aangevuld met dieptekennis van partners, is TNO bij uitstek in staat praktisch toepasbare innovaties te ontwikkelen.

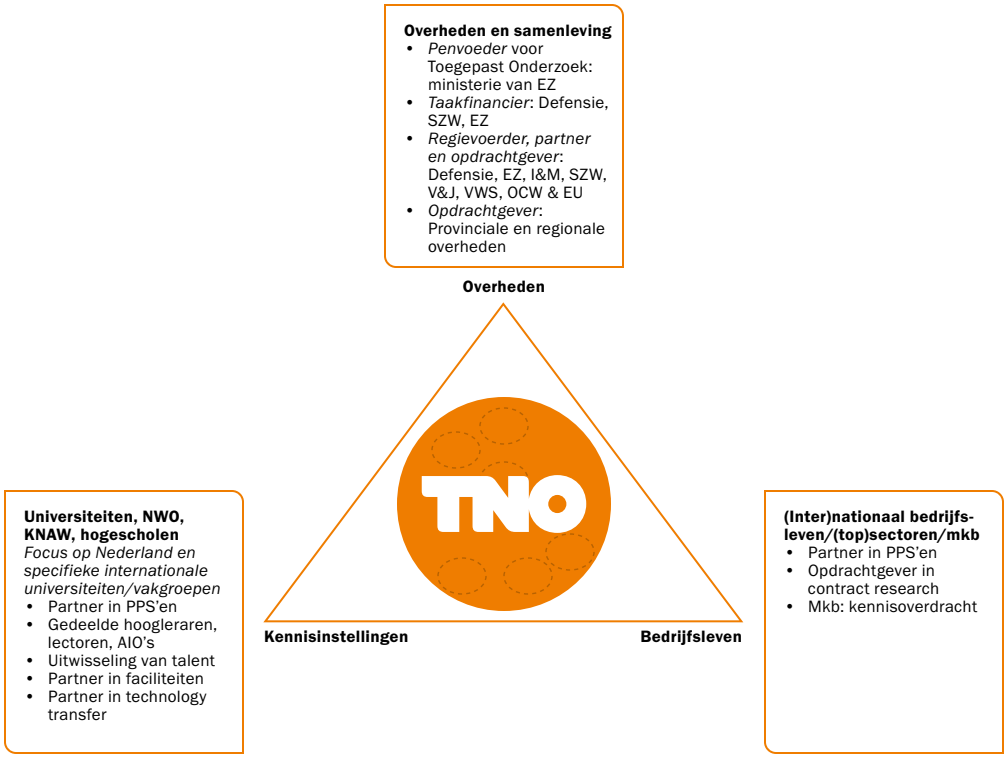
DOMEINSPECIFIEKE POSITIONERING

TNO is als publieke kennisorganisatie uniek gepositioneerd te midden van veel kennis- en innovatiepartners. We stemmen, in nauw overleg met klanten en partners, onze rol en positie af op de karakteristieken—en in sommige gevallen de eisen, denk aan het onderzoek voor het ministerie van Defensie—van het onderzoeksgebied. Relevante factoren hierbij zijn de relatie met de klant of partner en de aard en maturiteit van het onderzoeksgebied. De positie van TNO ten opzichte van de punten van de driehoek in figuur 2.2 verschilt derhalve per onderzoeksgebied.



Figuur 2.1 – T-profiel van TNO

◄ Toelichting:
- Domeinkennis: kennis van specifieke markten, klantgroepen en ecosystemen, de uitdagingen daarbinnen en de relevante spelers; noodzakelijk om innovaties te kunnen creëren die passen binnen de context van het domein
- Systems engineering: competentie om samen met partners over de grenzen van technologiegebieden heen, integrale oplossingen te realiseren
- Onderscheidende dieptekennis, om technologische en/of sociale doorbraken te realiseren en te worden geaccepteerd als partner



Figuur 2.2 – Positionering TNO

'THOUGHT LEADERSHIP'

TNO wil zich in de komende jaren sterker als 'thought leader' ontwikkelen en profileren. Onze positionering stelt ons in staat, en vraagt ook van ons, dat we (in Nederland) mede de maatschappelijke agenda bepalen en mogelijke oplossingsrichtingen voor de grote vraagstukken van deze tijd aandragen. Vanuit onze diepe wetenschappelijke kennis van bepaalde onderwerpen willen wij het maatschappelijk debat objectief voeden. Dat betekent dat we onze kennis en kunde ook maximaal moeten laten zien aan (potentiële) klanten en partners. Immers, hoe breder het bekend is wat TNO in huis heeft, hoe groter de bijdrage aan de Nederlandse samenleving en economie kan zijn. TNO wil dit 'thought leadership' vormgeven door meer te publiceren in zowel wetenschappelijke als niet-wetenschappelijke media; door boegbeelden in huis te hebben die hét gezicht zijn van een bepaald expertisegebied in Nederland of zelfs internationaal; door actiever de resultaten van ons onderzoek extern onder de aandacht te brengen; en door met inachtneming van onze kernwaarden te worden gezien als hét onafhankelijke toegepast-onderzoeksinstituut in Nederland voor de domeinen waarop TNO actief is.

Klanten en partners

Onze impact bereiken we via en met klanten en partners in het innovatiedomein. We onderscheiden daarbij vier groepen: overheid; bedrijfsleven en topsectoren; universiteiten, hogescholen, KNAW en NWO; en andere organisaties voor toegepast onderzoek

OVERHEID IN NEDERLAND EN EUROPA

TNO onderhoudt als publieke kennisorganisatie een strategisch partnerschap met de Nederlandse overheid. De opdracht aan TNO daarbij is om de beschikbare kennis in stand te houden en te vernieuwen ten behoeve van de samenleving en het bedrijfsleven. In dit kader stelt de overheid de rijksbijdrage ter beschikking aan TNO. Deze middelen worden door TNO gebruikt voor het ontwikkelen van oplossingen voor maatschappelijke uitdagingen en toepassing van succesvolle innovaties door het bedrijfsleven.

TNO ondersteunt overheden bij het ontwikkelen en uitvoeren van ambities, beleid en normen. Daarnaast ondersteunt TNO overheden met innovaties voor maatschappelijke taken, soms specifiek gefinancierd via doelfinanciering (onderdeel van de rijksbijdrage) voor opbouw en instandhouding van de specifiek benodigde kennisbasis. Het is onze ambitie deze rol verder uit te breiden.

Overheden hebben in toenemende mate behoefte aan professionele en onafhankelijke kennispartners om antwoorden op complexe maatschappelijke uitdagingen te kunnen formuleren en initiatieven te ondersteunen. Tegelijk zijn veel departementale budgetten voor innovatie de afgelopen jaren verlaagd en/of gedecentraliseerd, zoals in de zorg. De vraagsturing door de overheid richting TNO vraagt derhalve om nieuwe werkwijzen en afspraken die in goed overleg met de verschillende overheden tot stand moeten komen. De maatschappelijke opdracht aan TNO blijft daarom belangrijk en de impact groot, zoals ook de evaluatiecommissie TO2 in 2017 concludeerde. Voor de verdere uitwerking en verdieping zal TNO in overleg treden met de diverse (vak)ministeries.

Naast de veranderende rol van de centrale overheid is een ontwikkeling zichtbaar waarbij de rol van regio's op het gebied van het organiseren en versterken van innovatie-ecosystemen toeneemt. Dit is mede het gevolg van de breed gedeelde overtuiging dat grootschalige publiek-private samenwerkingen (PPS'en) een gunstig economisch effect hebben op een regio. Voorbeelden hiervan zijn de Metropoolregio Eindhoven, de Metropoolregio Rotterdam/Den Haag en de Metropoolregio Amsterdam. TNO wil die ontwikkeling ondersteunen door via 'centres of expertise' (kennis-zwaartepunten, waaronder Joint Innovation Centres) en 'field labs' de verbinding te leggen tussen nationale en regionale (kennis)agenda's.

In regio's zoals Eindhoven en Delft is TNO al volop aanwezig. In andere regio's, zoals in West-Brabant/Bergen op Zoom (biobased) en Leiden (bioscience) sluiten we ons momenteel intensiever aan. We verkennen nieuwe mogelijkheden, zoals in Groningen (energie, bouw, cyber) en Geleen (slimme materialen) en geven deze in de komende jaren verder vorm.

EU-onderzoeksprojecten zijn een belangrijke aanvulling op de nationale kennis- en innovatieprogrammering. Samenwerking met andere Europese organisaties en bedrijven levert uitwisseling van kennis op die nodig is om ook internationaal excellentie en impact te bereiken. In 2021 wordt het EU-onderzoeksprogramma Horizon2020 opgevolgd door het negende Kaderprogramma (FP9). Voor TNO biedt dit kansen om de nationale innovatieprogramma's, het EU-kaderprogramma en regionale fondsen nog beter op elkaar te laten aansluiten. Het toenemend belang van Europese samenwerking op veiligheidsgebied betekent dat defensieonderzoek een nieuw onderwerp wordt binnen het volgende Meerjarig Financieel Kader.

BEDRIJFSLEVEN EN TOPSECTOREN

Onderdeel van de missie van TNO is het vergroten van de concurrentiekracht van het Nederlandse bedrijfsleven. Om dat te realiseren ontwikkelt TNO samen met bedrijfsleven en topsectoren nieuwe diensten en producten die nieuwe markten aanboren doordat ze bijvoorbeeld gezonder zijn, minder CO_2 uitstoten, minder materialen gebruiken of schone energie produceren.

Globalisering heeft tot gevolg dat het bedrijfsleven wereldwijd op zoek is naar werknemers, partners en kennis. Ook bij de selectie van de onderzoekspartijen hanteren zij vaak een internationaal perspectief. Voor TNO betekent dit dat de kennisbasis óók internationaal excellent en onderscheidend moet zijn.

TNO IS UNIEK GEPOSITIONEERD ALS **MULTIDISCIPLINAIR, TOEGEPAST ONDERZOEKSINSTITUUT** IN NEDERLAND

Steeds vaker worden krachten gebundeld door grootbedrijf, mkb, overheden en kennispartners, om mee te kunnen in de mondiale concurrentieslag. Dat gebeurt op nationaal niveau (o.a. topsectoren) en op regionaal niveau.

De topsectoren hebben tot doel gebieden waar Nederland in uitblinkt verder te versterken, onder meer door innovatie te stimuleren via de uitvoering van publiek-private kennisagenda's. De achterliggende economische sectoren en het belang van publiek-private samenwerking blijven de komende jaren leidend in innovatie in de Nederlandse economie en daarmee ook leidend voor TNO. In aanvulling op sectorgerichte innovatie neemt cross-sectorale samenwerking toe.

Binnen het bedrijfsleven vormt het mkb voor TNO een specifiek segment. TNO richt zich primair op het bedienen van het innovatieve mkb, maar betrekt waar mogelijk ook het technologievolgende mkb. Dat doen we onder andere door snelle verspreiding van nieuw ontwikkelde kennis naar het mkb, waar mogelijk in samenwerking met hogescholen en regionale ontwikkelingsmaatschappijen. De oprichting van Joint Innovation Centres, met onderzoek over de gehele schaal van technologische volwassenheid, zoals het Dutch Optics Centre (optica en opto-mechatronica) in Delft en AM Systems (additive manufacturing) in Eindhoven, leidt tot nieuwe mogelijkheden voor mkb-bedrijven.

UNIVERSITEITEN, HOGESCHOLEN, KNAW EN NWO

Universiteiten zijn de belangrijkste leveranciers van fundamentele kennis. Voor het vroege onderzoek binnen TNO zijn zij dan ook belangrijke partners. Universiteiten streven nadrukkelijker naar valorisatie. TNO ziet deze ontwikkeling als een uitgelezen kans om de relaties met universiteiten te versterken en de krachten te bundelen. Dat doet TNO al in vele samenwerkingsverbanden. TNO werkt nu bijvoorbeeld al nauw samen met de TU Delft in Yes!Delft en met de vier Technische Universiteiten in het Innovation Industries Fund. Ook streeft TNO ernaar om First Dutch Innovations (het voormalige TNO Bedrijven: zie hieronder in de paragraaf 'Hoofdvormen van onderzoek – Technology transfer') open te stellen voor spin offs van universiteiten.

Hogescholen zijn belangrijk in kennisverspreiding richting het meer technologievolgende mkb. Doordat zij toepassingsgericht onderwijs verzorgen en in alle regio's aanwezig zijn, liggen hier kansen voor gezamenlijke versnelling van de kennisverspreiding.

In 2016 heeft de Kenniscoalitie—VSNU, Vereniging Hogescholen, NFU, KNAW, NWO, VNO-NCW, MKB Nederland en TO2—de Nationale Wetenschapsagenda (NWA) uitgewerkt in 25 onderzoeksroutes. De NWA is een belangrijke factor in het bepalen van de inhoudelijke focus van TNO voor de komende jaren en een belangrijk mechanisme voor TNO om publiek-private en publiek-publieke samenwerking te bewerkstelligen. De NWA-routes en topsectoren versterken elkaar en bieden goede mogelijkheden om gezamenlijk met partners innovatieve oplossingen te ontwikkelen voor de grote maatschappelijke uitdagingen en het onderzoek in sleuteltechnologieën te versterken.

ORGANISATIES VOOR TOEGEPAST ONDERZOEK

Binnen Nederland zijn meerdere organisaties voor toegepast onderzoek actief. Zij werken samen in de TO2-federatie (federatie voor toegepast onderzoek) van Deltares, Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), Maritime Research Institute Netherlands (MARIN), het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR), Wageningen Research (WR) en TNO. Per 2018 worden de duurzame energieactiviteiten van ECN en TNO gebundeld en ondergebracht bij TNO. Daarnaast wordt het voedingsonderzoek van TNO en WR samengebracht in het Dutch Food Initiative en ondergebracht bij WR.

De TO2-instituten vormen complementaire partners, veelal gericht op specifieke sectoren. In het TO2 Strategisch Kader staan daarom kennisdeling en samenwerking in de kennisbasisprogramma's, in onderzoeksfaciliteiten en capaciteiten en samenwerking met andere partijen centraal. TNO wil de samenwerking binnen de TO2-federatie versterken, onder andere door de uitwisseling van best practices en het gezamenlijk opstellen en uitvoeren van onderzoeksprogramma's.

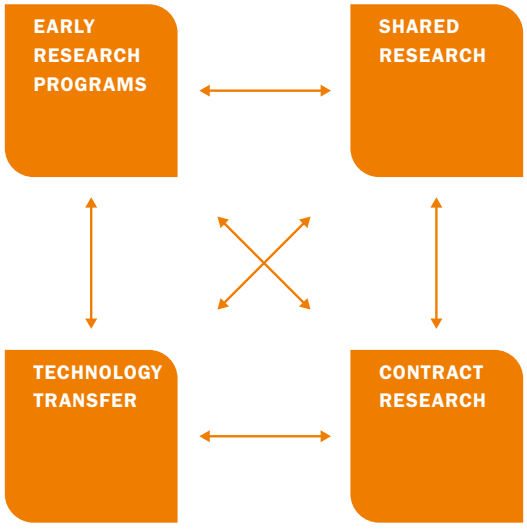
Binnen Europa zijn de Research & Technology Organisations (RTO's) relevant als potentiële kennispartners. Hierbij richt TNO zich in de komende jaren primair op het sluiten van in ieder geval nog één strategisch partnership met een collega-RTO. Hierbij ligt het Duitse Fraunhofer als partner voor de hand, vanwege het grote belang van Duitsland voor Nederland als industriële en handelspartner. Ook onderzoeken we de mogelijkheden om inzake specifieke onderwerpen (nauwer) samen te werken met bijvoorbeeld Vito en imec (België), VTT (Finland), Sintef (Noorwegen), Tecnalia (Spanje) en/of SP (Zweden).

Financiering: rijksbijdrage en doelfinanciering

TNO helpt kansrijke ideeën en technologieën door de zogenaamde 'valley of death'. Dit is de fase in het innovatieproces waarin ideeën voldoende ontwikkeld zijn om als basis te dienen voor concrete toepassing, maar nog te onzeker voor marktpartijen om het risico van verdere ontwikkeling (volledig) zelf te dragen. Dit onderzoek komt tot stand in nauwe afstemming met klanten en partners. De door de overheid verstrekte rijksbijdrage vormt voor TNO de basisfinanciering voor dit onderzoek. De rijksbijdrage wordt aangevuld met bijdragen van onze klanten en partners. De inzet van de rijksbijdrage wordt zowel naar topsectoren als maatschappelijke thema's geconcretiseerd in jaarlijkse, vraaggestuurde programma's.

Daarnaast heeft TNO als taak om op een aantal belangrijke publieke onderzoeksterreinen de kennisbasis voor de overheid in stand te houden, te versterken en/of te vernieuwen. Deze taak wordt door een aantal ministeries via de rijksbijdrage gefinancierd met doelfinanciering (specifieke programmafinanciering). Het betreft de volgende gebieden:

- Vanuit ons strategisch partnership met het ministerie van Defensie verzorgt TNO een defensiespecifieke kennisbasis, ook hier zo veel mogelijk in (soms open, soms gesloten) samenwerking met anderen
- Voor het ministerie van SZW verzorgt TNO het Maatschappelijk Programma Arbeidsomstandigheden (MAPA)
- De Geologische Dienst Nederland brengt voor de ministeries van IenM en EZ de Nederlandse ondergrond in kaart en ontsluit op innovatieve wijze deze informatie ten behoeve van de samenleving



Figuur 2.3 – Hoofdactiviteiten TNO

Hoofdvormen van onderzoek

TNO kent vier hoofdvormen van onderzoek die verschillen in doelstelling, aansturing, financiering en juridische vormgeving. In concreto gaat het om: 1) Early Research Programs (ERP); 2) shared research (publiek-private en publiek-publieke samenwerking); waaronder ook Joint Innovation Centres (JIC's)); 3) contract research en 4) technology transfer.

EARLY RESEARCH PROGRAMS (ERP'S)

In ERP's wordt kennis wezenlijk vernieuwd en opgebouwd. Gemiddeld zijn tien ERP's gelijktijdig in uitvoering. Bij het opzetten en uitvoeren van ERP's zoekt TNO aansluiting bij de buitenwereld door afstemming met stakeholders (zoals universiteiten en topsectoren), door publiek-private samenwerking of door specifieke 'use cases' te benoemen.
De basisfinanciering voor dit onderzoek ontvangt TNO van de ministeries van EZ en Defensie ('risicodragend verkennend onderzoek'). Deze basisfinanciering is essentieel voor het in stand houden en vernieuwen van de kennisbasis in een technologische fase waarvan de relevantie door de markt nog niet wordt onderkend of te riskant wordt gevonden, zoals ook wordt opgemerkt in het AWTI-advies 'Houd de basis gezond'.

Toelichting bij figuur 2.3

Early Research Programs

Kennis-ontwikkelfase	Embryonaal
TRL niveau	3–5
Focus	Kennisontwikkeling: – samen met partners – waar mogelijk in PPS verband – feasibility study
Resultaat	Zicht op toepassingen in diverse domeinen, mede o.b.v. geselecteerde use cases
Rijksbijdrage	ERP & doelfinanciering
Businessmodel	Kostprijs

Shared research

Kennis-ontwikkelfase	Groei
TRL niveau	4–6
Focus	Kennisontwikkeling: – samen met partners – in PPS verband
Resultaat	Toepassingen in geselecteerde use cases, octrooien, prototypes, of spin-off technologie
Rijksbijdrage	SMO & doelfinanciering
Businessmodel	Kostprijs

Contract research

Kennis-ontwikkelfase	Volwassen
TRL niveau	6–7
Focus	Kennistoepassing: – in opdracht van individueel bedrijf/overheid – ontwikkelen c.q. toepassen van technologie
Resultaat	Concreet product of dienst
Rijksbijdrage	n.v.t.
Businessmodel	Verkoopmarge

Technology transfer

Kennis-ontwikkelfase	Overdracht
TRL niveau	8–9
Focus	Kennisexploitatie:
Resultaat	– IP licentie – spin-off (high tech start-up) – spin-out van volwassen technologie
Rijksbijdrage	n.v.t.
Businessmodel	IP- en verkoopopbrengst

Naam	Samenwerkingspartners van TNO	Onderwerp	Startjaar
Aeolus	Koninklijke Luchtmacht	Human Factors in extreme omstandigheden	2016
AM Systems	TU/e	Additive manufacturing	2016
Biorizon	VITO, Green Chemistry Campus, ECN	Biobased aromaten	2012
BMC (Brightlands Material Center)	Provincie Limburg, Brightlands Campus	Polymere materialen	2015
DOC (Dutch Optics Centre)	TU Delft	Optica en optomechatronica	2016
Holst Centre	imec	Flexibele elektronica	2006
QuTech	TU Delft	Kwantum computing en kwantum internet	2014
Solliance	ECN, imec, Holst Centre, TU/e, Forschungszentrum Jülich, Universiteit Hasselt, TU Delft	PV op folie	2010

Tabel 2.1 – Huidige Joint Innovation Centres

SHARED RESEARCH

Veel innovaties ontstaan vanuit pre-competitieve samenwerking ('shared research'). TNO wil zowel publiek-private samenwerkingen als publiek-publieke samenwerkingen uitbreiden als krachtig instrument om impact te bereiken. TNO ziet voor zichzelf in toenemende mate een rol om deze vormen van innovatie vorm te geven en daarin te participeren. Dit kan in projecten, programma's of in Joint Innovation Centres (JIC's). JIC's zijn grote, langjarige samenwerkingsverbanden, tussen twee of meer kennisinstellingen, overheden en/of bedrijven, met als doel om gezamenlijk (internationaal) impactvol, vernieuwend onderzoek te verrichten, programmatisch verbonden rondom een specifiek technologiegebied. Momenteel is TNO een partner in acht JIC's. In de pijplijn zijn tien nieuwe initiatieven geïdentificeerd of in een vroege fase van ontwikkeling.

CONTRACT RESEARCH

Op het moment dat vragen van klanten en partners concreter worden, ontstaat vaak de wens vervolgonderzoek niet meer in samenwerking met derde partijen uit te voeren. TNO werkt dan in de vorm van contractonderzoek aan maatoplossingen met meer exclusiviteit dan in het onderzoek in PPS-verband. Het gaat dan in de regel om het ontwikkelen en toepassen van kennis in de vorm van een prototype, product of dienst en bij overheden om concrete beleidsadviezen. Uitgangspunt hierbij is dat het ook hier pre-commercieel onderzoek betreft en TNO geen onderzoek verricht waarbij één-op-één wordt geconcurreerd met marktpartijen.

TECHNOLOGY TRANSFER

Technology transfer is de laatste stap in de innovatiecyclus waar TNO een rol in wil spelen. In deze fase brengt TNO kennis tot waarde in de vorm van licentie-overeenkomsten en/of spin offs. Zodra een technologie volwassen is, kan de markt die overnemen. In de achterliggende jaren heeft TNO via licensering en spin offs substantieel bijgedragen aan de werkgelegenheid in Nederland.

Intellectueel eigendom (IP: intellectual property) van TNO krijgt waarde als het wordt gebruikt in de markt. Om die reden zet TNO de komende jaren sterker in op het naar de markt brengen van IP. Anderzijds heeft TNO ook een maatschappelijke rol in het versterken van de kennispositie van de 'BV Nederland'. Dat vereist dat TNO zowel inzet op het beschermen van exploitabele resultaten, maar andere ontwikkelde kennis (onder voorwaarden) breed kan verspreiden. In vele gevallen is beide mogelijk. Nádat een octrooi is aangevraagd, kan bijvoorbeeld een wetenschappelijke publicatie plaatsvinden. De exploitatie is dan beschermd, maar de kennis is tevens verspreid. Daarbij is het uitgangspunt: 'open toegang waar mogelijk, beperkte toegang waar vereist.' Dit laatste is bijvoorbeeld het geval als de (internationale) concurrentiepositie van Nederland wordt geschaad door het vrijgeven van IP, het vrijgeven van IP de markt verstoort, of als IP nodig is voor het uitvoeren van vervolgonderzoek. De komende periode zal een meer gedetailleerde IP-strategie worden ontwikkeld.

TNO Bedrijven (27 bedrijven met ruim 1.100 medewerkers), tot dusver een 100% TNO-dochtermaatschappij, is voor TNO een belangrijk kanaal om innovaties naar de markt te brengen in de vorm van spin offs. Om de financiële en commerciële slagkracht van TNO Bedrijven te vergroten heeft TNO in 2017 een meerderheidsbelang in TNO Bedrijven verkocht aan een zorgvuldig geselecteerde strategische partner, First Dutch. TNO Bedrijven wordt door deze transactie omgevormd tot First Dutch Innovations (FDI). Met dit strategische partnership wordt de financiële en commerciële slagkracht van FDI versterkt doordat:

- First Dutch Innovations als een actieve investeerder zal opereren, waarbij breder wordt gekeken dan uitsluitend naar het spin off aanbod van TNO. De kennis van FDI wordt derhalve ook toegankelijk voor andere partijen die spin offs naar de markt willen brengen.
- De pijplijn van potentiële spin offs tegelijkertijd breder wordt waardoor snellere groei van FDI als 'launching platform' voor spin offs mogelijk wordt.
- De 'tucht van de markt' dichterbij wordt gebracht en aanvullende financiële en commerciële deskundigheid wordt ingebracht.
- Externe financiering beschikbaar komt voor groei, waardecreatie en waarderealisatie.

TNO is een nieuwe programmatische aanpak van technology transfer gestart. Hiermee wordt de totstandkoming en het naar de markt brengen van spin offs binnen TNO effectiever ondersteund. Medewerkers worden gestimuleerd en gefaciliteerd om kansrijke ideeën voor spin offs centraal te melden bij een technology transfer team. In een aantal stappen wordt voor interessante ideeën een business plan uitgewerkt en indien nodig een ondernemer gezocht. Na elke stap vindt beoordeling van het idee plaats door een technology transfer board, die zowel uit TNO-medewerkers als externe experts bestaat. De board alloceert middelen aan de kansrijke ideeën. In de komende jaren wordt dit programma verder ontwikkeld en uitgebouwd. ■

SAMENWERKING IS CRUCIAAL. DAAROM VORMT TNO SAMEN MET PARTNERS JOINT INNOVATION CENTRES: GROTE, LANGJARIGE SAMENWERKINGS-VERBANDEN

HOOFDSTUK 3

AGENDA VOOR DE TOEKOMST

EXTERNE UITDAGINGEN ALS LEIDRAAD VOOR DE KEUZES VAN TNO

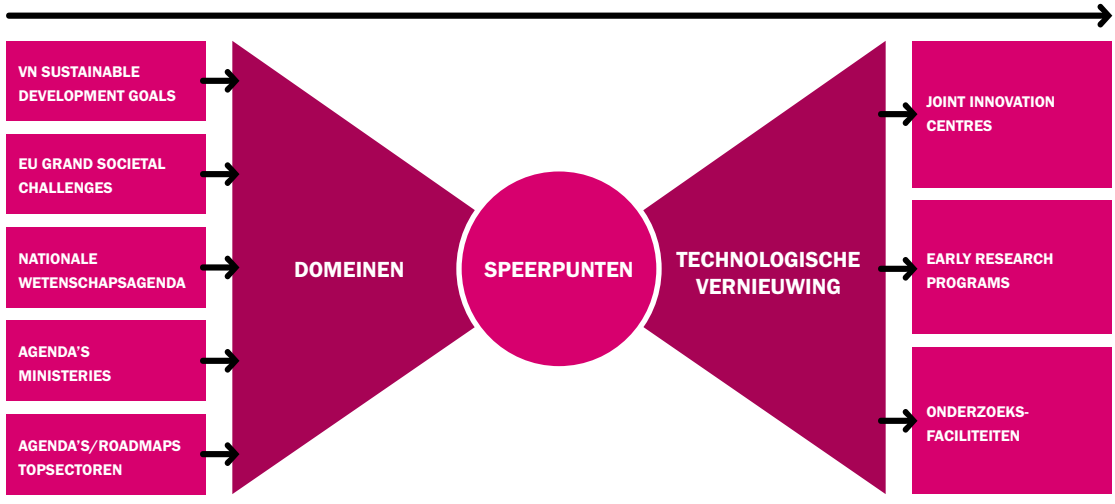
Elke tijd kent zijn eigen uitdagingen. TNO wil een bijdrage leveren aan het oplossen van de maatschappelijke uitdagingen van vandaag en morgen. TNO kan en wil echter niet alles doen. Keuzes in kennisportfolio en programmering zijn noodzakelijk om voldoende focus en massa te creëren om impact te maximaliseren. Wát we doen, doen we goed.

In dit hoofdstuk wordt uiteen gezet hoe externe uitdagingen leiden tot de keuze voor specifieke domeinen waarop TNO actief wil zijn en welke speerpunten daarbinnen worden onderscheiden. Vervolgens wordt aangegeven op welke technologische gebieden (zowel natuurwetenschappelijk als sociaalwetenschappelijk) TNO wil werken aan technologische vernieuwing. Tenslotte wordt beschreven hoe technologische vernieuwing wordt geoperationaliseerd in Joint Innovation Centres, Early Research Programs en welke faciliteiten hiervoor worden ingezet of ontwikkeld. Bovenstaande is schematisch afgebeeld in figuur 3.1.

EXTERNE UITDAGINGEN EN AGENDA'S

De grote vraagstukken van deze tijd komen samen in de 'Sustainable Development Goals' van de VN; 'Grand Societal Challenges', 'Key Enabling Technologies (KET)' en 'Leadership in Enabling Industrial Technologies (LEIT)' van de EU; en de Nationale Wetenschapsagenda. Klimaatverandering en duurzaamheid, de veiligheid van de samenleving, werk en welzijn vormen daarin de rode draad. Deze agenda's zijn samengevat in tabel 3.1. Digitalisering van de samenleving is een belangrijke verbindende 'enabler' voor het tot stand komen van oplossingen in alle domeinen.

Deze onderwerpen komen terug in de specifieke agenda's van de verschillende Nederlandse ministeries, de innovatieagenda's van de topsectoren, individuele ondernemingen en NGO's. De combinatie van maatschappelijke én technologische uitdagingen, trends en ontwikkelingen bepaalt hoe de wereld van morgen eruit ziet en zijn derhalve leidend voor de kennisportfolio en programmatische keuzes van TNO.



Figuur 3.1 – Van externe ontwikkelingen en agenda's naar TNO-strategie

KEUZES VAN TNO: DOMEINEN, SPEERPUNTEN EN TECHNOLOGISCHE VERNIEUWING

De gebieden waar TNO actief kán en wil zijn, worden onder andere bepaald door:

- De grote vraagstukken die op Nederland afkomen waarvan de urgentie algemeen wordt gedeeld en onderschreven zoals de energietransitie, kosten en kwaliteit van de gezondheidszorg, veilige, leefbare, duurzame en weerbare samenleving en hoogwaardige werkgelegenheid
- De agenda's van ministeries, NGO's en de roadmaps van de topsectoren
- De positionering van TNO in het innovatiesysteem: de specifieke onderscheidende sterktes, ervaring en kennis van TNO waardoor maximale impact kan worden bereikt
- De mate waarin de kennis van TNO verschillende wetenschappelijke domeinen verbindt om in samenwerking met onze partners tot integrale oplossingen te komen

VN Sustainable Development Goals:

1. Geen armoede
2. Geen honger, duurzame landbouw
3. Gezondheidszorg voor iedereen
4. Onderwijs voor iedereen
5. Gelijke rechten voor meisjes en vrouwen
6. Schoon water en sanitair voor iedereen
7. Toegang tot betaalbare en duurzame energie
8. Economische groei, werkgelegenheid
9. Infrastructuur voor duurzame industrialisatie
10. Verminderen ongelijkheid binnen en tussen landen
11. Steden veilig, weerbaar en duurzaam
12. Duurzame consumptie en productie
13. Klimaatverandering tegengaan
14. Duurzaam gebruik van de zeeën
15. Bescherming ecosystemen, bossen, biodiversiteit
16. Promotie veiligheid, publieke diensten en recht voor iedereen
17. Versterking mondiaal partnerschap om doelen te bereiken

EU Grand Societal Challenges:

1. Gezondheid & welzijn
2. Voedsel & bio-economie
3. Veilige & schone energie
4. Smart & groen transport
5. Klimaat & grondstoffen
6. Innovatieve samenleving
7. Veilige samenleving

EU Key Enabling Technologies:

1. Micro and nanoelectronics
2. Nanotechnology
3. Industrial biotechnology
4. Advanced materials
5. Photonics
6. Advanced manufacturing technologies

EU Leadership in Enabling Industrial Technologies

1. ICT
   - ICT KETs (Photonics)
   - Future Internet (5G PPP)
   - Robotics & autonomous systems (SPARC)
   - Advanced & cloud computing
   - Content (Big Data Value Association)
2. Nanotech
3. Biotechnology
4. Advanced Manufacturing
5. Space

NWA-routes:

1. De Blauwe route: water als weg naar innovatieve en duurzame groei
2. Bouwstenen van materie en fundamenten van ruimte en tijd
3. Circulaire economie en grondstoffenefficiëntie: Duurzame circulaire impact
4. Duurzame productie van gezond en veilig voedsel
5. Energietransitie
6. Gezondheidszorgonderzoek, preventie en behandeling
7. Jeugd in ontwikkeling, opvoeding en onderwijs
8. Kunst: onderzoek en innovatie in de 21e eeuw
9. Kwaliteit van de omgeving
10. Levend verleden
11. Logistiek en Transport in een energieke, innovatieve en duurzame samenleving
12. Materialen – Made in Holland
13. Meten en detecteren: altijd, alles en overal
14. NeuroLabNL: dé werkplaats voor hersen-, cognitie- en gedragsonderzoek
15. De oorsprong van het leven—op aarde en in het heelal
16. Op weg naar veerkrachtige samenlevingen
17. Personalised medicine: uitgaan van het individu
18. De kwantum/nanorevolutie
19. Regeneratieve Geneeskunde: game changer op weg naar brede toepassing
20. Smart industry
21. Smart, liveable cities
22. Sport en Bewegen
23. Sustainable Development Goals voor inclusieve mondiale ontwikkeling
24. Tussen conflict en coöperatie
25. Waardecreatie door verantwoorde toegang tot en gebruik van big data

Tabel 3.1 – Externe agenda's

Bovenstaande criteria leiden tot een focus op vijf domeinen met bijbehorende doelstellingen:

- Industrie: sterk internationaal concurrerend bedrijfsleven
- Gezond Leven: een vitale, gezonde en productieve bevolking
- Defensie & Veiligheid: krachtig optreden in een onzekere wereld
- Energie: versneld naar een CO_2-arme energiehuishouding
- Leefomgeving: innovaties voor vitale stedelijke regio's

Elk van deze domeinen vormt een wereld op zichzelf. Hierbinnen is het noodzakelijk een verdere focus aan te brengen. In nauw overleg met de verschillende stakeholders binnen elk van deze domeinen heeft TNO per domein een aantal speerpunten gedefinieerd: specifieke onderwerpen waar TNO zich op richt en een bijdrage wil leveren. Deze speerpunten zijn weergegeven in tabel 3.2. Ook voor deze speerpunten geldt dat ze een afgeleide zijn van de externe agenda's enerzijds en de positie van TNO en onze specifieke sterktes anderzijds[2].

Om invulling te geven aan deze speerpunten en tot oplossingen te komen zoekt TNO vernieuwing vooral op het gebied van een aantal technologieën. Technologieën die essentieel zijn voor deze oplossingen en waarin TNO kan excelleren. Deze technologiegebieden zijn weergegeven in tabel 3.3. Per technologiegebied wordt de unieke focus van TNO aangegeven, hoe die wordt gevoed door ERP's en RVO (Risicodragend Verkennend Onderzoek vanuit het ministerie van Defensie) en waar grote samenwerkingsverbanden (JIC's) zijn voorzien om propositie en impact te versterken. In de laatste kolom is aangegeven waar TNO extra wil investeren in grote onderzoeksfaciliteiten. ■

2. In bijlage 1 is samengevat hoe de externe agenda's zich vertalen in de keuze van TNO voor domeinen, speerpunten en technologische vernieuwing in de komende jaren. Daarnaast is weergegeven op welke topsectoren en ministeries elk van de speerpunten aansluit.

DE COMBINATIE VAN MAATSCHAPPELIJKE ÉN TECHNOLOGISCHE UITDAGINGEN ZIJN LEIDEND VOOR HET KENNISPORTFOLIO EN DE PROGRAMMATISCHE KEUZES VAN TNO

Industrie	Gezond Leven	Defensie & Veiligheid	Energie	Leefomgeving
Industriële vernieuwing door inzet doorbraak-technologie: – Grotere rekenkracht door nanotechnologie en kwantum-computing – Ontwikkelen 5G met breed spectrum aan gebruiksmogelijkheden – Ontwikkelen van her-nieuwbare grondstoffen – Fotonica en optica voor waarneming en communicatie in space – Nieuwe functionele (nano)materialen – Smart Industry concepten op basis van Internet of Things, artificial intelligence, big data en robotica	– Gezonde en weerbare jeugd – Duurzame inzetbaarheid van werkenden – Biomedical Health: innovatieve behandelstrategieën en medicijnontwikkeling – Health Technology: medische technologie en digital health – Gepersonaliseerde gezondheids-interventies	– Informatie als doelwit en wapen & informatie-intensief optreden – Onbemande en autonome systemen & mens-machine teaming – Mens & mindset binnen krijgsmacht en veiligheidsorganisaties – Moderne slagkracht, escalatiedominantie & bescherming – Weerbaarheid tegen grootschalige maatschappelijke ontwrichting – Kansen en bedreigingen door nieuwe techno-logische ontwikkelingen	– De speerpunten in het energiedomein worden in 2017 bepaald in het kader van de bundeling van de duurzame energie-activiteiten van ECN en TNO	– Mobiliteit: schaalbare, veilige en grens-verleggende toepassing van coöperatieve en zelfrijdende mobiliteit en logistiek – Infrastructuur & gebouwen: industriële en zelflerende concepten voor bouw en infra – Leefmilieu: proactieve verbetering van omgevingskwaliteit en grondstofbenutting door doorbraken in de resolutie van monitoring en lokale sturing van milieubelasting (inclusief grondstoffen) – Systeembenadering: verbeteren stedelijke leefbaarheid en adaptiviteit door systeembenadering

Tabel 3.2 – Speerpunten 2018–2021 per domein

TECHNOLOGISCHE VERNIEUWING		STRATEGISCHE INSTRUMENTEN		
Technologie-gebied	**Unieke focus TNO**	**Samenwerking (JIC's)**	**ERP's & RVO**	**Onderzoeks-faciliteiten**
Nano- en kwantum-technologie	Nano-metrologie, nano patroneren, laser satellietcommunicatie, bio-nano sensoren, adaptieve opto-mechatronica Kwantumcomponenten (processor, sensor), kwantumcryptologie, nano- en kwantum-sensoren, nanomaterialen voor bescherming/ signatuurreductie, additive manufacturing	DOC, QuTech, Holst	Kwantum computer & kwantum internet, 3d nano manufacturing, opto-chemical sensors, bio-nano sensing, engineering the sub-surface, kwantumalgoritmen, nano- en kwantumsensoren, innovatieve materialen voor bescherming/ signatuurreductie	Van Leeuwenhoek laboratorium (VLL): enlarging cleanroom capacity, VLL equipment (e.g. calibration for satellite instrumentation), Dutch optics centre, Fysisch en elektronisch lab, Ballistics lab
Hybride energie-systemen	Power to gas, warmtenet, thermochemische en ondergrondse opslag, flexibele brandstof, zonnefolie, geïntegreerd fotovoltaisch	HESI, Solliance, Holst	Energy storage & conversion	Hybrid energy systems integration (HESI) lab, Chemical energy storage and conversion lab, Carbon capture & utilisation centre, Solliance upgrade for roll2roll for high yield PV-foil, Powertrains control lab for low carbon fuels
Slimme en 'groene' materialen	Aromaten uit biomassa, elektrochemie, groene energetische materialen, metamaterialen voor bescherming/ signatuurreductie, additive manufacturing	Biorizon, BMC, Voltachem	Energy storage & conversion, sub-micron composites, smart & green materials, innovatieve materialen voor bescherming/ signatuurreductie	Chemical energy storage and conversion lab, BioRizon-ADAPT, ADAPT pilot facility for bio-aromatics, Lab for sustainable procestechnology, Fysisch en elektronisch lab, Ballistics lab, Pyrotechnics lab

Technologie-gebied	Unieke focus TNO	Samenwerking (JIC's)	ERP's & RVO	Onderzoeks-faciliteiten
Slimme mega-constructies	Grootschalige instrumentatie met hoge resolutie sensoren, voorspellende modellen		Structural integrity	Delft ocean technology centre, Smart-large optimization and demonstration facilities, upgrade MEC building lab
Media-synchronisatie	VR/AR/Tactiel internet, geavanceerd & cloud (informatie) systemen, gedistribueerd opslaan & verwerken, toekomstig internet 5G, internet-of-skills	EIT Digital	Media synchronization	
Kunstmatige intelligentie	Propagatie van onzekerheid, onzekerheid en adaptatie, oorzakelijke interferentie, autonomie kaders, model gebaseerde software refactoring, cognitieve versterking, zelflerende systemen, big data harvesting, zelfverklarende analyse	EIT Digital	Sense making of big data, artificial intelligence, big data analytics	
Robotica	Door mensen op afstand bestuurde onderhouds-robots, exoskeletten, autonome systemen, artificial intelligence, robotzwermen, mens-robot interactie	iBotics	iBotics, autonome systemen, mens-machine	Interaction robotics laboratory

Technologie-gebied	Unieke focus TNO	Samenwerking (JIC's)	ERP's & RVO	Onderzoeks-faciliteiten
NeuroTech | MedTech	Cortex sensorische interfaces, niet-invasieve beeld-technieken (radar, infrarood, ultra-sound) t.b.v. orgaanfuncties (incl. hersenen), detectie/identificatie van bio-engineered levensvormen	NeuroTechNL, i3B	Human enhancement Synthetische biologie	Interaction robotics laboratory
Engineering van de ondergrond	Modellering en voorspelling van effecten vanuit de ondergrond op de bovengrond / het aardoppervlak	GeoERA	Structural integrity	
Valorisatie van (meta) data	Business en waarde modellen voor geavanceerde data, ACTRIS: generatie, validatie en interpretatie van satellietdata / klimaatdata	EIT Digital	Sense making of big data, big data analytics	
'Inside the human body' [het menselijk lichaam (van binnen)]	Menselijke microbiotica en beïnvloeden effecten (antibiotica), allergieën en voedsel-component risico's 'organ on a chip' modellering, totale blootstelling en exposome effecten, biometrie, dreiging van bio-engineered levensvormen	Metabolic Health Innovations, Neurotech-NL	Organ on a chip, personalised health, synthetische biologie	Biomedical accelerator mass spectrometry laboratorium (AMS2), Inside the human body, CBRN hoogtox lab

Technologie-gebied	Unieke focus TNO	Samenwerking (JIC's)	ERP's & RVO	Onderzoeks-faciliteiten
'Inside the human mind' [het menselijk brein]	Causale verbanden microbiome - fysiologie - cognitie en v.v., biomarkers t.b.v. cognitieve en mentale situatie, individueel gedrag en interventie effectiviteit, cognitie en gedrag, versterking van cognitieve en mentale vermogens	iBotics, Aeolus, i3B, Neurotech-NL	Human enhancement	Desdemona+, Interaction robotics laboratory
Modelleren en voorspellen van geïntegreerde sociale systemen	Multilevel energie optimalisatie, zelf organiserende logistiek, duurzame business modellen, geïntegreerde modellen en voorspellingen (technologie, business model en gedrag), respons op social engineering, psy-ops & info-ops	Arbeids JIC Leiden	Complexity, opponent modelling	Hybrid energy systems integration (HESI) lab, Real-life safety methodology research facility, Hybrid warfare lab

Tabel 3.3 – Technologische vernieuwing en strategische instrumenten TNO

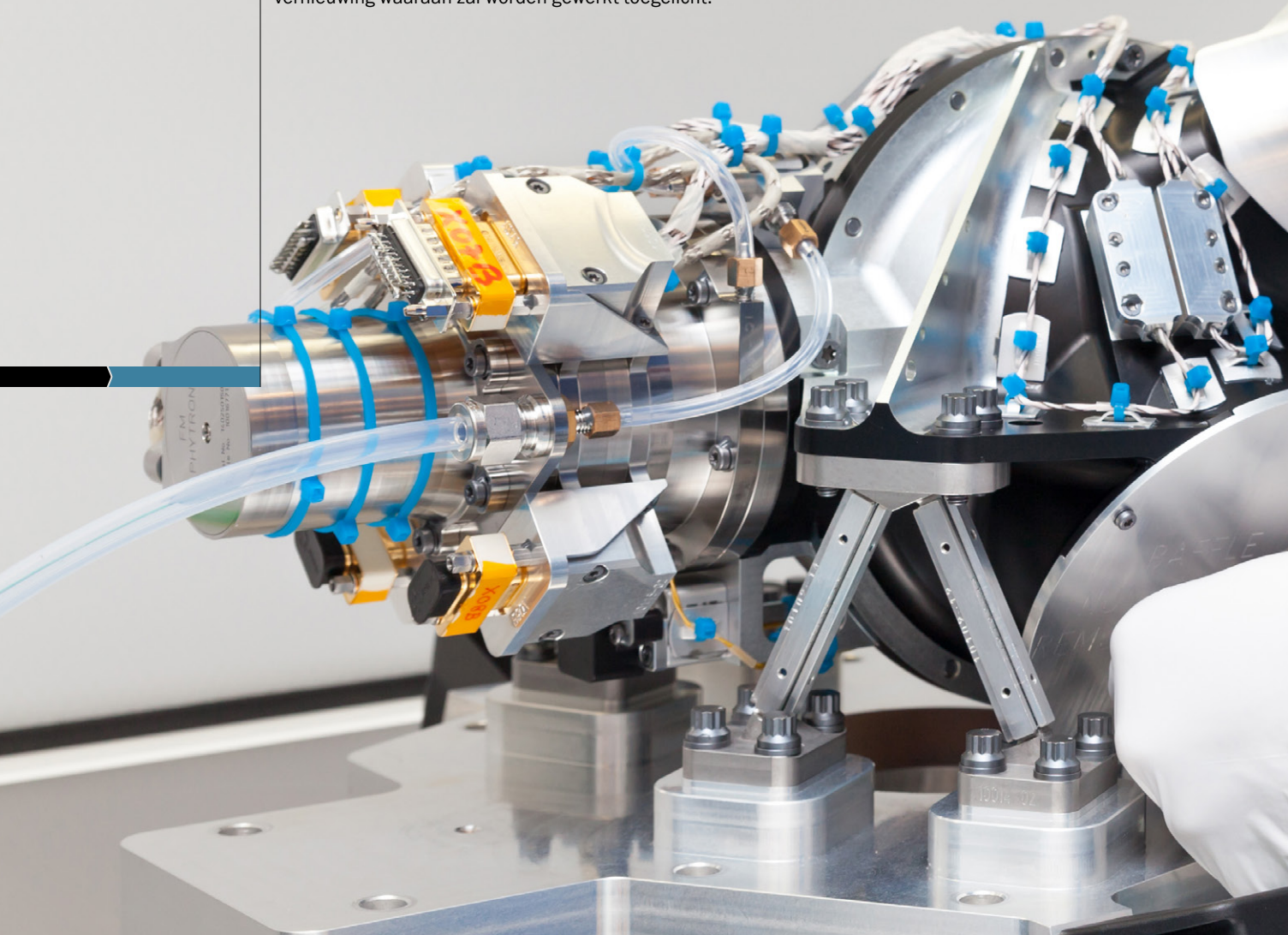
De hierboven beschreven speerpunten en technologieën zijn geen weergave van het gehele portfolio van TNO, maar alleen van die gebieden waar de focus van vernieuwing in de komende jaren is voorzien. Naast deze onderwerpen blijft TNO actief op terreinen waar TNO reeds uniek en relevant is (bijvoorbeeld maritiem en offshore) en op die gebieden die vanuit de taakrol van TNO worden gevraagd (bijvoorbeeld bepaalde kennisgebieden binnen het domein Defensie & Veiligheid). Ook daar is voortdurende vernieuwing uiteraard cruciaal.

HOOFDSTUK 4

DYNAMISCHE KENNIS-VERNIEUWING

Zoals beschreven in het voorgaande hoofdstuk bepalen de grote maatschappelijke uitdagingen de agenda van TNO: de domeinen waarin we actief zijn, de speerpunten daarbinnen en de onderliggende gebieden van technologische vernieuwing. In dit hoofdstuk wordt per domein uitgewerkt wat de ambitie van TNO is, worden de speerpunten in meer detail beschreven, wordt aangegeven wie onze belangrijkste klanten en partners zijn en wordt de technologische vernieuwing waaraan zal worden gewerkt toegelicht.

Dit zijn onze inhoudelijke keuzes voor de komende jaren. Hier gaat TNO mee aan de slag. Maar, de wereld waarin we opereren is dynamisch. In de komende jaren zullen zich nieuwe ontwikkelingen voordoen en ontstaan nieuwe maatschappelijke uitdagingen en technologische mogelijkheden. In nauw overleg met klanten en partners passen we onze kennisportfolio en programmering aan deze ontwikkelingen aan.



INDUSTRIE

STERK INTERNATIONAAL CONCURREREND BEDRIJFSLEVEN

AMBITIE

De Nederlandse industrie hoort bij de wereldtop. Onze industrie, haar toeleveranciers en gerelateerde (ICT) diensten leveren een belangrijk aandeel in onze export en creëren hoogwaardige werkgelegenheid. Bovendien is de industrie een onmisbare schakel in het realiseren van oplossingen voor de grote maatschappelijke uitdagingen. TNO draagt bij aan de vernieuwing van de industrie door verdere ontwikkeling en inzet van sleuteltechnologieën. Het doel is een sterk internationaal concurrerend bedrijfsleven, resulterend in groei van werkgelegenheid en behoud van welvaart.

ONZE BIJDRAGE: SPEERPUNTEN VOOR DE KOMENDE JAREN

De grote maatschappelijke uitdagingen betekenen ook nieuwe kansen voor ‘Smart Industry’. Verduurzaming is voor de industrie een steeds zwaarder wegende randvoorwaarde maar is ook een inspiratiebron, leidend tot nieuwe materialen, producten, processen en diensten. Het arsenaal aan mogelijkheden neemt toe dankzij alle ontwikkelingen in de ‘Key Enabling Technologies’ zoals fotonica, nanotechnologie, kwantumtechnologie en geavanceerde maak- en ICT-technologieën. De kunst is om deze ontwikkelingen tot industriële implementatie te brengen. Een groot deel van deze innovaties heeft een digitale component (‘smartness’ en ‘Internet of Things’). Steeds vaker komen innovaties niet tot stand binnen één bedrijf maar door co-creatie (bijvoorbeeld in PPS-constructies zoals ‘Innovation Hubs’ en ‘Field Labs’). De resulterende omzet en winst van deze gezamenlijke innovaties ontstaan via nieuwe businessmodellen. Dit is het speelveld waarop TNO acteert. TNO kiest voor de onderstaande speerpunten die aansluiten op behoeften in de industrie en maatschappij en die voortbouwen op de sterktes van TNO.

SPEERPUNTEN VOOR DE KOMENDE JAREN

Industriële vernieuwing door inzet doorbraaktechnologie:

- Grotere rekenkracht door nanotechnologie en kwantumcomputing
- Ontwikkelen 5G met breed spectrum aan gebruiksmogelijkheden
- Ontwikkelen van hernieuwbare grondstoffen
- Fotonica en optica voor waarneming en communicatie in space
- Nieuwe functionele (nano)materialen
- Smart Industry concepten op basis van Internet of Things, artificial intelligence, big data en robotica

GROTERE REKENKRACHT DOOR NANOTECHNOLOGIE EN KWANTUMCOMPUTING

De vraag naar steeds beter presterende en minder energie vragende communicatienetwerken, reken- en ICT-systemen biedt kansen voor de Nederlandse hightech (semiconductor) equipment industrie. TNO ondersteunt deze industrie door de ontwikkeling en toepassingen van nano- en kwantumtechnologie. We werken ook aan innovatieve nano/optica-oplossingen voor de gezondheidszorg (DNA geïnspireerd) en voor toepassingen in ruimtevaart en astronomie.

ONTWIKKELEN 5G MET BREED SPECTRUM AAN GEBRUIKSMOGELIJKHEDEN

De nieuwe 5G-standaard zal bestaan uit een verzameling technologieën die een aantal op dit moment nog onverenigbare doelen bij elkaar brengt. Zo wordt een enorme toename van bandbreedte gecombineerd met extreme snelheid en betrouwbaarheid in een context waarbij het aantal verbonden apparaten explosief toeneemt. In opdracht van de telecomsector ontwikkelt en patenteert TNO technologie die dit mede mogelijk moet maken. Ook wil TNO leidend zijn in 5G-standaardisatie. Daarnaast werkt TNO aan nieuwe toepassingen, waarvoor 5G noodzakelijk is. Dat doen we in PPS-verband bijvoorbeeld in 5Groningen (gericht op rurale toepassingen) en de ArenA (gericht op stedelijke toepassingen).

ONTWIKKELING VAN HERNIEUWBARE GRONDSTOFFEN

TNO richt het onderzoek op toepassing van hernieuwbare grondstoffen, zoals biomassa, afval en CO_2, en duurzaam opgewekte elektrische energie om processen en chemische producten te verduurzamen. Daarnaast richten wij ons op het verbeteren van de functionaliteit van materialen en chemicaliën die daardoor in de gebruiksfase ook een intrinsieke verduurzaming opleveren. Hierin ligt de sleutel van een toekomstbestendige procesindustrie en van de introductie van nieuwe producten met een hogere toegevoegde waarde.

FOTONICA VOOR WAARNEMING EN COMMUNICATIE IN SPACE

Fotonica wordt in toenemende mate een sleuteltechnologie voor de Nederlandse ruimtevaartindustrie. TNO wil de internationale koppositie in aard- en atmosfeerobservatie instrumenten versterken door voorop te lopen in de ontwikkeling van compacte instrumenten voor kleine satellieten. Om de groeiende datastromen betrouwbaar en veilig te verwerken ontwikkelt TNO op licht (laser) gebaseerde communicatie tussen satellieten en grondstations, waarmee tevens toepassingen van het 5G-netwerk kunnen worden gefaciliteerd. Ook worden de mogelijkheden van kwantumcomputing en -communicatie in de ruimte onderzocht.

NIEUWE FUNCTIONELE (NANO)MATERIALEN

De transitie naar duurzame energieopwekking en -opslag biedt kansen voor de industrie. TNO werkt aan nieuwe typen (‘dunne film’) zonnecellen en zet in op integratie van zonnecellen en warmteregulerende ramen in gebouwen en voertuigen. Met dezelfde dunne-filmtechnologie ontwikkelt TNO ook nieuwe vormen van energieopslag: innovatieve batterijen en systemen die zonlicht omzetten in synthetische brandstoffen. Daarbij worden op (atoom/molecuul) nano-niveau materiaaleigenschappen gebruikt om nieuwe functies mogelijk te maken.

SMART INDUSTRY CONCEPTEN OP BASIS VAN INTERNET OF THINGS, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, BIG DATA EN ROBOTICA

TNO richt zich op digitalisering van productieprocessen, producten en systemen. TNO combineert gegevensintegratie (big data, artificial intelligence), toevoegen van slimme functies aan producten (sensoren, gebruikersinterfaces, Internet of Things), nieuwe toepassingen van 5G-draadloze netwerken en nieuwe vormen van transacties tussen systemen (Blockchain). Met digitaal gestuurde productieprocessen, zoals 3D printing/additive manufacturing en slimme robots, worden nieuwe mogelijkheden gecreëerd voor hoogwaardige, efficiënte kleinserie- en enkelstuksproductie. TNO ondersteunt het ontstaan van nieuwe businessmodellen van ecosystemen van toeleveranciers die producten samen met original equipment manufacturers (OEM’s) ontwikkelen en fabriceren. OEM’s ontwikkelen zich tot oplossingsleveranciers die producten leasen. TNO besteedt daarom extra aandacht aan netwerken van bestaande mkb’ers en start/scale-up bedrijven die zelf ontwikkelen en in kleine series kosteneffectief produceren en die met deze producten samenhangende diensten verlenen.

KLANTEN & PARTNERS

Onze belangrijkste klanten en partners zijn:

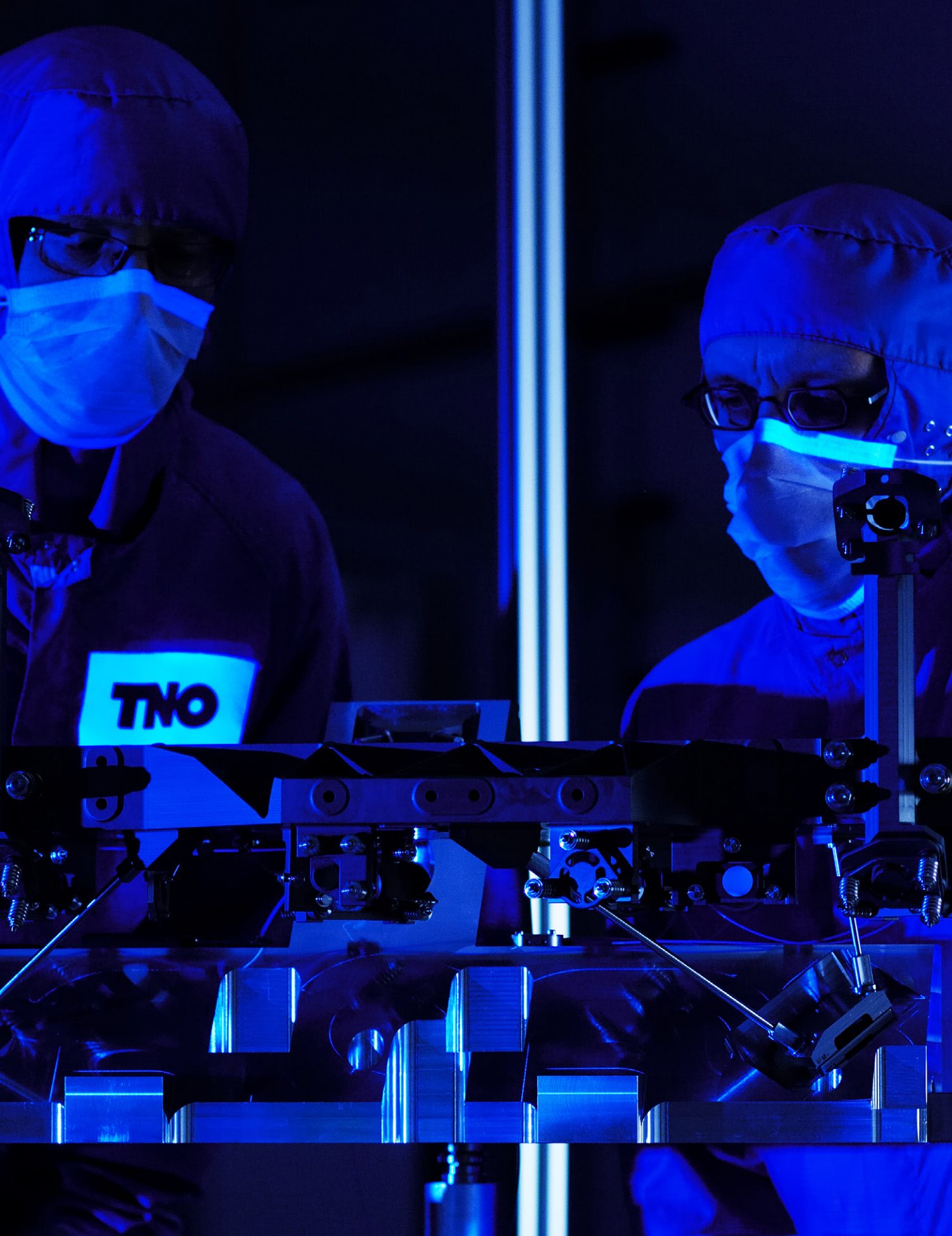
- het bedrijfsleven in de sectoren hightech maakindustrie, ruimtevaart, telecom en chemie, en daaraan gekoppelde topsectoren HTSM, ICT en Chemie
- overheden: de ministeries van EZ, OCW en Defensie en de Europese Commissie met haar research programma’s
- kennisinstellingen: de vier TU’s (Delft, Eindhoven, Twente en Wageningen) en universiteiten, TO2-instituten (NLR, ECN) en buitenlandse organisaties (Fraunhofer, imec, VITO)

TNO zal vooral inzetten op structurele en programmatische samenwerking met deze partners: in fieldlabs, Joint Innovation Centres, (digital) innovation hubs, consortia voor de uitvoering van Europese kaderprogramma projecten en andere publiek-private samenwerkingen. Het is onze overtuiging dat dit, meer dan slechts via losse projecten, dé manier is om de grote innovatie-uitdagingen te lijf te gaan. Bestaande voorbeelden zijn het Holst Centre, Solliance, QuTech, Biorizon, Brightlands Materials Center en AM SYSTEMS Center. We breiden deze aanpak verder uit. We zetten sterk in op regionale samenwerkingsverbanden zoals de 30 fieldlabs van Smart Industry. De meest recente initiatieven zijn gerelateerd aan elektrificatie van de chemie (Voltachem), blockchain technologie (betrouwbare transacties tussen onbekende partijen) en het nieuwe 5G-mobiele netwerk.

Daarnaast ondersteunen we het ministerie van EZ bij de ontwikkeling van industriebeleid en bijhorende instrumenten en onderzoekt TNO samen met het ministerie van OCW hoe de participatie van het Nederlandse bedrijfsleven (met name mkb) in Big Science onderwerpen als ITER en CERN kan worden vergroot.

TECHNOLOGISCHE VERNIEUWING

- **Nanotechnologie:** 3D/Additive manufacturing, nano-metrologie en -patronering, synthese van nanodeeltjes en macromoleculaire zelf-assemblage dragen bij aan de ambitie om producten laag voor laag of zelfs atoom voor atoom op te bouwen, zodat exact de gewenste functionaliteit kan worden verkregen op een industriële wijze. Biologie kennis wordt ingezet voor de ontwikkeling van nieuwe nano-instrumenten.
- **Kwantumtechnologie:** Kwantum-rekenen (snelheid) en kwantumcommunicatie (encryptie) leiden tot grote doorbraken in de beheersing en beveiliging van datastromen.
- **Fotonica:** Asferische, adaptieve en vrije-vorm optiek brengen volledige controle over fotonen en elektromagnetische golven dichterbij, waardoor een steeds hogere resolutie en nauwkeurigheid van sensoren en instrumenten mogelijk wordt.
- **Mediasynchronisatie:** Augmented en Virtual Reality gaan als gevolg van de parallelle ontwikkeling in IoT, Data/AI en embedded systems een belangrijke rol spelen in de ontwikkeling van content en services als remote maintenance. 5G is een belangrijk speerpunt voor de komende periode, zowel de onderliggende technologie als de nieuwe services die mogelijk worden (in bijvoorbeeld automated driving, media en entertainment).
- **Valorisatie van meta-data:** TNO zet blockchain technologie in om veilige en betrouwbare transacties en het delen van data in ecosystemen mogelijk te maken. Nieuwe business modellen gebaseerd op dienstverlening, zoals klimaatgegevens voor steden gebaseerd op satellietdata, worden ontwikkeld.
- **Slimme en groene materialen:** Met onze procestechnologie-kennis ontwikkelen we chemische bouwstenen (aromaten) uit biomassa en afval. Door elektrificatie van chemische processen verduurzamen we chemische productie en converteren we CO_2 naar energiedragers. Additive manufacturing draagt bij aan de ontwikkeling van slimme materialen voor toepassingen in bijvoorbeeld gebouwen en voertuigen.
- **Hybride energiesystemen:** Wij werken aan uiterst dunne-film depositie en -patronering gericht op duurzame energieopwekking en -opslag middels zonnecellen gebaseerd op Perovskiet materiaal, innovatieve batterijen en solar fuels.
- **Robotica:** Robotica draagt samen met sensoren en (optische) meetmethoden bij aan de Smart Industry revolutie. Hierdoor kan in Nederland enkelstuks worden geproduceerd tegen prijs van massaproductie. Dit draagt eraan bij om productie naar Nederland terug te halen.
- **Kunstmatige intelligentie:** De digitalisering van de maakindustrie vraagt, naast slimme sensoren en slimme communicatie, om deep learning technologieën voor de interpretatie van data en zelfsturing van systemen.
- **Inside the human mind:** De mens zal in de toekomst nog meer gaan samenwerken met computers, robots en zelfsturende systemen. Dit vraagt om inzicht in cognitieve en mentale gesteldheid op de werkvloer en de mogelijkheden tot interventie. ■


TNO

GEZOND LEVEN

EEN VITALE, GEZONDE EN PRODUCTIEVE BEVOLKING

SPEERPUNTEN VOOR DE KOMENDE JAREN
- Gezonde en weerbare jeugd
- Duurzame inzetbaarheid van werkenden
- Biomedical Health: innovatieve behandelstrategieën en medicijnontwikkeling
- Health Technology: medische technologie en digital health
- Gepersonaliseerde gezondheidsinterventies

AMBITIE

Ons doel is een vitale, gezonde en productieve bevolking. Voor dit gezonde leven van de toekomst willen we innovaties ontwikkelen aan de hand van vier P's:
- Preventie: voorkomen is beter dan genezen
- Predictie: voorspellen op basis van wetenschappelijk bewezen methoden
- Persoonlijk: advies over leefstijl, gezondheid en interventies op maat
- Participatie: betrokkenheid van individuele burgers en hun leef- en werkomgeving als ook functioneren en meedoen in samenleving en werk.

Onze bijdrage: speerpunten voor de komende jaren
Van jong tot oud vitaal meedoen aan onze samenleving en tegelijkertijd—bij een verouderende bevolking—de gezondheidszorg betaalbaar en op een kwalitatief hoog peil houden zijn de grote uitdagingen voor de komende jaren. De overheid legt de verantwoordelijkheid voor gezond leven en participeren in de samenleving steeds meer bij de burger zelf. De burger wil in toenemende mate ook zelf bepalen wat goed voor hem of haar is. Gemeenten hebben nieuwe taken gekregen. Bedrijven springen op deze ontwikkeling in met nieuwe gezondheidsdiensten.
TNO ondersteunt zowel de publieke als de private sector met technologische en sociale innovaties om gezond leven en werken te bevorderen. Daarmee sluit TNO ook expliciet aan op de kennis- en innovatie-agenda van topsector LSH en de strategische kennisagenda 2018-2019 van SZW.

GEZONDE EN WEERBARE JEUGD

TNO ontwikkelt nieuwe en effectieve aanpakken om kinderen niet alleen gezond maar ook mentaal weerbaar te maken. Zowel gericht op de kinderen zelf als op hun omgeving: opvoeders, school, wijk, gemeentelijke ondersteuning. In de komende jaren wil TNO een gezonde start in de eerste duizend dagen voor alle burgers mogelijk maken. We werken intensief samen met partners uit de jeugdgezondheidszorg en het jeugdbeleid.

DUURZAME INZETBAARHEID VAN WERKENDEN

In de komende jaren ontwikkelt TNO interventies en instrumenten voor zowel werkgevers als werknemers om zich daarmee voor te bereiden op de 'taken van de toekomst' en het daarvoor vereiste vakmanschap. TNO onderzoekt de gevolgen van verdergaande digitalisering en laat zien hoe samenwerking tussen mens en robot nieuwe kansen op duurzame inzetbaarheid en participatie van iedereen biedt. Voor veilig en gezond werken ontwikkelen we onder meer sensoren die blootstelling aan schadelijke stoffen kunnen meten en ontwikkelen we het exposoom. Dat maakt maatoplossingen en betere beheersing door direct ingrijpen in risicovolle situaties mogelijk. Dit speerpunt sluit aan bij de onderwerpen 'future of work' en 'decent work en duurzame inzetbaarheid' uit de strategische kennisagenda van SZW.

TNO **VERKORT** HET **ONTWIKKELTRAJECT** VAN NIEUWE GENEESMIDDELEN

BIOMEDICAL HEALTH: INNOVATIEVE BEHANDELSTRATEGIEËN EN MEDICIJNONTWIKKELING

Met farmaceutische bedrijven ontwikkelen we methodieken en modellen om effectiviteit van geneesmiddelen beter te kunnen voorspellen. Nieuwe in vitro-technieken zoals 'organ-on-a-chip' maken het mogelijk experimenten te doen met bijvoorbeeld stamcellen buiten het lichaam. Daarmee draagt TNO bij aan het verkorten van de huidige langdurige trajecten voor het ontwikkelen van nieuwe geneesmiddelen en het beperken van experimenten met proefdieren. Ook voorkomen we hiermee dat geneesmiddelen in de eindfase, in clinical trials bij mensen, alsnog niet blijken te werken. Direct meten in de mens is mogelijk met microdoseringen en niet-invasieve sensoren. Daarmee wordt de voorspelbaarheid van de effecten van medicijnen op een patiënt nauwkeuriger en kunnen we bepalen welke therapie voor elk individu het beste is. De recente ontwikkelingen in de systeembiologie maken het mogelijke effecten van ziekteverwekkers en toxische componenten integraler te bestuderen en tegelijkertijd op individueel niveau te behandelen. TNO richt zich daarbij vooral op darmgezondheid en metabole aandoeningen zoals diabetes en de complicaties daarvan.

HEALTH TECHNOLOGY EN DIGITAL HEALTH

Nieuwe technologie zorgt voor een beweging waarbij de consument de regie neemt over zijn of haar gezondheid. De opkomst van wearables, draagbare apparaten met gezondheid apps, zet zich in hoog tempo voort. TNO ontwikkelt bijvoorbeeld de Stresscoach, waarmee tekenen van overbelasting eerder zijn te detecteren en behandelen. Deze ontwikkelingen vragen om zowel technische als op de praktijk gerichte innovaties om bedrijven goed te kunnen ondersteunen. TNO heeft vier gebieden geïdentificeerd die cruciaal zijn om de impact van health technology en digital health te vergroten: gepersonaliseerd ontwerp, valide en betrouwbare predictiemodellen, geavanceerde dataprofilering en het waarborgen van dataprivacy en veiligheid. De focus van TNO ligt op systeemintegratie en het ontwikkelen van op feiten gebaseerde modellen en applicaties.

GEPERSONALISEERDE GEZONDHEIDSINTERVENTIES

Voor de gezondheidszorg in Nederland zijn verdere verbetering van de kwaliteit in combinatie met beheersing van de kosten de belangrijkste uitdagingen in de komende jaren. Om gezondheidsinterventies kwalitatief te verbeteren en effectiever te maken kiest TNO voor geïntegreerde benaderingen, waarbij nieuwe medische kennis, ondersteuning met ICT en techniek en verandering van leefstijl en gedrag van patiënten samen worden gebracht. Nieuwe inzichten vanuit de jeugdgezondheidszorg, de duurzame inzetbaarheid van werknemers, het biomedisch onderzoek en de gezondheidstechnologie worden bij deze benadering gecombineerd ingezet. Dit gebeurt samen met diverse stakeholders in de gezondheidszorg en daarmee samenwerkende partijen (verzekeraars, retail, sportorganisaties, technologiebedrijven, ICT-bedrijven) in multi-stakeholder-projecten, publiek/private partnerships, Joint Innovation Centres en Europese samenwerkingsprogramma's.

KLANTEN & PARTNERS

Onze belangrijkste klanten en partners zijn:

- Het bedrijfsleven: farmaceutische industrie, biotechnologische industrie, health service providers, industriële sectoren met hoge gezondheids- & veiligheidsrisico's, Rotterdam Mainport
- Topsectoren: LSH
- Fondsen: ZonMw, Bill and Melinda Gates Foundation
- Overheden nationaal: ministerie van SZW, ministerie van VWS
- Overheden Europees: Europese Commissie (H2020), EIT Health
- Lokale overheden
- Samenwerkingsverbanden met universiteiten en kennisinstellingen: LUMC, UMCU, UU, VU, WUR, hDMT, CCTR, NWO

De komende jaren werkt TNO aan het op- en uitbouwen van grootschalige samenwerkingsverbanden op de volgende onderwerpen:

- arbeidsmarktvraagstukken rond duurzame inzetbaarheid: flexibilisering, kwalificatieveroudering, technologische innovaties (robotisering, digitalisering)
- de eerste 1.000 dagen van het kind. Hier ligt de basis voor het gezonde leven van de toekomst voor individuen en samenleving
- metaboolsyndroom en diabetes
- producten en diensten op het kruispunt van medische technologie en ICT-/data, zoals glucose-sensor en stresscoach maar ook de duiding van data en algoritmen

TECHNOLOGISCHE VERNIEUWING

- **Kunstmatige intelligentie:** Ontwikkelen en toepassen van technologieën voor deep-learning voor het interpreteren en verkennen van gezondheidsdata en het vervolgens omzetten daarvan in betrouwbare gezondheidsadviezen voor professionals en individuen.
- **Robotica:** industriële exoskeletons zijn een kansrijke innovatie voor human enhancement in het domein van werk en gezondheid, in het bijzonder voor het ondersteunen van de fysieke belastbaarheid.
- **Valorization of (meta-) data:** Identificatie van schadelijke effecten met behulp van een systeembiologische benadering, text mining en netwerkanalyse. Real-time monitoring van risico's (sensoring, omics, effectbeoordeling, toxicologie, blootstelling modellering, dynamische veiligheid) en effectieve gedragsinterventies met behulp van feedback.
- **Inside the human body:** Humane microbiota en effecten van stoffen zoals antibiotica, immuungezondheid en allergieën, ‘organ-on-a-chip’ modellen, de totale uitwendige belasting en effecten daarvan in het lichaam (exposoom).
- **Inside the human mind:** de causale relatie microbioom-fysiologie-cognitie en biomarkers voor cognitieve en mentale gesteldheid - individueel gedrag - effectiviteit interventie.
- **Modelling en predicting integrated social systems:** van belang voor het ontwikkelen van geïntegreerde dashboards (gezondheid van het kind, duurzame inzetbaarheid, Smart Work) en voor regionale innovaties in het sociale domein. Dit laatste vereist een verdere integratie van onze kennis over efficiënte en effectieve overgang (decentralisatie) van de onderling samenhangende domeinen jeugd, participatie en sociale ondersteuning. ■

DEFENSIE & VEILIGHEID

KRACHTIG OPTREDEN IN EEN ONZEKERE WERELD

AMBITIE

Met onze partners realiseren we grensoverschrijdende oplossingen voor de complexe veiligheidsuitdagingen van vandaag én morgen.

ONZE BIJDRAGE: SPEERPUNTEN VOOR DE KOMENDE JAREN

Veiligheid is een basiswaarde in onze samenleving. De geopolitieke veiligheidssituatie is echter onzeker geworden. Aan de buitengrenzen van Europa loopt de druk op en tegelijkertijd is de samenhang binnen die grenzen opeens een stuk minder vanzelfsprekend. Grote vluchtelingenstromen, nietsontziend internationaal terrorisme, massieve propaganda, interstatelijke cyberaanvallen, dodelijke aanslagen in onze eigen hoofdsteden, als multinationals opererende criminele organisaties; de schaal en vorm van deze bedreigingen van onze welvaart en welzijn hebben Europa overvallen. Overheden en bedrijven worstelen om deze aanvallen op onze verworvenheden het hoofd te bieden. Onze ambitie is om met elkaar, in een ‘gouden ecosysteem’, innovatieve en kosteneffectieve oplossingen te creëren om de dreigingen en risico’s vóór te blijven. Met onze diepe kennis van technologie, mensen en organisaties werken we aan producten en diensten die onze samenleving veerkracht en perspectief bieden. En helpen zo krijgsmacht en veiligheidsorganisaties om zich voortdurend te vernieuwen.

De agenda’s van onze stakeholders en partners wereldwijd leiden tot zes speerpunten in ons onderzoek voor de komende periode.

SPEERPUNTEN VOOR DE KOMENDE JAREN

- Informatie als doelwit en wapen & informatie-intensief optreden
- Onbemande en autonome systemen & mens-machine teaming
- Mens & mindset binnen krijgsmacht en veiligheidsorganisaties
- Moderne slagkracht, escalatiedominantie & bescherming
- Weerbaarheid tegen grootschalige maatschappelijke ontwrichting
- Kansen en bedreigingen door nieuwe technologische ontwikkelingen

ONZE AMBITIE: MET ONZE PARTNERS REALISEREN WE GRENSOVERSCHRIJDENDE **OPLOSSINGEN VOOR** DE **COMPLEXE VEILIGHEIDSUITDAGINGEN** VAN VANDAAG ÉN MORGEN

- Informatietechnologie, van big data tot cyber, is tegenwoordig een bepalende factor. Naast informatiegestuurd optreden, command & control en (digitale) opsporing en handhaving werkt TNO zowel aan bescherming van eigen informatie als aan offensieve cyber ter verstoring van informatieprocessen van anderen.
- Voor autonome systemen en kunstmatige intelligentie ligt een veelheid van toepassingen in het verschiet. TNO richt zich onder meer op zwermen van robots en op de cruciale interactie van mensen en autonome systemen.
- Juist tussen al het technologische geweld blijft de rol van de mens wezenlijk: zijn wendbaarheid en weerbaarheid, zijn presteren onder extreme omstandigheden, zijn beoordelingsvermogen, zijn manier van samenwerken en zijn opleiding en training zijn een specialiteit van TNO.
- In laatste instantie vraagt militair optreden om slagkracht. Ons werk aan onder meer schaalbare, instelbare munitie en aan nieuwe energiewapens biedt wapeninzet op maat en helpt tegelijkertijd burgerslachtoffers zoveel mogelijk voorkomen. TNO-technologie helpt ook om soldaten (maar bijvoorbeeld ook politiemensen) optimale bescherming te bieden.
- De toenemende verwevenheid door digitalisering en globalisering maakt onze samenleving kwetsbaar. TNO combineert kennis van mogelijke dreigingen, van technologische, organisatorische en maatschappelijke samenhangen, en van de potentiële impact van verstoringen. Langs die weg helpen wij onze vitale infrastructuur te beschermen en bijvoorbeeld hybride dreigingen tegen te gaan.
- Al met al zijn de mogelijkheden van nieuwe technologie legio. Dat maakt het des te belangrijker om de kansen en bedreigingen verbonden aan ontwikkelingen in bio- en nanotechnologie, in informatietechnologie en robotica zorgvuldig in kaart te brengen. Mede aan de hand daarvan bepalen wij en onze stakeholders de toekomstige koers.

Innovatie is voor TNO niet alleen technologische innovatie, maar ook sociale en culturele innovatie. De kennis van TNO vindt toepassing bij verwerving van materieel, in nieuw optreden, een effectiever organisatie, en grotere menselijke prestaties. Of het nu gaat om de introductie van een nieuw vliegtuig, de vervanging van marineschepen, invoering van nieuwe interoperabele landsystemen of informatie-gestuurd optreden van de politie, op al deze terreinen staan wij klaar voor onze stakeholders.

KLANTEN & PARTNERS

We werken voor en met opdrachtgevers en samen met partners. De belangrijkste zijn:

- Nederlandse overheid, met name de ministeries van Defensie en Veiligheid en Justitie
- Nationale en internationale defensie- en veiligheidsindustrie
- Buitenlandse overheden en internationale organisaties
- Kennisinstellingen, overheidslaboratoria en universiteiten
- Publiek-private samenwerkingsverbanden.

De agenda's en ambities van onze stakeholders zijn voor TNO leidend. De bijzondere strategische relatie met het ministerie van Defensie en de bestuurlijke aansturing van het defensiedeel van TNO door de Raad voor het Defensie Onderzoek (RDO) zijn vastgelegd in de TNO-wet. Vanwege het belang van de defensiekennisbasis voor de nationale veiligheid houdt TNO voor Defensie een brede kennisinfrastructuur met expertise, capaciteit en faciliteiten in stand. Het defensiedeel vormt een integraal onderdeel van TNO, maar heeft een eigen begrotings- en verantwoordingssystematiek. Tegelijkertijd staan we in open verbinding met de buitenwereld en doen we veel werk in het grotere defensie- en veiligheidsdomein. De kennisuitwisseling die dit oplevert verbreedt en verdiept de kennisbasis en houdt haar voor Defensie betaalbaar. In de komende periode bouwen we op specifieke terreinen onze relatie als kennis- en innovatiepartner voor Veiligheid en Justitie, de Politie en andere uitvoerende veiligheidsorganisaties verder uit. Onze ambitie is om in de hele veiligheidsketen door inzet van technologie en innovatie de rechtsstaat te helpen waarmaken. Ook met de ministeries van Buitenlandse Zaken en Economische Zaken zoeken we de samenwerking, vaak in interdepartementaal verband.

De internationale component van ons werk vormt een wezenlijke multiplier op de nationale agenda en wordt de komende jaren nog belangrijker. De intergouvernementele samenwerking met de VS, Canada, Duitsland, het Verenigd Koninkrijk, Noorwegen en Zweden en in de onderzoekspanels van de NAVO wordt geïntensiveerd. Binnen de EU werken we aan de grand challenge van een veilige samenleving en streven we een rol na bij het Europese Defensie Agentschap EDA en in de komende Preparatory Action on Defence Research. In het negende EU Kaderprogramma moet uit deze laatste een nieuw Europees defensieonderzoeksprogramma voortkomen met als doel gezamenlijk te investeren in het dichten van 'capability gaps'. Ter versterking van onze maatschappelijke en wettelijke taak gaan we ook partnerschappen aan met bedrijven in binnen- en buitenland. In de branch office in Singapore ontplooien we activiteiten die een multiplier moeten creëren voor lokale én Nederlandse agenda's.

Onze kennisopbouw en innovatie zijn gestoeld op nauwe samenwerking met partners in het ecosysteem. Binnen de defensie- en veiligheidskennisinfrastructuur versterken we de komende jaren de samenwerking met TO2-instituten NLR en MARIN, evenals met de Nederlandse Defensie Academie, de Politieacademie en andere. We blijven opereren in de topsectoren en binnen het veiligheidsecosysteem van de Hague Security Delta. De relaties met sterke kennispartners in de genoemde preferente landen worden door ons verder uitgebouwd. In het veranderende innovatiesysteem leggen we toenemende nadruk op joint, shared en open innovatie, die ook het bedrijfsleven omvat. Platform Nederland Radarland vormt een goed voorbeeld. Het JIC Aeolus voor menselijk presteren onder extreme omstandigheden krijgt gezelschap van JIC Cyberworks als sterk ecosysteem op cybergebied in de regio Den Haag. Fieldlabs en kenniscentra op gebieden als real time intelligence en hybrid warfare verbeteren onze aansluiting op het defensie- en veiligheidsdomein verder.

TECHNOLOGISCHE VERNIEUWING

De snelle veranderingen in de buitenwereld vragen van TNO een voortdurend actualiseren van de kennisportfolio en verkennen van nieuwe toepassingsgebieden. Hoogwaardige onderzoeksfaciliteiten zijn onderdeel daarvan. Onze excellente kennispositie op terreinen als operations research, organisational sciences, individuele en teamprestaties, radar, sonar, dataprocessing en bescherming tegen ballistische en CBRN-dreigingen houden we alleen door voortdurende vernieuwing in stand. Zich snel ontwikkelende thema's als informatietechnologie en informatieoperaties, offensieve en defensie cyber, autonome systemen, en technologie voor precisie- en energiewapens vereisen substantiële investeringen. En om ook straks het verschil te kunnen blijven maken exploreert TNO toekomstige veiligheidstoepassingen van nano- en kwantumtechnologie, informatietechnologie, robotica, bio- en neurotechnologie, gedrag en cognitie, en maakt daarbij mede gebruik van kennis van elders in TNO.

Bij deze laatste onderwerpen ligt onze focus op specifieke deelgebieden, zoals kwantumcryptologie en kwantumsensoren (bijvoorbeeld kwantumradar) voor militaire doeleinden, nano- en metamaterialen voor bescherming en signatuurcorrectie, of groene energetische materialen. Ook 3D-printmogelijkheden voor al deze materialen vallen daaronder. Kunstmatige intelligentie met zelfverklarende analysetools en inzicht in onzekerheden moet helpen bij analyse van heterogene big data in het militaire domein. Kunstmatige intelligentie is bovendien een cruciale succesfactor voor ons werk aan geavanceerde autonome systemen, waarbij de interactie van deze laatste met elkaar en met mensen een belangwekkend deelgebied vormt. Synthetische biologie houdt behalve kansen ook bedreigingen in; naast inzicht in de dreiging die van gemodificeerde levensvormen uitgaat kan ook het vermogen om deze te detecteren en identificeren letterlijk van levensbelang blijken. Bio- en neurotechnologie bieden intussen ook uitzicht op versterking van cognitieve en mentale vermogens (human enhancement). Cognitie en gedrag zijn in bredere zin een belangrijk focusgebied, dat bovendien doorwerkt in het modelleren en voorspellen van sociale systemen. Onder meer in de context van hybrid warfare gaat onze aandacht daarbij uit naar onderwerpen als opponent modelling, psy-ops en info-ops, en de respons op social engineering.

De herijking van het defensiekennisportfolio, in 2016 door Defensie en haar kennispartners uitgevoerd, zal aan de strategie richting geven (een en ander afhankelijk van de extra middelen die in de nieuwe kabinetsperiode voor kennisopbouw beschikbaar komen). ■

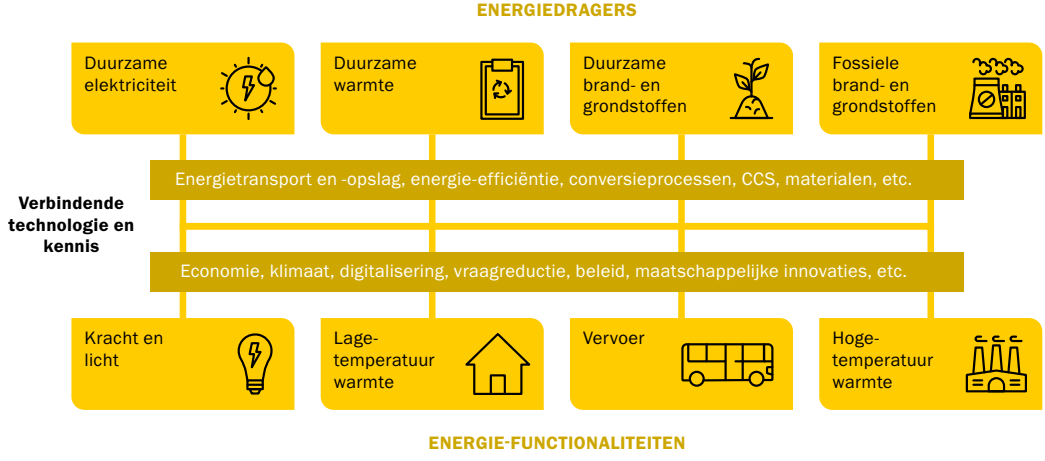
ENERGIE

De ambitie van de unit ECN part of TNO[1] is om samen met kennisinstellingen, bedrijven en de overheid de energietransitie te versnellen zodat Nederland in 2050 een energiehuishouding zonder CO_2-emissies heeft. De energietransitie biedt het Nederlands bedrijfsleven ook de kans om voorop te lopen en hun innovatieve producten te exporteren en zo wereldwijd bij te dragen aan de energietransitie.

Om de klimaatdoelstellingen van Parijs te halen is het nodig de energietransitie te versnellen. De uitdaging is om de CO_2-emissies te laten dalen door duurzame energie versneld in te faseren en fossiele energie soepel uit te faseren, terwijl de energievoorziening veilig, beschikbaar en betaalbaar blijft. Tevens is energiebesparing een belangrijk middel. De energietransitie vereist grote technische en maatschappelijke omwentelingen in alle sectoren van de economie, bij overheden en bij burgers.

Voor de transitie naar een energiehuishouding zonder CO_2-emissies zijn technische, sociale en beleidsinnovaties nodig. ECN en TNO bundelen hun energieonderzoek op dit vlak om een Europese topspeler te worden die deze kennis en technologie ontwikkelt en toepast. Dit doen we door samen met het Nederlandse bedrijfsleven, onderzoeksinstellingen en de overheid de uitdaging aan te gaan om de energietransitie te realiseren.

De unit ECN part of TNO heeft een tweeledige missie: de energietransitie versnellen en de concurrentiepositie van Nederland versterken. De unit ECN part of TNO verricht onafhankelijk en internationaal toonaangevend onderzoek en we staan voor een agenderende, initiërende en ondersteunende rol voor overheid, bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties.



1. In 2018 wordt een krachtenbundeling tot stand gebracht tussen de duurzame energieactiviteiten van Stichting ECN en TNO onder de werknaam ECN part of TNO.

ONZE BIJDRAGE: ACHT ROADMAPS

Nieuwe CO_2-arme manieren van energieopwekking stellen nieuwe eisen aan transport, opslag en gebruik van energie. Andersom zullen veranderingen in energiegebruik grote invloed hebben op de energievraag. Denk bijvoorbeeld aan de overschakeling op elektrisch rijden. De figuur op de vorige pagina illustreert het speelveld van de energietransitie, waarin energiedragers zijn verbonden met energiefunctionaliteiten.

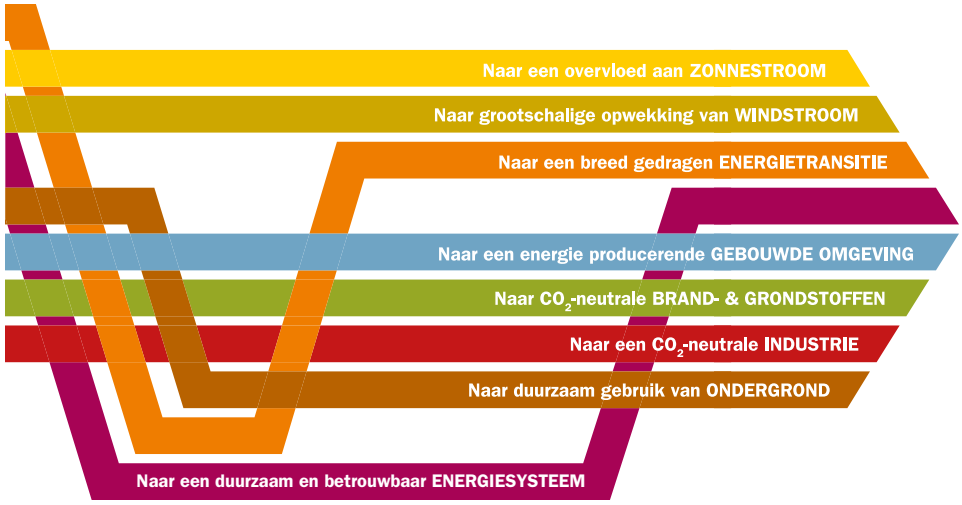
De energiefunctionaliteiten, zoals gehanteerd in de Energieagenda van de Nederlandse overheid, vormen de basis. De functionaliteiten worden van energie voorzien door verschillende energiedragers. Zo bedient duurzame elektriciteit de functionaliteit Kracht & Licht, maar ook Vervoer, Lage-temperatuur Warmte en Hoge-temperatuur Warmte kunnen door duurzame elektriciteit van energie worden voorzien. Om de koppeling tussen energiedrager en energiefunctionaliteit te maken is technologie nodig, bijvoorbeeld voor transport, conversie en opslag van energie. Daarnaast zijn innovaties nodig op het gebied van bijvoorbeeld economie, gedrag en beleid om de energietransitie tot een succes te maken.

De unit ECN part of TNO heeft een set van **acht samenhangende roadmaps** (meerjarige onderzoeks-programma's) geformuleerd. Vijf roadmaps richten zich op een bepaalde energiefunctionaliteit en drie roadmaps zijn juist verbindend tussen de verschillende energiefunctionaliteiten. De figuur op de volgende pagina toont de acht roadmaps, waarbij de drie verbindende de andere roadmaps doorsnijden. Hiermee heeft de unit ECN part of TNO een portfolio dat een breed gebied bestrijkt. Binnen de roadmaps kiest de unit ECN part of TNO een beperkt aantal inhoudelijke speerpunten waarop we een internationaal onderscheidende positie nastreven en waaraan een groot belang voor de Nederlandse economie is verbonden.

1. Naar een overvloed aan ZONNESTROOM
Zonne-energie (PV) is hard op weg om één van de goedkoopste en breedst toegepaste vormen van energieopwekking te worden. De unit ECN part of TNO draagt hieraan bij door nieuwe zonnecel-technologie te ontwikkelen die hoge rendementen koppelt aan lage kosten. Daarnaast werkt de unit ECN part of TNO aan het nog breder toepasbaar maken van zonnepanelen, bijvoorbeeld door integratie van zonnestroomtechnologie in bouwdelen en in infrastructuur en door het ontwikkelen van energieopslagtechnologie. Dat doen we samen met het Nederlandse bedrijfsleven. De technologie om zonnecellen en zonnepanelen te produceren is een belangrijk exportproduct van Nederland.

2. Naar grootschalige opwekking van WINDSTROOM
Voor Nederland is windenergie, en vooral windenergie op zee, één van de belangrijkste vormen van duurzame elektriciteitsproductie. De unit ECN part of TNO ontwikkelt kennis die het mogelijk maakt dat offshore windparken op korte termijn tegen concurrerende tarieven stroom produceren zonder subsidie. Een van de belangrijkste manieren om de kosten van offshore windenergie te laten dalen is de ontwikkeling van grotere turbines. De unit ECN part of TNO ontwikkelt hiervoor nieuwe kennis: van de verankering op de zeebodem tot de aerodynamica van het windturbineblad en van het onderhoud van de turbines tot de aansluiting op het elektriciteitsnet. Deze basiskennis wordt door de overheid gebruikt voor het maken van beleid en door bedrijven voor de ontwikkeling van hun producten en diensten. Nederlandse bedrijven zijn wereldspelers op het gebied van de constructie van windparken op zee. De unit ECN part of TNO heeft unieke onderzoeksfaciliteiten, zoals de mogelijkheid om een breed scala aan prototypes van windturbines te testen, waar veel grote fabrikanten gebruik van maken.

3. Naar een breed gedragen ENERGIETRANSITIE
Om de transitie naar een energiehuishouding zonder CO_2-emissies voor elkaar te krijgen zijn veranderingen in de economie, in businessmodellen, in wetgeving en in gedrag van consumenten noodzakelijk. De unit ECN part of TNO ontwikkelt kennis op het gebied van maatschappij- en gedragswetenschappen in nauwe samenwerking met de andere roadmaps. De nieuwe unit ECN part of TNO heeft diepe kennis over de gehele breedte van het energiesysteem. Die kennis gebruiken we om goed onderbouwde visies op onderdelen van de energiehuishouding op te stellen die bijdragen aan het publieke debat. De unit ECN part of TNO ondersteunt overheden op alle niveaus bij de energietransitie. Daarnaast zijn ook brancheverenigingen, maatschappelijke organisaties en bedrijven afnemers van de kennis.



Acht roadmaps van ECN part of TNO

4. Naar een energie producerende GEBOUWDE OMGEVING

Woningen en kantoren gebruiken veel energie, onder andere voor verwarmen en koelen. Nederland heeft de ambitie om het gebruik van aardgas in de gebouwde omgeving te vervangen door duurzame alternatieven. Energiebesparing door renovatie van gebouwen, door slimme technologie én door gedragsverandering van de bewoners is de eerste stap in verduurzaming van de gebouwde omgeving. Daarnaast moet het aanbod van warmte verduurzaamd worden. Dat kan door middel van elektrische warmtepompen en geothermie. Samen met bouwexperts vanuit andere delen van TNO ontwikkelt de unit ECN part of TNO technologie zoals warmtepompen en innovaties voor warmte- en koudeopslag en warmtenetten. Ook ontwikkelt de unit ECN part of TNO kennis om gebouwen energieproducerend te maken, door slimme integratie van bijvoorbeeld zonne-energie in bouwdelen. De bouwsector is hierbij een natuurlijke partner, evenals bedrijven die apparaten en bouwdelen produceren en die in Nederland en het buitenland verkopen.

5. Naar CO_2-neutrale BRAND- EN GRONDSTOFFEN

Voor verregaande reductie van CO_2-uitstoot is een grote transitie nodig in de vervoersector waar op aardolie gebaseerde brandstoffen nu dominant zijn. Voor personenvervoer is elektrisch rijden een belangrijke optie. Voor zwaar vrachtvervoer, scheepvaart en luchtvaart zullen de komende decennia CO_2-neutrale vloeibare brandstoffen nodig zijn. De unit ECN part of TNO ontwikkelt technologie voor brandstofproductie op basis van biomassa en op basis van elektriciteit (power-to-fuels). De productie van brandstoffen hangt nauw samen met de productie van duurzame grondstoffen voor de chemische industrie. Verduurzaming van de petrochemische industrie is voor Nederland een belangrijke uitdaging, want de sector is één van de pijlers van de Nederlandse economie.

6. Naar een CO_2-neutrale INDUSTRIE

De industrie gebruikt hoge-temperatuur warmte voor haar productieprocessen. Bij het opwekken daarvan komt veel CO_2 vrij. De unit ECN part of TNO ontwikkelt oplossingen om de hoge-temperatuur warmtevoorziening te verduurzamen, zoals warmtepompen, groen gas en ultra-diepe geothermie. Daarnaast werken we aan energiebesparing en nieuwe productieprocessen die veel minder CO_2 uitstoten. Bijvoorbeeld door gebruik te maken van duurzaam opgewekte elektriciteit en duurzame grondstoffen. Tenslotte ontwikkelt de unit ECN part of TNO voor verschillende industriële processen kennis voor het afvangen en opslaan van CO_2. Er wordt nauw samengewerkt met de energie-intensieve industrie, zoals de staalindustrie, de chemie, de voedingsmiddelenindustrie en met de apparatenbouw.

7. Naar duurzaam gebruik van de ONDERGROND

Kennis van de ondergrond speelt een belangrijke rol in de Nederlandse energievoorziening. In de functie als Geologische Dienst Nederland (GDN) wordt het natuurlijk kapitaal in de ondergrond zoals energie, grondwater, bouwgrondstoffen en ondergrondse opslagruimtes in kaart gebracht. De GDN speelt daarnaast een onmisbare rol bij het adviseren en informeren over het veilig winnen van gas, het afsluiten en hergebruik van bestaande putten en het ontsluiten van geothermie als bron voor duurzame warmte. De

GDN biedt ook inzicht in natuurlijke risico's die zich in ons laaggelegen land vaak manifesteren als een waterprobleem; denk bijvoorbeeld aan bodemdaling en slappe grond.

8. Naar een duurzaam en betrouwbaar ENERGIESYSTEEM

Onder andere door de snelle toename van zonne- en windenergie is de aanbodkant van het energiesysteem sterk aan het veranderen. Om de energielevering veilig, betrouwbaar en betaalbaar te houden is op korte termijn nieuwe kennis en technologie nodig op het gebied van transport en opslag van energie. Daarnaast raakt het energiesysteem steeds meer verknoopt; elektriciteit kan bijvoorbeeld worden omgezet in warmte en waterstof en gebruikt worden voor de productie van grondstoffen. Het is van groot belang dat systeemkeuzes toekomstbestendig zijn. De unit ECN part of TNO biedt hulp bij de afweging voor keuzes bij de integratie van duurzame energiesystemen, onderzoekt flexibilisering van energieopwekking en -gebruik en ontwikkelt technologie op het gebied van conversie en opslag van energie.

KLANTEN EN PARTNERS

De unit ECN part of TNO kan haar bijdrage aan het versnellen van de energietransitie enkel waarmaken wanneer het intensief samenwerkt met zowel het fundamentele onderzoek, het bedrijfsleven en de overheid. De unit ECN part of TNO zal nauw samenwerken met bedrijven gericht op zowel de opwekking, distributie als het gebruik van energie. We zijn sterk verankerd in de maakindustrie, de energie-intensieve industrie en de offshore industrie. Consultancybedrijven en adviesbureaus zijn voor de unit ECN part of TNO belangrijke partners om kennis beschikbaar te maken voor de markt. Daarnaast delen we onze kennis met veel verschillende overheden: van gemeentes, provincies en ministeries tot en met multinationale organisaties als de VN en de EU. Met diverse binnen- en buitenlandse kennisinstellingen wordt intensief samengewerkt in projecten. Hiermee maakt de unit ECN part of TNO optimaal gebruik van kennis die elders is opgebouwd. Via deeltijdaanstellingen heeft de unit ECN part of TNO structurele samenwerkingen met de TU Delft, TU Eindhoven, Universiteit Utrecht, Rijksuniversiteit Groningen, de Hanze hogeschool, de Universiteit van Amsterdam en NWO-instituut AMOLF. Belangrijke buitenlandse partners zijn Fraunhofer en Helmholtz in Duitsland, SINTEF in Noorwegen, DTU in Denemarken, NREL in de VS en IMEC in België.

De Topsector Energie, die bedrijfsleven, kennisinstellingen en de overheid verenigt, is voor ECN een prominente stakeholder. In publiek-private samenwerkingsprojecten vanuit de topsectoren ontwikkelen we innovaties met veel bedrijven—waaronder het MKB—en kennisinstellingen. Tevens is de unit ECN part of TNO samen met bedrijven en overheid binnen de Topsector betrokken bij het opstellen van de Nationale onderzoeksagenda voor de energietransitie.

In de komende jaren is het doel om de samenwerking met bedrijven, universiteiten en NWO structureel te versterken door langjarige, missiegedreven onderzoeks-en innovatieprogramma's op te zetten. Op het gebied van dunne-film zonne-energie zijn reeds goede ervaringen opgedaan in Solliance, waarin naast een aantal grote bedrijven en universiteiten ook buitenlandse kennisinstellingen participeren.

Tenslotte is een belangrijk doel om in deze strategieperiode het energieonderzoek sterker te verankeren binnen TNO. Daarvoor zal de unit ECN part of TNO op de interfaces met andere onderdelen van TNO, op gebied van bouw, industrie, mobiliteit en circulaire economie, bestaande gezamenlijke innovatieprogramma's uitbouwen en nieuwe opzetten.

TECHNOLOGISCHE EN MAATSCHAPPELIJKE VERNIEUWING

De unit ECN part of TNO gaat als onderdeel van TNO in deze strategieperiode een groot aantal technologieën en kennisgebieden een stap verder brengen richting daadwerkelijke impact op de energietransitie en de economie. Hieronder een aantal vernieuwingen die

DE **UNIT ECN PART OF TNO** GAAT EEN GROOT AANTAL TECHNOLOGIEËN EN KENNISGEBIEDEN VERDER BRENGEN RICHTING **IMPACT OP ENERGIETRANSITIE**

in deze strategieperiode prioriteit krijgen en waarop de unit ECN part of TNO een internationaal leidende positie nastreeft:

► Tandem zonnecellen
Rendementen van 30% worden mogelijk door twee type zonnecellen te combineren tot een nieuwe zonnecel. De unit ECN part of TNO ontwikkelt technologie om kristallijn silicium bodemcellen te combineren met dunne lagen van Perovskiet-zonnecellen als topcel. Hiervoor worden zeer geavanceerde depositietechnieken ontwikkeld.

► Windturbines groter dan 15 MW
Voor offshore windparken geldt dat grotere windturbines nodig zijn om de kosten nog verder te laten dalen. De bladen van turbines met een vermogen van meer dan 15 MW zijn zo groot dat er compleet nieuwe aerodynamische modellen nodig zijn voor het ontwerp. Grotere turbines hebben ook lichtere materialen en sterkere verankering op de zeebodem nodig.

► Zeewier als basis voor brand- en grondstoffen
Zeewier groeit zeer snel, de teelt concurreert niet met schaarse landbouwgrond en zeewier heeft een hoog gehalte aan suikers. Dit maakt het tot een ideale bron voor biobrandstoffen en grondstoffen voor de chemische industrie. De unit ECN part of TNO ontwikkelt nieuwe technologie om zeewier efficiënt om te zetten in brandstoffen en andere waardevolle grondstoffen.

► Sociale innovaties
De rol van burgers in de energiehuishouding is sterk aan het veranderen: van louter energieconsument worden ze steeds vaker ook energieproducent. Dat vraagt ook een andere benadering van de overheid en energiebedrijven. De unit ECN part of TNO ontwikkelt kennis van het gedrag van burgers op energiegebied en ontwikkelt scenario's om de nieuwe rol van 'energie-prosumenten' in goede banen te leiden.

► Warmtepompen
Zowel in gebouwen als in de industrie is behoefte aan nieuwe manieren om te verwarmen. De unit ECN part of TNO ontwikkelt thermo-akoestische en magneto-calorische warmtepompen die onbruikbare restwarmte kunnen opwaarderen naar een temperatuurniveau waarmee het bruikbaar wordt in de industrie. Ook doen we onderzoek naar het omzetten van elektriciteit naar warmte met zeer hoge efficiëntie.

► Informatietechnologie en regelgeving
De energiehuishouding zal complexer worden, bijvoorbeeld omdat zowel het aanbod van duurzame energie als de vraag naar energie in de tijd meer gaat variëren. Dat betekent dat nieuwe IT-instrumenten nodig zijn om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen. De unit ECN part of TNO ontwikkelt kennis om deze complexe uitdaging via regelgeving in goede banen te leiden.

► Elektrochemie om duurzame brand- en grondstoffen te produceren
Duurzame elektriciteit zal steeds meer worden gebruikt in de industrie en voor het maken van duurzame brandstoffen. Samen met bedrijven ontwikkelt de unit ECN part of TNO nieuwe technologie voor waterstofproductie met behulp van elektrolyse en technologie voor directe productie van brandstof op basis van zonlicht.

► Ultra-diepe geothermie
Voor verduurzaming van warmte in de industrie is warmte van hoge temperatuur uit de ondergrond een belangrijke optie. Dat vraagt dat dieper geboord wordt dan in Nederland gebruikelijk is, tot wel acht kilometer diep. De unit ECN part of TNO ontwikkelt kennis die het mogelijk maakt om deze nieuwe energiebron veilig en kosteneffectief in te zetten.

► Nieuwe concepten voor energieopslag
Opslag van duurzame energie wordt belangrijk, bijvoorbeeld om levering te garanderen terwijl het aanbod varieert en om verschillen tussen seizoenen te overbruggen. De unit ECN part of TNO doet onderzoek naar nieuwe opslagmaterialen en methoden voor de opslag van zowel warmte als elektriciteit.

► 4D-modelering van de ondergrond
De unit ECN part of TNO ontwikkelt nieuwe monitoringtechnieken, strategieën en computermodellen om fluctuaties in kaart te brengen en het gedrag van de ondergrond beter te begrijpen. Bijvoorbeeld voor het Groningen-veld kan zo sneller worden vastgesteld wat de verwachte seismiciteit en bodemdaling is in verschillende winnings- en mitigatiescenario's. ■

LEEFOMGEVING

INNOVATIES VOOR VITALE STEDELIJKE REGIO'S

AMBITIE

In het domein Leefomgeving draagt TNO bij aan innovaties voor vitale stedelijke regio's. TNO werkt samen met partners aan oplossingen om leefbaarheid, bereikbaarheid en concurrentiekracht van stedelijke regio's te versterken.

ONZE BIJDRAGE: SPEERPUNTEN VOOR DE KOMENDE JAREN

Stedelijke gebieden worden voller, drukker en complexer. Dat belemmert de leefomgevingskwaliteit en concurrentiekracht. Zeker als de economie aantrekt, neemt de druk op de steden toe, denk alleen al aan de toenemende files. Ook mondiale en nationale uitdagingen vertalen zich naar vraagstukken voor de stedelijke omgeving: ruimtelijk-economische ontwikkeling, energietransitie, klimaatverandering, luchtkwaliteit en de noodzaak om resources beter te benutten en een circulaire economie te realiseren.

De rol van steden en regio's wordt steeds belangrijker. Door verdergaande decentralisatie zijn de stad en de regio het niveau waar de oplossing concreet wordt geïmplementeerd.

SPEERPUNTEN VOOR DE KOMENDE JAREN

- Mobiliteit: schaalbare, veilige en grensverleggende toepassing van coöperatieve en zelfrijdende mobiliteit en logistiek
- Infrastructuur & gebouwen: industriële en zelflerende concepten voor bouw en infra
- Leefmilieu: proactieve verbetering van omgevingskwaliteit en grondstofbenutting door doorbraken in de resolutie van monitoring en lokale sturing van milieubelasting (inclusief grondstoffen)
- Systeembenadering: verbeteren stedelijke leefbaarheid en adaptiviteit door systeembenadering

MOBILITEIT

'Mobility as a service', bij autobezit is dit een al jaren opkomende trend, maar ook in de logistiek gaat dit spelen. Daarbij gaat het concept zelforganisatie een steeds belangrijker rol spelen. Het concept van zelforganisatie komt in ultieme vorm terug in automatisch én coöperatief rijden, bij alle modaliteiten en in de infrastructuur. Als eerste belangrijke toepassing werkt TNO aan vrachtwagen-platooning. We verwachten dat dit in 2020 commercieel zal worden toegepast.

INFRASTRUCTUUR & GEBOUWEN

Het doel is integrale eigenschappen van infrastructuur en gebouwen effectiever te kunnen voorspellen. Daarmee wordt de functionaliteit verhoogd, materiaalgebruik en energieverbruik geoptimaliseerd en onderhoudskosten geminimaliseerd (TCO).
TNO heeft bijvoorbeeld in samenwerking met Rijkswaterstaat op de Van Brienenoordbrug hypergevoelige sensoren geïnstalleerd die vroegtijdig scheurtjes registreren. Dit soort systemen wordt verder inzetbaar gemaakt en verfijnd voor betonnen bruggen, snelwegen, spoorwegen, sluizen en gebouwen.
TNO wil de komende jaren de Nederlandse infrastructuur en gebouwen slimmer maken met als doel zo lang mogelijk hoogwaardig, efficiënt en veilig gebruik.

War
Horse

LEEFMILIEU

Ter voorkoming van milieubelasting, en rekening houdend met schaarste, dient het gebruik van grondstoffen te worden verduurzaamd. De komende jaren zet TNO in op het voeden van modellen met nieuwe generaties sensoren, sensornetwerken en data (bestaand en nieuw). Op deze manier kunnen slimmere en betere informatie en services worden geleverd over het handelingsperspectief van belanghebbenden (beleidsmakers, producenten, burgers). Op een hoog detailniveau wordt de invloed van stedelijke gebieden op mondiale vraagstukken gekwantificeerd. Het doel is om een vitale leefomgeving te realiseren waar de ontwikkeling wordt ingezet van globaal meten van schadelijke stoffen en rudimentaire informatie over grondstoffengebruik, naar lokaal meten, sturen en oplossen.

SYSTEEMBENADERING

Bij al deze ontwikkelingen is ICT is van doorslaggevend belang. Modellen, big data, het Internet of Things en sensoriek maken nieuwe oplossingen voor onze leefomgeving mogelijk door vraagstukken in samenhang te bezien en de adaptiviteit te vergroten. De groeiende hoeveelheid data en kennis van onszelf en onze partners ontsluit TNO met haar instrumentarium. De komende periode is erop gericht handvatten (methodologie) te bieden aan alle belanghebbenden: factbased en snel leren. Zo wil TNO ook Nederland op de wereldkaart zetten met toonaangevende concepten voor smart cities.

KLANTEN & PARTNERS

We realiseren onze bijdrage met en voor onze klanten en samen met onze partners. Onze belangrijkste klanten en partners zijn:

- het (inter)nationale bedrijfsleven zoals de bouwsector, bouwmaterialensector, de auto-industrie (inclusief OEM's) en de topsectoren (met name Logistiek, Water en HTSM)
- overheden: de ministeries van Infrastructuur en Milieu en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties en binnen Europa de Europese Commissie (onder meer DG RTD, DG Move, DG Connect)
- regionale samenwerkingsverbanden: de metropoolregio's Rotterdam-Den Haag, Amsterdam en Eindhoven
- kennisinstellingen en planbureaus: KNMI, PBL, KIM, RIVM, ECN en Deltares en de universiteiten van Utrecht, Delft, Eindhoven, Twente en Wageningen.

Onze agenda voor de komende jaren met betrekking tot deze partners is onder meer:

- Met regionale stakeholders wil TNO programmatisch samenwerken aan smart cities. Regiospecifieke uitdagingen vormen hierbij de start
- Met Europese en nationale overheden en de automobielindustrie wil TNO onder meer verdere invulling geven aan de Declaration of Amsterdam: de invoering van coöperatieve en autonome mobiliteit en logistiek in Europa
- Met de Universiteit van Utrecht staat kennis over de leefomgeving en het exposoom centraal op de agenda. Met de TU Delft en de TU Eindhoven wordt gewerkt aan meerjarige kennisontwikkeling en -toepassing in de mobiliteit en de infrastructuur in samenwerkingsverbanden zoals bijvoorbeeld InfraQuest en de Bouwcampus. Daarnaast werkt TNO met KNMI, RIVM en Deltares samen op onderwerpen rond het leefmilieu.

ONZE AMBITIE:
IN HET DOMEIN LEEFOMGEVING DRAGEN WE BIJ AAN **INNOVATIES VOOR VITALE STEDELIJKE REGIO'S**. WE WERKEN MET PARTNERS AAN OPLOSSINGEN OM LEEFBAARHEID, BEREIKBAARHEID EN CONCURRENTIE-KRACHT VAN STEDELIJKE REGIO'S TE VERSTERKEN

TECHNOLOGISCHE VERNIEUWING

- **Kunstmatige intelligentie:** Infrastructuur en gebouwen: automatisering van toetsing op regelgeving en zelf lerende gebouwinstallaties. Mobiliteit: autonome voertuigen en zelforganiserende logistiek.
- **Inside the human mind:** Kennis over effectiviteit van gedragsinterventies en gedragsmodellering voor autonome voertuigen en coöperatieve mobiliteit. In het speerpunt infra en gebouwen zet TNO dit in voor acceptatie van innovatieve klimaatsystemen door bewoners/gebruikers.
- **Inside the human body:** Kennis over het lichaam en de effecten van stoffen in de leefomgeving op dat lichaam (exposoom) wordt ingezet bij monitoring van de leefomgeving en bepalen van interventies om schade te voorkomen.
- **Modelleren en voorspellen van geïntegreerde sociale systemen en slimme megaconstructies:** Integratie van voorspellende modellen en data over het stedelijk systeem om adaptiviteit en handelingsperspectief van steden te vergroten. In mobiliteit voor multi-level energie-optimalisatie en zelforganiserende logistiek en vervoer. In infra en bouw voor zelflerende concepten.
- **Valorisatie van meta-data:** Voor informatie over het leefmilieu en klimaat is generatie, validatie en interpretatie van satellietdata en nieuwe meetnetwerken van belang.
- **Hybride energie systemen:** In de bouw: warmtebatterij, in bouwelementen geïntegreerde zonnecellen en ondergrondse warmteopslag. In de mobiliteit: flexibele brandstoffen.
- **Mediasynchronisatie:** Toekomstig internet 5G voor communicatie in de (autonome en coöperatieve) mobiliteit.
- **Robotica:** In de logistiek zal robotica een steeds grotere rol gaan spelen bij overslag. De kennis op dit gebied wordt ingezet voor autonome voertuigen maar ook in de rest van de keten.

Voor al deze technologieën geldt dat zowel verdere kennisontwikkeling als toepassing van deze kennis en technologie gericht op de hierboven genoemde uitdagingen en de vier speerpunten de komende jaren cruciaal is. ■

SYSTEEM-BENADERING ALS SLEUTEL VOOR LEEFBAARHEID VAN DE STAD

HOOFDSTUK 5

ORGANISATIE & BEDRIJFSVOERING

Voor de bijdrage van TNO als publieke kennisorganisatie aan het Nederlandse innovatielandschap is een slagvaardige en doelmatige organisatie en bedrijfsvoering van groot belang. In de afgelopen jaren heeft TNO haar matrixorganisatie geoptimaliseerd en zijn meerdere doelmatigheidsprogramma's met succes afgerond. In 2017 zal TNO afscheid nemen van de matrix. De nadelen, waaronder een niet in alle gevallen duidelijke toegang voor onze klanten en partners, overlegdruk en het ontbreken van integrale verantwoordelijkheid, wegen niet meer op tegen de voordelen zoals één TNO en een facilitering van multi-domein innovaties. TNO wil toegroeien naar een organisatie waarin mensen zich ten volle kunnen ontplooien en ontwikkelen en waarin maximaal verantwoordelijkheid wordt gegeven en genomen.

De nieuwe TNO-organisatie dient het bereiken van focus, massa en impact te faciliteren en TNO in staat te stellen om duurzaam een positief financieel resultaat te bereiken.

TNO rondt de besluitvorming en implementatie van de nieuwe organisatie nog in 2017 af. Daarnaast wordt de lopende doelmatigheidsoperatie ('Focus'), die vooral is gericht op het beheersen van de integrale kostprijs, tot en met 2018 vervolgd. Daarbij zet TNO extra in op het instrument performance coaching.

Voor de komende jaren hebben we negen prioriteiten voor onze verdere ontwikkeling als impactvolle organisatie gedefinieerd. Een belangrijke bron voor deze prioriteiten wordt gevormd door de bevindingen van recente audits en de evaluaties.

Figuur 5.1 – Prioriteiten TNO 2018–2021

PRIORITEIT 1: VERGROTEN IMPACT

Impact is de maatstaf voor ons succes. Onze impact uit zich op vele terreinen. Zo heeft een onderzoek van de Europese organisatie van toegepast-onderzoeksorganisaties (EARTO) in 2016 aangetoond dat voor elke euro rijksbijdrage besteed aan toegepast-onderzoeksinstellingen (waaronder TNO) 3,8 euro terugvloeit naar de samenleving. Echter, in het algemeen is de bijdrage van onze kennis en innovaties aan het oplossen van grote maatschappelijke vraagstukken moeilijk meetbaar. Vaak volgt de grootschalige toepassing jaren later. Ook is innovatie vaak een optelsom van een groot aantal deelbijdragen, van TNO, maar ook van andere partijen. De komende jaren gebruikt TNO om impact beter kwantitatief inzichtelijk te maken. We doen dit door impact te expliciteren op vier niveaus (zie ook figuur 1.1):

- De concrete bijdrage aan de oplossing van een maatschappelijk vraagstuk
- Realisatie van beleidsvernieuwing bij overheden als opdrachtgever, of verbeterde concurrentiepositie/ financieel resultaat van een onderneming
- De onderliggende inhoudelijke kennis- en innovatiestappen die daarbij zijn gerealiseerd (‘business milestones’)
- De tevredenheid van klanten, partners en auditeurs met de bijdrage van TNO aan het oplossen van hun vraagstukken

Tenslotte gaat TNO door met het regelmatig uitnodigen van doelgroepen om in een open gesprek reflectie te geven op haar functioneren en de kwaliteit van haar producten.

- KPI: in 2021 heeft TNO een systeem ingevoerd om impact kwantitatief inzichtelijk te maken, bij voorkeur ontwikkeld in Europees verband, ook om onderzoeksinstellingen beter onderling te kunnen vergelijken

PRIORITEIT 2: CONTINUE ONTWIKKELING

Om ons kennisportfolio actueel en relevant te houden implementeren we een actief portfoliomanagement. Daar betrekken we ook onze stakeholders bij.
We scannen continu externe ontwikkelingen op het gebied van maatschappelijke uitdagingen, marktvraag en technologie. We ontwikkelen ruimte voor nieuwe onderwerpen door marktrijpe onderwerpen uit te spinnen en die onderwerpen af te bouwen waar bij onze stakeholders geen vraag meer naar is. Van elk onderwerp evalueren we of (de ontwikkeling van) onze toegevoegde waarde structureel voldoende groot is (blijkend uit de omzet en/of impact) en of er voldoende marktvraag ontstaat (blijkend uit de ‘multiplier’[3]).

Onze focus wordt sterker gericht op het ontwikkelen van multidisciplinaire innovaties. De competentie systems engineering wordt daarbij belangrijker en zullen we versterken. Expertisegebieden die te klein zijn en slechts monodisciplinair worden ingezet, worden in beginsel afgebouwd, tenzij voor instandhouding van rijkswege middelen ter beschikking worden gesteld. Door de ons ter beschikking gestelde rijksbijdrage op deze manier gerichter in te zetten streven we ernaar de multiplier licht toe te laten nemen.

- KPI: Portfoliomanagement o.b.v. levenscyclus volledig ingevoerd
- KPI: Multiplier van 2,8 ➔ 3,0[4]

PRIORITEIT 3: FOCUS EN MASSA

We onderscheiden ons door te concentreren op gebieden waar we voldoende gewicht in de schaal kunnen leggen. Groeien waar we sterk in zijn en kunnen excelleren; afbouwen van activiteiten die structureel te weinig toevoegen. Dit vertaalt zich —met als mogelijke uitzondering onze publieke taakrol— in een minimumomvang van de deel-domeinen waarop we actief zijn (roadmaps) en de expertisegebieden die we onderhouden. Ook willen we het aantal kleine, losstaande projecten verminderen zodat de aandacht en inspanning vooral kan gaan naar grotere, multidisciplinaire programma’s met meer impact.

- KPI: Omzet op een roadmap > € 15M
- KPI: Ieder expertisegebied heeft > ca. 10 fte
- KPI: aantal projecten is gehalveerd: halveren van het aantal projecten, verdubbelen van de gemiddelde projectomvang

3. Multiplier: totale omzet gedeeld door de hoeveelheid SMO (Samenwerkingsmiddelen Onderzoek; exclusief ERP-middelen en BTW-compensatie). De multiplier verschilt per gebied op basis van de aard van de onderliggende uitdaging (maatschappelijk vs. economisch), de positie van TNO in de triple helix (bijv. taakrol of niet) en de volwassenheid van een expertisegebied.

4. De hier weergegeven doelstelling is het gemiddelde voor heel TNO.

PRIORITEIT 4: MEER SAMENWERKING

Succesvolle innovaties die leiden tot oplossingen voor maatschappelijke vraagstukken zijn slechts mogelijk door samenwerking. Volgens TNO is publiek-private samenwerking, bijvoorbeeld in JIC's zoals Holst Centre en Solliance, hét concept om innovatie te versnellen. Ons streven is om in de komende jaren nog meer in PPS-verband samen te werken en de bijdragen van bedrijven daaraan te laten groeien. Het aantal JIC's moet van acht in 2016 groeien tot tenminste 15 in 2021. Onder de noemer van 'Orchestrating Innovation' bundelen we onze kennis en expertise bij het opzetten van grootschalige samenwerkingen. TNO streeft naar versterking van de samenwerking met universiteiten, omdat zij belangrijke partners zijn in veel van onze activiteiten, van early research tot technology transfer. Ook met andere toegepast-onderzoeksinstellingen, in binnen- en buitenland, willen we de samenwerking verder vormgeven.

- KPI: Bedrijfsbijdrage in PPS'en van € 36M naar € 40M[5]
- KPI: Aantal JIC's van 8 ➔ 15-20
- KPI: Optimaliseren samenwerking met universiteiten en TO2
- KPI: Strategische overeenkomst met minimaal 1 Europese RTO

PRIORITEIT 5: INTERNATIONALISERING

Als TNO kunnen we de kennisbasis voor Nederland alleen versterken door samen te werken met internationaal toonaangevende kennispartners, bedrijven en overheden. Dat is noodzakelijk om blijvend te kunnen bijdragen aan het welzijn en het concurrentievermogen van Nederland. Kennis die we ontwikkelen voor, of opdoen bij buitenlandse partijen, komt ten goede aan het Nederlandse bedrijfsleven en aan het oplossen van maatschappelijke vraagstukken in Nederland. Gegeven de globalisering van het onderzoek krijgt TNO een steeds internationaler karakter. Dit leidt tot een hoger percentage internationale medewerkers, de transitie naar Engels als voertaal, en een hoger percentage van onze omzet dat van internationale klanten en partners afkomstig is. Afhankelijk van de markt hanteren we verschillende modellen voor het verwerven van onze internationale opdrachten: via eigen business development, lokale agenten of TNO branche offices. Momenteel hebben we branche offices op Aruba, in Qatar en in Singapore. Ons doel is in de komende jaren deze vestigingen duurzaam succesvol te laten zijn.

- KPI: Iedere roadmap heeft 2 van de 10 wereldwijd leidende bedrijven/overheden als klant
- KPI: 25% van de instroom van medewerkers is internationaal
- KPI: In 2021 is Engels de voertaal binnen TNO
- KPI: De internationale omzet stijgt met 2%-punt per jaar

PRIORITEIT 6: VERSTERKEN TECHNOLOGY TRANSFER

TNO zet sterker in op technology transfer om meer economische impact te creëren. Onze doelstelling voor 2021 is dat we ieder jaar vijf tot tien spin-offs naar de markt brengen. We sturen sterker op de valorisatie van onze kennis via licentie-overeenkomsten.
Als maatstaf streven we een groei van de licentie-inkomsten na tot tenminste 2% van onze omzet.
Door de aandelentransactie met First Dutch zijn extra middelen voor deze technology transfer beschikbaar gekomen. We bouwen ons technology transfer programma verder op en intensiveren de samenwerking met investeringsfondsen, universiteiten en regionale ontwikkelingsmaatschappijen. Belangrijke partners op dit vlak zijn naast First Dutch Innovations, Yes!Delft (een minderheidsdeelneming van TNO) en het Innovation Industries Fund. Uiteindelijk moet deze investering revolverend worden door de opbrengsten uit licenties en verkoop van bedrijfsdeelnemingen.

- KPI: 5 – 10 spin offs per jaar
- KPI: Licentie-inkomsten van ca. 0,8% naar tenminste 2,0% van de omzet

PRIORITEIT 7: HUIS VOOR TALENT: GROW IN, GROW OUT

TNO wil een aantrekkelijke werkgever zijn voor toptalent. Getalenteerde TNO'ers vormen het fundament van onze organisatie. We prijzen ons gelukkig vele 'toppers' in huis te hebben. Zij maken in hun vakgebied het verschil en staan garant voor ons succes. Deze 'toppers' treden ook extern op als onze boegbeelden.

De interne doorstroom van medewerkers binnen TNO wordt sterk gestimuleerd, mede om kruisbestuiving van kennis en werkwijzen te bevorderen. Van TNO'ers wordt verwacht dat zij op verschillende terreinen ervaring opdoen. Om dit doel te bereiken willen we werken volgens het principe 'grow in, grow out'. Zolang medewerkers bij TNO werken voegen zij waarde toe aan TNO en omgekeerd TNO ook aan hen: de medewerker

5. Alleen shared research, dus exclusief contract research

levert excellente kennis, TNO faciliteert en ondersteunt de continue ontwikkeling van de medewerker. In dit kader is werken aan perspectief op een volgende stap binnen of buiten TNO een expliciet onderdeel van de ontwikkeling binnen TNO; instrumenten als een arbeidsmarktscan vormen daar een onderdeel van.

De diversiteit in ons personeelsbestand is de afgelopen jaren gegroeid, maar nog niet voldoende. Meer vrouwen en meer internationals zijn expliciete doelstellingen in deze strategieperiode. Door uitdaging in het werk te bieden en moderne arbeidsvoorwaarden willen we tot de top van de (non-profit) R&D-werkgevers in Nederland blijven behoren om zo in Nederland en over de grenzen talent aan te trekken. Collega's die TNO verlaten worden alumni die naar we hopen TNO als een belangrijke stap in hun loopbaan hebben ervaren. Alumni zijn onze beste ambassadeurs. Ter ondersteuning hiervan zetten we een actief alumniprogramma op.

- KPI: TNO staat net zoals nu in de top 5 (non profit) werkgevers van R&D talent in Nederland
- KPI: Grow in, grow out:
  - Doorstroom: verdubbeling interne doorstroom medewerkers
  - Uitstroom: 90% van de medewerkers die uitstromen ziet TNO als een belangrijke loopbaanstap (blijkt uit exit interviews)
- KPI: TNO telt in 2021 40% vrouwen

PRIORITEIT 8: ONDERZOEKSFACILITEITEN VAN WERELDKLASSE

Hoogwaardige onderzoeksfaciliteiten vormen een essentiële bouwsteen voor ons onderzoek. Ons onderzoek kunnen we alleen uitvoeren en onze unieke kennispositie alleen opbouwen en in stand houden, als we gebruik kunnen maken van onderzoeksfaciliteiten van wereldklasse. Daarnaast hebben deze faciliteiten een magneetwerking op (internationaal) talent: toponderzoekers willen dáár werken waar hun onderzoek het beste wordt ondersteund. Excellente faciliteiten zijn daarom van cruciaal belang. Ook onze klanten en partners kiezen mede om de infrastructuur voor TNO.

In de komende jaren willen we ons portfolio van faciliteiten versterken. Dit vereist de nodige investeringsmiddelen, zoals ook door de minister van EZ vermeld in de Strategische Agenda Onderzoeksfaciliteiten TO2 2017-2021. Voor de realisatie van ons deel van de agenda onderzoeken we steeds of en hoe we grote faciliteiten gezamenlijk met partners kunnen aanschaffen en/of exploiteren, om daarmee extra invulling te geven aan samenwerkingsverbanden, innovatie te versnellen en de financiële lasten te delen.

- KPI: Realiseren investeringsagenda
- KPI: Grote onderzoeksfaciliteiten (> € 2M) worden gedeeld met partners

GETALENTEERDE TNO'ERS VORMEN HET **FUNDAMENT** VAN ONZE ORGANISATIE

PRIORITEIT 9: ORGANISATIE & CULTUUR: MARKTGERICHT & ADAPTIEF

Om de effectiviteit en efficiency van de TNO organisatie verder te vergroten is het van groot belang dat we als publieke kennisorganisatie herkenbaar zijn voor onze klanten en partners, effectief en snel kunnen reageren op vragen uit de markt en zodanig flexibel dat we de continue ontwikkeling van ons kennisportfolio kunnen accommoderen. Ook moeten we een omgeving creëren waarin onze medewerkers zich thuis voelen, optimaal tot hun recht komen en tot grote dingen in staat zijn. Om dit te bereiken maken we de transitie van de huidige complexe matrixorganisatie naar een meer marktgerichte organisatievorm. Na deze transitie blijven we onze organisatie en werkwijze verder ontwikkelen en optimaliseren, onder andere via het voortzetten van 'performance coaching', ons programma op het gebied van continue verbetering. Een organisatie die optimaal aansluit bij onze markt, rol en activiteiten is een voorwaarde voor het kunnen realiseren van onze strategie.

- KPI: Onze stakeholders herkennen in 2021 in TNO een meer marktgerichte & flexibele organisatie
- KPI: Resultaat van het medewerkersbetrokkenheidsonderzoek (MBO) duurzaam groter dan 7,0 ■

HOOFDSTUK 6

GEZONDE FINANCIËLE HUISHOUDING

Een positief financieel resultaat is noodzakelijk voor de continuïteit en vitaliteit van onze organisatie.

RIJKSBIJDRAGE

Dit strategisch plan is gebaseerd op het uitgangspunt dat de rijksbijdrage de komende vier jaar minimaal wordt gecontinueerd op het huidige niveau. Echter, samen met onze partners in de kenniscoalitie, pleit TNO voor een extra investering van minimaal één miljard euro om innovatie in Nederland verder te versterken.

MULTIPLIER

Met de rijksbijdrage als basisfinanciering definieert en verwerft TNO onderzoeksopdrachten. Veelal gebeurt dit in samenwerking, waarbij klanten en partners de onderzoeksopdrachten mede financieren. Het is de opdracht van TNO de verkregen rijksbijdrage zo effectief mogelijk in te zetten en een optimale verhouding te creëren tussen de door de overheid verstrekte middelen en de bijdragen uit de markt.

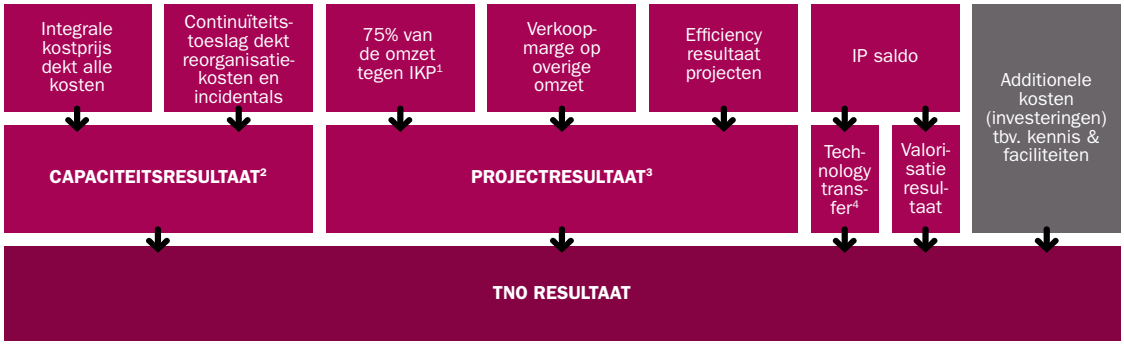
De verhouding tussen deze twee inkomstenbronnen wordt uitgedrukt in de multiplier (zie hoofdstuk 5). Door verbetering van het portfoliomanagement streeft TNO naar een verhoging van de gemiddelde multiplier van 2,8 naar 3,0 in de komende vier jaar. Een te hoge multiplier impliceert een focus op opdrachten die (grotendeels) door de markt zelf kunnen worden gefinancierd.

OMZET

Omzet is geen doel op zichzelf, maar is nodig om de door klanten en partners gewenste basis kennisinfrastructuur in stand te houden en om impact te creëren. Bij een gelijkblijvende rijksbijdrage en een licht stijgende multiplier (o.a. door internationale groei), streeft TNO naar een omzet die zich ontwikkelt van €425M in 2016 tot circa €450M in 2021.

RESULTAAT

In figuur 6.1 is het financieel model van TNO weergegeven.



1 IKP: Integrale kostprijs
2 Capaciteitsresultaat = projectdekking (directe uren * voorcalculatorische kostprijs) -/- bedrijfslasten
3 Projectresultaat = projectfinanciering -/- projectdekking
4 In de komende jaren zal in technology transfer worden geïnvesteerd. Na 2021 moeten de technology transfer activiteiten financieel resultaat opleveren en is voorzien dat de investering revolverend wordt

Figuur 6.1 – Financieel model TNO

Het TNO-resultaat is beperkt ten opzichte van de omzet (~1%). Een positief resultaat is nodig voor een duurzaam gezonde bedrijfsvoering. Een kleine schommeling in de omzet betekent in ons huidige model direct een forse resultaatschommeling. Doelstelling is om langjarig een gemiddeld positief resultaat te behalen van € 5M.

De TNO activiteiten worden voor een belangrijk deel (75%) gefinancierd tegen kostprijs. Dat betekent dat bepaalde kosten niet worden gedekt uit deze financiering, zoals mismatch van capaciteit ten opzichte van het beschikbare werk en reorganisatiekosten als gevolg van portfoliomanagement en volatiliteit van de vraag. In bovenstaand figuur leidt dit tot een negatief capaciteitsresultaat. De door het ministerie van EZ aan TNO toegestane continuïteitstoeslag dekt een deel van eventuele reorganisatiekosten en incidentele lasten. Een zorgvuldig proces van voortdurend portfoliomanagement moet eventuele reorganisatiekosten minimaliseren.

Dit model creëert slechts in beperkte mate financiële ruimte voor vernieuwing. Beperkte investeringen in kennisontwikkeling en onderzoeksfaciliteiten kunnen uit het resultaat worden gefinancierd. Voor grootschalige investeringen biedt dit model echter geen ruimte en zijn aanvullende middelen vanuit de overheid vereist.

RESULTAATSVERBETERING & KPI'S

In de periode tot 2021 streeft TNO ernaar het resultaat te optimaliseren, binnen de grenzen van onze opdracht en ons financieel model. Dit gebeurt ten eerste door het operationeel en financieel management verder aan te scherpen op terreinen als portfoliomanagement, management van operationele performance en het terugdringen van leegstand in vastgoed, ter voorkoming van een negatief capaciteitsresultaat. Ten tweede wordt de verkoopmarge op contract research verhoogd door—waar mogelijk—value based pricing toe te passen. Dit moet leiden tot een hoger projectresultaat (projectopbrengsten groter dan projectkosten). Tenslotte wordt een sterkere nadruk gelegd op het realiseren van inkomsten via het licenseren van het intellectueel eigendom van TNO. Aangezien de kosten van het in stand houden van IP vrij hoog zijn, vergt het de komende jaren inspanning om het 'IP saldo' blijvend boven nul te houden.

De focus op operationele performance moet resulteren in een kostprijsontwikkeling die lager is dan de inflatie, met als doel om elke bestede euro zo optimaal mogelijk in te zetten ten behoeve van het bereiken van impact.

De belangrijkste financiële KPI's voor de komende strategieperiode zijn:
- KPI: Positief netto resultaat van € 5M
- KPI: Kostprijsontwikkeling kleiner dan inflatie

EXTERNE RISICO'S

De belangrijkste externe risico's die we zien voor het realiseren van onze strategie zijn:

1. 'Right to play' TNO. Door de veranderingen in het innovatiesysteem is het van belang dat TNO haar positie helder afbakent, zodat klanten en partners duidelijk weten waarvoor ze bij TNO moeten zijn. Een aantal van de in hoofdstuk 5 genoemde prioriteiten moet bijdragen aan de verdere aanscherping van onze positionering en daarmee ons 'right to play'.
2. Continuering van de rijksbijdrage. Zoals beschreven vormt de rijksbijdrage onze basisfinanciering. We gaan uit van een continuering van deze bijdrage ten minste op het niveau van 2017. Een dergelijke toezegging is echter nog niet gedaan. Na de verkiezingen zal een nieuw kabinet zijn beleid vaststellen ten aanzien van kennis en innovatie. Mocht dit een negatieve aanpassing ten opzichte van het huidige beleid en de huidige financiering tot gevolg hebben, dan kan dit strategisch plan niet worden uitgevoerd.
3. Economische ontwikkeling. De economische ontwikkeling is van sterke invloed op de mate waarin vooral bedrijven opdrachten verlenen aan TNO en participeren in gezamenlijke onderzoeksprojecten. Een goed financieel en operationeel beleid en dynamisch portfoliomanagement moeten bijdragen aan het meebewegen van de organisatie met de marktvraag.
4. Beperkte financiële robuustheid. Het business model van TNO is voor 75% gebaseerd op opdrachten die tegen kostprijs worden verricht. Op het resterende deel van de opdrachten wordt een beperkte marge gemaakt. Dit model is kwetsbaar en biedt weinig buffers om tegenvallers op te vangen. Tegenvallers kunnen bijvoorbeeld het gevolg zijn van leegloop door tegenvallende marktomstandigheden en de beperkte interne uitwisselbaarheid van specialisten tussen werkgebieden.

Anderzijds kunnen tegenvallers voortkomen uit projectrisico's. Deze risico's nemen toe doordat TNO inzet op grotere projecten, doordat projecten steeds vaker in consortiumverband worden uitgevoerd en doordat klanten vaker vragen om een resultaatsverplichting. Ook hier zijn goed financieel en operationeel management de belangrijkste instrumenten om dit risico te beheersen. Daarnaast is het zorgvuldig inzichtelijk maken, afwegen en managen van projectrisico's van belang. Dit gebeurt voor de allergrootste projecten op Raad van Bestuur niveau. ■

DOEL: ELKE BESTEDE EURO ZO OPTIMAAL MOGELIJK INZETTEN TEN BEHOEVE VAN **IMPACT**

BIJLAGE 1

VN	EU	NWA	Topsector	Ministerie
VN 8, VN 9	GSC 6, KET 1, KET 2, KET 4, KET 5, KET 6, LEIT 1, LEIT 2	NWA 18	HTSM	EZ
VN 8, VN 9	GSC 6, LEIT 1	NWA 20, NWA 25	HTSM, ICT	EZ
VN 8, VN 9, VN 12	GSC 2, GSC 5, GSC 6, KET 3, LEIT 3	NWA 3, NWA 12, NWA 23	Chemie, Energie	EZ
VN 8, VN 13, VN 14, VN 15	GSC 5, GSC 6, KET 5, LEIT 5	NWA2, NWA15	HTSM	EZ
VN 8, VN 9, VN 12	GSC 3, GSC 6, KET 1, KET 2, KET 4, KET 5, KET 6, LEIT 1, LEIT 2, LEIT 4	NWA 12, NWA 20	HTSM	EZ
VN 8, VN 9, VN 12	GSC 6, KET 4, KET 5, KET 6, LEIT 1, LEIT 4	NWA 13, NWA 20	HTSM, ICT	EZ
VN 3, VN 10, VN 11	GSC 1	NWA 6, NWA 7, NWA 14	LSH	VWS
VN 3, VN 8, VN 10, VN 11	GSC 1, LEIT 1	NWA 6, NWA 14, NWA 16, NWA 20	HTSM	SZW
VN 3	GSC 1, LEIT 1	NWA 6, NWA 14, NWA 17, NWA 19, NWA 25	LSH	VWS
VN 3	GSC 1, LEIT 1	NWA 6, NWA 16	LSH, HTSM	VWS
VN 3	GSC 1, LEIT 1	NWA 6, NWA 17	LSH, ICT	VWS
VN 16	GSC 7, LEIT 1	NWA 16, NWA 24	ICT	Defensie, V&J
VN 16	GSC 7, LEIT 1	NWA 24	HTSM, ICT	Defensie, V&J
VN 11, VN 16	GSC 7	NWA 24		Defensie, V&J
VN 16	GSC 7, LEIT 1	NWA 24	HTSM, ICT	Defensie, V&J
VN 16	GSC 7, LEIT 1	NWA 16, NWA 24		Defensie, V&J
VN 16	GSC 7, KET 4, LEIT 1	NWA 18	HTSM, ICT	Defensie, V&J
VN 11, VN 13	GSC 4, LEIT 1	NWA 11	Logistiek, HTSM	IenM
VN 9, VN 11, VN 13	GSC 5, LEIT 1	NWA 1, NWA 21	HTSM, Water, Energie	IenM
VN 6, VN 11, VN 12, VN 13	GSC 1, GSC 5	NWA 1, NWA 3, NWA 21	HTSM, Water	IenM, EZ
VN 11	GSC 1, GSC 4	NWA 9, NWA 16, NWA 21	HTSM	IenM

VN: VN 'Sustainable Development Goals', **GSC:** EU 'Grand Societal Challenges', **KET:** EU 'Key Enabling Technologies', **LEIT:** EU 'Leadership in Enabling Industrial Technologies', **NWA:** Routes Nationale Wetenschapsagenda

Voor nummering, zie tabel 3.1

Domein	Speerpunt	Technologische vernieuwing
Industrie	Grotere rekenkracht door nanotechnologie en kwantum computing	Nano- en kwantumtechnologie
	Ontwikkelen 5G met breed spectrum aan gebruiksmogelijkheden	Mediasynchronisatie, Valorisatie meta-data
	Ontwikkelen van hernieuwbare grondstoffen	Slimme en groene materialen
	Fotonica en optica voor waarneming en communicatie in space	Nano- en kwantumtechnologie
	Nieuwe functionele (nano)materialen	Nano- en kwantumtechnologie, Hybride energiesystemen
	Smart industry concepten op basis van Internet of Things, artificial intelligence, big data en robotica	Mediasynchronisatie, Valorisatie meta-data, Kunstmatige intelligentie, Robotica, Inside the human mind
Gezond Leven	Gezonde en weerbare jeugd	Modelleren en voorspellen van geïntegreerde sociale systemen
	Duurzame inzetbaarheid van werkenden	Robotica, Modelleren en voorspellen van geïntegreerde sociale systemen
	Biomedical Health: innovatieve behandelstrategieën en medicijnontwikkeling	Inside the human body, Inside the human mind
	Health technology: medische technologie en digital health	Mediasynchronisatie, Neurotech | MediTech
	Gepersonaliseerde gezondheidsinterventies	Kunstmatige intelligentie, Valorisatie meta-data, Inside the human mind
Defensie & Veiligheid	Informatie als doelwit en wapen & informatie-intensief optreden	Kunstmatige intelligentie, Nano- en kwantumtechnologie
	Onbemande en autonome systemen & mens-machine teaming	Kunstmatige intelligentie, Robotica
	Mens & mindset binnen krijgsmacht en veiligheidsorganisaties	Inside the human mind, Inside the human body
	Moderne slagkracht, escalatiedominantie & bescherming	Kunstmatige intelligentie, Robotica
	Weerbaarheid tegen grootschalige maatschappelijke ontwrichtingen	Modelleren en voorspellen van geïntegreerde systemen
	Kansen en bedreigingen door nieuwe technologische ontwikkelingen	Kunstmatige intelligentie, Robotica, Nano- en kwantumtechnologie, Neurotech | MediTech
Energie		
Leefomgeving	Mobiliteit: schaalbare, veilige en grensverleggende toepassing van coöperatieve en zelfrijdende mobiliteit en logistiek	Mediasynchronisatie, Modelleren en voorspellen van geïntegreerde sociale systemen, Inside the human mind, Robotica
	Infrastructuur & gebouwen: industriële en zelflerende concepten voor bouw en infra	Slimme megaconstructies, Kunstmatige intelligentie, Inside the human mind
	Leefmilieu: proactieve verbetering van omgevingskwaliteit en grondstofbenutting door doorbraken in de resolutie van monitoring en lokale sturing van milieubelasting (inclusief grondstoffen)	Valorisatie van meta-data, Inside the human body
	Systeembenadering: verbeteren stedelijke leefbaarheid en adaptiviteit door systeembenadering	Modelleren en voorspellen van geïntegreerde sociale systemen, Valorisatie van meta-data, Inside the human mind

COLOFON
Tekst: TNO
Vormgeving: Grafisch Ontwerp Pi&Q
© TNO, maart 2018

TNO innovation for life
TNO.NL