

TNO-rapport**TNO 2022 R11324****Portfolioanalyse 2022 - Hoofdrapportage****Strategic Analysis & Policy**

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

Datum	6 juli 2022
Auteur(s)	Babette Bakker Thijmen van Bree Ron van Maurik Finn Speijer
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	19
Aantal bijlagen	2
Opdrachtgever	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Projectnaam	Portfolioanalyse 2022
Projectnummer	060.52116

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2022 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Conceptueel raamwerk.....	4
1.2	Resultaten.....	5
1.3	Opbouw rapport.....	5
2	Methodologie in het kort	7
2.1	Beschrijving	7
3	Resultaten: sterktes van en kansen voor de Nederlandse industrie op 4 vernieuwingsopgaven	9
3.1	Geconsolideerd overzicht resultaten	9
3.2	Duurzame energie	11
3.2.1	Resultaten.....	12
3.3	Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water	12
3.3.1	Resultaten.....	13
3.4	Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens.....	14
3.4.1	Resultaten.....	15
3.5	Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee	16
3.5.1	Resultaten.....	17
4	Beschouwing	19

1 Inleiding

Medio 2022 wordt de industriebrief opgesteld door het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Hierin wordt de ambitie opgenomen om prioriteiten te leggen in het opbouwen van nieuwe bedrijfsactiviteiten, zowel qua energie, duurzaamheid, circulariteit en digitalisering. In dat kader is er behoefte aan inzicht in de kansen die aanwezig zijn voor het opbouwen of versterken van waardeketens, en specifiek aan cijfers die dit onderbouwen. TNO is gevraagd om een update uit te voeren van de eerdere portfolioanalyse van TNO uit 2017¹, nu specifiek gericht op de innovatieopgaven voor de verduurzaming en digitalisering van de industrie.

Deze Portfolioanalyse 2022 betreft een update van de studie uit 2017, met een beperktere scope. We behandelen in deze studie enkel de innovatieopgaven en vernieuwingsopgaven die gericht zijn op verduurzaming en digitalisering van de Industrie. In dit onderzoek maken we gebruik van de methodiek zoals ontwikkeld voor de portfolioanalyse 2017. Innovatieopgaven uit de Portfolioanalyse 2017, die betrekking hebben op de digitalisering en verduurzaming van de industrie, zijn in de eerste stap van deze analyse herijkt. Dit om de innovatieopgaven aan te laten sluiten op de ontwikkelingen sinds 2017, zoals de introductie van het Missiegedreven Topsectoren en Innovatiebeleid.

Het doel van deze portfolioanalyse is het presenteren van een ('beleidsarme') verkenning die kansen voor Nederland identificeert, zonder dat nadrukkelijk prioriteiten voor nieuw beleid worden gepresenteerd. Het gaat hierbij vooral om het leggen van een solide fundament voor het maken van die keuzes. We gaan er daarbij vanuit dat te maken keuzes gebaseerd moeten zijn op de drie volgende criteria:

- Wat zijn de sterktes van het Nederlandse bedrijfsleven als het gaat om nieuwe technologie en innovatie – waar liggen de kansen?
- Op welke kennissterktes van onze universiteiten, onderzoeksinstituten en bedrijven kunnen we bouwen om maatschappelijke uitdagingen te adresseren en het toekomstig verdienvermogen te versterken?
- Wat zijn de belangrijkste maatschappelijke uitdagingen, vragen en noden waarop het innovatiebeleid een antwoord moet geven?

Behalve in een onderbouwd antwoord op elk van deze afzonderlijke vragen, ligt de crux en uitdaging van deze verkenning vooral in de **verbinding** van deze drie vragen. Waar ontmoeten de sterktes van bedrijven in Nederland, de kennissterktes van onze universiteiten en onderzoeksinstituten en de technologieën elkaar? En waar kunnen deze elkaar aanvullen en versterken? Waar ligt ook de aansluiting met de maatschappelijke uitdagingen, zowel in termen van kennis- en innovatiecapaciteit als in het creëren van oplossingen waaraan het bedrijfsleven een duidelijke bijdrage kan leveren?

¹ [Portfolioanalyse: kansrijke innovatieopgaven voor Nederland | TNO](#)

Om deze verbindingsslag goed te kunnen maken is een nadere vertaling nodig naar **innovatie-** en **vernieuwingsopgaven**. Deze opgaven zijn primair gericht op het leggen van een gedegen fundament voor ons toekomstig verdienvermogen en onze toekomstige welvaart.

Innovatieopgaven worden gedefinieerd als concrete vragen van maatschappelijke spelers (bedrijven, overheden burgers) die een kennisdoorbraak, een nieuwe technologie of een gedragsverandering vragen. Een **vernieuwingsopgave** is een bundeling van innovatieopgaven die zorgt voor effectiviteit, efficiëntie en schaalgrootte om een relevante internationale positie te ontwikkelen. Een belangrijk verschil met de analyse van maatschappelijke uitdagingen is dat de **innovatie-** en **vernieuwingsopgaven** een aantal slagen concreter en meer actiegericht zijn. De opgaven wordt omschreven als doelen en richtpunten, en laten ook zien wat er nodig is aan innovatie.

In deze analyse komen de volgende vier vernieuwingsopgaven aan bod:

1. Vernieuwingsopgave Duurzame energie (Sustainable smart energy).
2. Vernieuwingsopgave Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources).
3. Vernieuwingsopgave Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production).
4. Vernieuwingsopgave Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee.

De portfolioanalyse is uitgevoerd door TNO Unit Strategic Analysis & Policy (SA&P), in opdracht van en afstemming met het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (Directie TOP van het DG Bedrijfsleven en Innovatie). Tijdens de uitvoering werden in een aantal overleggen en werksessies de uitgangspunten, de aanpak, de methodologie en de gemaakte keuzes besproken met een Kernteam van het Ministerie bestaande uit: Sander Kes, Edwin Loenen, Joren Schep, Stijn Bouwhuis en Wolf Zwartkruis. Dit eindrapport blijft de verantwoordelijkheid van de auteurs.

1.1 Conceptueel raamwerk

Figuur 1 geeft het conceptueel raamwerk weer waar de portfolioanalyse op is gebaseerd – dat gelijk is aan het conceptueel raamwerk van de studie uit 2017. Innovatieopgaven bouwen op sterktes van (Nederlandse) kennisinstellingen, bedrijven en technologieën. Daarnaast liggen er kansen in opkomende technologieën en in de dynamiek van bedrijfstakken. Tot slot leveren deze innovatieopgaven een bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen.

De sterktes van kennisinstellingen, bedrijven en technologieën worden gemeten op basis van data. Net als in het onderzoek van 2017 bouwt de data-analyse voort op het onderzoek van Hausman en Hidalgo (2013)², die stellen dat een huidige sterke exportpositie (ofwel een internationaal gunstige concurrentiepositie) veelal is voortgekomen uit een combinatie van (deels al aanwezige) kennis en technologieën in aanverwante domeinen. Toekomstige ontwikkelingen bouwen aldus

² How will The Netherlands earn its income 20 years from now? A growth ventures analysis for The Netherlands Scientific Council for Government Policy. Den Haag: Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, WRR webpublicatie 74.

padafhankelijk voort op prestaties uit het verleden. Met andere woorden: om vernieuwingsopgaven en innovatieopgaven te identificeren die 'passen bij Nederland' zijn huidige specialisaties en sterktes een belangrijk startpunt.

In de TNO portfolioanalyse is 'sterk' gedefinieerd als een bovengemiddelde prestatie in vergelijking met het (inter)nationale gemiddelde. De positie van Nederlandse kennisvelden, bedrijfstakken en technologieën is, indien mogelijk, vergeleken met de positie van dezelfde kennisvelden, bedrijfstakken en technologieën in het buitenland (in de meeste gevallen de EU-15). Indien er geen internationale data bekend is, wordt het Nederlandse gemiddelde of bij enkele groeivariabelen de waarde '0' als benchmark genomen.



Bron: TNO (2016)

Figuur 1 Conceptueel raamwerk portfolioanalyse

Tenslotte dragen de innovatieopgaven, en overkoepelend de vernieuwingsopgaven, bij aan het oplossen van grotere maatschappelijke uitdagingen en versterken ze de economie.

1.2 Resultaten

Het eindresultaat van deze portfolioanalyse wordt gepresenteerd in de vorm van vier fiches. In elk fiche staat één vernieuwingsopgave centraal. Elk fiche geeft een zo objectief en transparant mogelijk overzicht van sterktes en kansen voor Nederland. Deze fiches zijn opgenomen in bijlage 2.

1.3 Opbouw rapport

Portfolioanalyse 2022 bestaat uit drie separate documenten die gezamenlijk de gehele rapportage omvatten. Aanvullend aan deze hoofdrapportage zijn er nog twee aanvullende, separate bijlagen. Een meer gedetailleerde beschrijving van de methodologie is te vinden in bijlage 1: Methodologierapportage. De fiches van de vier vernieuwingsopgaven zijn uitgewerkt in bijlage 2.

In hoofdstuk 2 van deze hoofdrapportage wordt eerst kort ingegaan op de methodologie, alvorens in hoofdstuk 3 de resultaten van de portfolioanalyse worden gepresenteerd. Dit hoofdstuk bestaat uit een geconsolideerd overzicht van de vier vernieuwingsopgaven en de resultaten uit de vier fiches, gevolgd door een beschouwing in hoofdstuk 4.

2 Methodologie in het kort

In deze rapportage hebben we een methodologie gebruikt die zo veel mogelijk overeenkomt met de methodologie uit 2017. Wel zijn de innovatieopgaven herijkt om ze te laten aansluiten bij de nieuwe ontwikkelingen sinds 2017. Deze Portfolioanalyse 2022 heeft een beperktere scope dan de editie van 2017. Deze studie behandelt enkel de innovatieopgaven en vernieuwingsopgaven die gericht zijn op verduurzaming en digitalisering van de Industrie.

In bijlage 1 wordt de methodologie uitgebreid beschreven.

2.1 Beschrijving

Stap 1: herijking vernieuwingsopgaven en innovatieopgaven

De vernieuwingsopgaven en innovatieopgaven uit 2017 vormen de basis voor deze analyse. Deze opgaven waren op punten echter verouderd – zo is na de analyse uit 2017 bijvoorbeeld het Missiegedreven Topsectoren en Innovatiebeleid geïntroduceerd. Maar ook zijn er ontwikkelingen in technologie, innovatie, milieu en politiek geweest die het nodig maakten de innovatieopgaven uit 2017 up te daten. Om hiervoor te corrigeren heeft er een herijking van de innovatieopgaven plaats gevonden.

De herijking heeft in meerdere stappen plaats gevonden.

- 1) Een team van TNO experts van de unit SA&P heeft een literatuuranalyse uitgevoerd van relevante documenten – zowel nationaal als internationaal. Op basis van deze literatuuranalyse zijn de voor verduurzaming en digitalisering van de Industrie relevante ontwikkelingen geïdentificeerd. In een interne sessie zijn op basis van deze ontwikkelingen de innovatieopgaven waar nodig herijkt.
- 2) Deze herijkte innovatieopgaven zijn gevalideerd bij experts op verschillende vakgebieden binnen TNO – waarna de innovatieopgaven zijn aangepast waar nodig
- 3) Deze lijst met innovatieopgaven is getoetst en gevalideerd in samenspraak met het kernteam dat vanuit het Ministerie van Economische Zaken nauw betrokken was bij het onderzoek

Stap 2: identificatie van sterke basis Nederland

De sterktes werden bepaald op basis van data-analyse. TNO heeft data over kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken (bijvoorbeeld publicaties, patenten, toegevoegde waarde) onderling vergeleken. Op basis van een rangschikking zijn de sterktes bepaald. Sterke posities in kennis, technologie en bedrijven betekenen echter nog niet dat de samenwerking tussen de verschillende partijen die betrokken (moeten) zijn bij een vernieuwingsopgave ook daadwerkelijk plaatsvindt. In die zin gaat het vooral om kansrijke opgaven op basis van sterktes.

Stap 3: bepalen van de mate van 'bouwen op sterktes'

Nadat in stap 2 bepaald is waar de sterktes van Nederland zich bevinden, is vervolgens de link tussen kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken en de innovatie-/vernieuwingsopgave gelegd. Hierbij was het doel om in te schatten in hoeverre kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken bij kunnen dragen aan de innovatieopgaven. Concreet kan gedacht worden aan welke type partijen een rol moeten spelen in innovatieprogramma's rond het oppakken van een

innovatieopgave, zoals het ontwikkelen van nieuwe materialen, grondstoffen en brandstoffen. TNO heeft op basis van expert judgment een inschatting gemaakt van het belang van een veld (bijvoorbeeld kennisveld) voor iedere innovatieopgave.

Tenslotte is op basis van deze gegevens berekend in hoeverre Nederland kan bouwen op sterktes. Deze uitkomsten resulteren in een bepaalde score en worden grafisch weergegeven in de kleuren donker groen (sterk), licht groen (gemiddeld sterk) of grijs (minder sterk) ("stoplicht").

3 Resultaten: sterktes van en kansen voor de Nederlandse industrie op 4 vernieuwingsopgaven

Dit hoofdstuk toont de resultaten van de portfolioanalyse 2022. Eerst geven wij een geconsolideerd overzicht van de resultaten waarin de vier vernieuwingsopgaven naast elkaar worden gezet. Daarna volgt een beschrijving van de vier vernieuwingsopgaven met samenvatting van de belangrijkste resultaten uit de vier fiches.

3.1 Geconsolideerd overzicht resultaten

Dit onderzoek richt zich op de innovatieopgaven en vernieuwingsopgaven voor verduurzaming en digitalisering van de industrie. Deze opgaven zijn grofweg opgesplitst in het verduurzamen van het energiesysteem, de ketens voor duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water, de toepassing in de industrie (andere toepassingen, zoals in de gebouwde omgeving, worden buiten beschouwen gelaten) en de extra uitdaging om dit te doen met de schaarse beschikbare ruimte. Ten opzichte van 2017 zien we dat er steeds meer aandacht is voor de transities die systemen en ketens door moeten maken en voor de ruimtelijke beperking die Nederland heeft om deze opgaven te realiseren. Daarnaast zien we dat in sommige innovatieopgaven de focus minder ligt op de technologie, en meer op (innovatie gericht op) organisatorische en gedragsveranderingen om transities te realiseren.

De innovatieopgaven die zijn meegenomen in dit onderzoek zijn vaak complexe opgaven die grootschalige samenwerking tussen bedrijven en kennisinstellingen vragen die over domeinen heen gaan. Denk bijvoorbeeld aan de mix van hernieuwbare energiebronnen of het sluiten van grondstofketens. Sinds 2017 is het besef van deze complexiteit en de mate van samenwerking die nodig is toegenomen. Het betrekken van sectoren waar de innovaties moeten landen bij het ontwikkelen en uitrollen van innovaties wordt als steeds belangrijker gezien. Dit zien we ook terug in de analyse zelf: ten opzichte van de analyse in 2017 is het aandeel velden dat via expert judgment is geïdentificeerd als relevant (stap 3 van de methode) toegenomen van 25% naar 35%. Dat kan ook een reden zijn voor de toenemende vraag naar nieuwe samenwerkings- en businessmodellen, waar Nederland als gammaland kan bouwen op een sterke kennispositie in economie en management.

Figuur 2 bevat een samenvatting van de sterktes en de kansen voor de vier vernieuwingsopgaven uitgedrukt in cijfers. De sterktes worden gedefinieerd als de bijdragen van kennisvelden, bedrijfstakken en technologieën aan de vernieuwings- en innovatieopgaven. Technologieën zijn uitgesplitst in twee bronnen: algemene technologieën via de World Intellectual Property Organization (WIPO) en specifieke 'environmental & climate' technologieën van de OESO.

Een sterke positie (donkergroen) van een vernieuwingsopgave in bedrijven, technologie en wetenschap (kennisvelden) betekent dat een vernieuwingsopgave kansrijk of 'binnen bereik' voor Nederland is. Dit betekent echter niet automatisch dat deze opgave al daadwerkelijk effectief wordt opgepakt en verzilverd.

Van de andere kant betekent een zwakke positie (grijs) dat de potentie in Nederland momenteel achterblijft, echter niet dat er überhaupt geen aanknopingspunten zijn. Wel geldt dat als het maatschappelijk of economisch van belang is dat Nederland in de toekomst een positie krijgt, er afgewogen dient te worden of het opportuun is zelf meer te investeren (de “make”-optie), of dat er beter (op onderdelen) ingekocht kan worden in het buitenland (de “buy”-optie). Tevens dient nagedacht te worden of zaken op een slimmere manier aan elkaar gekoppeld kunnen worden (andere innovatieopgaven samenstellen: andere combinaties met meer potentie zoeken).

Het lichtgroene veld markeert een gemiddelde positie, dus tussen sterk en zwak in.

Vernieuwingsopgaven		Percentage van maximale stoplichtscore			
		Kennisvelden	Bedrijfstakken	Technologieën - WIPO	Technologieën - Env. Tech.
1	Vernieuwingsopgaven Duurzame energie (Sustainable smart energy)				
1-1	Een gebalanceerde mix van bronnen voor hernieuwbare	58%	66%	36%	71%
1-2	Integratie van hernieuwbare energie in het energienetwerk:	54%	65%	36%	65%
2	Vernieuwingsopgave Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)				
2-1	Ontwikkelen van (nieuwe) duurzame materialen, grondstoffen en	59%	76%	55%	88%
2-2	Hergebruik van grondstoffen en materialen	60%	74%	68%	85%
2-3	Het sluiten van energie- en waterketens tussen industrie en steden	60%	78%	44%	100%
3	Vernieuwingsopgave Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)				
3-1	(Her)ontwerpen van productietechnologie en -processen ten	53%	70%	46%	81%
3-2	Digitalisering, automatisering en robotisering van	54%	76%	38%	50%
3-3	Predictive maintenance: geavanceerd onderhoud en reparatie	49%	71%	36%	80%
3-4	Flexibele, digitaal aangestuurde waardeketens, met inzet van	57%	57%	35%	0%
3-5	Ontwikkeling van nieuwe slimme producten, data-gedreven	52%	64%	25%	0%
4	Vernieuwingsopgave 'Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee'				
4-1	Leven met en van de zee: offshore, deep-sea mining, sea farming	57%	67%	41%	67%
	Gemiddelde	56%	69%	42%	63%
	Grens laag	40%	40%	40%	40%
	Grens hoog	55%	55%	55%	55%

Bron: TNO (2022)

Figuur 2 Geconsolideerd overzicht resultaten vernieuwingsopgaven

Figuur 2 laat een wisselend beeld over de innovatieopgaven heen zien. Alle innovatieopgaven kunnen bouwen op sterke bedrijfstakken. Er is de afgelopen jaren sprake geweest van hoogconjunctuur (tot aan de Covid pandemie), waar veel bedrijven van geprofiteerd hebben. Nederland scoort echter minder op algemene technologieën (WIPO), waardoor er voor de innovatieopgaven nagedacht zal moeten worden hoe hier mee om te gaan. De innovatieopgaven binnen de vernieuwingsopgaven *Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water* en *Efficiënt omgaan met schaarde ruimte op land en zee* kunnen bouwen op sterke kennisvelden, bedrijfstakken en technologieën. De andere twee vernieuwingsopgaven laten een meer gemengd beeld zien.

In de volgende paragrafen wordt per vernieuwingsopgave een samenvatting gegeven van de resultaten. Hierin komen verschillende kansen, maar ook aandachtspunten naar voren.

3.2 Duurzame energie

Het energiesysteem moet drastisch veranderen om de doelstellingen te halen voor het verminderen van broeikasgasemissies. Deze doelstellingen zijn o.a. vastgesteld in het klimaatakkoord van Parijs, het Nederlandse Klimaatakkoord en de Europese Green Deal. Een groot deel van deze vermindering van broeikasemissies moet gerealiseerd worden door een transitie van het gebruik van fossiele bronnen naar hernieuwbare bronnen, zoals wind- en zonne-energie. Het uitfasen van de gaswinning in Groningen en het verminderen van de afhankelijkheid van buitenlandse energieleveranciers (in het bijzonder Rusland) versterken de noodzaak voor het versnellen van deze transitie.

Deze vernieuwingsopgave vergt belangrijke technologische en institutionele innovaties. Het huidige systeem, gebaseerd op grootschalige (fossiele) opwekking, moet worden gecombineerd en geïntegreerd met verschillende systemen van centrale en decentrale opwekking (zon, wind op zee, wind op land, biomassa, geothermie, aquathermie, getijden). Nederland staat voor de uitdaging om voldoende energie op te wekken om te allen tijde aan de energievraag te kunnen voldoen (zowel elektriciteit als warmte). Hiervoor is technologische vernieuwing nodig, zoals efficiëntere windturbines op zee en integratie van zonnecellen in gebouwen. Daarnaast moet er expliciet geanticipeerd worden op de afhankelijkheid die hierdoor ontstaat van andere landen, bijvoorbeeld bij de levering van duurzame energie of apparatuur om dit op te wekken.

De integratie van hernieuwbare energie in het energienetwerk vereist het goed balanceren van vraag en aanbod, met continue monitoring en real-time optimalisatie en voorspelling op basis van slimme algoritmes. Dit balanceren wordt ondersteund door energieconversie en -opslag. Hier is een belangrijke rol weggelegd voor groene waterstof als energiedrager en als duurzaam gas als brandstof in industriële processen (waterstof kan ook een rol spelen als grondstof voor de chemische industrie, meer hierover in innovatieopgave 2.1). De verdere ontwikkeling van elektrolyzers speelt een cruciale rol bij de ontwikkeling van waterstof als energiedrager / opslagmedium en valt in Innovatieopgave 1.2.

Naast de transitie naar het gebruik van hernieuwbare energie speelt ook grootschalige energiebesparing een rol. De energiebesparing in de industrie is onderdeel van de vernieuwingsopgave 3. Energiebesparing in andere sectoren vallen buiten scope van deze studie.

De innovatieopgaven die behoren bij de vernieuwingsopgave 'Duurzame energie (Sustainable smart energy)' zijn:

	Innovatieopgave
1.1	Een gebalanceerde mix van bronnen voor hernieuwbare energieopwekking (decentraal/centraal, Nederland/internationaal), inclusief wind op zee
1.2	Integratie van hernieuwbare energie in het energienetwerk: balanceren van vraag en aanbod; energieconversie en opslag; transport; import en export. Inclusief elektrolyse en (groene) waterstof als energiedrager

3.2.1 Resultaten

Voor het realiseren van de vernieuwingsopgave '*Duurzame energie*' kan Nederland bouwen op een sterke positie in bedrijfstakken, kennisvelden en technologieën, maar het verzilveren van technologieposities rond hernieuwbare energie biedt nog uitdagingen met name gericht op de productietechnologie.

Op basis van de cijfers ontstaat het beeld dat Nederland in vergelijking met Europa sterk is in 'environment & climate' technologieën, zoals windenergie en waterstoftechnologie, en de gammawetenschappen, maar een gemiddelde positie heeft in met name de complementaire technologie, kennis en de producerende bedrijfstakken. Bij het produceren van nieuwe decentrale energiesystemen is kennis nodig over het maken en produceren van systemen en apparaten, maar de omvang van het onderzoek (wetenschap/patenten) op o.a. civiele techniek, werktuigbouwkunde, algemene productietechnologie en het technologieveld motoren, pompen en turbines is ten opzichte van andere Europese landen beperkt. Nederland kan wel bouwen op een sterke kennispositie in milieuwetenschappen als fundament voor een specialisatie in het plaatsen van decentrale systemen rekening houdend met de effecten die het heeft op de omgeving, bijvoorbeeld bij de plaatsing van windturbines op zee.

De bedrijvigheid die nodig is voor de waardeketens voor systemen voor decentrale energieopwekking (zoals windturbines en zonnepanelen) tonen een gevarieerd beeld. Bedrijfstakken met een toeleverende rol zijn gemiddeld sterk tot sterk (Metaalproducten, Elektrische apparatenindustrie en Basismetaalindustrie). De Machine-industrie biedt een sterk fundament om op door te bouwen.

De sector Energieproductie is gemiddeld sterk. Hoewel Nederland hier niet in is gespecialiseerd ten opzichte van andere Europese landen, groeit deze sector wel sneller dan gemiddeld in Europa en kent deze sector de hoogste start-up intensiteit van Nederland en een relatief hoog scale-up intensiteit. In combinatie met een sterke juridische sector en een kwalitatief hoogwaardige kennisveld rond management en planning, liggen hier kansen voor de ontwikkeling van nieuwe businessmodellen en contracten voor decentrale opwekking.

Sterke technologieposities zijn ook te vinden in (elektrische) machines en apparaten, meetinstrumenten en ICT-technologieën. In combinatie met een sterk gepositioneerde Telecom sector en sterke Architecten en ingenieursdiensten ligt hier een fundament met vaardigheden voor de ontwikkeling van een slim energienetwerk met focus op het ontwerpen en implementeren van de infrastructuur.

3.3 Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water

Een wereldbevolking die groeit en stijgende inkomens (vooral in Azië) zorgen voor een groeiende vraag naar grondstoffen, (kritieke) materialen en een sterk toenemend gebruik van water. Daar bovenop zorgen ook de energietransitie en industriële transformatie voor een groeiende vraag naar nieuwe producten, apparatuur en installaties. Tegelijkertijd neemt de beschikbare hoeveelheid van deze hulpbronnen en grondstoffen af, of worden deze moeilijker winbaar (o.a. zeldzame aardmetalen). Dat leidt niet alleen tot schaarste en milieubelasting (waaronder CO₂-emissies, biodiversiteitsverlies en klimaatverandering), maar ook

tot geopolitieke spanningen, verminderende leveringszekerheid en vraagstukken rond strategische autonomie.

Oplossingsrichtingen zijn – naast grootschalige reductie van het energiegebruik – het ontwikkelen van (nieuwe) duurzame ketens, materialen en brandstoffen. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om synthetische brandstoffen, biobased plastics of groene chemicaliën, gemaakt op basis van waterstof. Daarnaast gaat het om het hergebruik van grondstoffen en materialen, bijvoorbeeld door het verlengen van de levensduur van producten door gebruik te maken van “smart industry” productieprocessen en het intensiever recyclen van grondstoffen, bijvoorbeeld door middel van chemisch recyclen. Dit vraagt om een nieuwe recycling-infrastructuur, inclusief machines voor het uit elkaar halen van producten en digitaal productpaspoort voor monitoring.

Naast hergebruik van materialen en producten, is het sluiten van energie- en waterketens ook een belangrijke innovatieopgave. Ook hier is vernieuwing van de infrastructuur nodig om dit mogelijk te maken, bijvoorbeeld tussen fabrieken en de steden. Het gaat hier niet enkel om fysieke infrastructuur, maar bijvoorbeeld ook om optimalisatie van stromen, het delen van data en nieuwe logistieke concepten.

De innovatieopgaven die behoren bij de vernieuwingsopgave ‘Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)’ zijn:

	Innovatieopgave
2.1	Ontwikkelen van (nieuwe) duurzame materialen, grondstoffen en brandstoffen, zowel biobased als synthetisch, waaronder (groene) waterstof
2.2	Hergebruik van grondstoffen en materialen
2.3	Het sluiten van energie- en waterketens tussen industrie en steden (o.a. restwarmte)

3.3.1 Resultaten

Met betrekking tot de vernieuwingsopgave ‘Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water’ heeft Nederland over de hele linie een goede basis van sterktes in bedrijven, kennisvelden en technologieën. Alleen voor innovatieopgave 2.3 zijn bepaalde technologieposities iets zwakker. Hierachter ligt een meer genuanceerd verhaal van kansen en bedreigingen. Over het geheel gezien heeft Nederland een goede uitgangspositie voor de vernieuwingsopgave – het gaat goed met de industrie en ook op kennisvelden en technologieën wordt sterk gescoord. Wel zijn sterke kennisposities voornamelijk geconcentreerd in gamma wetenschappen, terwijl op bèta wetenschappen minder goed wordt gescoord. Een uitdaging is hoe gedragsverandering in gang kan worden gezet om het totale gebruik van hulpbronnen, grondstoffen en water te verminderen. Deze verandering is vereist bij bedrijven, de industrie én burgers.

Er is sprake van sterke internationale concurrentie op technologiegebied en dat leidt tot uitdagingen aan het begin van de waardeketens bij innovatieopgave 2.1 – in het beginstadium van het ontwikkelen van nieuwe materialen, grondstoffen en brandstoffen. Uit cijfers over patenten en publicaties komt Nederland ten opzichte van andere Europese landen minder sterk naar voren in nieuwe materialen en *chemical engineering*. Kansen voor het ontwikkelen van nieuwe materialen, grondstoffen en brandstoffen zullen daarom eerder in niches zitten. Nederland lijkt

sterker in het organiseren van ketens, toepassen van elders ontwikkelde kennis en het laten landen van nieuwe ontwikkelingen in de samenleving. Een uitzondering is de positie op het gebied van kunststoffen, waar Nederland zowel sterk is qua kennis als industriële productie.

De combinatie van bedrijfssterktes in vervoer en opslag, juridische- en ingenieursdiensten; kennissterktes in onder andere milieuwetenschappen en management en planning en technologische sterktes in Environmental technology en Electrical machinery, biedt een fundament voor de gehele keten m.b.t. innovatieopgave 2.1 'Ontwikkelen van (nieuwe) duurzame materialen, grondstoffen en brandstoffen'. Specifiek liggen er hier kansen in het toepassen van bestaande kennis in nieuwe domeinen, zoals groene waterstof. Tevens kan hiervoor worden voortgebouwd op de sterke positie van Nederland in internationale grondstof- en brandstofketens, vanuit de havens en logistieke dienstverlening uit de sector Vervoer en opslag.

Hergebruik van grondstoffen en materialen (innovatieopgave 2.2) is een belangrijke stap in de transitie naar een circulaire economie. Nederland heeft een sterk fundament voor het verzilveren van kansen gericht op deze innovatieopgave. Samenwerking door de keten en over sectoren heen is belangrijk in het mogelijk maken van deze transitie. Een sterke kennispositie in kennisvelden zoals economie en management en planning helpt om te komen tot nieuwe (samenwerkings)modellen. Nederland kan daarnaast bouwen op een sterke technologiepositie in *Reuse, recycling or recovery technologies* en *Material recovery, recycling and re-use* en een sterke kennisbasis over elektrische machines en een sterke machine-industrie. Ook is er een sterke technologiebasis in chemische technologieën als *Macromolecular chemistry*, *polymers* en *Organic fine chemistry*. Het versterken van de gehele infrastructuur is hierbij belangrijk: circular by design tot chemisch recyclen tot aan nieuwe machines voor het uit elkaar halen en hergebruiken van grondstoffen en materialen. Daarmee ligt een logische koppeling naar vernieuwingsopgave 3 over smart industry.

Nederland gaat de komende jaren van het gas en wordt aangesloten op warmtepompen of warmtenetten. Voor de industrie is er behoefte aan hoge temperatuur warmte die ook middels duurzame bronnen geleverd moet worden, bijvoorbeeld door groene waterstof. Omdat de industrie een sterke positie heeft, is er ruimte voor samenwerking. Voor het sluiten van energie- en waterketens is naast samenwerking tussen industrie en steden ook fysieke infrastructuur nodig. Nederland scoort gemiddeld op belangrijke sectoren als de bouw, water en afvalbeheer en energieproductie en de kennispositie van Nederland op civiele techniek is in vergelijking met andere Europese landen minder sterk.

3.4 Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens

De industrie staat voor grote uitdagingen om de huidige productie-infrastructuur aan te passen om mee te gaan met de digitale- en energietransitie. Enerzijds neemt de vraag vanuit de markt naar duurzame producten toe en vereist klimaatverandering dat het productieproces verduurzaamt. Anderzijds leidt structurele en diepgaande digitalisering tot grote aanpassingen van het productieproces. Dit betreft machines en processen in de fabriek zelf, maar ook de relatie met toeleveranciers en klanten, waardoor continue aanpassingen nodig zijn.

Oplossingsrichtingen betreffen onder andere het (her)ontwerpen van industriële processen en technologieën die duurzame en efficiënte productie mogelijk maken. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om het duurzaam ontwerp van fabrieken, maar ook het ombouwen van bestaande fabrieken zodat andere typen duurzame grondstoffen en energie gebruikt kunnen worden. Daarnaast leiden digitalisering, automatisering en robotisering tot een steeds geavanceerder productieproces in fabrieken zelf. Hierbij ligt een uitdaging in de samenwerking tussen mens en machine om tot efficiëntie te komen. Hierbij kan gedacht worden aan AR/VR, digital twinning en nieuwe digitale productietechnologieën zoals additive manufacturing. Ethische en menselijke aspecten van technologie worden daarbij in het oog gehouden. Predictive maintenance zorgt voor duurzaam en economisch gebruik van productieapparatuur.

Ook veranderen gehele waardeketens door toenemende digitalisering en de transitie naar circulaire ketens. Bedrijven, toeleveranciers en klanten staan constant met elkaar in contact op een 'cyber-secure' manier. Dit leidt tot specifieke, custom-made oplossingen en servitisation. Voor de industrie betekent dit steeds vaker het produceren van een hoge variëteit van producten in lage hoeveelheid ('high mix low volume') tegen dezelfde kosten als grote series, en nieuwe (circulaire) business modellen. Een andere ontwikkeling is de opkomst van nieuwe slimme producten, datagedreven diensten en de verdere ontwikkeling van de 'platformeconomie' – al dan niet gekoppeld aan producten: de 'app economy'. Deze producten en diensten dragen bij het realiseren van besparingen met bijvoorbeeld slimme, energiezuinige producten voor in huis of concepten zoals de Mobility-as-a-Service.

Een belangrijke voorwaarde bij deze vernieuwingsopgave is de veilige dataopslag en -transmissie in fabrieken, tussen fabrieken en in de keten (cyber security). Een andere randvoorwaarde is de beschikbaarheid van mensen met de juiste kennis en kunde (capabilities). Het koppelen van de juiste mensen met de juiste skill-set aan de nieuwe technologieën is cruciaal om de duurzame en digitale transitie te laten slagen.

De innovatieopgaven die behoren bij de vernieuwingsopgave 'Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)' zijn:

	Innovatieopgave
3.1	(Her)ontwerpen van productietechnologie en -processen ten behoeve van duurzame en efficiënte productie en industriële transformatie
3.2	Digitalisering, automatisering en robotisering van productieprocessen in de fabriek (mens-machine samenwerking)
3.3	Predictive maintenance: geavanceerd onderhoud en reparatie
3.4	Flexibele, digitaal aangestuurde waardeketens, met inzet van nieuwe businessmodellen ('servitization') en 'high mix low volume' series
3.5	Ontwikkeling van nieuwe slimme producten, data-gedreven diensten en platformen

3.4.1 Resultaten

Innovatieopgaven in de vernieuwingsopgave 'Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens' kunnen allen bouwen op sterke bedrijfstakken, in het bijzonder de sectoren Machine-industrie en Informatietechnologie en informatiediensten.

Deze beide zijden van Smart Industry zijn relevant voor alle vijf de innovatieopgaven onder deze vernieuwingsopgave. Daarentegen kan de vernieuwingsopgave wat minder leunen op een breed pallet aan sterke kennisvelden en technologieën; de score op kennis en technologie is gedaald ten opzichte van de analyse in 2017. In Nederland zijn wel positieve ontwikkelingen in het aantal patentaanvragen op relevante ICT-technologieën, maar Nederland loopt daarin niet voorop in Europa. Er is namelijk relatief sterke concurrentie vanuit andere Europese landen. Elders in de EU was sprake van een sterkere groei in patentaanvragen in voor Smart Industry relevante technologieën dan in Nederland.

Net als in 2017 heeft Nederland sterke en gespecialiseerde bedrijvigheid in verschillende dienstensectoren (o.a. juridisch, ICT, ingenieurs en financieel). Deze groep bedrijven heeft de potentie om de verschillende uitdagingen in goede banen te leiden door te adviseren over implementatie, standaardisatie, financiering en wet- en regelgeving rond nieuwe datagedreven businessmodellen, ethiek, autonome en digitale productie.

Nederland heeft een redelijke basis in digitale technologieën als computer technologie, digitale communicatie en informatie- en communicatiewetenschappen, maar loopt daarmee niet voor in Europa. Door die kennis en expertise te combineren met sterke Nederlandse sectoren (zoals handel, transport en landbouw & voeding) in flexibele waardeketens en nieuwe slimme producten kunnen toch sterke niches ontstaan, daarbij kan gedacht worden aan smart farming applications, eiwittransitie of digitale handelsplatforms.

Het verder digitaliseren van processen in de fabriek kan minder bouwen op een breed pallet aan technologieën en kennisvelden – sterktes zitten in enkele specifieke velden. Maar met een basis in sterke sectoren als machine-industrie, elektrische apparaten industrie en informatietechnologie is er wel voldoende sterke bedrijvigheid in Nederland om deze opgave aan te pakken. Samenwerking in internationale waardeketens kan daarbij een keuze zijn om de minder sterke punten op te vangen (“make or buy”).

Er is de afgelopen jaren sprake geweest van een sterke dynamiek in enkele niches in Maak- en High tech industry. In niches binnen de Machine industrie, elektrische apparatenindustrie, telecommunicatie en informatietechnologie en informatiediensten kan Nederland haar positie verder versterken. Hierbij kan worden gedacht aan technologieën als fotonica, Internet of Things, Big Data, robotica, Advanced Manufacturing en Micro & Nanoelectronics.

3.5 Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee

Een overkoepelende opgave die als een rode draad door de andere vernieuwingsopgaven te lopen betreft het efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en zee. In toenemende mate leggen de behoefte aan woningen, landbouw, infrastructuur, de energietransitie, mobiliteit, natuur en leefomgeving een concurrerende claim op de schaarse ruimte in Nederland. Tegelijkertijd wordt Nederland steeds drukker en heeft elk stukje land al een bestemming. Er is niet genoeg ruimte in Nederland om alle plannen uit te voeren. Dat leidt tot botsende belangen in de ruimte en tot vertragingen van transitie op land en op zee. Effectieve ruimtelijke ordening op land en op zee, rekening houdend met het milieu,

de belangen van alle stakeholders, brede welvaart, veiligheid en wettelijke kaders, is daarom randvoorwaardelijk voor het goed kunnen doorlopen van de energietransitie en de industriële- en digitale transformatie.

Oplossingsrichtingen liggen in het vroegtijdig afstemmen van ruimtegebruik voor o.a. woningen, mobiliteit, industrie, landbouw, water, natuur, duurzame energie en digitale connectiviteit (o.a. 5G, 6G, satellietcommunicatie en datacenters). De concurrerende claims op ruimte op land (o.a. fysieke ruimte, milieuruimte, veiligheidsruimte e.d.) gaan over sectorgrenzen heen. Deze ruimtelijke opgaven vergen een analyse die breder is dan de huidige focus op de industrie. Die analyse moet onder andere gebouwde omgeving, mobiliteit, landbouw en natuurbeheer omvatten. Vanwege deze bredere scope wordt de opgave van ruimtelijke planning op land niet meegenomen als innovatieopgave in dit onderzoek.

Vanwege verwachte kansen in de ontwikkeling van nieuwe industriële activiteiten op zee is de innovatieopgave Leven met en van de zee wel onderdeel van de analyse gemaakt.

Op de Noordzee is sprake van een samenkomende ruimtevraag waarbij verschillende functies (bijvoorbeeld energie opwekken en mineralen delven) worden gecombineerd: Leven met en van de zee: offshore activiteiten en dienstverlening, *deep-sea mining*, *sea farming*. Hierbij is nieuwe technologie nodig, waarbij de omgeving zo min mogelijk wordt verstoord. Het gaat in deze innovatieopgave om specialistische kennis en technologie over activiteiten op zee, die andere sectoren kunnen ondersteunen. Voorbeelden zijn specialistische schepen en hijskranen voor het plaatsen van monopiles onder windmolens, of technologieën voor deep sea mining.

Als innovatieopgave onder deze vernieuwingsopgave kan gedacht worden aan:

	Innovatieopgave
4.1	Leven met en van de zee: offshore activiteiten en dienstverlening, deep-sea mining, sea farming

3.5.1 Resultaten

De behoefte voor duurzaam opgewekte elektriciteit en opslagcapaciteit voor CO₂ en waterstof decennia zal de komende decennia toenemen als gevolg van de transformaties die de industrie, gebouwde omgeving en mobiliteit doormaken. Het installeren en onderhouden van windmolens op de Noordzee, opschaling van de productie van groene waterstof via elektrolyse en hergebruik van oude olie- en gasinfrastructuur, inclusief het benutten van lege velden voor opslag van energie middels *Power2Gas* en de opslag van CO₂ zijn slechts enkele voorbeelden van activiteiten die een brede inzet van kennis, (nieuwe) technologie en bedrijven vragen. Tussen de windmolens op zee ontstaan gebieden die niet geschikt zijn voor scheepvaart, maar des te meer voor zeelandbouwactiviteiten die onder meer de eiwittransitie of duurzame kweek van schaal en schelpdieren kan ondersteunen (denk aan algen, zeewier en oesterbanken). Ook herbergt de zeebodem mineralen die mijnbouwactiviteiten interessant kunnen maken.

Ongebreidelde uitbreiding van alle denkbare activiteiten op en langs de Noordzee is echter niet mogelijk. Natuurgebieden en habitats van zeedieren dienen beschermd

te worden, er dient ruimte te blijven voor scheepvaart, visserij, militaire zones, kustverdediging en waterveiligheid. De (Europese) Kaderrichtlijnen Mariene Strategie, Water en Maritieme ruimtelijke planning vereisen dat alle bestaande en nieuwe activiteiten op de Noordzee zorgvuldig gepland en op elkaar afgestemd worden. Los van alle specialistische technologieën, kennis en bedrijfsactiviteiten m.b.t. energieproductie, -opslag, zeelandbouw of zeemijnbouw, doet de vernieuwings- en innovatieopgave 'Leven met en van de zee' een beroep op ondersteuning vanuit Juridische dienstverlening, Management en Planning, Milieuwetenschappen, Economische wetenschappen. Dit zijn kennisvelden waarin Nederland een sterke positie heeft.

Over het geheel gezien kan Nederland bouwen op een aantal specifieke technologiesterktes, zoals: *Optics; Electrical machinery, apparatus & energy; Measurement; Other special machines; Food chemistry; Climate change adaptation technologies* en *Water pollution abatement*. Daarnaast is op diverse relevante terreinen weliswaar expertise in huis, maar tegelijkertijd sprake van grotere technologiesterktes in het buitenland, zodat op deze terreinen een strategie van samenwerken of inkopen meer voor de hand ligt.

Nederland huisvest een breed pallet aan sterke bedrijfsactiviteiten waarmee een fundament aanwezig is om nieuwe activiteiten op de Noordzee te ontplooien en te ondersteunen tijdens de bouw, beheer en onderhoud.

4 Beschouwing

Deze portfolioanalyse 2022 had als doel het identificeren van kansen voor Nederland rond het verduurzamen en digitaliseren van de industrie. Deze portfolioanalyse biedt een deel van de informatie om de discussie aan te gaan over de “make or buy” keuzes bij het oppakken van innovatieopgaven op basis van de aansluiting bij Nederlandse sterktes. In dit onderzoek is uitsluitend gekeken naar kansen (en uitdagingen) die ontstaan bij het oppakken van maatschappelijke uitdagingen, waarbij wordt uitgegaan van de afhankelijk van specialisaties die worden ontwikkeld. Dat wil zeggen: of er al een solide fundament in Nederland aanwezig is in de combinatie van bedrijfssterktes, kennis en technologiesterktes, waardoor Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen de capaciteiten hebben om (specialisaties in) innovatieopgaven te ontwikkelen.

Een aantal van deze kansrijke innovatieopgaven zijn bijvoorbeeld gericht op het hergebruik van grondstoffen en materialen (nieuwe bedrijfsmodellen en machines voor hergebruik) en het ontwikkelen van slimme infrastructuur voor hernieuwbare energie. Bij andere opgaven zagen we dat de positie om technologie en systemen te produceren minder sterk was (bijvoorbeeld decentrale energieopwekking en smart industry toepassingen), terwijl er op specifieke ‘environment & climate’ gerelateerde technologieën juist wel een kennispositie is. Op deze onderwerpen is discussie nodig over het investeren (de “make”-optie) of inkopen (op onderdelen) in het buitenland (de “buy”-optie). Over de gehele linie zien we dat er kansen ontstaan in het uitbouwen van posities in het ontwerp van systemen, processen en nieuwe business modellen over ketens en sectoren heen. Daarnaast kan juist voor de implementatie van nieuwe technologie in en door de industrie, gebouwd worden op Nederlandse kennisposities over het meenemen van de effecten van deze technologie op de omgeving en (het gedrag van) de mens.

Deze analyse biedt enkel een deel van de informatie voor het maken van keuzes. Bij het maken van beleidskeuzes op het gebied van specialisaties van de industrie van Nederland dient ook gekeken worden naar andere factoren. Het gaat daarbij om innovatieopgave-specifieke karakteristieken zoals het verdienpotentieel (internationale marktvraag en toetredingsbarrières in de markt), nieuwe combinaties van kennis, technologie en bedrijvigheid en de impact op CO2 reductie/mitigatie en grondstoffengebruik. Bij “make or buy” beslissingen spelen ook vragen over het effect van deze keuzes op afhankelijkheden in toekomstige waardeketens een rol, bijvoorbeeld de afhankelijk van andere landen die hierdoor ontstaat bij de levering van hernieuwbare energie. Een vervolgonderzoek kan hier meer inzicht in bieden.

Tot slot kwam in de discussies met het team en met de experts naar voren dat efficiënt omgaan met de schaarse ruimte (o.a. fysieke, milieu en juridische ruimte) op land een belangrijke uitdaging is voor Nederland, waarin ook economische kansen kunnen ontstaan. Deze opgave is niet meegenomen in de analyse, omdat dit buiten de initiële scope valt. Verder onderzoek naar de impact die ruimte heeft op de economie (kansen en bedreigingen) is daarom aan raden.

TNO-rapport**TNO 2022 R11324****Portfolioanalyse 2022****Bijlage 1: Methodologierapportage****Strategic Analysis & Policy**

Anna van Buerenplein 1

2595 DA Den Haag

Postbus 96800

2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

Datum	6 juli 2022
Auteur(s)	Babette Bakker Thijmen van Bree Ron van Maurik Finn Speijer
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	23
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Projectnaam	Portfolioanalyse 2022
Projectnummer	060.52116

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2022 TNO

Inhoudsopgave

1	Methodologie stap voor stap.....	3
1.1	Identificatie van vernieuwingsopgaven m.b.t. verduurzaming en digitalisering van de industrie	3
1.1.1	Herijking van innovatieopgaven geclusterd in 4 groepen vernieuwingsopgaven.....	3
1.2	Identificatie sterke basis Nederland.....	6
1.2.1	Analyse en identificatie sterktes in 34 kennisvelden	7
1.2.2	Technologieën	9
1.2.3	Analyse en identificatie sterktes in 40 bedrijfstakken	12
1.3	Bepalen van mate van “bouwen op sterktes”	15
1.3.1	Scoren van belang van kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken voor de innovatieopgave.....	16
1.3.2	Berekening kleuren.....	17
1.3.3	Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen	18
1.3.4	Analyse van de relatie met sleuteltechnologieën (Key Enabling Technologies)	18
1.4	Validatie	21
1.4.1	Validatie methodologie – gevoeligheidsanalyse.....	21

1 Methodologie stap voor stap

In hoofdstuk 2 van de hoofdrapportage is een korte samenvatting gegeven van de methodologie. In deze separate bijlage gaan we dieper in op de gebruikte methodologie en de stappen die zijn gezet om te komen tot de resultaten in de fiches:

- herijking van de vernieuwingsopgaven,
- identificatie van sterktes,
- bepaling van de mate waarin vernieuwingsopgaven bouwen op sterktes, en

1.1 Identificatie van vernieuwingsopgaven m.b.t. verduurzaming en digitalisering van de industrie

In de Portfolioanalyse 2017 zijn 10 vernieuwingsopgaven geïdentificeerd met onderliggende innovatieopgaven. Een vernieuwingsopgave is een bundeling van innovatieopgaven. Deze innovatieopgaven worden gedefinieerd als concrete vragen van maatschappelijke spelers die een kennisdoorbraak, een nieuwe technologie of een gedragsverandering vragen.

Voor onderliggend onderzoek zijn uit de lijst van vernieuwings- en innovatieopgaven uit 2017, in samenspraak met het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, uitsluitend opgaven geselecteerd die betrekking hebben op verduurzaming en digitalisering van de industrie. Deze opgaven zijn herijkt op de relevante ontwikkelingen in technologie en beleid.

- 1.1.1 *Herijking van innovatieopgaven geclusterd in 4 groepen vernieuwingsopgaven*
- Voor de Portfolioanalyse 2022 zijn 12 innovatieopgaven uit de studie van 2017 geselecteerd, welke van belang zijn voor de verduurzaming en digitalisering van de industrie. Deze innovatieopgaven zijn herijkt en aangevuld met nieuwe innovatieopgaven die nog niet geïdentificeerd waren in 2017. Daartoe werden enkele concrete stappen gezet:

Stap 1: identificatie van internationale technologie- en innovatietrends

TNO heeft de trends in de periode vanaf 2017 geïdentificeerd op basis van 'expert judgment' en 'desk research' op basis van literatuur onderzoek. In de eerste instantie zijn de volgende bronnen in kaart gebracht:

Nederlandse bronnen:

- KIA's
 - Energietransitie en duurzaamheid
 - Integrale Kennis- en Innovatieagenda Klimaat en Energie-
 - Toekomstbestendige mobiliteitssystemen -
 - Circulaire economie -
 - Landbouw, water en voedsel -
 - Topsector Tuinbouw en Uitgangsmaterialen -
 - Topsector Agrofood
 - Gezondheid en Zorg -
 - Veiligheid -
 - Sleuteltechnologieën -
 - Maatschappelijk Verdienvermogen -
- Kennis-en Innovatie Convenant (KIC)
 - Kamerbrief + Roadmap Human Capital-

- KIC 2020 - 2023 -
- NL Next Level
- Nationale Wetenschapsagenda
- Sensitieve Technologieën / Strategische Afhankelijkheid
- Topsectoren energie (2021): Routekaart Elektrificatie laat de grote potentie van elektriciteit voor de industrie zien
- Topsector Energie – programmalijnen en documentatie per TKI
 - TKI Wind op Zee -
 - TKI Urban Energy -
 - TKI Nieuw Gas -
 - TKI Energie en Industrie
 - TKI Biobased Economy -

Europees:

- KET's – Key enabling technology policy
- Green Deal
 - Een Europese Green Deal | Europese Commissie (europa.eu)
 - Delivering the European Green Deal | European Commission (europa.eu)
 - Fit for 55: EUR-Lex - 52021DC0550 - EN - EUR-Lex (europa.eu)
- New Industry Industrial Strategy (2020)
 - European Industrial Strategy
 - Staff Working Document
 - 2021 Update
 - Annual Single Market Report
 - Strategic dependencies
 - Recommendations
- Industry 5.0: a transformative vision for Europe
- Industry 2030 -EC
- Strategic Foresight
 - Strategic Foresight report 2020
 - Strategic Foresight primer

Overig

- Concawe – Refinery 2050: Conceptual Assessment - Exploring opportunities and challenges for the EU refining industry to transition towards a low-CO2 intensive economy
- McKinsey (2022) - How to prepare for a sustainable future along the value chain
- FME / TNO - Elektrolyzers: Kansen voor de Nederlandse Maakindustrie
- McKinsey (2022) - The net-zero transition
- KIVI (2020): Design of a dutch carbon free energy system
- Quintel / TKI Energie & Industrie (2017): De toekomst van de Nederlandse energie-intensieve industrie

Stap 2: herijken van een lijst met innovatieopgaven

De vernieuwingsopgaven en innovatieopgaven uit 2017 vormen de basis voor deze analyse. Deze opgaven waren op punten echter verouderd – zo is na de analyse uit 2017 bijvoorbeeld het Missiegedreven Topsectoren en Innovatiebeleid geïntroduceerd. Maar ook zijn er ontwikkelingen in technologie, innovatie, milieu en politiek geweest die het nodig maakten de innovatieopgaven uit 2017 up te daten. Om hiervoor te corrigeren heeft er een herijking van de innovatieopgaven plaats gevonden.

De herijking heeft in meerdere stappen plaats gevonden.

- 1) Een team van TNO experts van de unit SA&P heeft een literatuuranalyse uitgevoerd van relevante documenten – zowel nationaal als internationaal. Op basis van deze literatuuranalyse zijn de voor verduurzaming en digitalisering van de Industrie relevante ontwikkelingen geïdentificeerd. In een interne sessie zijn op basis van deze ontwikkelingen de innovatieopgaven waar nodig herijkt.
- 2) Deze herijkte innovatieopgaven zijn gevalideerd bij experts op verschillende vakgebieden binnen TNO – waarna de innovatieopgaven zijn aangepast waar nodig
- 3) Deze lijst met innovatieopgaven is getoetst en gevalideerd in samenspraak met het Kernteam dat vanuit het Ministerie van Economische Zaken nauw betrokken was bij het onderzoek

Stap 3: clusteren van innovatieopgaven

De lijst met 11 innovatieopgaven is vervolgens geclusterd in 4 vernieuwingsopgaven. Deze lijst is weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Lijst vernieuwings- en innovatie-opgaven

1	Vernieuwingsopgaven energie (smart energy)
1-1	Een gebalanceerde mix van bronnen voor hernieuwbare energieopwekking (decentraal/centraal, Nederland/internationaal), inclusief wind op zee
1-2	Integratie van hernieuwbare energie in het energienetwerk: balanceren van vraag en aanbod; energieconversie en opslag; transport; import en export. Inclusief elektrolyse en (groene) waterstof als energiedrager
2	Vernieuwingsopgave Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)
2-1	Ontwikkelen van (nieuwe) duurzame materialen, grondstoffen en brandstoffen, zowel biobased als synthetisch, waaronder (groene) waterstof
2-2	Hergebruik van grondstoffen en materialen
2-3	Het sluiten van energie- en waterketens tussen industrie en steden (o.a. restwarmte)
3	Vernieuwingsopgave Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)
3-1	(Her)ontwerpen van productietechnologie en -processen ten behoeve van duurzame en efficiënte productie en industriële transformatie
3-2	Digitalisering, automatisering en robotisering van productieprocessen in de fabriek (mens-machine samenwerking)
3-3	Predictive maintenance: geavanceerd onderhoud en reparatie
3-4	Flexibele, digitaal aangestuurde waardeketens, met inzet van nieuwe businessmodellen ('servitization') en 'high mix low volume' series
3-5	Ontwikkeling van nieuwe slimme producten, data-gedreven diensten en platformen
4	Vernieuwingsopgave 'Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee'
4-1	Leven met en van de zee: offshore, deep-sea mining, sea farming

1.2 Identificatie sterke basis Nederland

Om als Nederland de innovatieopgaven adequaat op te pakken is een sterke basis in kennis, bedrijfsleven en technologie gewenst. In deze paragraaf wordt beschreven hoe de sterktes van Nederland in kaart zijn gebracht. De resultaten van deze analyse staan in de bijlage van de fiches (zie A).

Er wordt hier een onderscheid gemaakt tussen 'niet sterk', 'gemiddeld sterk' en 'sterk'. Om deze indeling te maken is de positie van Nederlandse kennisvelden, bedrijfstakken en technologieën, indien mogelijk, vergeleken met de positie van dezelfde kennisvelden, bedrijfstakken en technologieën in het buitenland. Dit kunnen referentielanden zijn uit de hele wereld of juist de EU15. Dit is afhankelijk van de beschikbaarheid van data.

2. Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)

Bijlage 1: bouwen op kennisvelden

A

Table with multiple columns and rows, mostly green and blue. A large black oval labeled 'A' is drawn around a central portion of the table.

In dit onderzoek is 'sterk' gedefinieerd als een prestatie boven het internationale gemiddelde. Een 'gemiddeld sterk' veld presteert rond dit het internationale gemiddelde. Een kennisveld, bedrijfstak of technologie is 'niet sterk' wanneer dit veld ruim onder het internationale gemiddelde scoort.

Een inschaling in één van deze drie groepen is gemaakt op basis van empirische data. Voor zowel de kennisvelden, bedrijfstakken als technologieën is een selectie van indicatoren gemaakt. De indicatoren moeten voldoen aan een aantal criteria, namelijk:

1. **De velden moeten onderling vergelijkbaar zijn;**
Het belang van patenteren en publiceren verschilt per domein. Daarnaast zijn sommige velden gewoon groter, bijvoorbeeld Gezondheidswetenschappen versus Literatuurwetenschappen. Een vergelijking van de omvang van publicaties door Nederlandse auteurs binnen het veld Gezondheidswetenschappen en het veld Literatuurwetenschappen zegt hierdoor niets over de sterkte van eerdergenoemde kennisvelden. Door te kijken naar relatieve in plaats van absolute publicatieomvang, wordt het aantal publicaties onderling vergelijkbaar.
2. **De positie van Nederland moet vergeleken worden met het buitenland (indien mogelijk);**
De mate van sterkte van Nederland gaat over de vraag in hoeverre Nederland internationaal onderscheidend is. Indien mogelijk wordt data van Nederland tegenover data van de EU-15 of een selectie van mondiale landen gezet.
3. **Een combinatie van statische en dynamische indicatoren.**
De sterkte wordt gemeten aan de huidige omvang van activiteit (of hier een afgeleide van) en de trend.

Vervolgens wordt de sterkte bepaald met dummies. Wanneer de score op de indicator hoger is dan het criterium (bijv. internationale gemiddelde), dan kan krijgt deze de waarde 1 (en wanneer de indicatorscore lager is dan de benchmark wordt een waarde 0 toegekend). De totaalscore die de sterkte bepaald is de gewogen som van deze dummies. In de volgende paragrafen wordt deze methodiek nader toegelicht.

Het voordeel van het dummy systeem is dat in theorie alle velden sterk kunnen zijn, bijvoorbeeld doordat alle kennisvelden boven het internationaal gemiddelde presteren of groei (>0) vertonen. De bepaling van sterkte is over het algemeen niet afhankelijk van een onderlinge vergelijking van Nederlandse velden. Daartegenover staat dat niet altijd het internationaal gemiddelde bekend is. In dat geval wordt een alternatief criterium gehanteerd.

1.2.1 Analyse en identificatie sterktes in 34 kennisvelden

Doel van dit onderdeel is om een onderscheid te maken tussen 'niet sterke', 'gemiddeld sterke' en 'sterke' kennisvelden op basis van citaties, publicatie-output en aantal toponderzoekers. De 34 kennisvelden staan gelijk aan de WTI-disciplines zoals die worden gehanteerd door het CWTS te Leiden. Deze classificatie is afgeleid van de indeling van wetenschappelijke tijdschriften in het Thomson Reuters Web of Science in 226 Journal subject categories. Het kennisveld multidisciplinaire tijdschriften is niet meegenomen.

Stap 1: Selectie indicatoren

Op basis van de eerder genoemde 3 criteria zijn 5 indicatoren geselecteerd. Deze indicatoren staan beschreven in

Tabel 2. Het belang van de Nederlandse kennispositie ten opzichte van het buitenland is centraal gesteld. De citatie-impactscore en de publicatie-output index maakt gebruik van een 'mandje' van 18 referentielanden: België, Denemarken, Finland, Frankrijk, Duitsland, Verenigd Koninkrijk, Ierland, Nederland Oostenrijk, Zweden Noorwegen, Zwitserland, Australië, Canada, China, Japan, Korea en de VS.

Voor elke indicator is een wegingsfactor vastgesteld. Wanneer er geen vergelijking tussen Nederland en het buitenland mogelijk is, zoals bij groei van citatie-impactscore, dan wordt er een lagere wegingsfactor aan de indicator gegeven.

Daarnaast is voor elke indicator een criterium voor een dummy waarde bepaald. Indien mogelijk is het internationaal gemiddeld als criterium gehanteerd. Wanneer er geen data beschikbaar is over het internationaal gemiddelde, dan is het Nederlands gemiddelde genomen.

Tabel 2 Indicatoren kennissterktes

Indicator	Gewicht	Criterium dummy (1)	Jaar	Bron	Beschrijving
Citatie-impactscore	2	≥1	publicaties 2015-2018 geciteerd in 2015-2019	Thomson Reuters/CWT S Web of Science	De <u>citatie-impactscore</u> geeft het gebruik van publicaties door derden weer en wordt vaak beschouwd als een maat voor de waardering van publicaties. De CI wordt berekend door het aantal citaties van publicaties in een bepaald kennisveld gedurende een periode te delen door het gemiddelde van het aantal ontvangen citaties per kennisveld in de referentielanden.
Groei in citatie-impactscore	1	≥ Nederland s gemiddeld e	impact in 2015-2018 t.o.v. 2010-2013	Thomson Reuters/CWT S Web of Science	Zie beschrijving citatie-impactscore.
Onderzoeksspecialisatie-index	2	≥1	2015-2018	Thomson Reuters/CWT S Web of Science	De <u>onderzoeksspecialisatie-index</u> is een indicator die de onderzoeksintensiteit van een land in een bepaald kennisveld gemeten in aantallen publicaties af zet tegenover diezelfde onderzoeksintensiteit in een <i>peer group</i> van referentielanden. In concreto wordt de OSI gemeten als het percentage Nederlandse onderzoekspublicaties over de periode 2010-2013 per kennisveld in de totale Nederlandse publicatie-output, gedeeld door het gemiddelde percentage van datzelfde kennisveld in de totale publicatie-output van de referentielanden.
Groei in onderzoeksspecialisatie-index	1	≥ Nederland s gemiddeld e	2010-2013 vs 2015-2018	Thomson Reuters/CWT S Web of Science	Zie beschrijving onderzoeksspecialisatie-index.

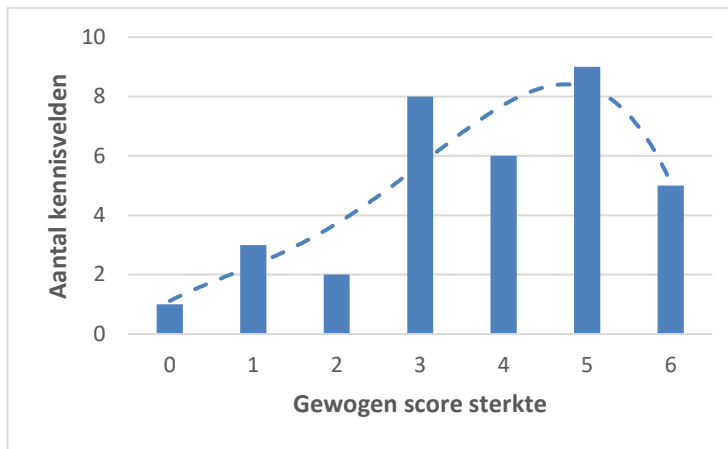
Stap 2: Toekennen van dummies aan indicatoren

Wanneer een score op de indicator voldoet aan het criterium voor de dummy, dan wordt er een waarde van 1 toegekend, anders een 0.

Stap 3: Onderverdeling van resultaten in niet sterke, gemiddeld sterke en sterke kennisvelden

De inschaling in 'niet sterk', 'gemiddeld sterk' en 'sterk' wordt bepaald door de gewogen som van deze dummies. De maximale som is 6: de som van de wegingsfactoren. Figuur 1 laat de resultaten van deze gewogen som zien. Op basis van deze resultaten is, na analyse van de spreiding van de gewogen totaalscores, een classificatie gemaakt, zoals weergegeven in Tabel 3.

Figuur 1 Resultaten scoring kennisvelden



Bron: TNO (2022)

Tabel 3 Classificatie gewogen som

Gewogen som dummies	Mate van sterkte
0-2	Niet sterk
3-4	Gemiddeld sterk
5-6	Sterk

1.2.2 Technologieën

We maken onderscheid tussen twee soorten technologie classificaties. We kijken naar de gangbare technologiegroepen, op basis van de WIPO classificatie. Daarnaast kijken we naar specifiek naar de 'environmental' technologieën, op basis van OECD classificatie.

Het doel van de analyse is om verschillende type technologieën onderling te kunnen vergelijken. Patentaanvragen zijn de enige bron die beschikbaar is voor een ruim aantal landen en over een langere periode van tijd. Door te kijken naar de patentspecialisatie in plaats van het aantal patentaanvragen worden de technologieën onderling vergelijkbaar.

1.2.2.1 Analyse en identificatie sterktes in 35 technologieën – classificatie WIPO

Doel van dit onderdeel is om een onderscheid te maken tussen sterke en minder sterke technologieën op basis van patentaanvragen bij de World Intellectual Property Organization (WIPO). De focus ligt hier op de gangbare technologiegroepen.

De classificatie van technologieën is afgeleid van de definities de World Intellectual Property Organization (WIPO). Er is gekozen voor deze lijst met technologieën vanwege de beschikbaarheid van data op het niveau van de technologieclassificaties van de WIPO.

Stap 1: selectie indicatoren

De indicatoren zijn gebaseerd op de patentaanvragen bij de WIPO. Het voordeel hiervan is dat er data beschikbaar is van alle landen over een langere periode (2012-2019). Het grootste bezwaar van deze keuze is dat het belang van patenteren voor bescherming van intellectual property (IP) per technologie en sector verschilt. In de agrifood sector wordt er bijvoorbeeld weinig waarde gehecht aan het patenteren, omdat IP veelal op basis van kwekersrecht geregeld wordt. Software wordt traditioneel beschermd door auteursrecht.

Op basis van dezelfde drie criteria zoals genoemd aan het begin van paragraaf 5.2 zijn drie indicatoren geselecteerd die relateren aan de patentaanvragen. Deze indicatoren staan beschreven in tabel 4. Voor elke indicator is een wegingsfactor vastgesteld. Voor patentspecialisatie werd een gewicht van 2 en voor beide groei indicatoren werd een weging van 1 gebruikt. Daarnaast is voor elke indicator een criterium voor een dummy waarde bepaald. Indien mogelijk is het internationaal gemiddeld als criterium gehanteerd.

Tabel 4 Indicatoren sterktes in technologieën

Indicator	Gewicht	Criterium dummy (1)	Jaar	Bron	Beschrijving
Patentspecialisatie	2	≥ 1	2012-2019	EPO, bewerking TNO	Het percentage patentaanvragen door Nederlanders in de periode 2012-2019 per technologie in de totale Nederlandse patentaanvraag, gedeeld door het gemiddelde percentage van diezelfde technologie in de totaal aangevragen patenten. Deze patenten worden aangevraagd bij de EPO.
Groei in patentaanvragen NL	1	> 0	2012-2019	EPO, bewerking TNO	Gemiddelde groei aantal EPO-patentaanvragen in de periode 2012-2019 (in %)
Groeiverschil patentaanvragen in NL t.o.v. EPO totaal	1	> 0	2012-2019	EPO, bewerking TNO	Groei in patentaanvragen NL minus Groei in patentaanvragen EPO totaal

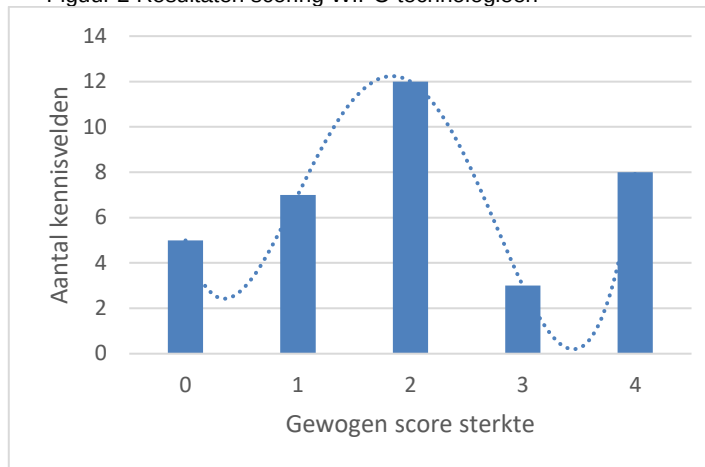
Stap 2: Toekennen van dummies aan indicatoren

Wanneer een score op de indicator voldoet aan het criterium voor de dummy, dan wordt er een waarde van 1 toegekend.

Stap 3: Classificatie van resultaten in niet sterke, gemiddeld sterke en sterke technologieën

De inschaling in niet sterk, gemiddeld sterk en sterk wordt bepaald door de gewogen som van deze dummies. De maximale som is 4: de som van de wegingsfactoren. Figuur 2 laat de resultaten van deze gewogen som zien. Op basis van deze resultaten is, na analyse van de spreiding van de gewogen totaalscores, een classificatie gemaakt, zoals weergegeven in Tabel 5.

Figuur 2 Resultaten scoring WIPO technologieën



Bron: TNO (2016)

Tabel 5 Classificatie gewogen som technologieën

Gewogen som dummies	Mate van sterkte
0-1	Niet sterk
2	Gemiddeld sterk
3-4	Sterk

1.2.2.2 Analyse en identificatie sterktes in 57 'environmental' technologieën

Betreffend verduurzaamheid willen wij op een dieper niveau onderscheid maken tussen sterke en minder sterke technologieën. Hiervoor hanteren wij een dataset van de OECD die inzicht biedt in environmental technologieën.

Stap 1: selectie indicatoren

De indicatoren zijn gebaseerd op de patentaanvragen bij de OECD. Het voordeel hiervan is dat er data beschikbaar is van alle landen over een langere periode (2012-2019).

Op basis van dezelfde drie criteria zoals genoemd aan het begin van paragraaf 5.2 zijn drie indicatoren geselecteerd die relateren aan de patentaanvragen. Deze indicatoren staan beschreven in Tabel 6. Voor elke indicator is een wegingsfactor vastgesteld. Voor patentspecialisatie werd een gewicht van 2 en voor beide groei indicatoren werd een weging van 1 gebruikt. Daarnaast is voor elke indicator een criterium voor een dummy waarde bepaald. Indien mogelijk is het internationaal gemiddeld als criterium gehanteerd.

Tabel 6 Indicatoren sterktes in technologieën

Indicator	Gewicht	Criterium dummy (1)	Jaar	Bron	Beschrijving
Patentspecialisatie	2	≥ 1	2012-2019	OECD, bewerking TNO	Het percentage patentaanvragen door Nederlanders in de periode 2012-2019 per technologie in de totale Nederlandse patentaanvraag, gedeeld door het gemiddelde percentage van diezelfde

					technologie in de totaal aangevragen patenten. Deze patenten worden aangevraagd bij de EPO.
Groei in patentaanvragen NL	1	> 0	2012- 2019	OECD, bewerking TNO	Gemiddelde groei aantal EPO-patentaanvragen in de periode 2012-2019 (in %)
Groeiverschil patentaanvragen in NL t.o.v. EPO totaal	1	> 0	2012- 2019	OECD, bewerking TNO	Groei in patentaanvragen NL minus Groei in patentaanvragen EPO totaal

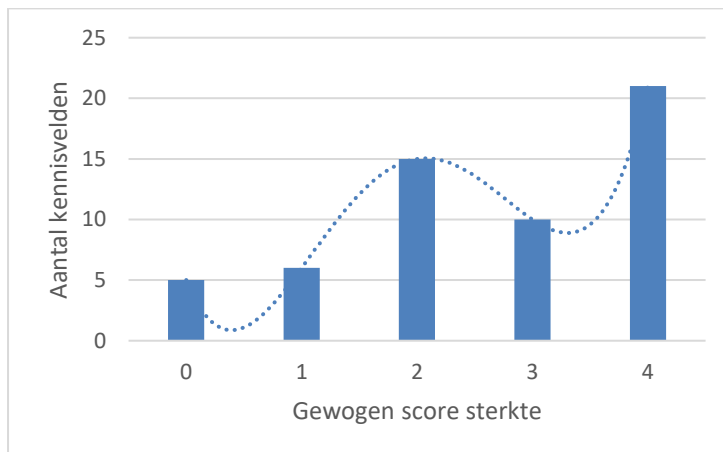
Stap 2: Toekennen van dummies aan indicatoren

Wanneer een score op de indicator voldoet aan het criterium voor de dummy, dan wordt er een waarde van 1 toegekend.

Stap 3: Classificatie van resultaten in niet sterke, gemiddeld sterke en sterke technologieën

De inschaling in niet sterk, gemiddeld sterk en sterk wordt bepaald door de gewogen som van deze dummies. De maximale som is 4: de som van de wegingsfactoren. Figuur 3 laat de resultaten van deze gewogen som zien. Op basis van deze resultaten is, na analyse van de spreiding van de gewogen totaalscores, een classificatie gemaakt, zoals weergegeven in Tabel 7.

Figuur 3 Resultaten scoring 'Environmental' technologieën



Bron: TNO (2022)

Tabel 7 Classificatie gewogen som technologieën

Gewogen som dummies	Mate van sterkte
0-1	Niet sterk
2	Gemiddeld sterk
3-4	Sterk

1.2.3 Analyse en identificatie sterktes in 40 bedrijfstakken

Het doel van dit onderdeel is om een kwantitatieve beschrijving te geven van bestaande sterktes van Nederlandse bedrijven. Hiertoe zijn statistische gegevens van het CBS en Eurostat gecombineerd en verwerkt tot een geharmoniseerd analysebestand met indicatoren over de omvang, het verdienvermogen, de concurrentiekracht en de innovatiekracht op het niveau van 44 bedrijfstakken. Deze 44 bedrijfstakken omvatten (samenstellingen van) standaard bedrijfstakken op 2-

digit niveau volgens de NACE/SBI-indeling. Het uitgangspunt voor eventuele samenvoeging was dat vergelijking met de EU15 mogelijk moest zijn. In een aantal gevallen publiceert Eurostat cijfers voor de EU15 op een meer geaggregeerd niveau dan het CBS voor Nederland publiceert. In deze gevallen zijn bedrijfstakken van het CBS gecombineerd tot het publicatieniveau van Eurostat.

Vier bedrijfstakken zijn buiten beschouwing gelaten bij de inschatting van sterktes vanwege hun niet-commerciële of (semi-)publieke karakter:

- Huishoudens als werkgever (SBI-letter T; 2-digit codes 97 en 98)
- Openbaar bestuur, overheid en verplichte sociale verzekeringen (SBI-letter O; 2-digit code 84)
- Onderwijs (SBI-letter P; 2-digit code 85)
- Wetenschappelijk speur- en ontwikkelingswerk (SBI 2-digit code 72)

De volgende stappen werden in de analyse doorlopen:

Stap 1: Selectie indicatoren

Er zijn negen indicatoren gebruikt om de sterkte van bedrijfstakken in de Nederland te bepalen (zie Tabel 8). Bij de keuze van indicatoren staat een internationale vergelijking, voor zover mogelijk, centraal. Tevens zijn zij zo gekozen dat de omvang en ontwikkeling van het verdienvermogen (toegevoegde waarde), (internationale) concurrentiepositie en concurrentiekracht (specialisatiegraad en ontwikkeling arbeidsproductiviteit), innovatie-inspanningen (R&D-intensiteit) en potentiële impact van innovatie (Start-ups en snel groeiende bedrijven) in ogenschouw worden genomen.

De specialisatiegraad van Nederland t.o.v. de EU15 is geanalyseerd op basis van werkzame personen en toegevoegde waarde. De specialisatie-index geeft een relatieve oververtegenwoordiging van bedrijfstakken in Nederland weer en duidt daarmee op een sterke concurrentiepositie. De index op basis van werkzame personen zegt vooral iets over de omvang van sectoren vanuit het belang van bedrijfstakken als werkgever; de index op basis van toegevoegde waarde gaat in op het verdienvermogen. Om naast de specialisatie ook de absolute omvang van bedrijfstakken mee te wegen, is het aandeel van bedrijfstakken in het bbp van Nederland als zodanig ook meegenomen.

De verhouding tussen toegevoegde waarde en arbeidsvolume is de arbeidsproductiviteit. Eveneens in vergelijking met de EU15 is de ontwikkeling van arbeidsproductiviteit meegenomen. Arbeidsproductiviteit en de ontwikkeling hiervan is een belangrijke maatstaf voor de (internationale) concurrentiekracht en bepalend voor het tempo van economische groei.

De start-up intensiteit en scale-up intensiteit van bedrijven zijn, samen met de omvang van R&D-uitgaven, een uiting van de 'innovatiekracht' van bedrijfstakken. De start-up intensiteit heeft hier een lager gewicht gekregen omdat zzp-ers in sommige sectoren het beeld vertroebelen. Vanuit innovatieprestaties geredeneerd is een startende zzp-er niet de meest zuivere indicator. Om deze reden is meer gewicht gegeven aan R&D-uitgaven en het aandeel snelle groeiers (scale-up intensiteit). Die laatste heeft immers een drempelwaarde van minimaal tien werknemers op het eerste moment van meten. Snelle groei van deze bedrijven duidt dus eerder op daadwerkelijke uitbreiding waar innovatie een rol bij kan spelen.

De sterkte van bedrijfstakken is gemeten aan de hand van de volgende negen indicatoren:

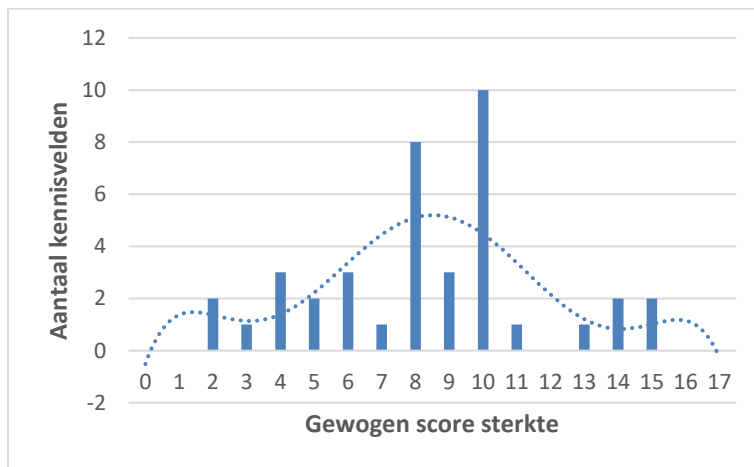
Tabel 8 Indicatoren sterktes in het bedrijfsleven

Indicator	Gewicht	Criterium dummy (1)	Jaar	Bron	Beschrijving
Specialisatie op basis van werkzame personen	2	≥100	2019	CBS	' <i>Revealed comparative advantage</i> ' o.b.v. het aandeel van bedrijfstakken in de totale economie van Nederland vergeleken met het aandeel van die bedrijfstak in de EU15.
Omvang Toegevoegde waarde (TW)	2	≥Nederlands gemiddelde	2020	CBS	Omvang bedrijfstakken gemeten in bruto toegevoegde waarde in basisprijzen. (x miljoen euro)
Groei toegevoegde waarde (TW)	2	>0	2013-2019	CBS	Gemiddelde groei (in %) toegevoegde waarde per bedrijfstak.
Groeiverschil toegevoegde waarde (TW)	2	>0	2013-2019	CBS	Gemiddelde groei (in %) toegevoegde waarde per bedrijfstak in NL - Gemiddelde groei (in %) toegevoegde waarde per bedrijfstak in EU15 (verschil in %-punten).
Groei Arbeids-productiviteit	2	>0	2013-2019	CBS, bewerking TNO	Gemiddelde groei van TW per arbeidsjaar (fte) van werkzame personen (in %)
Specialisatie NL t.o.v. EU15 (o.b.v. omvang TW)	2	≥100	2019	CBS, Eurostat, bewerking TNO	' <i>Revealed comparative advantage</i> ' o.b.v. het aandeel van bedrijfstakken in de totale economie van Nederland vergeleken met het aandeel van die bedrijfstak in de EU15.
R&D intensiteit	2	≥Nederlands gemiddelde	2019	CBS	Private R&D uitgaven per bedrijfstak (x miljoen euro) als % van de toegevoegde waarde van de bedrijfstak.
Start-up intensiteit bedrijven	1	≥Nederlands gemiddelde	2015-2019	CBS, bewerking TNO	Gemiddeld aantal netto-bedrijfsoprichtingen (saldo oprichting en opheffing) als percentage van het gemiddeld aantal bedrijven. <i>Oprichtingssaldo per bedrijfstak gemiddeld over 2015-2020.</i>
Scale-up intensiteit bedrijven	2	≥Nederlands gemiddelde	2020	CBS, bewerking TNO	Aantal snel groeiende bedrijven als percentage van het gemiddeld aantal bedrijven per bedrijfstak. <i>Een snelgroeiend bedrijf of snelle groeier is een bedrijf met een gemiddelde jaarlijkse groei van 10% per jaar of meer, over een periode van 3 achtereenvolgende jaren, gemeten in het aantal werknemers.</i> <i>Hierbij geldt een minimale bedrijfsomvang van 10 werknemers bij aanvang van de meting van het CBS.</i>

Wanneer een score op de indicator voldoet aan het criterium voor de dummy, dan wordt er een waarde van 1 toegekend (anders een waarde 0).

De inschaling in 'niet sterk', 'gemiddeld sterk' en 'sterk' wordt bepaald door de gewogen som van deze dummies. De maximale som is 17: de som van de wegingsfactoren. Figuur 4 laat de resultaten van deze gewogen som zien. Op basis van deze resultaten is, na analyse van de spreiding van de gewogen totaalscores, een classificatie gemaakt, zoals weergegeven in Tabel 9.

Tabel 9 Classificatie gewogen som
bedrijfstacken

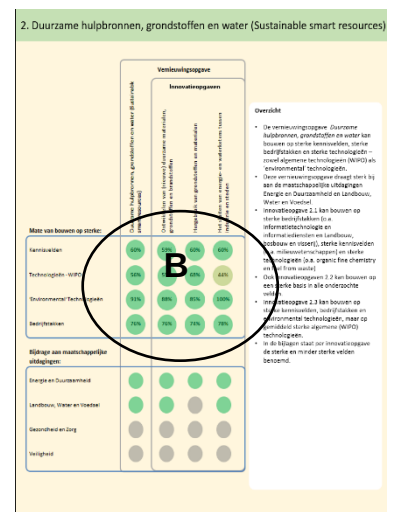


Bron: TNO (2022)

Gewogen som dummies	Mate van sterkte
0-6	Niet sterk
7-9	Gemiddeld sterk
10-17	Sterk

In hoofdstuk 5.1 werd beschreven hoe de innovatie- en vernieuwingsopgaven in kaart zijn gebracht. Vervolgens is in hoofdstuk 5.2 toegelicht hoe de sterktes van Nederland in kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken zijn bepaald. Deze paragraaf koppelt de innovatie- en vernieuwingsopgaven aan deze sterktes met als resultaat een score die in de fiches als bollen (“stoplichten”) worden weergegeven (zie de figuur hiernaast, B).

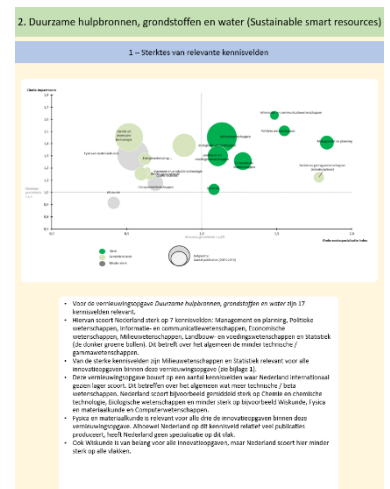
De kleuren geven aan of een vernieuwingsopgave en de onderliggende innovatieopgaven een sterke basis hebben in de kennisvelden, het bedrijfsleven en de technologieën in Nederland. Hierin maken we onderscheid in de kleuren groen (ruim), licht groen (gemiddeld) en grijs (gering). De stoplichten zijn bedoeld om snel een eerste indruk te



Figuur 5: Koppeling innovatieopgave aan sterktes

geven. Voor een meer genuanceerder inzicht kan gekeken worden naar de onderliggende data (bijvoorbeeld naar de bollenfiguren in figuur 6).

In de analyse werden de sterkte én het belang van kennisvelden, bedrijfsleven en technologieën voor de innovatieopgave meegenomen in de bepaling van de kleur van de stoplichten. Hiertoe is eerst het belang van kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken voor elke innovatieopgave bepaald. Vervolgens is de kleur berekend op basis van een gewogen score van relevantie voor de innovatieopgaven in combinatie met score op sterkte. De resultaten van de stappen in dit onderdeel en de hier opvolgende onderdelen zijn bijgehouden in een transparant scoreboard (waarvan het geconsolideerd overzicht van de vier fiches in hoofdstuk 3 een vereenvoudigde weergave is).



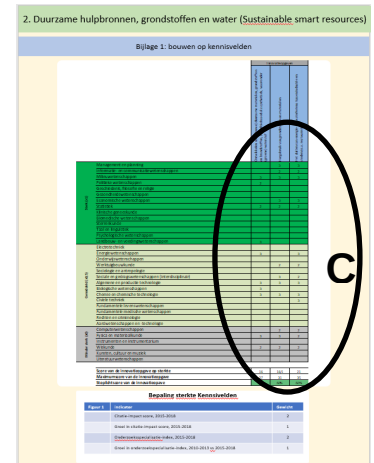
Figuur 6 Fiche: bollenfiguren

1.3.1 *Scoren van belang van kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken voor de innovatieopgave*

Het belang van kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken voor een innovatieopgave is ingeschat door TNO. Hiervoor is gebruik gemaakt van de expertise van het projectteam en van interne domein- en technologie experts. Concreet kan er onderscheid gemaakt worden in twee stappen, zie hieronder.

Stap 1: scoren van belang door TNO-ers

TNO experts hebben het belang van elk kennisveld, elke bedrijfstak en elke technologie voor de innovatieopgave gescoord. Deze score staat in de bijlage van de fiches (zie figuur 7, locatie C). De vraag die elke keer beantwoord is: In welke mate is dit kennisveld/deze bedrijfstak/deze technologie van belang voor het aanpakken van deze innovatieopgave? De experts hebben de scores gegeven op een schaal van 0 tot 3:



Figuur 7 Fiche: score belang

- 0 – niet
- 1 – in geringe mate
- 2 – in sterke mate
- 3 – in zeer sterke mate

Stap 2: valideren

Deze scores zijn in meerdere rondes en door meerdere TNO'ers onafhankelijk van elkaar gevalideerd.

1.3.2 Berekening kleuren

De kleur van een stoplicht geeft aan in hoeverre een innovatie-/vernieuwingsopgave kan bouwen op sterke kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken. Alleen de kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken die in 'sterke' (= score 2) tot 'zeer sterke' mate (= score 3) een bijdrage kunnen leveren aan de innovatieopgave worden meegenomen in de berekening.

Stap 1: berekening van het gewogen percentage sterke velden

Voor de berekening wordt de volgende formule gebruikt:

Formule 1 Kleur stoplicht

$$\frac{\text{Totaal gewogen score sterkte van aangevinkte velden voor de Innovatieopgaven}}{\text{Maximumscore indien alle aangevinkte velden sterk zouden zijn}}$$

$$\frac{1 * (\text{som}(\text{vinkjes } 2) + \text{som}(\text{vinkjes } 3) \text{ "sterk"}) + 0,5 * (\text{som}(\text{vinkjes } 2) + \text{som}(\text{vinkjes } 3) \text{ "gemiddeld"}) + 0}{(\text{som}(\text{vinkjes } 2) + \text{som}(\text{vinkjes } 3))}$$

De formule bestaat uit een gewogen som van kennisvelden, bedrijfstakken en technologieën gedeeld door de maximale som. Op twee manieren wordt de som gewogen: een weging op belang (de "scores '2' en '3' na het scoringsproces zoals beschreven in paragraaf 5.3.1) en een weging op sterkte (waarbij de 'sterke' en 'gemiddeld sterke' velden het resultaat zijn van meting zoals beschreven in hoofdstuk 5.2. De weging op belang neemt de scores "2" (= in sterke mate van belang) en "3" (= in hele sterke mate van belang) mee als wegingsfactor (zie ook Bijlagen 1, 2 en 3 van fiches). Velden met een score "1" (= in geringe mate relevant) zijn niet meegenomen in de berekening. Voor de weging op sterkte wordt een wegingsfactor "1" gegeven aan sterke velden, een wegingsfactor "0,5" aan gemiddelde sterke velden en wegingsfactor "0" aan niet sterke velden. De maximumscore is de gewogen som indien alle relevante velden sterk (wegingsfactor "1") zouden zijn.

De redenering achter deze formule is dat velden met een relevantiescore van "2" of hoger een substantiële bijdrage kan leveren aan het oppakken van de innovatieopgaven. Een sterk veld is beter in staat om deze bijdrage te kunnen leveren, dan een gemiddeld sterk of niet sterk veld.

Stap 2: kleurbepaling scores

Op basis van de uitkomsten van stap 1 werd de kleur bepaald. Daarbij is uitgegaan van de volgende marges:

Tabel 10 Betekenis kleuren "bouwen op..."

Kleur	Betekenis	Kennisvelden	Bedrijfstakken	Technologieën
Grijs	Gering	<40%	<40%	<40%
Licht groen	Gemiddeld	40%-55%	40%-55%	40%-55%
Groen	Ruim	>55%	>55%	>55%

Hierbij is als uitgangspunt genomen dat een innovatieopgave in **ruime mate** kan bouwen op sterke kennisvelden wanneer meer dan de helft (55%) van de relevante kennisvelden sterk is. Wanneer net iets minder de helft (40%-55%) van de relevante kennisvelden sterk is, dan kan een innovatieopgave **gemiddelde mate**

bouwen op de relevante kennisvelden. Wanneer er vrijwel geen relevante kennisvelden sterk zijn (<40%) dan kan de innovatieopgave **in geringe mate** bouwen op een sterke basis in de kennisvelden.

Dezelfde uitgangspunten zijn gehanteerd voor het bepalen van de sterkte basis in bedrijfstakken en technologieën.

1.3.3 *Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen*

De bijdrage van een Vernieuwingsopgave aan maatschappelijke uitdagingen wordt bepaald op basis van de missies zoals bepaald in het Missiegedreven Topsectoren- en innovatiebeleid¹ en in het coalitieakkoord². Dit is een aanpassing aan de methodologie van 2017, toen het Missiegedreven Topsectoren- en innovatiebeleid nog niet geïntroduceerd was. Het kabinet heeft 25 missies geformuleerd om maatschappelijke uitdagingen aan te pakken. De missies richten zich op meer gezonde levensjaren, voldoende schoon water en veilig voedsel, minder uitstoot van broeikasgassen, betaalbare duurzame energie en een veilig Nederland om in te wonen en te werken. De missies zijn onderverdeeld in vier thema's:

1. Energie en Duurzaamheid, bestaande uit 3 deelthema's:
 - a. Klimaat en Energie
 - b. Toekomst bestendige mobiliteit
 - c. Circulaire economie
2. Landbouw, Water en Voedsel
3. Gezondheid en Zorg
4. Veiligheid

Dwarsdoorsnijdend door deze thema's zijn de ondersteunende missies van Sleuteltechnologieën en digitalisering, die in alle maatschappelijke uitdagingen een essentiële ondersteunende rol spelen.

In dit rapport wordt beschreven in hoeverre de Vernieuwingsopgaven bijdragen aan de vier maatschappelijke uitdagingen. Hiervoor wordt een kwalitatieve analyse gemaakt van de bijdrage door TNO-expert op basis van een indeling in 3 kleuren:

Kleur	Betekenis
Grijs	Geen bijdrage
Licht groen	Beperkte bijdrage
Groen	Sterke bijdrage

Sleuteltechnologieën en digitalisering zijn noodzakelijk en ondersteunend aan alle vier de maatschappelijke missies. Daarom worden ze niet apart meegenomen als maatschappelijke uitdaging.

1.3.4 *Analyse van de relatie met sleuteltechnologieën (Key Enabling Technologies)*

Op basis van de "key enabling technologies" lijst van de Europese Commissie analyseren wij hoe goed wij er relatief voor staan in vergelijking met de EU28 en de rest van de wereld. We hanteren de data van de 'advanced technologies for industries' database.³ We kijken naar de volgende 'key enabling technologies':

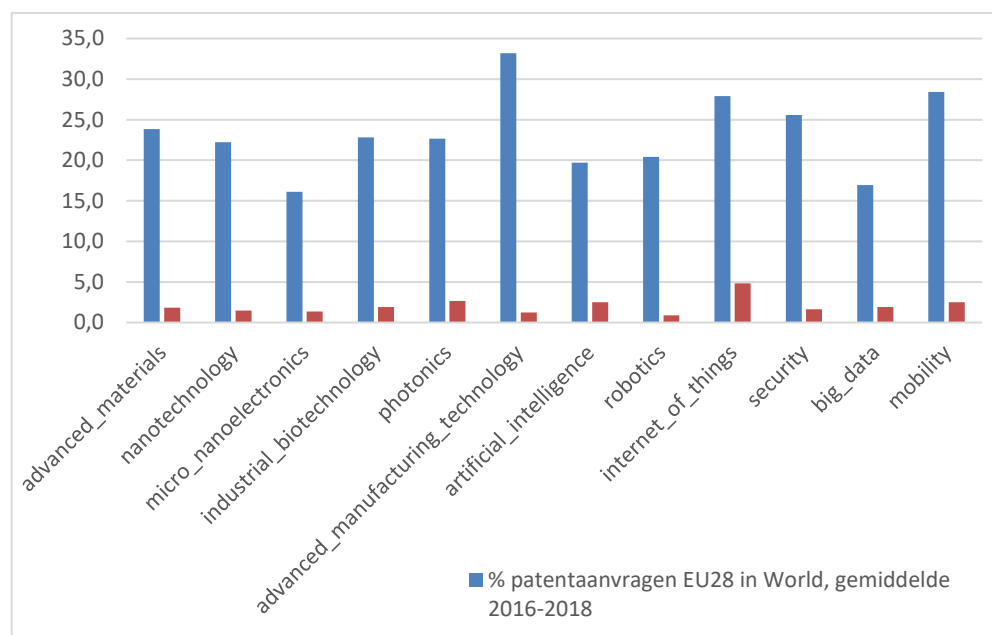
¹ [Missies voor de toekomst | Topsectoren](#)

² [Coalitieakkoord 'Omzien naar elkaar, vooruitkijken naar de toekomst' | Publicatie | Rijksoverheid.nl](#)

³ Zie; <https://ati.ec.europa.eu/>

- advanced_materials
- nanotechnology
- micro_nanoelectronics
- industrial_biotechnology
- photonics
- advanced_manufacturing_technology
- artificial_intelligence
- robotics
- internet_of_things
- security
- connectivity
- cloud_computing
- blockchain
- big_data
- augmented_virtual reality
- mobility

Land-data is alleen beschikbaar als percentage van de wereld,
($\# patent_{Land} / \# patent_{Wereld}$) * 100. We kijken naar de data van NL en de EU28 ten opzichte van de Wereld. De uitkomsten zijn gepresenteerd in Figuur 8.

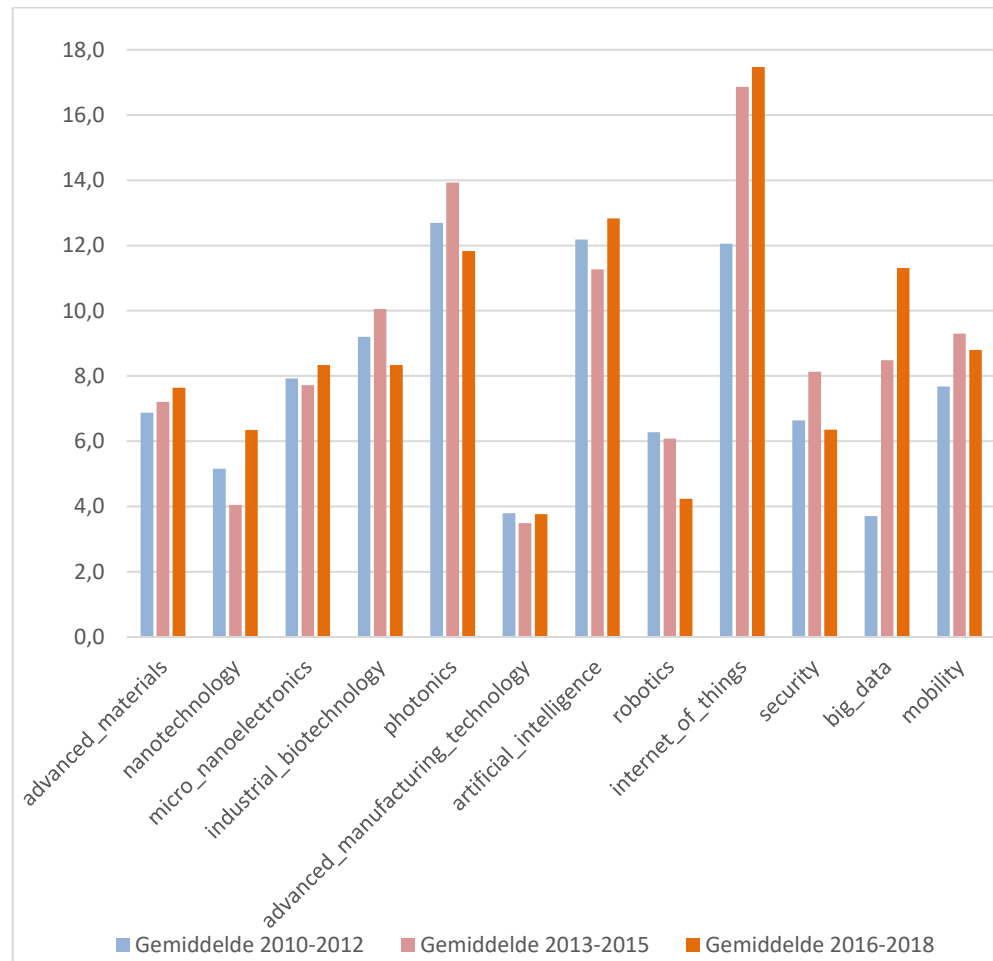


Figuur 8 Patent aanvragen Key Enabling Technologies – NL en EU als % van de wereld

Opmerkelijk is dat Europa op veel van de technologievelden rond de 20% van alle patent aanvragen indient. Nederland doet het relatief goed op sommige van deze velden. Met uitstekend doet Nederland het goed op technologieën in het veld “Internet of things”, waar Nederland, gemiddeld over de periode 2016-2018, 4,8% van alle patenten aan heeft gevraagd.

Door deze twee variabelen met elkaar te delen krijgen we het aandeel patenten in een specifiek veld ten opzichte van de EU28. Door deze met 100 te

vermenigvuldigen krijgen we het percentage aandeel. De resultaten zijn gepresenteerd in Figuur 9.



Figuur 9 Patent aanvragen Key Enabling Technologies - NL als % van EU28

In dit figuur laten we per technologieveld de gemiddeldes zien voor de volgende tijdsperiodes; 2010-2012, 2013-2015, 2016-2018. Door deze gemiddeldes per technologie veld naast elkaar te zetten zie we een tijdstrend. Voor bijna alle 'key enabling technologies' is deze tijdstrend stijgend. Voor enkele van deze technologieën stijgt deze trend zelfs aanzienlijk; voor het technologieveld 'big data' stijgt Nederland van gemiddeld 3,7% in 2010-2012 tot gemiddeld 11,3% in 2016-2018. Voor de rest van deze technologieën blijven de patent aanvragen stabiel over tijd.

Verder is het opmerkelijk dat Nederland in relatie tot de EU28 goed scoort op meerdere van deze technologievelden. Merk op dat voor de periode 2016-2018, Nederland op de volgende technologievelden meer dan 10% van het EU28 presenteren; Photonics, Artificial Intelligence, Internet of things, en Big data.

1.4 Validatie

De portfolioanalyse beoogt een zo objectief en transparant mogelijk beeld te schetsen van de sterktes van relevante kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken waarop Nederland kan bouwen in relatie tot vernieuwingsopgaven die op hun beurt weer gestructureerde oplossingsrichtingen bieden voor maatschappelijke uitdagingen. Het doel van de analyse is om een solide fundament te bieden waarop uiteindelijk beleidskeuzes en prioriteiten geformuleerd kunnen worden. Een belangrijke voorwaarde is dan dat de gebruikte indicatoren, alsook de uitkomsten van de portfolioanalyse zelf, *Relevant, Acceptabel, Betrouwbaar, Geloofwaardig, Eenvoudig te interpreteren* en *Robuust* zijn.⁴ Gedurende de uitvoering van de portfolioanalyse is dan ook uitvoerig aandacht besteed aan validatie van de methodologie en zijn dialoogsessies met directe stakeholders binnen het ministerie EZK georganiseerd om te toetsen of de resultaten zoals gepresenteerd in de fiches herkenbaar en bruikbaar zijn. In deze paragraaf lichten we de validatiestappen toe.

1.4.1 Validatie methodologie – gevoeligheidsanalyse

TNO heeft daarom de stoplichtkleuren gevalideerd door middel van een gevoeligheidsanalyse waarbij is geëxperimenteerd met verschillende tijdsperiodes, grenswaarden voor de kleuren en wegingsfactoren voor sterkte en relevantie. Hierbij is telkens gekeken of in verschillende samenstellingen van relevante, sterke of minder sterke velden (kennisvelden, bedrijfstakken of technologieën) intuïtief de juiste kleur resulteert. In het bijzonder ging de aandacht hierbij uit of de overgang van licht groen naar groen of licht groen naar grijs intuïtief klopt.

1.4.1.1 Gevoeligheidsanalyse: tijdsreeks inclusief 2020 (waar mogelijk)

Voor sommige van de gehanteerde tijdsreeksen is het mogelijk om 2020 ook te gebruiken. We hebben in het basismodel 2020 buiten beschouwen gelaten om twee redenen;

- Vaak is de data voor 2020 nog niet geheel compleet en zijn het voorlopige resultaten.
- Door Covid-19 is dit jaar sowieso anders dan anders, en daarom niet goed vergelijkbaar met de normale gang van zaken.

In deze gevoeligheidsanalyse kijken we wat er gebeurt als we het jaar 2020 wel in beschouwing nemen. In Tabel 6 zijn de resultaten gepresenteerd. De uitkomsten zijn berust op de formule gepresenteerd in sectie 5.3.2.

Opmerkelijk is dat voor de 35 EPO technologieën de uitkomsten lager score dan in de basismethode. In de ruwe data is ook een duidelijk dip te zien voor het jaar 2020. Dit kan komen door één van de twee hierboven genoemde reden. We zien dat de andere reeksen robuust zijn voor deze verandering.

⁴ De zogenaamde RACER-criteria die de kwaliteitsstandaard voor indicatoren vormen in monitorings- en evaluatie richtlijnen van de Europese Unie. De afkorting RACER staat voor: *Relevant, Accepted, Credible, Easy* en *Robust*.

Tabel 7 Gevoeligheidsanalyse – tijdsreeks inclusief 2020

	Percentage van maximale stoplichtscore			
	Kennisvelden	Bedrijfstakken	Technologieën - 35 EPO	Technologieën - 57 Env. Tech.
1				
1-1	58%	63%	28%	71%
1-2	54%	64%	29%	65%
2				
2-1	59%	81%	51%	88%
2-2	60%	72%	59%	85%
2-3	60%	78%	44%	100%
3				
3-1	50%	68%	45%	80%
3-2	54%	71%	36%	25%
3-3	41%	67%	36%	67%
3-4	57%	56%	40%	0%
3-5	57%	60%	17%	0%
4				
4-1	58%	69%	32%	65%

1.4.1.2 Gevoeligheidsanalyse: tijdsreeks 2016-2019

In deze gevoeligheidsanalyse kijken we wat er gebeurt als we alleen de laatste helft van de tijdsreeks in beschouwing nemen. In Tabel 8 zijn de resultaten gepresenteerd. De uitkomsten zijn berust op de formule gepresenteerd in sectie 5.3.2.

We zien dat de resultaten van deze gevoeligheidsanalyse maar matig verschillen van de resultaten van de basismethode. We concluderen daarom dat onze basismethode robuust is voor variaties van in de tijdsreeks.

Tabel 12 Gevoeligheidsanalyse – tijdsreeks 2016-2019

	Percentage van maximale stoplichtscore			
	Kennisvelden	Bedrijfstakken	Technologieën - 35 EPO	Technologieën - 57 Env. Tech.
1				
1-1	58%	66%	30%	61%
1-2	54%	65%	33%	57%
2				
2-1	59%	76%	43%	90%
2-2	60%	74%	54%	79%
2-3	60%	78%	35%	94%
3				
3-1	50%	69%	35%	79%
3-2	54%	76%	35%	25%

3-3	41%	69%	34%	83%
3-4	57%	67%	40%	50%
3-5	57%	71%	17%	50%
4				
4-1	58%	68%	37%	52%

1.4.1.3 Gevoeligheidsanalyse: andere weging sterktes

In hoofdstuk 5.2 wordt beschreven hoe de weging wordt toegepast. In deze gevoeligheidsanalyse hanteren we een andere weging voor de kennisvelden, bedrijfstakken en de technologieën.

- Voor de kennisvelden is de weging nu als volgt: 0-1 = zwak; 2-4 = gemiddeld sterk; 5-6 = sterk.
- Voor de bedrijfstakken is de weging nu als volgt: 0-4 = zwak; 5-9 = gemiddeld sterk; 10-17 = sterk.
- Voor de technologieën is de weging nu als volgt: 0-1 = zwak; 2-3 = gemiddeld sterk; 4 = sterk.

In Tabel 13 zijn de resultaten gepresenteerd. De uitkomsten zijn berust op de formule gepresenteerd in sectie 5.3.2. We zien dat de resultaten van deze gevoeligheidsanalyse maar matig verschillen van de resultaten van de basismethode. We concluderen daarom dat onze basismethode robuust is voor kleine variaties in de weging.

Tabel 13 Gevoeligheidsanalyse – andere weging sterktes

	Percentage van maximale stoplichtscore			
	Kennisvelden	Bedrijfstakken	Technologieën - 35 EPO	Technologieën - 57 Env. Tech.
1				
1-1	58%	66%	33%	78%
1-2	54%	65%	34%	71%
2				
2-1	59%	76%	51%	100%
2-2	60%	74%	62%	89%
2-3	60%	78%	44%	100%
3				
3-1	50%	69%	39%	88%
3-2	54%	76%	37%	50%
3-3	41%	69%	38%	83%
3-4	57%	62%	45%	50%
3-5	57%	64%	17%	50%
4				
4-1	58%	68%	37%	67%

TNO-rapport**TNO 2022 R11324****Portfolioanalyse 2022****Bijlage 2: Fiches****Strategic Analysis & Policy**

Anna van Buerenplein 1

2595 DA Den Haag

Postbus 96800

2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

Datum	6 juli 2022
Auteur(s)	Babette Bakker Thijmen van Bree Ron van Maurik Finn Speijer
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	65
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Projectnaam	Portfolioanalyse 2022
Projectnummer	060.52116

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2022 TNO

1. Duurzame energie

Sustainable smart energy
TNO portfolioanalyse 2022



Leeswijzer

Innovatieopgaven worden gedefinieerd als concrete vragen van maatschappelijke spelers (bedrijven, overheden, burgers) die een kennisdoorbraak, een nieuwe technologie of een gedragsverandering vragen. Innovatieopgaven bouwen op sterktes van (Nederlandse) kennisinstellingen en bedrijven en dragen bij aan het oplossen van grotere maatschappelijke uitdagingen en versterken de economie. Een vernieuwingsopgave is een bundeling van innovatieopgaven die zorgt voor effectiviteit, efficiënte en schaalgrootte om een relevante internationale positie te ontwikkelen.

Het doel van het fiche is om voor een aantal geïdentificeerde vernieuwingsopgaven en innovatieopgaven een zo objectief en transparant mogelijk overzicht aan sterktes en kansen voor Nederland te geven. De fiches laten zien in welke mate de innovatie en vernieuwingsopgaven kunnen bouwen op sterktes van Nederlandse kennisposities, bedrijfstakken en technologieën.

Opbouw fiche

Inleiding
Resultaten

p3
p4

Deel 1: Overzicht van sterktes en kansen van de vernieuwingsopgave

p5-6

- Mate van bouwen op sterke: kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken
- Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen

p5

p6

Deel 2: Onderbouwen van de sterktes en kansen van de vernieuwingsopgave

p7-12

- 1 – sterkte van relevante kennisvelden
- 2 – sterkte van relevante WIPO technologieën
- 3 – sterkte van relevante 'Environmental' technologieën
- 4 – Sterkte van relevante bedrijfstakken
- 5 – Kansen: dynamiek van relevante bedrijfstakken
- 6 – Kansen: link met sleuteltechnologieën.

p7

p8

p9

p10

p11

p12

Deel 3: Toelichting stoplichten

p13-16

- Bijlage 1: bouwen op kennisvelden
- Bijlage 2: Bouwen op WIPO technologieën
- Bijlage 3: Bouwen op 'Environmental' technologieën
- Bijlage 4: Bouwen op bedrijfstakken

p13

p14

p15

p16

Betekenis kleuren

- Groen: ruim (>55%)
- Licht groen: gemiddeld (40%-50%)
- Grijs: gering (<40%)

Vernieuwingsopgave

Innovatieopgaven

Innovatieopgave 1

Innovatieopgave 2

Mate van bouwen op sterke:

Kennisvelden

Technologieën - WIPO

'Environmental' Technologieën

Bedrijfstakken

Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen:

Maatschappelijke uitdaging 1

Maatschappelijke uitdaging 2

Maatschappelijke uitdaging 3

Maatschappelijke uitdaging 4

Maatschappelijke uitdaging 5



1 – Sterkte van relevante kennisvelden (p4)



2 – Sterkte van relevante technologieën WIPO (p4)



3 – Sterkte van relevante 'Environmental' technologieën (p4)



4 – Sterkte van relevante bedrijfstakken (p4)



5 – Bijdrage aan maatschappelijke Uitdaging (p4)

1. Duurzame energie (Sustainable smart energy)

Introductie

Het energiesysteem moet drastisch veranderen om de doelstellingen te halen voor het verminderen van broeikasgasemissies. Deze doelstellingen zijn o.a. vastgesteld in het klimaatakkoord van Parijs, het Nederlandse Klimaatakkoord en de Europese Green Deal. Een groot deel van deze vermindering van broeikasemissies moet komen door een transitie van het gebruik van fossiele bronnen naar hernieuwbare bronnen, zoals wind- en zonne-energie. Het uitfasen van de gaswinning in Groningen en het verminderen van de afhankelijkheid van buitenlandse energieleveranciers (in het bijzonder Rusland) versterken de noodzaak voor het versnellen van deze transitie.

Deze vernieuwingsopgave vergt belangrijke technologische en institutionele innovaties. Het huidige systeem, gebaseerd op grootschalige (fossiele) opwekking, moet worden gecombineerd en geïntegreerd met verschillende systemen van centrale en decentrale opwekking (zon, wind op zee, wind op land, biomassa, geothermie, aquathermie, warmtepompen, getijden). Nederland staat voor de uitdaging om voldoende energie op te wekken om te allen tijde aan de energievraag te kunnen voldoen. Hiervoor is technologische vernieuwing nodig, zoals efficiëntere windturbines op zee en integratie van zonnecellen in gebouwen. Daarnaast moet er expliciet geanticipeerd worden op de afhankelijk die hierdoor ontstaat van andere landen, bijvoorbeeld bij de levering van duurzame energie of apparatuur om dit op te wekken.

De integratie van hernieuwbare energie in het energienetwerk vereist het goed balanceren van vraag en aanbod, met continue monitoring en real-time optimalisatie en voorspelling op basis van slimme algoritmes. Dit balanceren wordt ondersteund door energieconversie en -opslag. Hier is een belangrijke rol weggelegd voor groene waterstof als energiedrager en als duurzaam gas als brandstof in industriële processen (waterstof kan ook een rol spelen als grondstof voor de chemische industrie, meer hierover in innovatieopgave 2.1). De verdere ontwikkeling van elektrolyzers speelt een cruciale rol bij de ontwikkeling van waterstof als energiedrager / opslagmedium en valt in Innovatieopgave 1.2.

Naast de transitie naar het gebruik van hernieuwbare energie speelt ook grootschalige energiebesparing een rol. De energiebesparing in de industrie is onderdeel van de vernieuwingsopgave 3. Energiebesparing in andere sectoren vallen buiten scope van deze studie.

De innovatieopgaven die behoren bij de vernieuwingsopgave 'Duurzame energie (Sustainable smart energy)' zijn:

	Innovatieopgave
1.1	Een gebalanceerde mix van bronnen voor hernieuwbare energieopwekking (decentraal/centraal, Nederland/internationaal), inclusief wind op zee
1.2	Integratie van hernieuwbare energie in het energienetwerk: balanceren van vraag en aanbod; energieconversie en opslag; transport; import en export. Inclusief elektrolyse en (groene) waterstof als energiedrager

1. Duurzame energie (Sustainable smart energy)

Resultaten

Voor het realiseren van de vernieuwingsopgave '*Duurzame energie*' kan Nederland bouwen op een sterke positie in bedrijfstakken, kennisvelden en technologieën, maar het verzilveren van technologieposities rond hernieuwbare energie biedt nog uitdagingen.

Op basis van de cijfers ontstaat het beeld dat Nederland in vergelijking met Europa sterk is in 'environment & climate' technologieën, zoals windenergie en waterstoftechnologie, en de gammawetenschappen, maar een gemiddelde positie heeft in de complementaire technologie en kennis die nodig is bij het produceren van nieuwe decentrale energiesystemen, zoals civiele techniek, werktuigbouwkunde en aardwetenschappen. Nederland kan wel bouwen op een sterke kennispositie in het gebruik nemen van deze decentrale systemen, rekening houdend met de effecten die het heeft op het milieu (milieuwetenschappen).

De bedrijvigheid die nodig is voor de waardeketens voor systemen voor decentrale energieopwekking (zoals windturbines, zonnepanelen en warmtepompen) tonen een gevarieerd beeld. Bedrijfstakken met een toeleverende rol zijn gemiddeld sterk tot sterk (Metaalproducten, Elektrische apparatenindustrie en Basismetalenindustrie). De machine-industrie biedt een sterk fundament om op door te bouwen.

De sector Energieproductie is gemiddeld sterk. Hoewel Nederland hier niet in is gespecialiseerd ten opzichte van andere Europese landen, groeit deze sector wel sneller dan gemiddeld in Europa en kent deze sector de hoogste start-up intensiteit van Nederland¹ en een relatief hoog scale-up intensiteit. In combinatie met een sterke juridische sector en een kwalitatief hoogwaardige kennisveld rond management en planning, liggen hier kansen voor de ontwikkeling van nieuwe businessmodellen en contracten voor decentrale opwekking.

Sterke technologieposities zijn ook te vinden in (elektrische) machines en apparaten, meetinstrumenten en ICT-technologieën. In combinatie met een sterk gepositioneerde Telecom sector en sterke architecten en ingenieursdiensten ligt hier een fundament met vaardigheden voor de ontwikkeling van een slim energienetwerk met focus op het ontwerpen en implementeren van de infrastructuur.

1. Duurzame energie (Sustainable smart energy)

	Vernieuwingsopgave		
		Innovatieopgaver	
		Duurzame energie (Sustainable smart energy)	Een gebalanceerde mix van bronnen voor hernieuwbare energieopwekking
Mate van bouwen op sterke:			
Kennisvelden	56%	58%	54%
Technologieën - WIPO	36%	36%	36%
'Environmental' Technologieën	68%	71%	65%
Bedrijfstakken	65%	66%	65%
Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen:			
Energie en Duurzaamheid			
Landbouw, Water en Voedsel			
Gezondheid en Zorg			
Veiligheid			

Overzicht

- De vernieuwingsopgave 'Duurzame energie (Sustainable smart energy)' kan grotendeels bouwen op bestaande sterktes. Qua technologie met name op enkele 'Environmental & Climate' technologieën. De vernieuwingsopgave kan echter in mindere mate bouwen op sterktes in een divers pallet uit hoofdcategorieën van technologieën die de World Intellectual Property Organization (WIPO) onderscheidt. Nederland heeft sterktes in verschillende relevante bedrijfstakken en kennisvelden.
- De vernieuwingsopgave 'Duurzame energie' draagt in sterke mate bij aan de maatschappelijke uitdaging Energie en Duurzaamheid en gemiddeld sterk aan Landbouw, Water en Voedsel. Deze vernieuwingsopgave draagt in mindere mate bij aan de andere twee maatschappelijke uitdagingen
- De innovatieopgave *Een gebalanceerde mix van bronnen voor hernieuwbare energieopwekking (1.1)* kan bouwen op sterke kennisvelden, environmental technologieën en bedrijfstakken.
- Sterke kennisvelden zijn onder andere Milieuwetenschappen, Management & planning en Economische Wetenschappen. Sterke bedrijfstakken zijn o.a. Informatietechnologie en informatiediensten, Machine-industrie en Elektrische apparatenindustrie.
- De innovatieopgave draagt in sterke mate bij aan de maatschappelijke uitdaging Energie en Duurzaamheid en gemiddeld sterk aan de maatschappelijke uitdaging Landbouw, Water en Voedsel.
- De innovatieopgave *Integratie van hernieuwbare energie in het energienetwerk (1.2)* kan bouwen op sterke bedrijfstakken en 'environmental & climate' en de WIPO technologieën Electrical machinery, apparatus & energy, Mesurement en Other special machines. Op de relevante kennisvelden Energiewetenschappen, Elektrotechniek en Chemie en chemische technologie scoort Nederland gemiddeld. Innovatieopgave 1.2 draagt in sterke mate bij aan de maatschappelijke uitdaging Energie en Duurzaamheid.

1. Duurzame energie (Sustainable smart energy)

Overzicht – Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen

	Vernieuwingsopgave		
	Duurzame energie (sustainable smart energy)	Innovatieopgaven	
Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen:		Een gebalanceerde mix van bronnen voor hernieuwbare energieopwekking	Integratie van hernieuwbare energie in het energienetwerk
Energie en Duurzaamheid			
Landbouw, Water en Voedsel			
Gezondheid en Zorg			
Veiligheid			

Betekenis kleuren Uitdagingen

-  Groen: sterke bijdrage
-  Licht groen: enige bijdrage
-  Grijs: geen bijdrage

Energie en Duurzaamheid

Een gebalanceerde mix van bronnen voor hernieuwbare energieopwekking draagt sterk bij aan de maatschappelijke uitdaging Energie en Duurzaamheid. Deze innovatieopgave draagt bij aan het verminderen van het verbruik van fossiele brandstoffen ten faveure van hernieuwbare bronnen. Hetzelfde geldt voor de innovatieopgave Integratie van hernieuwbare energie in het energienetwerk, waarin groene waterstof een belangrijke rol zal spelen.

Landbouw, Water en Voedsel

Een gebalanceerde mix van bronnen voor hernieuwbare energieopwekking heeft enige relatie met de maatschappelijke uitdaging Landbouw, Water en Voedsel, omdat zowel biomassa als waterkracht gebruikt kunnen worden als mix van bronnen. Tevens speelt deze innovatieopgave een rol in het bewegen naar een duurzame balans tussen ecologische draagkracht, waterbeheer, hernieuwbare energie, voedsel, visserij en andere economische activiteiten. Die balans moet er in 2030 zijn voor mariene wateren en in 2050 voor rivieren, meren en estuaria.

Gezondheid en zorg

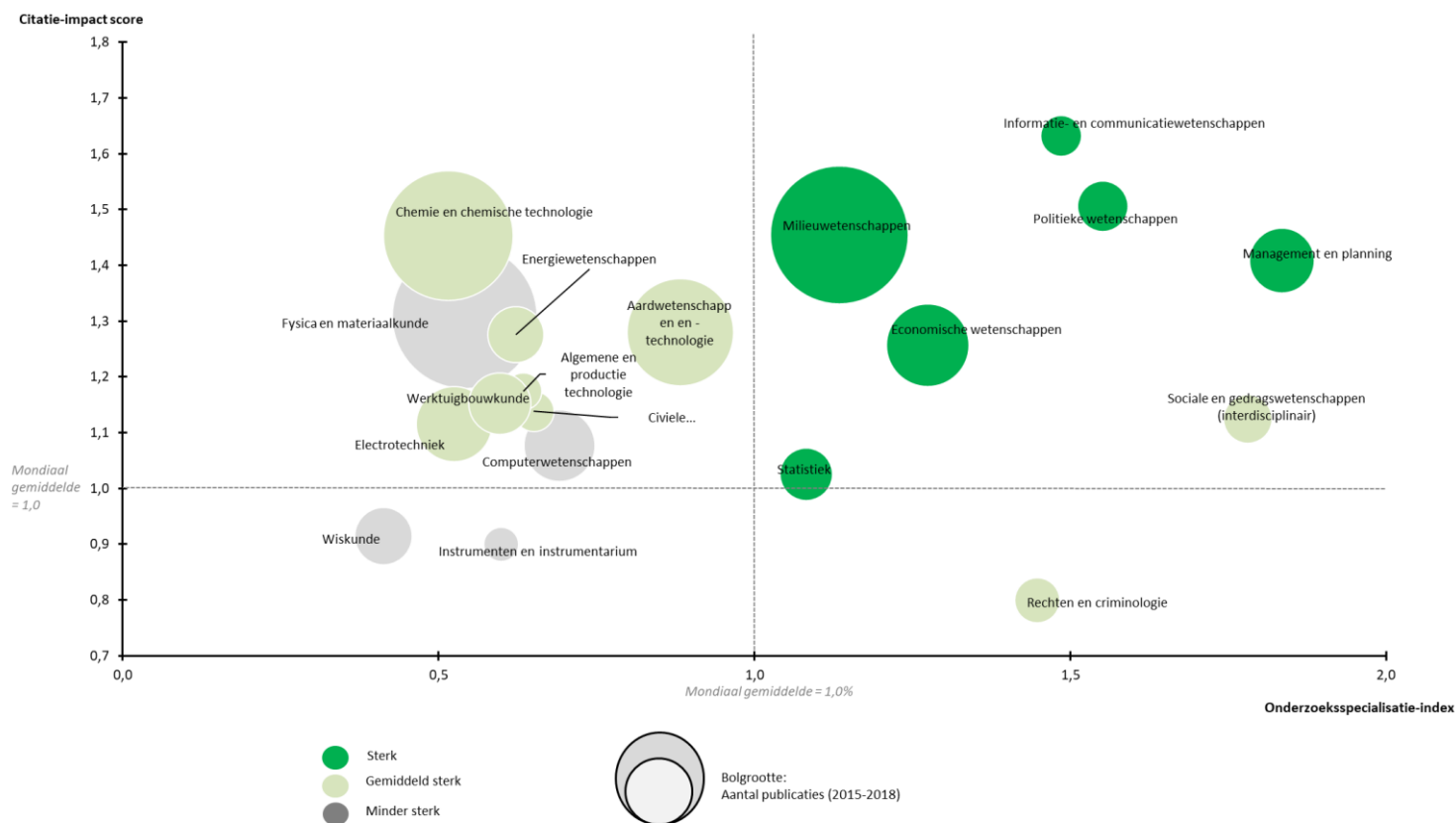
Vanuit de vernieuwingsopgave 'Duurzame energie' is niet direct een bijdrage te verwachten aan de maatschappelijke uitdaging Gezondheid en Zorg.

Veiligheid

Vanuit de vernieuwingsopgave 'Duurzame energie' is niet direct een bijdrage te verwachten aan de maatschappelijke uitdaging Veiligheid.

1. Duurzame energie (Sustainable smart energy)

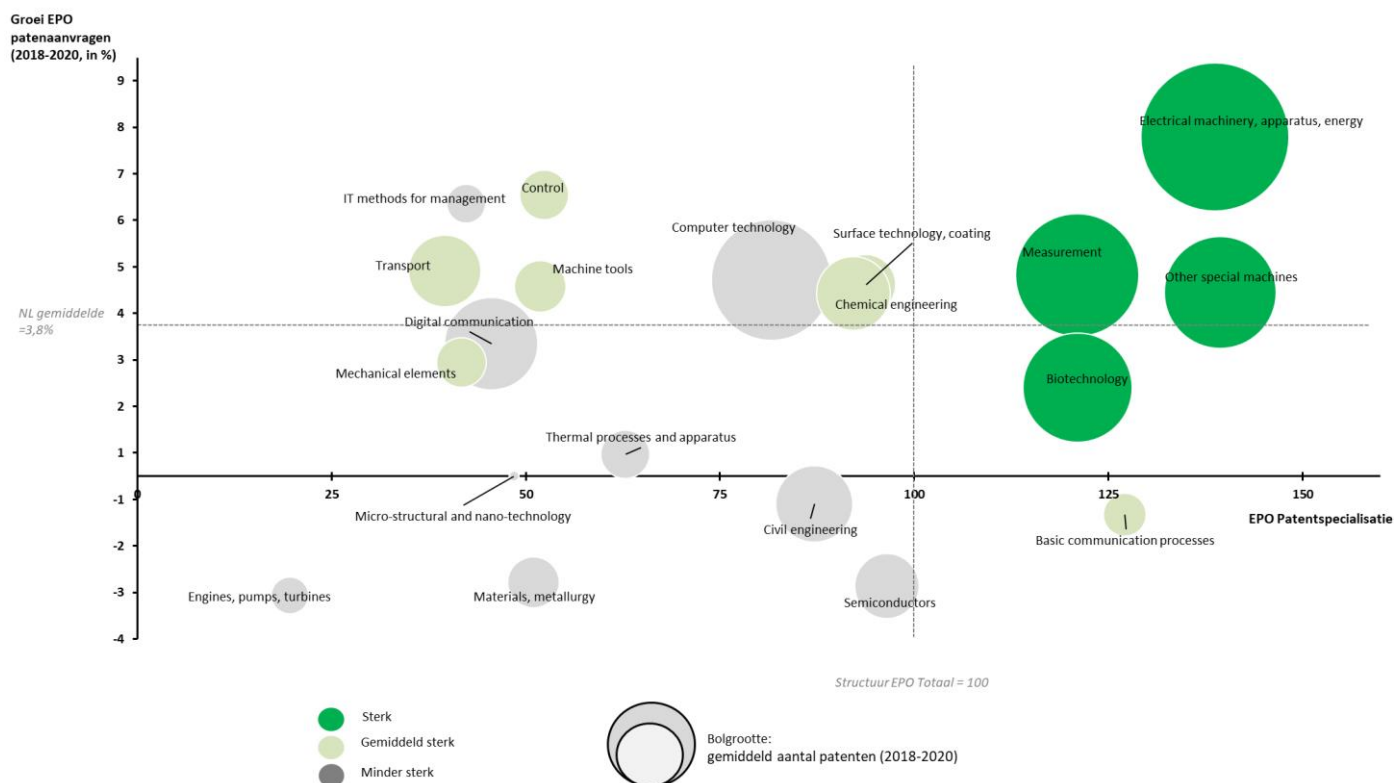
1 – Sterktes van relevante kennisvelden



- Er zijn 19 kennisvelden geïdentificeerd die bijdragen aan de vernieuwingsopgave *Duurzame Energie*.
- Op zes van deze kennisvelden scoort Nederland sterk: Milieuwetenschappen, Informatie- en communicatiewetenschappen, politieke wetenschappen, management en planning, economische wetenschappen en statistiek.
- Dit betreft met name bèta en gamma wetenschappen die minder technische van aard zijn.
- Nederland scoort gemiddeld sterk op 9 relevante kennisvelden en minder sterk op 4 relevante kennisvelden.
- Met name de relevante kennisvelden waarop Nederland minder sterk scoort, zijn technisch van aard: Wiskunde, Fysica en materiaalkunde, Computerwetenschappen en Instrumenten en instrumentarium.

1. Duurzame energie (Sustainable smart energy)

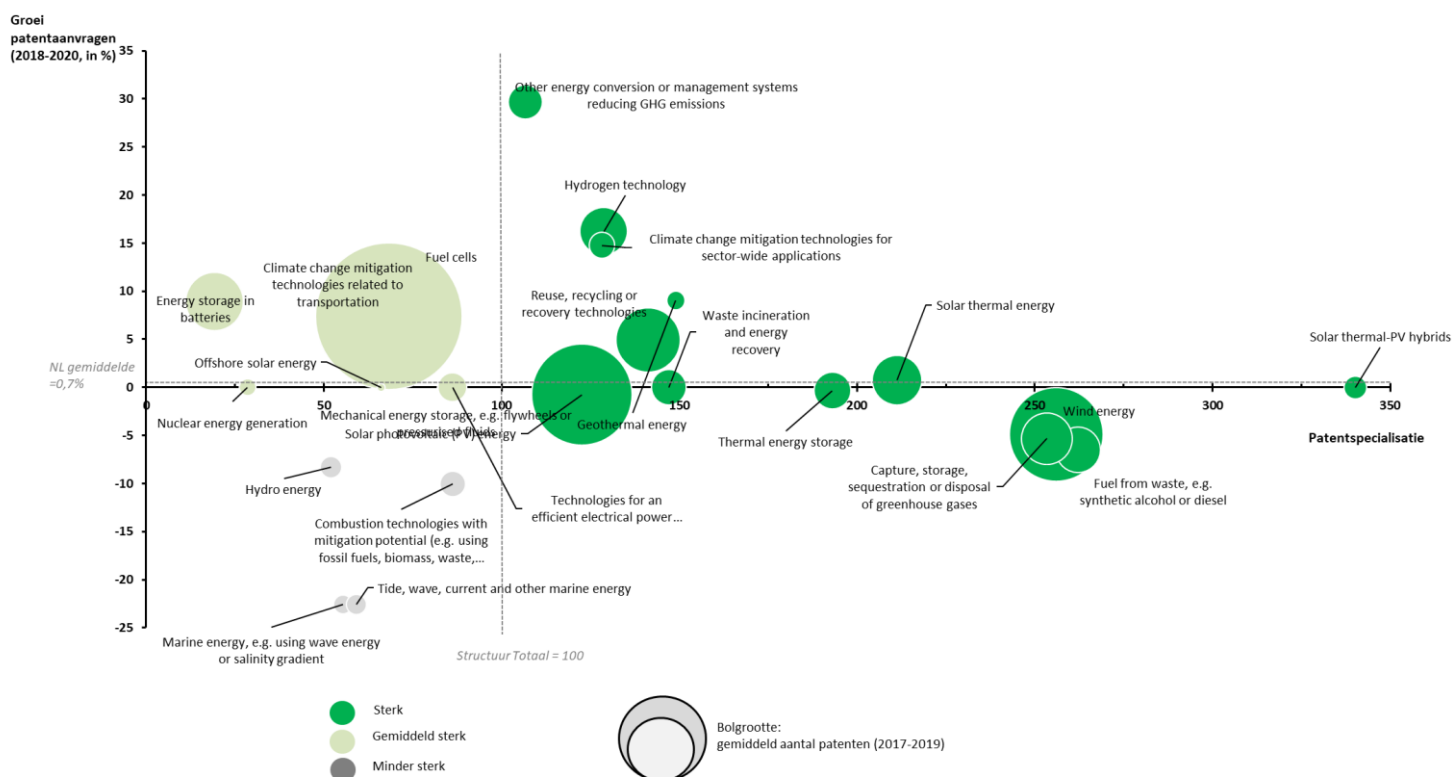
2 – Sterktes van relevante WIPO technologieën



- Er zijn 21 technologieën uit de lijst van de World Intellectual Property Organization (WIPO) geïdentificeerd die relevant zijn voor de vernieuwingsopgave 'Duurzame Energie'.
- Nederland scoort sterk op slechts vier van deze 21 technologieën: Electrical machinery, apparatus, energy, Measurement, Biotechnology en Other special machines.
- Deze vier technologieën zijn qua omvang (gemeten in aantal patenten) relatief groot in vergelijking met de andere 17 technologieën waarin Nederland gemiddeld sterk of minder sterk is.
- De technologieën Electrical machinery, Measurement en Other special machines zijn relevant voor beide Innovatieopgaven: een *gebalanceerde mix van bronnen voor hernieuwbare energieopwekking (decentraal/centraal, Nederland/internationaal), inclusief wind op zee (1.1) en Integratie van hernieuwbare energie in het energienetwerk: balanceren van vraag en aanbod; energieconversie en opslag; transport; import en export. Inclusief elektrolyse en (groene) waterstof als energiedrager (1.2)*.
- Technologieën die voor beide innovatieopgaven relevant zijn, maar waar Nederland minder sterk in is, zijn: Computer technology, Digital communication, IT methods for management, semiconductors, Materials metallurgy en Engines, pumps & turbines
- NB. Patentaanvragen dekken niet de volledige technologieontwikkeling af. Het is wel een zuivere indicator voor internationale vergelijking.

1. Duurzame energie (Sustainable smart energy)

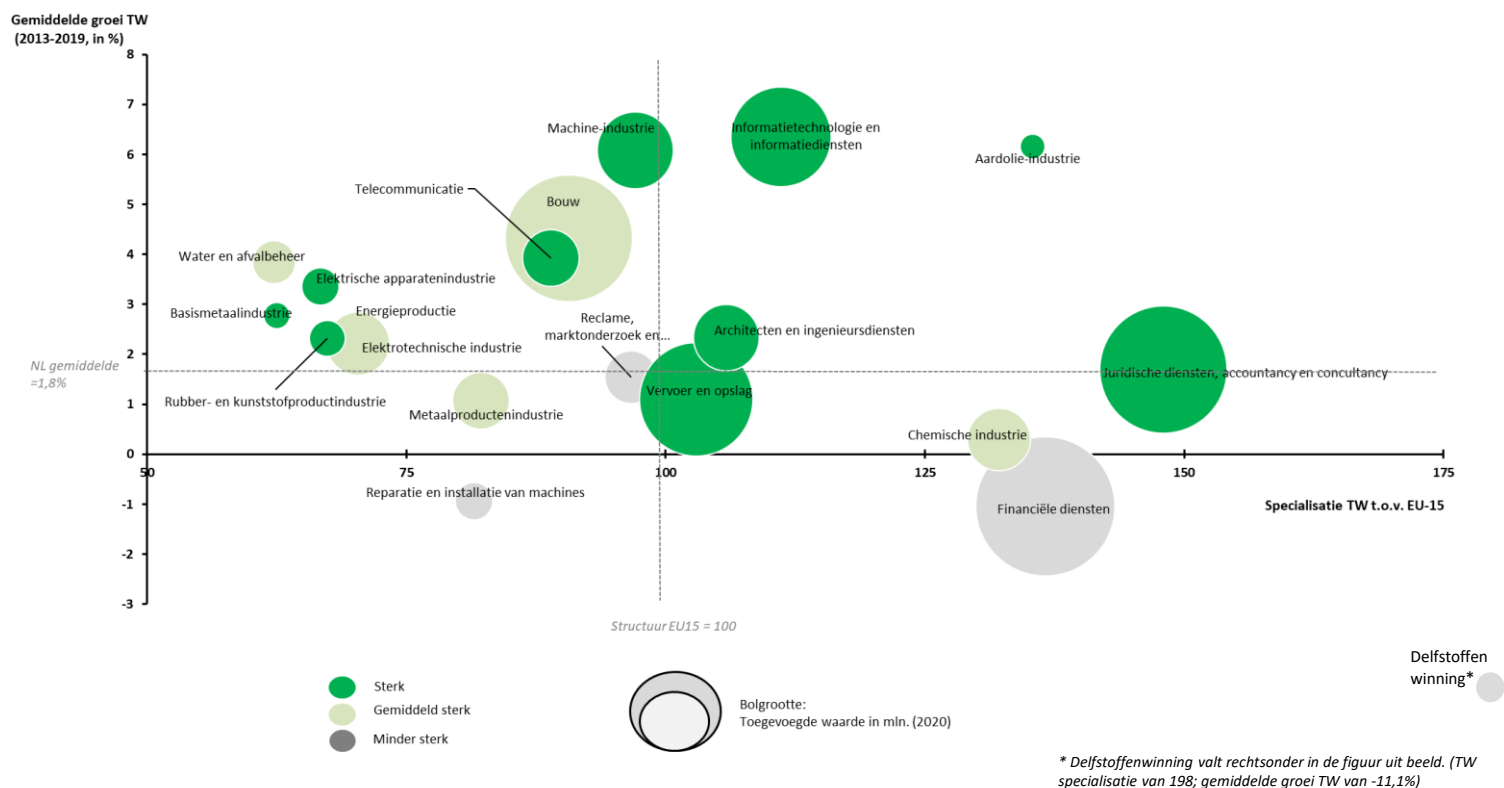
3 – Sterktes van relevante 'Environmental & Climate' technologieën



- Er zijn 27 'environmental & Climate' technologieën uit de lijst van de OESO geïdentificeerd die relevant zijn voor de vernieuwingsopgave *Duurzame energie*
- Van deze technologieën heeft Nederland er op 14 een sterke positie en op 7 een gemiddeld sterke positie.
- Een opvallende technologieën is Hydrogen Technology. Deze technologie is relevant voor beide innovatieopgaven en er is sprake van een sterke groei in patentaanvragen en patentspecialisatie in Nederland.
- Technologieën waar Nederland sterk scoort op patentspecialisatie en die relevant zijn voor beide innovatieopgaven zijn: Solar thermal-PV hybrids, Wind Energy en Capture, storage, sequestration or disposal of greenhouse gases.

1. Duurzame energie (Sustainable smart energy)

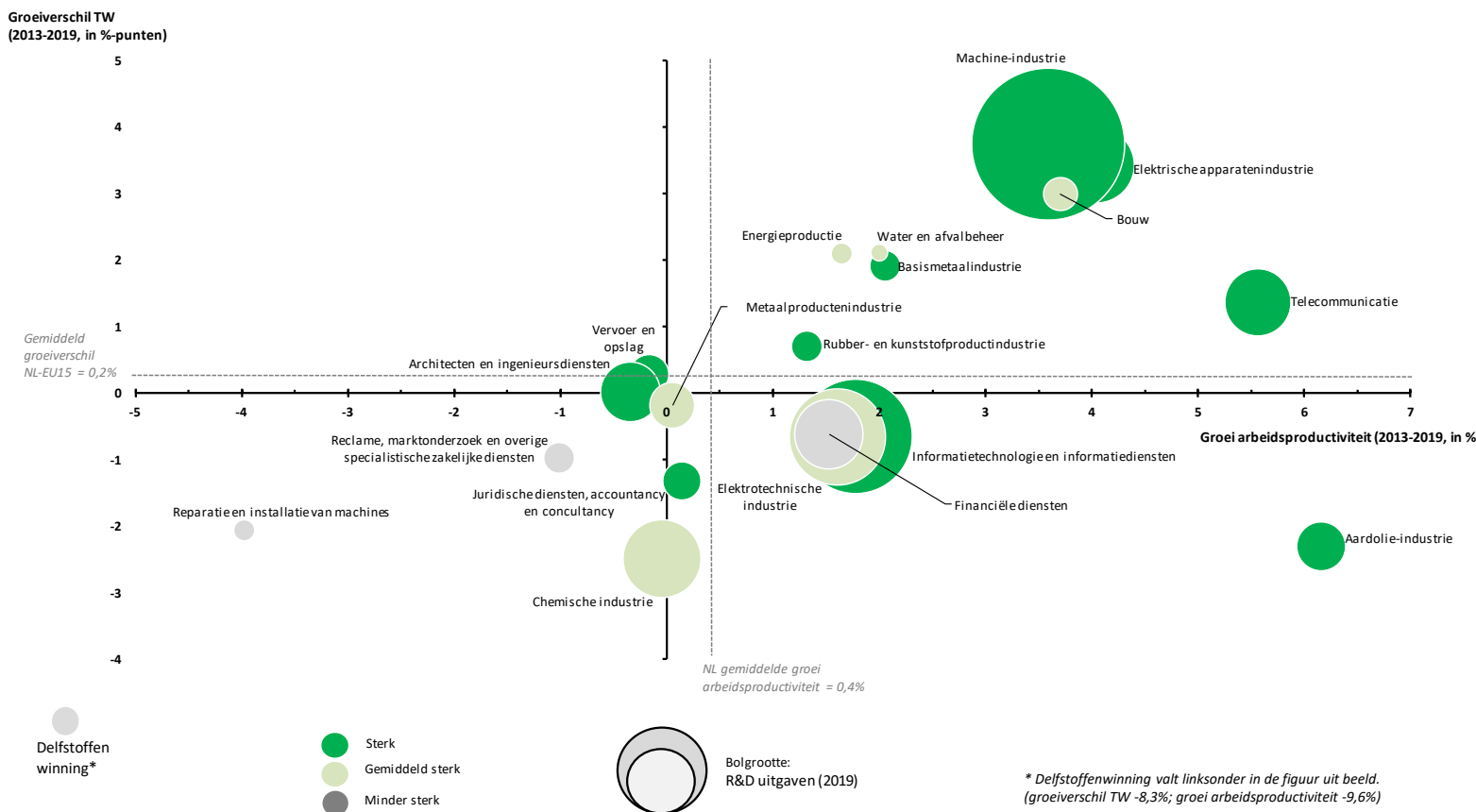
4 – Sterktes van relevante bedrijfstakken



- Er zijn 20 bedrijfstakken geïdentificeerd die relevant zijn voor de vernieuwingsopgave 'Duurzame Energie'
- Nederland heeft in 10 van deze bedrijfstakken een sterke positie (groene bollen), in 6 bedrijfstakken een gemiddeld sterke positie (licht groene bollen) en in 4 bedrijfstakken een minder sterke positie (grijze bollen).
- In de bedrijfstak Energieproductie is Nederland niet gespecialiseerd ten opzichte van andere Europese landen, maar deze sector groeit wel sneller dan gemiddeld in Europa en kent deze sector de hoogste start-up intensiteit van Nederland (9,8% netto-oprichtingen als % gemiddelde totaal aantal bedrijven) en een relatief hoog scale-up intensiteit.
- Gezamenlijk nemen de 10 sterke bedrijfstakken ongeveer 19% van de totale toegevoegde waarde van Nederland voor hun rekening.
- Acht van de tien sterke bedrijfstakken zijn relevant voor beide innovatieopgaven. Vervoer en opslag en Rubber en kunststofproductie zijn slechts voor één innovatieopgave relevant.
- Nederland is echter gemiddeld sterk in de voor deze vernieuwingsopgave zeer relevante bedrijfstak energieproductie.

1. Duurzame energie (Sustainable smart energy)

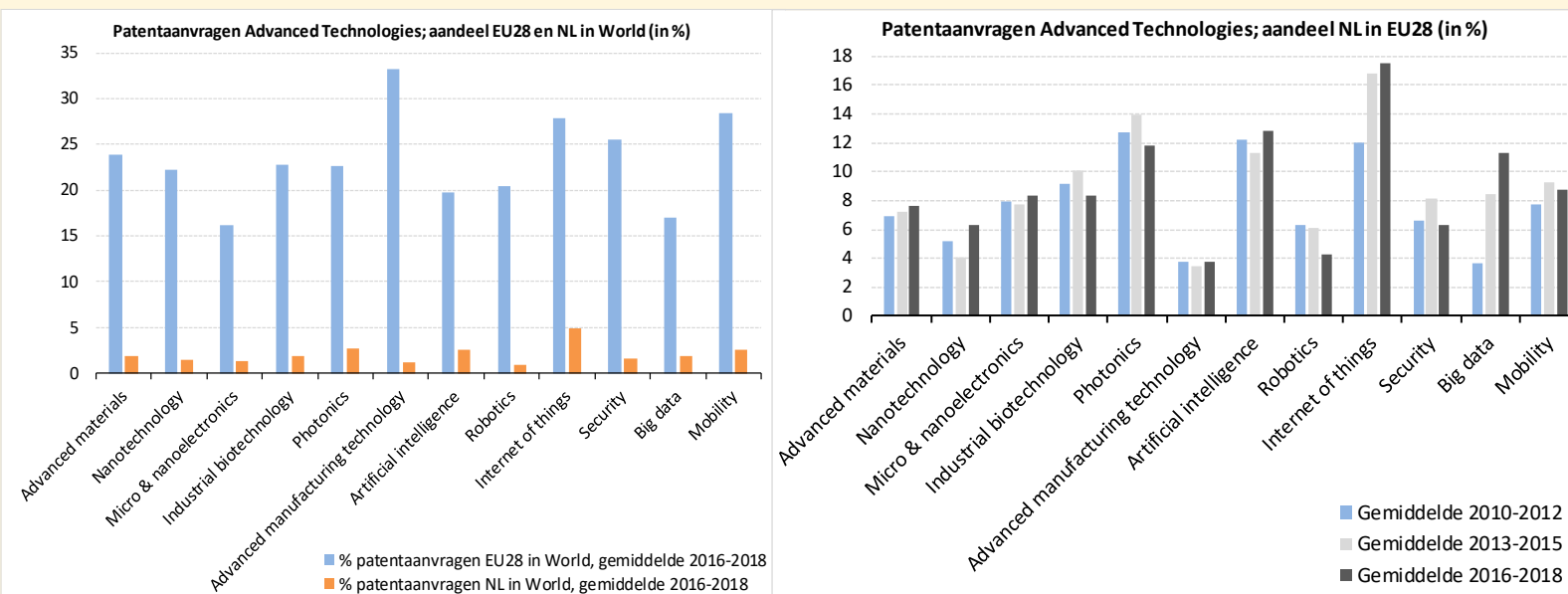
5 – Kansen: Dynamiek van relevante bedrijfstakken



- In bovenstaande figuur 5 is de dynamiek van de bedrijfstakken weergegeven. Het gaat hierbij om dezelfde bedrijfstakken als in figuur 4. De score van de bedrijfstak (sterk, gemiddeld sterk, minder sterk) is ook gelijk aan figuur 4.
- In figuur 5 wordt specifiek gekeken naar de dynamiek van deze bedrijfstakken in recente jaren. Een sterkere groei in toegevoegde waarde dan de EU15 en sterke arbeidsproductiviteitsgroei kunnen gezien worden als proxy voor een huidige gunstige concurrentiepositie. R&D-uitgaven bieden daarnaast een basis voor vernieuwing en het aanboren van nieuwe groeipaden. Dit geeft een indicatie van hoe de bedrijfstak zich in de komende jaren zou kunnen ontwikkelen. Het gaat hier echter om historische ontwikkeling op basis van drie indicatoren en is daarmee geen voorspelling voor de toekomst.
- De dynamiek in de sectoren die relevant zijn voor de vernieuwingsopgave 'Duurzame Energie' laat in de laatste jaren een gemixt beeld zien.
- In enkele van de sterke sectoren is sprake van zowel een sterke groei van de arbeidsproductiviteit, een relatief groot groeiverschil in toegevoegde waarde en relatief veel R&D uitgaven: Machine industrie, Elektrische apparaten industrie en Telecommunicatie.
- Dit zijn relatief kleine sectoren in Nederland, met een toegevoegde waarde van 2% (Machine industrie), 0,5% (Elektrische apparaten industrie) en 1% (Telecommunicatie) van de totale Nederlandse toegevoegde waarde.
- Het merendeel van de sectoren die relevant zijn voor de vernieuwingsopgave 'Duurzame energie' laten een wisselend beeld zien. Een voorbeeld is de voor deze vernieuwingsopgave zeer relevante bedrijfstak energieproductie. Daar is een relatief groot verschil in groei van de toegevoegde waarde met de EU-15 en ook de arbeidsproductiviteit groeit sterk. Echter zijn de R&D uitgaven in deze sector relatief laag.

1. Duurzame energie (Sustainable smart energy)

6 – Kansen: Link met sleuteltechnologieën



Een relevante vraag is in hoeverre Nederland m.b.t. de vernieuwingsopgave 'Duurzame energie' kan bouwen op een sterke positie in sleuteltechnologieën. Helaas staat de beschikbare data niet toe om op dezelfde manier als in andere onderdelen een gewogen score voor sterktes en een stoplichtmodel te berekenen. Wel is het mogelijk om enkele beschrijvende statistieken te tonen over patentaanvragen in Advanced Technologies for Industry (ATI). Deze statistieken van de Europese Commissie relateren aan enkele categorieën van sleuteltechnologieën in Nederland. Nederland heeft relatief veel patentaanvragen in de categorieën Internet of Things, Artificial Intelligence, Photonics, Mobility en Big Data. Voor de meeste van deze technologieën nam het gemiddelde aandeel patentaanvragen van Nederland in de EU28 bovendien toe tussen 2010 en 2018.

Voor de vernieuwingsopgave 'Duurzame energie' zijn in het bijzonder Advanced materials, Nanotechnology, Advanced manufacturing technology, Internet of Things, Big data, Mobility en Security relevant.

Bijlage: toelichting stoplichten 'bouwen op...'

Bepaling van sterkte

De sterkte van kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken wordt bepaald op basis van een dummy (score 0 of 1) op verschillende indicatoren. Deze indicatoren staan onderaan de bijlagen. Aan elk van deze indicatoren is een gewicht gegeven. De som van de score op deze indicatoren bepaalt de sterkte. Er wordt een onderscheid gemaakt in drie categorieën: sterk, gemiddeld sterk en minder sterk.

Score op relevantie

Er is een inschatting gemaakt van de mate waarin de innovatieopgaven moeten bouwen op de verschillende kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken: score 0, 1, 2 of 3 (gebaseerd op TNO expert judgement). De scores "2" (= relevant) en "3" (= zeer relevant) worden gebruikt voor het berekenen van de stoplichtwaardes.

Wanneer het kennisveld, technologie of de bedrijfstak relevant is voor één of meer innovatieopgaven, dan wordt het veld gepresenteerd in de bollengrafieken.

Stoplicht

De kleur van de stoplichten is gebaseerd op het aandeel sterke, relevante kennisvelden, technologieën of bedrijfstakken t.o.v. het totaal aantal relevante kennisvelden, technologieën of bedrijfstakken. De scores zijn gewogen op relevantie en op sterkte. Voor de berekening van het stoplicht worden scores "2" (= relevant) en "3" (= zeer relevant) gewogen meegenomen. Ook worden de relevante Velden in de stoplichtberekening gewogen op basis van sterkte met "0" (= minder sterk), "0,5" (= gemiddeld sterk) en "1" (= sterk). De stoplichtscore van de innovatieopgave wordt als volgt berekend:

$$\text{Score van de innovatieopgave op sterkte (relevantie*sterkte)} \\ \text{Maximumscore van de innovatieopgave indien alle relevante Velden sterk zouden zijn (relevant*1)}$$

1. Duurzame Energie (Sustainable smart energy)

Bijlage 1: bouwen op kennisvelden

		Innovatieopgaven	
		Een gebalanceerde mix van bronnen voor hernieuwbare energieopwekking (decentraal/centraal, Nederland/internationaal), inclusief wind op zee	Integratie van hernieuwbare energie in het energienetwerk: balanceren van vraag en aanbod; energieconversie en opslag; transport; import en export. Inclusief elektrolyse en (groene) waterstof als energiedrager
Sterk (x1)	Management en planning	2	2
	Informatie- en communicatiewetenschappen	2	3
	Milieuwetenschappen	3	3
	Politieke wetenschappen	2	2
	Geschiedenis, filosofie en religie		
	Gezondheidswetenschappen		
	Economische wetenschappen	3	3
	Statistiek		3
	Klinische geneeskunde		
	Biomedische wetenschappen		
	Sterrenkunde		
	Taal en linguïstiek		
	Psychologische wetenschappen		
	Landbouw- en voedingswetenschappen		
Gemiddeld (x0,5)	Electrotechniek	3	3
	Energiewetenschappen	3	3
	Onderwijswetenschappen		
	Werktuigbouwkunde	2	2
	Sociologie en antropologie		
	Sociale en gedragwetenschappen (interdisciplinair)	2	2
	Algemene en productie technologie	2	2
	Biologische wetenschappen		
	Chemie en chemische technologie		3
	Civiele techniek	2	3
	Fundamentele levenswetenschappen		
	Fundamentele medische wetenschappen		
	Rechten en criminologie	2	2
	Aardwetenschappen en -technologie	3	3
Minder sterk (x0)	Computerwetenschappen		3
	Fysica en materiaalkunde	3	3
	Instrumenten en instrumentarium	3	3
	Wiskunde		3
	Kunsten, cultuur en muziek		
	Literatuurwetenschappen		
Score van de innovatieopgave op sterkte		21,5	27,5
Maximumscore van de innovatieopgave		37	51
Stoplichtscore van de innovatieopgave		58%	54%

Bepaling sterkte Kennisvelden

Figuur 1	indicator	Gewicht
	Citatie-impact score, 2015-2018	2
	Groei in citatie-impact score, 2015-2018	1
	Onderzoeksspecialisatie-index, 2015-2018	2
	Groei in onderzoeksspecialisatie-index, 2010-2013 vs 2015-2018	1

1. Duurzame energie (Sustainable smart energy)

Bijlage 1: bouwen op WIPO technologieën

		Innovatieopgaven	
		Een gebalanceerde mix van bronnen voor hernieuwbare energieopwekking (decentraal/centraal, Nederland/internationaal), inclusief wind op zee	Integratie van hernieuwbare energie in het energienetwerk: balanceren van vraag en aanbod, energieconversie en opslag; transport; import en export. Inclusief elektrolyse en (groene) waterstof als energiedrager
Sterk (x1)	Electrical machinery, apparatus, energy	3	3
	Optics		2
	Measurement	3	3
	Medical technology		
	Organic fine chemistry		
	Macromolecular chemistry, polymers		
	Environmental technology		
	Furniture, games		
	Biotechnology	2	
	Food chemistry		
	Other special machines	2	2
Gemiddeld (x0,5)	Telecommunications		
	Basic communication processes		2
	Analysis of biological materials		
	Control	3	3
	Pharmaceuticals		
	Basic materials chemistry		
	Surface technology, coating	3	3
	Chemical engineering	2	2
	Machine tools	2	2
	Mechanical elements	2	
	Transport		2
	Other consumer goods		
Minder sterk (x0)	Digital communication	2	3
	Computer technology	3	3
	IT methods for management	2	3
	Micro-structural and nano-technology	2	
	Handling		
	Textile and paper machines		
	Thermal processes and apparatus	3	3
	Audio-visual technology		
	Semiconductors	3	3
	Materials, metallurgy	2	2
	Engines, pumps, turbines	3	3
	Civil engineering	3	3
Score van de innovatieopgave op sterkte		16	17
Maximumscore van de innovatieopgave		45	47
Stoplichtscore van de innovatieopgave		36%	36%

Bepaling sterkte WIPO technologieën

Figuur 2	indicator	Gewicht
	Patentspecialisatie-index NL vs -World, gemiddelde 2017-2029	2
	Gemiddelde jaarlijkse groei patentaanvragen NL, 2012-2019	1
	Groeiverschil patentaanvragen, NL vs World, 2012-2019	1

1. Duurzame energie (Sustainable smart energy)

Bijlage 1: bouwen op 'Environmental' technologieën

		Innovatieopgaven	
		Een gebalanceerde mix van bronnen voor hernieuwbare energieopwekking (decentraal/centraal, Nederland/internationaal), inclusief wind op zee	Integratie van hernieuwbare energie in het energienetwerk, balanceren van vraag en aanbod, energieconversie en opslag, transport, import en export, inclusief elektrolyse en (groene) waterstof als energiedrager
Sterk (x1)	Solid waste collection		
	Material recovery, recycling and re-use		
	Fertilizers from waste		
	Waste incineration and energy recovery	3	
	Waste management not elsewhere classified		
	Environmental monitoring		
	Solar thermal energy	3	3
	Solar thermal-PV hybrids	3	2
	Geothermal energy	3	3
	Hydrogen technology	3	3
	Other energy conversion or management systems reducing GHG emissions	2	3
	Wastewater treatment		
	Bio-organic fraction processing; Production of fertilisers from the organic fraction of w		
	Reuse, recycling or recovery technologies	2	
	Waste management enabling technologies or technologies with a potential or indirect		
	Technologies relating to chemical industry		
	Technologies relating to the processing of minerals		
	Climate change mitigation technologies for sector-wide applications	2	2
	Climate change adaptation technologies (e.g. coastal zones, water resource managem		
	Climate change mitigation in maritime transport		
	Climate change adaptation in coastal zones		
	Water pollution abatement		
	Wind energy	3	3
	Solar photovoltaic (PV) energy	3	3
	Biofuels, e.g. bio-diesel		
	Fuel from waste, e.g. synthetic alcohol or diesel	3	
	Thermal energy storage		3
	Capture, storage, sequestration or disposal of greenhouse gases	2	2
	Climate change mitigation technologies related to buildings		
	Offshore wind energy	3	3
	Ocean pollution abatement		
Gemiddeld (x0,5)	Air pollution abatement		
	Nuclear energy generation	2	2
	Technologies for an efficient electrical power generation, transmission or distribution	3	3
	Energy storage in batteries		3
	High-voltage direct current transmission	2	3
	Fuel cells		3
	Waste collection, transportation, transfer or storage		
	Waste processing or separation		
	Landfill technologies aiming to mitigate methane emissions		
	Climate change mitigation technologies related to transportation		3
	Technologies relating to oil refining and petrochemical industry		
	Technologies relating to agriculture, livestock or agroalimentary industries		
	Enabling technologies with a potential contribution to GHG emissions mitigation		
	Offshore solar energy	3	
	Climate change mitigation and adaptation in fishing, aquaculture and aquafarming		
Minder sterk (x0)	Soil remediation		
	Hydro energy	3	3
	Combustion technologies with mitigation potential (e.g. using fossil fuels, biomass, wa	2	
	Mechanical energy storage, e.g. flywheels or pressurised fluids		3
	Technologies related to metal processing		
	Technologies in the production process for final industrial or consumer products		
	Climate change mitigation in ICT technologies		
	Marine energy, e.g. using wave energy or salinity gradient	3	3
	Energy storage - Capacitors		3
	Tide, wave, current and other marine energy	3	
	Desalination of sea water		
Score van de innovatieopgave op sterkte		40	38,5
Maximumscore van de innovatieopgave		56	59
Stoplichtscore van de innovatieopgave		71%	65%

Bepaling sterkte 'Environmental' technologieën

Figuur 3	indicator	Gewicht
	Patentspecialisatie-index NL vs -World, gemiddelde 2017-2029	2
	Gemiddelde jaarlijkse groei patentaanvragen NL, 2012-2019	1
	Groeiverschil patentaanvragen, NL vs World, 2012-2019	1

1. Duurzame energie (Sustainable smart energy)

Bijlage 1: bouwen op bedrijfstakken

		Een gebalanceerde mix van bronnen voor hernieuwbare energieopwekking (decentraal/centraal, Nederland/internationaal), inclusief wind op zee	Integratie van hernieuwbare energie in het energienetwerk: balanceren van vraag en aanbod; energieconversie en opslag; transport: import en export. Inclusief elektrolyse en (groene) waterstof als energiedrager
Sterk (x1)	Voedings-, genotmiddelenindustrie		
	Zorg en welzijn		
	Groot- en detailhandel		
	Informatietechnologie en informatiediensten	3	3
	Overige zakelijke diensten		
	Vervoer en opslag		2
	Juridische diensten, accountancy en consultancy	3	3
	Aardolie-industrie	2	2
	Farmaceutische industrie		
	Rubber- en kunststofproductindustrie	2	
	Basismetalenindustrie	3	2
	Elektrische apparatenindustrie	3	3
	Architecten en ingenieursdiensten	3	3
	Telecommunicatie	2	3
	Papierindustrie		
	Landbouw, bosbouw, visserij		
Gemiddeld (x0,5)	Machine-industrie	3	3
	Energieproductie	3	3
	Water en afvalbeheer	2	
	Bouw	3	3
	Houtindustrie		
	Onroerend goed		
	Chemische industrie		3
	Bouwmaterialenindustrie		
	Metaalproductenindustrie	3	2
	Elektrotechnische industrie	3	3
	Auto- en aanhangwagenindustrie		
	Meubel- en overige industrie		
Minder sterk (x0)	Filmindustrie, radio en televisie		
	Financiële diensten	2	2
	Uitgeverijen		
	Horeca		
	Delfstoffenwinning	2	3
	Reclame, marktonderzoek en overige specialistische zakelijke diensten	2	2
	Overige transportmiddelenindustrie		
	Grafische industrie		
	Overige persoonlijke diensten		
	Reparatie en installatie van machines	3	3
	Cultuur, sport en recreatie		
	Textiel-, kleding-, lederindustrie		
Score van de innovatieopgave op sterkte		31	31
Maximumscore van de innovatieopgave		47	48
Stoplichtscore van de innovatieopgave		66%	65%

Bepaling sterkte Bedrijfstakken

Figuur 4	indicator	Gewicht
	Specialisatie (Werkzame Personen) NL t.o.v. EU15, 2019	2
	Omvang Toegevoegde waarde, 2020 (x mln euro)	2
	Groei TW, 2013-2019 (in %)	2
	Groeiverschil TW NL-EU15; 2013-2019 (%-punt)	2
	Arbeidsproductiviteitsgroei, 2013-2019 (in %)	2
	Specialisatie (TW), 2013-2019 (in %)	2
	R&D-intensiteit, 2019 (als % van TW)	2
	"Start-up" intensiteit, 2015-2020	1
	Scale-up intensiteit, Snelle groeiers als % totaal bedrijven (2020)	2

2. Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water

Sustainable smart resources
TNO portfolioanalyse 2022



Innovatieopgaven worden gedefinieerd als concrete vragen van maatschappelijke spelers (bedrijven, overheden, burgers) die een kennisdoorbraak, een nieuwe technologie of een gedragsverandering vragen. Innovatieopgaven bouwen op sterktes van (Nederlandse) kennisinstellingen en bedrijven en dragen bij aan het oplossen van grotere maatschappelijke uitdagingen en versterken de economie. Een vernieuwingsopgave is een bundeling van innovatieopgaven die zorgt voor effectiviteit, efficiënte en schaalgrootte om een relevante internationale positie te ontwikkelen.

Het doel van het fiche is om voor een aantal geïdentificeerde vernieuwingsopgaven en innovatieopgaven een zo objectief en transparant mogelijk overzicht aan sterktes en kansen voor Nederland te geven. De fiches laten zien in welke mate de innovatie en vernieuwingsopgaven kunnen bouwen op sterktes van Nederlandse kennisposities, bedrijfstakken en technologieën.

Opbouw fiche

Inleiding	p3
Resultaten	p4
Deel 1: Overzicht van sterktes en kansen van de vernieuwingsopgave	p5-6
- Mate van bouwen op sterke: kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken	p5
- Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen	p6
Deel 2: Onderbouwen van de sterktes en kansen van de vernieuwingsopgave	p7-12
1 – sterkte van relevante kennisvelden	p7
2 – sterkte van relevante WIPO technologieën	p8
3 – sterkte van relevante 'Environmental' technologieën	p9
4 – Sterkte van relevante bedrijfstakken	p10
5 – Kansen: dynamiek van relevante bedrijfstakken	p11
6 – Kansen: link met sleuteltechnologieën.	p12
Deel 3: Toelichting stoplichten	p13-16
- Bijlage 1: bouwen op kennisvelden	p13
- Bijlage 2: Bouwen op WIPO technologieën	p14
- Bijlage 3: Bouwen op 'Environmental' technologieën	p15
- Bijlage 4: Bouwen op bedrijfstakken	p16

Betekenis kleuren

- Groen: ruim (>55%)
- Licht groen: gemiddeld (40%-50%)
- Grijs: gering (<40%)

Vernieuwingsopgave

Innovatieopgaven

Innovatieopgave 1

Innovatieopgave 2

Mate van bouwen op sterke:

Kennisvelden

Technologieën - WIPO

'Environmental' Technologieën

Bedrijfstakken

Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen:

Maatschappelijke uitdaging 1

Maatschappelijke uitdaging 2

Maatschappelijke uitdaging 3

Maatschappelijke uitdaging 4

Maatschappelijke uitdaging 5



1 – Sterkte van relevante kennisvelden (p4)



2 – Sterkte van relevante technologieën WIPO (p4)



3 – Sterkte van relevante 'Environmental' technologieën (p4)



4 – Sterkte van relevante bedrijfstakken (p4)



5 – Bijdrage aan maatschappelijke Uitdaging (p4)

2. Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)

Introductie

Een wereldbevolking die groeit en stijgende inkomens (vooral in Azië) zorgen voor een groeiende vraag naar grondstoffen en (kritische) materialen en een sterk toenemend gebruik van water. Daar bovenop zorgen ook de energietransitie en industriële transformatie voor een groeiende vraag naar nieuwe producten, apparatuur en installaties. Tegelijkertijd neemt de beschikbare hoeveelheid van deze hulpbronnen en grondstoffen af, of worden deze moeilijker winbaar (o.a. zeldzame aardmetalen). Dat leidt niet alleen tot schaarste en milieubelasting (waaronder CO2-emissies, biodiversiteitsverlies en klimaatverandering), maar ook tot geopolitieke spanningen, verminderende leveringszekerheid en vraagstukken rond strategische autonomie.

Oplossingsrichtingen zijn – naast grootschalige reductie van het energiegebruik – het ontwikkelen van (nieuwe) duurzame ketens, materialen en brandstoffen. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om synthetische brandstoffen, biobased plastics of groene chemicaliën, gemaakt op basis van waterstof. Daarnaast gaat het om het hergebruik van grondstoffen en materialen, bijvoorbeeld door het verlengen van de levensduur van producten door gebruik te maken van “smart industry” productieprocessen en het intensiever recyclen van grondstoffen, bijvoorbeeld door middel van chemisch recyclen. Het (her)gebruik van grondstoffen en materialen kan door middel van een digitaal productpaspoort worden gemonitord. Dit vraagt om een nieuwe recycling-infrastructuur, inclusief bijvoorbeeld machines voor het uit elkaar halen van producten.

Naast hergebruik van materialen en producten, is het sluiten van energie- en waterketens ook een belangrijke innovatieopgave. Ook hier is vernieuwing van de infrastructuur nodig om dit mogelijk te maken, bijvoorbeeld tussen fabrieken en de steden.

De innovatieopgaven die behoren bij de vernieuwingsopgave ‘Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)’ zijn:

	Innovatieopgave
2.1	Ontwikkelen van (nieuwe) duurzame materialen, grondstoffen en brandstoffen, zowel biobased als synthetisch, waaronder (groene) waterstof
2.2	Hergebruik van grondstoffen en materialen
2.3	Het sluiten van energie- en waterketens tussen industrie en steden (o.a. restwarmte)

2. Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)

Resultaten

Met betrekking tot de vernieuwingsopgave *'Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water'* heeft Nederland over de hele linie een goede basis van sterktes in bedrijven, kennisvelden en technologieën. Alleen voor innovatieopgave 2.3 zijn bepaalde technologieposities iets zwakker. Hierachter ligt een meer genuanceerd verhaal van kansen en bedreigingen. De uitdaging blijft daarnaast hoe gedragsverandering in gang kan worden gezet. Deze verandering is vereist bij bedrijven, de industrie en burgers.

Er is sprake van sterke internationale concurrentie op technologiegebied en dat leidt tot uitdagingen in het beginstadium van het ontwikkelen van nieuwe materialen, grondstoffen en brandstoffen. Uit cijfers over patenten en publicaties komt Nederland ten opzichte van andere Europese landen minder sterk naar voren in nieuwe materialen en chemical engineering. Kansen voor het ontwikkelen van nieuwe materialen, grondstoffen en brandstoffen zullen daarom eerder in niches zitten. Nederland lijkt sterker in het organiseren van ketens, toepassen van elders ontwikkelde kennis en het laten landen van nieuwe ontwikkelingen in de samenleving. Een uitzondering is de positie op het gebied van kunststoffen, waar Nederland zowel sterk is qua kennis als industriële productie.

De combinatie van bedrijfssterktes in vervoer en opslag, juridische- en ingenieursdiensten, kennissterktes in onder andere milieuwetenschappen en management en planning en technologische sterktes in Environmental technology en Electrical machinery, biedt een fundament voor de gehele keten m.b.t. innovatieopgave 2.1 *'Ontwikkelen van (nieuwe) duurzame materialen, grondstoffen en brandstoffen'*. Specifiek liggen er hier kansen in het toepassen van bestaande kennis in nieuwe domeinen, zoals groene waterstof. Tevens kan hiervoor worden voortgebouwd op de sterke positie van Nederland in internationale grondstof en brandstofketens, vanuit de havens en logistieke dienstverlening uit de sector Vervoer en opslag.

Hergebruik van grondstoffen en materialen (innovatieopgave 2.2) is een belangrijke stap in de transitie naar een circulaire economie. Nederland heeft een sterk fundament voor het verzilveren van kansen gericht op deze innovatieopgave. Samenwerking door de keten en over sectoren heen is belangrijk in het mogelijk maken van deze transitie. Een sterke kennispositie in kennisvelden zoals economie en management en planning helpt om te komen tot nieuwe (samenwerkings)modellen. Nederland kan daarnaast bouwen op een sterke technologiepositie in Reuse, recycling or recovery technologies en Material recovery, recycling and re-use en een sterke kennisbasis over elektrische machines en een sterke machine-industrie. Ook is er een sterke technologiebasis in chemische technologieën als Macromolecular chemistry, polymers en Organic fine chemistry. Het versterken van de gehele infrastructuur is hierbij belangrijk: circular by design tot chemisch recycleren tot aan nieuwe machines voor het uit elkaar halen en hergebruiken van grondstoffen en materialen. Daarmee ligt een logische koppeling naar vernieuwingsopgave 3 over smart industry.

Nederland gaat de komende jaren van het gas en wordt aangesloten op warmtepompen of warmtenetten. Omdat de industrie een sterke positie heeft, is er ruimte voor samenwerking. Voor het sluiten van energie- en waterketens is naast samenwerking tussen industrie en steden ook fysieke infrastructuur nodig. Nederland scoort gemiddeld op belangrijke sectoren als de bouw, water en afvalbeheer en energieproductie en de kennispositie van Nederland op civiele techniek is in vergelijking met andere Europese landen minder sterk.

2. Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)

	Vernieuwingsopgave			
	Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)	Innovatieopgaven		
		Ontwikkelen van (nieuwe) duurzame materialen, grondstoffen en brandstoffen	Hergebruik van grondstoffen en materialen	Het sluiten van energie- en waterketens tussen industrie en steden
Mate van bouwen op sterke:				
Kennisvelden	60%	59%	60%	60%
Technologieën - WIPO	56%	55%	68%	44%
'Environmental' Technologieën	91%	88%	85%	100%
Bedrijfstakken	76%	76%	74%	78%
Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen:				
Energie en Duurzaamheid				
Landbouw, Water en Voedsel				
Gezondheid en Zorg				
Veiligheid				

Overzicht

- De vernieuwingsopgave 'Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water' kan bouwen op sterke kennisvelden, sterke bedrijfstakken en sterke technologieën – zowel algemene technologieën (WIPO) als 'environmental & climate' technologieën.
- Deze vernieuwingsopgave draagt sterk bij aan de maatschappelijke uitdagingen Energie en Duurzaamheid en Landbouw, Water en Voedsel.
- Innovatieopgave 2.1 kan bouwen op sterke bedrijfstakken (o.a. Informatietechnologie en informatiediensten en Landbouw, bosbouw en visserij), sterke kennisvelden (o.a. milieuwetenschappen) en sterke technologieën (o.a. organic fine chemistry en fuel from waste)
- Ook innovatieopgave 2.2 kan bouwen op een sterke basis in alle onderzochte velden.
- Innovatieopgave 2.3 kan bouwen op sterke kennisvelden, bedrijfstakken en environmental technologieën, maar op gemiddeld sterke algemene (WIPO) technologieën.
- In de bijlagen staan per innovatieopgave de sterke en minder sterke relevante velden benoemd.

2. Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)

Overzicht - Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen

Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen:	Vernieuwingsopgave			
	Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)	Innovatieopgaven		
		Ontwikkelen van (nieuwe) duurzame materialen, grondstoffen en brandstoffen	Hergebruik van grondstoffen en materialen	Het sluiten van energie- en waterketens tussen industrie en steden
Energie en Duurzaamheid				
Landbouw, Water en Voedsel				
Gezondheid en Zorg				
Veiligheid				

Betekenis kleuren Uitdagingen

-  Groen: sterke bijdrage
-  Licht groen: enige bijdrage
-  Grijs: geen bijdrage

Energie en Duurzaamheid

Alle drie de innovatieopgaven binnen de Vernieuwingsopgave 'Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water' dragen bij aan de maatschappelijke uitdaging Energie en Duurzaamheid. Duurzame brandstoffen en grondstoffen zorgen voor vermindering van de broeikasgasuitstoot; hergebebruik van grondstoffen draagt o.a. bij aan een circulaire economie; en het sluiten van ketens zorgt voor een vergroening van de industrie.

Landbouw, Water en Voedsel

Met name vanuit de innovatieopgaven 2.1 en 2.3 is er een bijdrage aan de maatschappelijke uitdaging Landbouw, Water en Voedsel. Nieuwe materialen worden o.a. verkregen vanuit reststromen uit de landbouw (biobased). Het sluiten van waterketens is van belang voor het op orde houden van een gezonde en veilige watervoorziening in Nederland.

Gezondheid en zorg

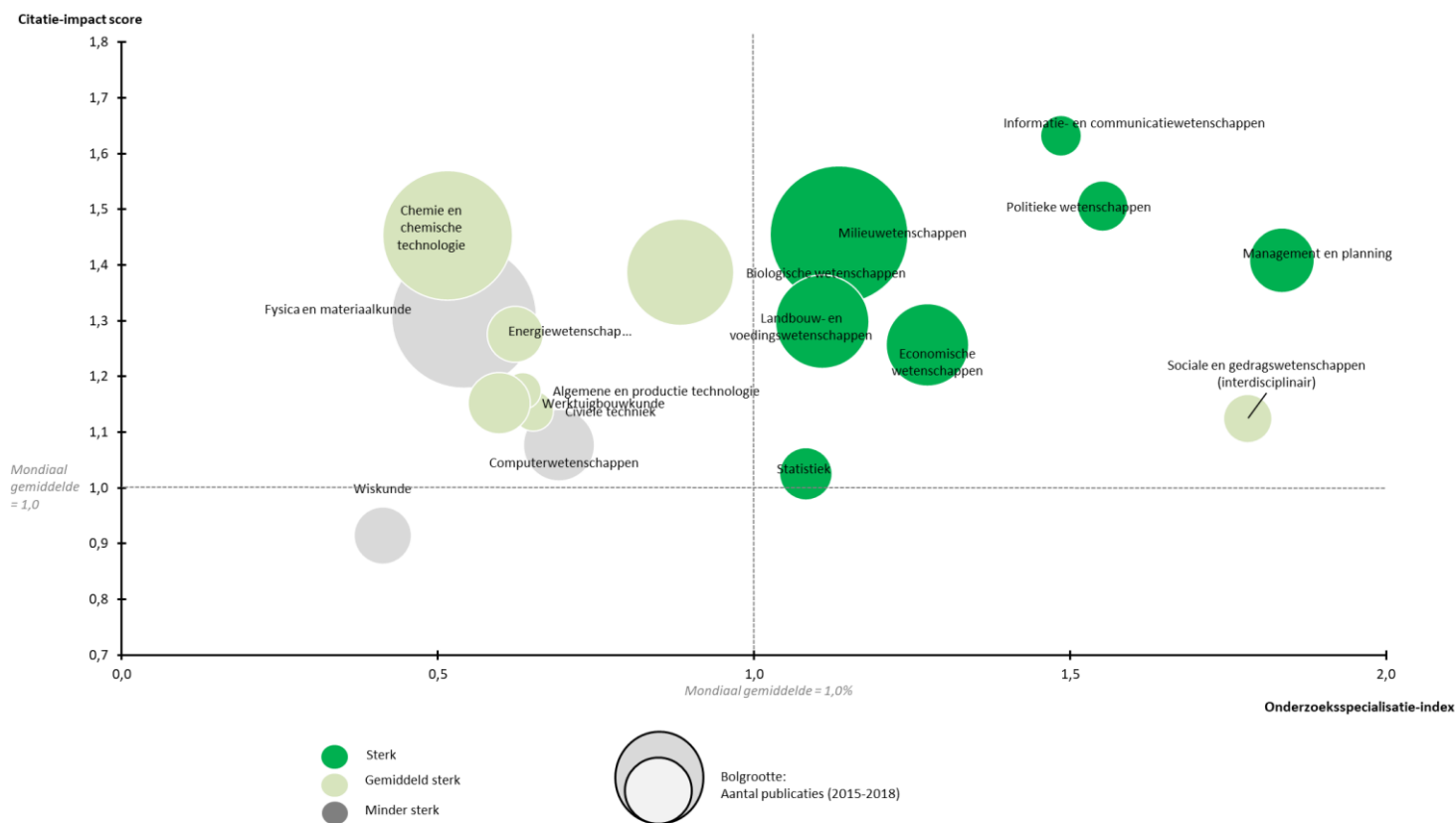
Vanuit de vernieuwingsopgave 'Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water' is niet direct een bijdrage te verwachten aan de maatschappelijke uitdaging Gezondheid en Zorg.

Veiligheid

Vanuit de vernieuwingsopgave 'Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water' is niet direct een bijdrage te verwachten aan de maatschappelijke uitdaging Veiligheid.

2. Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)

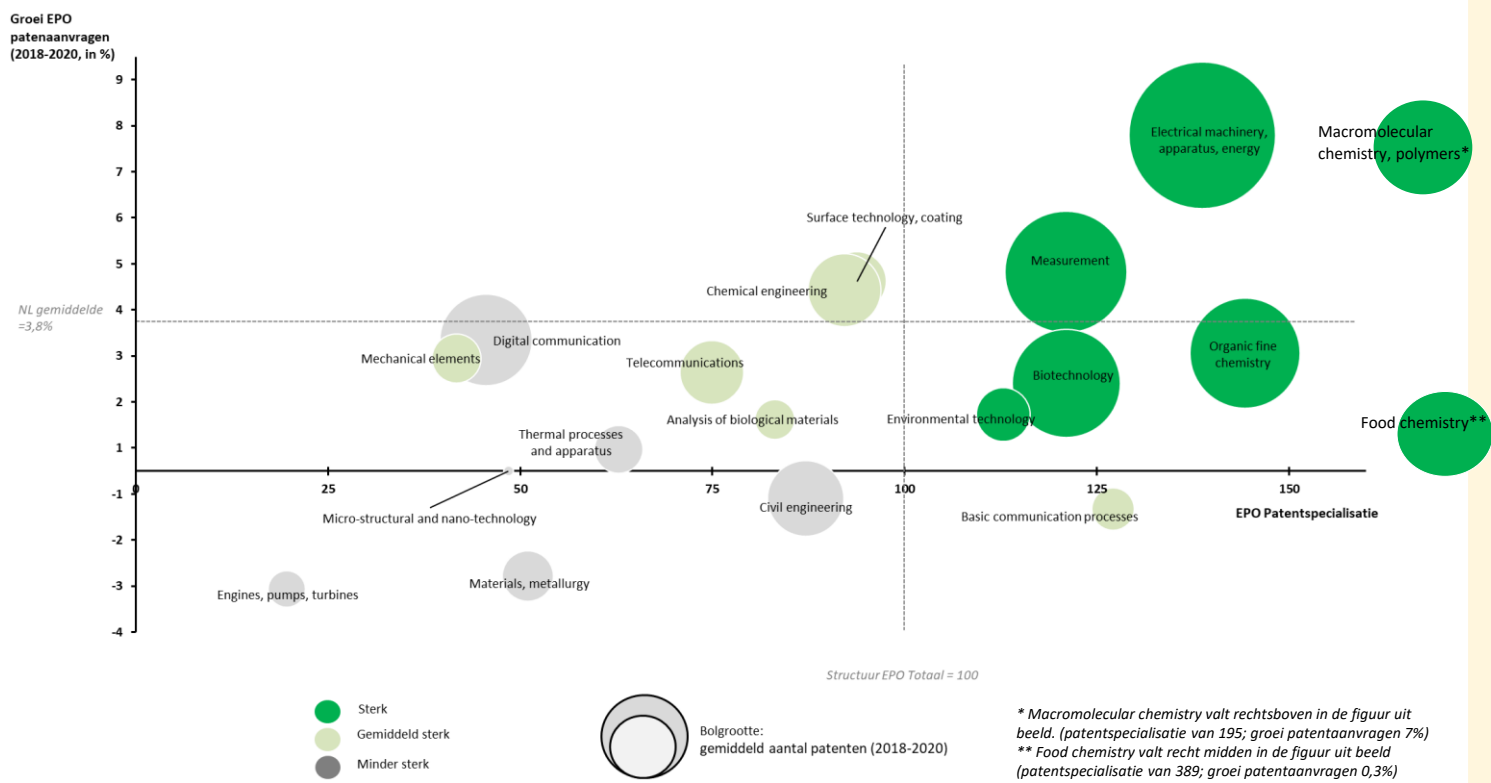
1 – Sterktes van relevante kennisvelden



- Voor de vernieuwingsopgave 'Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water' zijn 17 kennisvelden relevant.
- Hiervan scoort Nederland sterk op 7 kennisvelden: Management en planning, Politieke wetenschappen, Informatie- en communicatiewetenschappen, Economische wetenschappen, Milieuwetenschappen, Landbouw- en voedingswetenschappen en Statistiek (de donker groene bollen). Dit betreft over het algemeen de minder technische / gammawetenschappen.
- Van de sterke kennisvelden zijn Milieuwetenschappen en Statistiek relevant voor alle innovatieopgaven binnen deze vernieuwingsopgave (zie bijlage 1).
- Deze vernieuwingsopgave bouwt op een aantal kennisvelden waar Nederland internationaal gezien lager scoort. Dit betreffen over het algemeen wat meer technische / beta wetenschappen. Nederland scoort bijvoorbeeld gemiddeld sterk op Chemie en chemische technologie, Biologische wetenschappen en minder sterk op bijvoorbeeld Wiskunde, Fysica en materiaalkunde en Computerwetenschappen.
- Fysica en materiaalkunde is relevant voor alle drie de innovatieopgaven binnen deze vernieuwingsopgave. Alhoewel Nederland op dit kennisveld relatief veel publicaties produceert, heeft Nederland geen specialisatie op dit vlak.
- Ook Wiskunde is van belang voor alle innovatieopgaven, maar Nederland scoort hier minder sterk op alle vlakken.

2. Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)

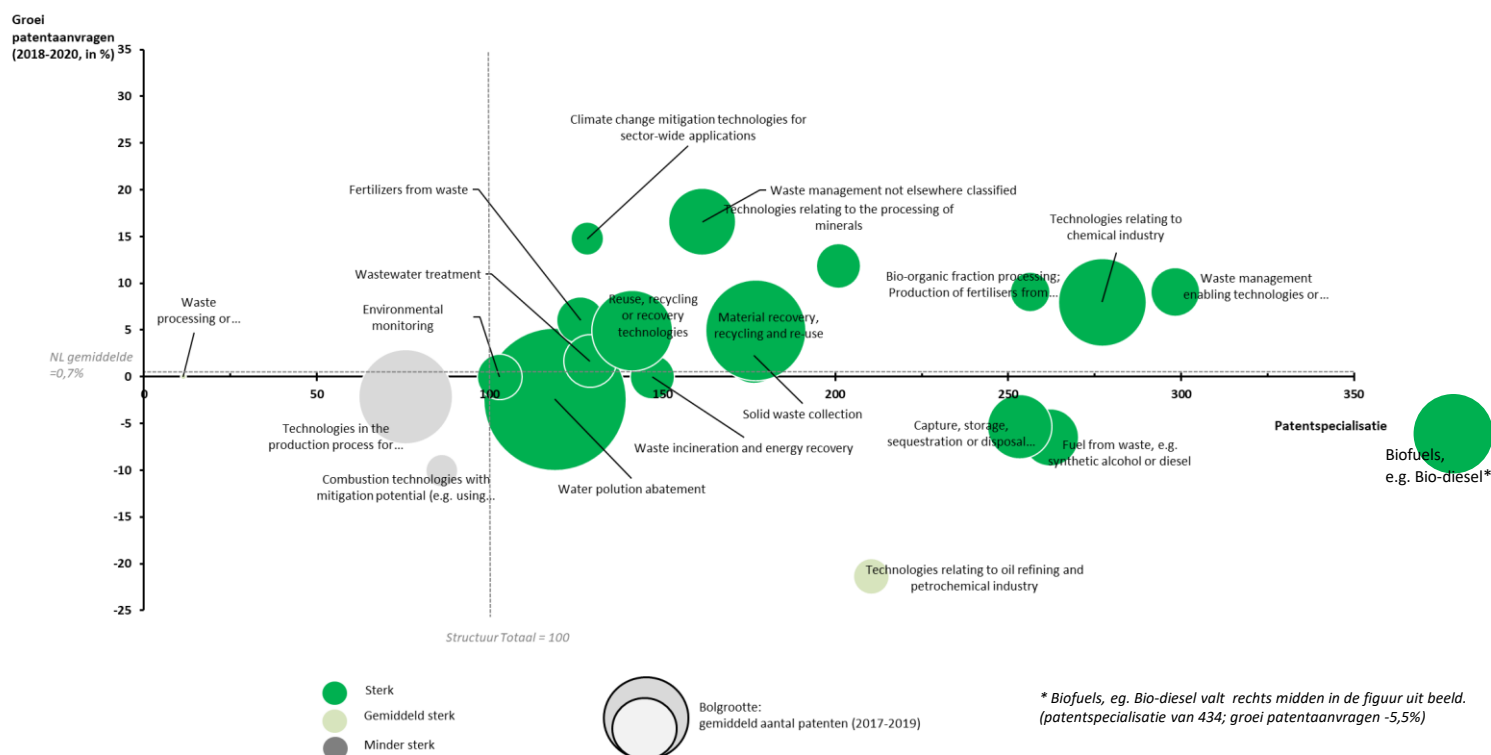
2 – Sterktes van relevante WIPO technologieën



- Er zijn 20 WIPO technologieën geïdentificeerd als relevant voor de vernieuwingsopgave *Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water*.
- In zeven van deze technologieën heeft Nederland een sterke positie: Macromolecular chemistry, polymers, Electrical machinery, apparatus, energy, Measurement, Organic fine chemistry, Biotechnology, Food chemistry en Environmental technology.
- Zes van de zeven sterke technologieën zijn relevant voor ten minste twee innovatieopgaven. Environmental technology is relevant voor alle drie de innovatieopgaven binnen deze vernieuwingsopgave (zie bijlage).
- De relevante technologieën waar Nederland sterk op scoort, zijn relatief groot van omvang (grootte van de bol) in vergelijking met de relevante technologieën waar Nederland minder sterk op scoort.
- Opvallende technologieën zijn Food chemistry (waar Nederland een erg sterke specialisatie heeft), Macromolecular chemistry, polymers (waar Nederland zowel een erg sterke specialisatie als een sterke groei in patentaanvragen kent) en Electrical machinery, apparatus, energy (waar Nederland zowel een groot aantal patenten als een sterke groei kent).
- Nederland heeft een gemiddelde sterke positie in 7 relevante WIPO technologieën en een minder sterke positie voor 6 relevante technologieën voor *Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water*. Deze gemiddelde of minder sterke technologieën zijn van belang voor 1 of 2 innovatieopgaven (zie bijlage).
- NB. Patentaanvragen dekken niet de volledige technologieontwikkeling af. Het is wel een zuivere indicator voor internationale vergelijking.

2. Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)

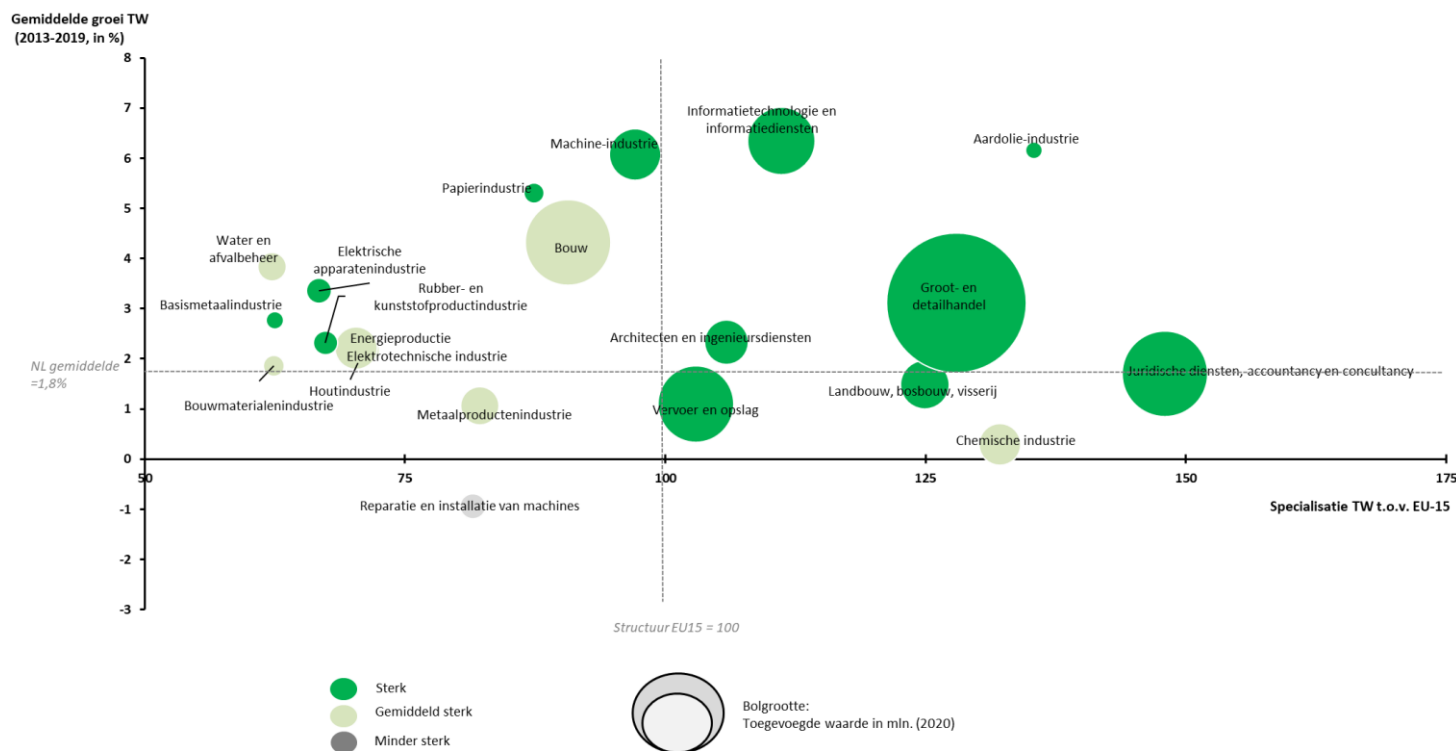
3 – Sterktes van relevante 'Environmental & Climate' technologieën



- Voor de vernieuwingsopgave *Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water* zijn 22 Environmental technologieën relevant.
- In 17 van deze technologieën heeft Nederland een sterke positie en in drie technologieën heeft Nederland een gemiddeld sterke positie
- Relevant voor alle drie de innovatieopgaven zijn de technologieën Climate change mitigation technologies for sector-wide applications en Environmental monitoring. Nederland scoort sterk op beide technologieën .
- Van de relevante technologieën waarop Nederland gemiddeld of minder sterk scoort zijn slechts voor één van de drie Innovatieopgave relevant.
- Nederland kent een sterke patentspecialisatie op de relevante technologieën Biofuels, Waste management enabling technologies, Technologies relating to chemical industry, Bio-organics fraction processing, Capture, storage, sequestration or disposal en Fuel from waste (patentspecialisatie van 250 of hoger)

2. Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)

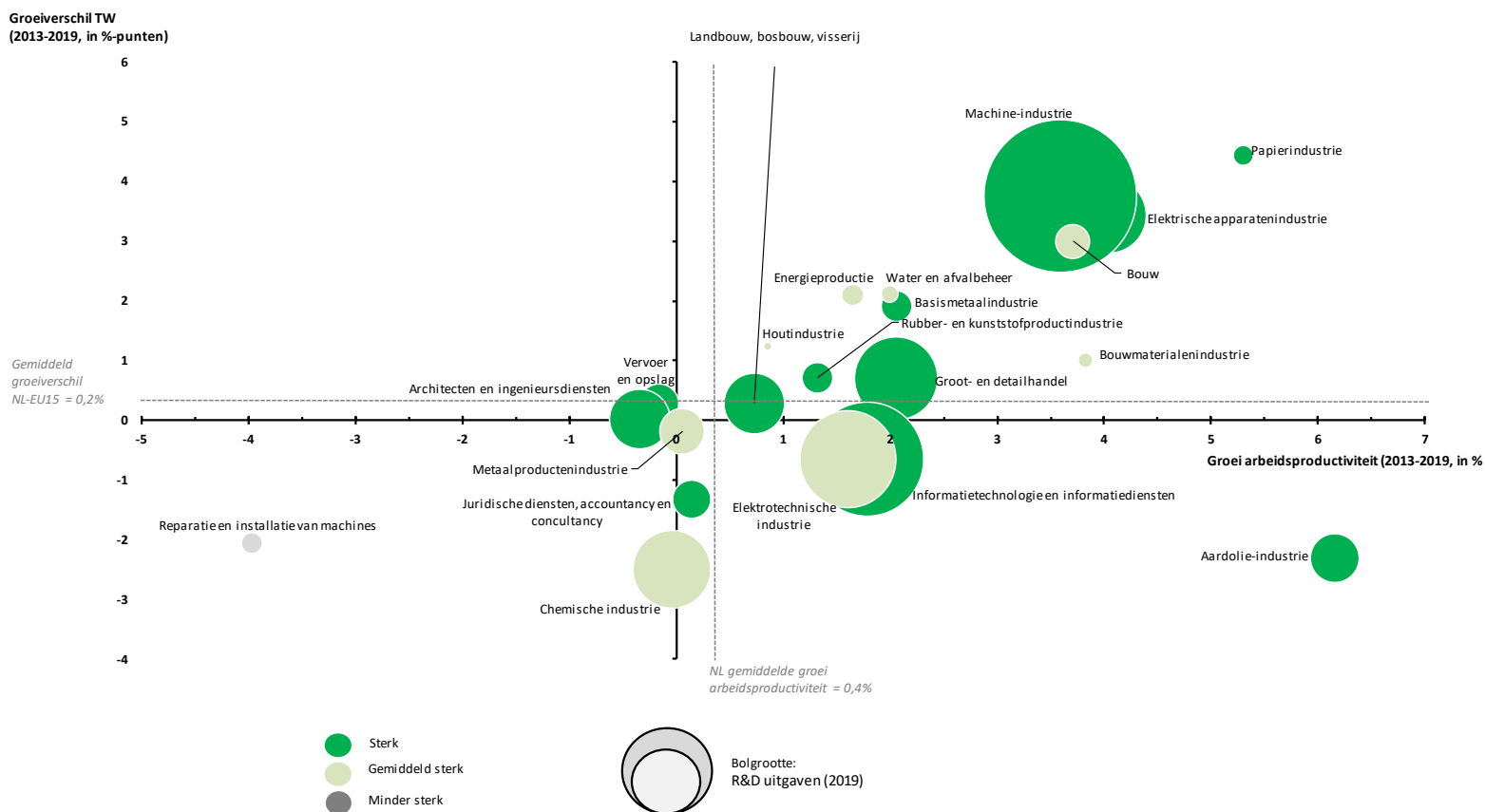
4 – Sterktes van relevante bedrijfstakken



- Voor de vernieuwingsopgave *Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water* zijn 21 bedrijfstakken relevant.
- Nederland is sterk in 12 van deze 21 bedrijfstakken, gemiddeld sterk in 8 bedrijfstakken en slechts in één bedrijfstak minder sterk.
- Gezamenlijk vertegenwoordigen deze sectoren ongeveer 1/3^e van de Nederlandse economie (34% van de toegevoegde waarde), dit komt voor een groot deel door de sector Groot- en Detailhandel (14%).
- De sterke sector Machine-industrie draagt bij aan alle drie de innovatieopgaven in de vernieuwingsopgave. De groei van de toegevoegde waarde van de Machine-industrie ligt met 6,1% aanzienlijk boven het landelijk gemiddelde van 1,8%.
- Daarnaast dragen 9 van deze sterke sectoren bij aan twee innovatieopgaven binnen deze vernieuwingsopgave.
- De sectoren Chemische industrie en Water en afvalbeheer zijn ook zeer relevant voor deze vernieuwingsopgave (relevant voor alle drie de innovatieopgaven). Deze sectoren scoren echter gemiddeld sterk in Nederland. Wel is er in Nederland sprake van een specialisatie in de Chemische industrie in vergelijking met de EU15.

2. Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)

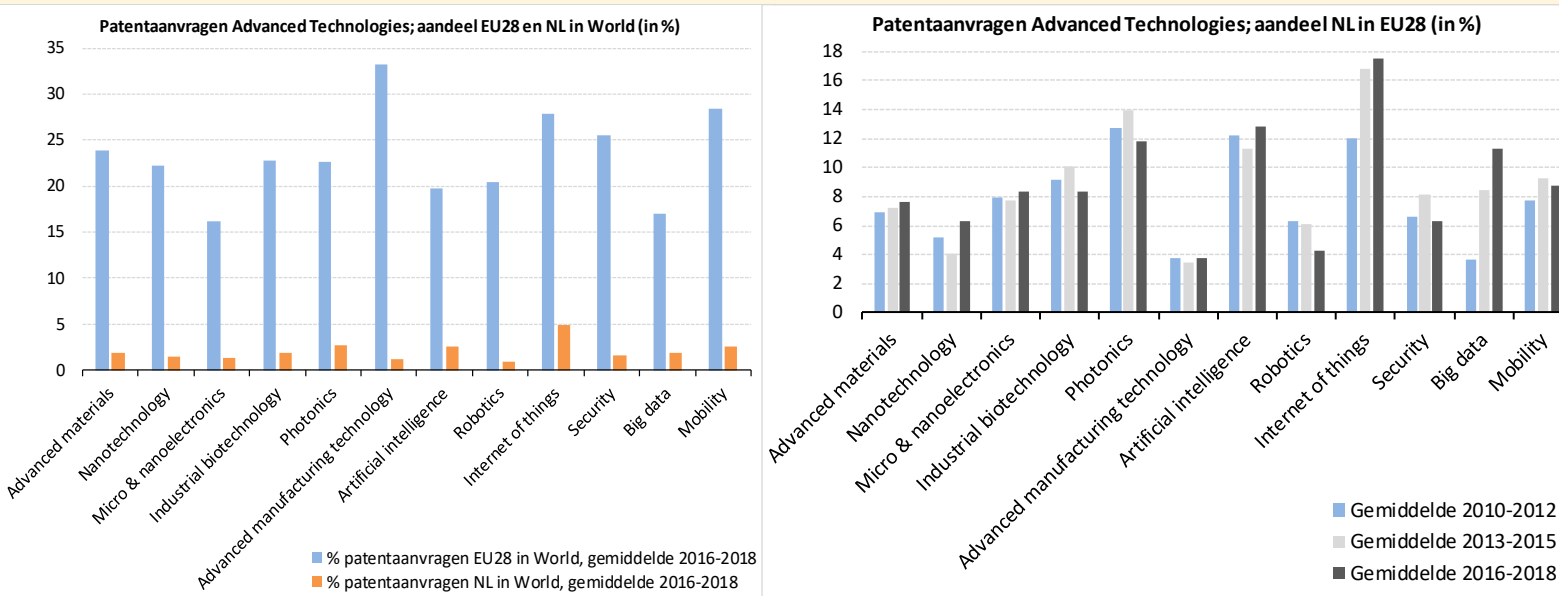
5 – Kansen: Dynamiek van relevante bedrijfstakken



- In bovenstaande figuur 5 is de dynamiek van de bedrijfstakken weergegeven. Het gaat hierbij om dezelfde bedrijfstakken als in figuur 4. De score van de bedrijfstak (sterk, gemiddeld sterk, minder sterk) is ook gelijk aan figuur 4.
- In figuur 5 wordt specifiek gekeken naar de dynamiek van deze bedrijfstakken in recente jaren. Een sterkere groei in toegevoegde waarde dan de EU15 en sterke arbeidsproductiviteitsgroei kunnen gezien worden als proxy voor een huidige gunstige concurrentiepositie. R&D-uitgaven bieden daarnaast een basis voor vernieuwing en het aanboren van nieuwe groeipaden. Het gaat hier echter om historische ontwikkeling op basis van drie indicatoren en is daarmee geen voorspelling voor de toekomst.
- De sectoren die relevant zijn voor de vernieuwingsopgave '*Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water*' en waar Nederland sterk op scoort, kennen de afgelopen jaren grosso modo een relatief hoge groei in arbeidsproductiviteit (rechts in de figuur).
- Opvallend is de Machine industrie – een sector die relevant is voor alle innovatieopgaven in deze vernieuwingsopgave. Deze sector heeft tussen 2013 en 2019 een sterke groei in arbeidsproductiviteit meegemaakt en er zijn grote investeringen in R&D gedaan (2019). Ook groeit de toegevoegde waarde aanzienlijk sterker dan het gemiddelde in de EU-15. Wel is dit nog een relatief kleine sector in Nederland (2% van de totale toegevoegde waarde, zie figuur 3)
- De voor alle innovatieopgaven relevante sector Chemische industrie maakte een tragere toegevoegde waarde groei dan gemiddeld in de EU15 zien en een gelijkblijvende arbeidsproductiviteit.

2. Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)

7 – Kansen: Link met sleuteltechnologieën



Een relevante vraag is in hoeverre Nederland m.b.t. de vernieuwingsopgave ‘Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water’ kan bouwen op een sterke positie in sleuteltechnologieën. Helaas staat de beschikbare data niet toe om op dezelfde manier als in andere onderdelen een gewogen score voor sterktes en een stoplichtmodel te berekenen. Wel is het mogelijk om enkele beschrijvende statistieken te tonen over patentaanvragen in Advanced Technologies for Industry (ATI). Deze statistieken van de Europese Commissie relateren aan enkele categorieën van sleuteltechnologieën in Nederland. Nederland heeft relatief veel patentaanvragen in de categorieën Internet of Things, Artificial Intelligence, Photonics, Mobility en Big Data. Voor de meeste van deze technologieën nam het gemiddelde aandeel patentaanvragen van Nederland in de EU28 bovendien toe tussen 2010 en 2018. Voor de vernieuwingsopgave ‘Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water’ zijn in het bijzonder Advanced materials, Nanotechnology, Industrial biotechnology, Advanced manufacturing technology en Mobility relevant.

Bijlage: toelichting stoplichten ‘bouwen op...’

Bepaling van sterkte

De sterkte van kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken wordt bepaald op basis van een dummy (score 0 of 1) op verschillende indicatoren. Deze indicatoren staan onderaan de bijlagen. Aan elk van deze indicatoren is een gewicht gegeven. De som van de score op deze indicatoren bepaalt de sterkte. Er wordt een onderscheid gemaakt in drie categorieën: sterk, gemiddeld sterk en minder sterk.

Score op relevantie

Er is een inschatting gemaakt van de mate waarin de innovatieopgaven moeten bouwen op de verschillende kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken: score 0, 1, 2 of 3 (gebaseerd op TNO expert judgement). De scores “2” (= relevant) en “3” (= zeer relevant) worden gebruikt voor het berekenen van de stoplichtwaardes.

Wanneer het kennisveld, technologie of de bedrijfstak relevant is voor één of meer innovatieopgaven, dan wordt het veld gepresenteerd in de bollengrafieken.

Stoplicht

De kleur van de stoplichten is gebaseerd op het aandeel sterke, relevante kennisvelden, technologieën of bedrijfstakken t.o.v. het total aantal relevante kennisvelden, technologieën of bedrijfstakken. De scores zijn gewogen op relevantie en op sterkte. Voor de berekening van het stoplicht worden scores “2” (= relevant) en “3” (= zeer relevant) gewogen meegenomen. Ook worden de relevante Velden in de stoplichtberekening gewogen op basis van sterkte met “0” (= minder sterk), “0,5” (= gemiddeld sterk) en “1” (= sterk). De stoplichtscore van de innovatieopgave wordt als volgt berekend:

$$\frac{\text{Score van de innovatieopgave op sterkte (relevantie*sterkte)}}{\text{Maximumscore van de innovatieopgave indien alle relevante Velden sterk zouden zijn (relevant*1)}}$$

2. Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)

Bijlage 1: bouwen op kennisvelden

		Innovatieopgaven		
		Ontwikkelen van (nieuwe) duurzame materialen, grondstoffen en brandstoffen, zowel biobased als synthetisch, waaronder (groene) waterstof	Hergebruik van grondstoffen en materialen	Het sluiten van energie- en waterketens tussen industrie en steden (o.a. restwarmte)
Sterk (x1)	Management en planning		3	3
	Informatie- en communicatiewetenschappen		2	2
	Milieuwetenschappen	3	3	3
	Politieke wetenschappen	2		
	Geschiedenis, filosofie en religie			
	Gezondheidswetenschappen			
	Economische wetenschappen		3	3
	Statistiek	2	2	2
	Klinische geneeskunde			
	Biomedische wetenschappen			
	Sterrenkunde			
	Taal en linguïstiek			
	Psychologische wetenschappen			
	Landbouw- en voedingswetenschappen	3		
Gemiddeld (x0,5)	Electrotechniek			
	Energiewetenschappen	3		3
	Onderwijswetenschappen			
	Werktuigbouwkunde		2	2
	Sociologie en antropologie			
	Sociale en gedragwetenschappen (interdisciplinair)		3	2
	Algemene en productie technologie	3	3	3
	Biologische wetenschappen	3		
	Chemie en chemische technologie	3	3	3
	Civiele techniek			3
	Fundamentele levenswetenschappen			
	Fundamentele medische wetenschappen			
	Rechten en criminologie			
	Aardwetenschappen en -technologie			
Minder sterk (x0)	Computerwetenschappen		2	2
	Fysica en materiaalkunde	3	3	2
	Instrumenten en instrumentarium			
	Wiskunde	2	2	2
	Kunsten, cultuur en muziek			
	Literatuurwetenschappen			
Score van de innovatieopgave op sterkte		16	18,5	21
Maximumscore van de innovatieopgave		27	31	35
Stoplichtscore van de innovatieopgave		59%	60%	60%

Bepaling sterkte Kennisvelden

Figuur 1	indicator	Gewicht
	Citatie-impact score, 2015-2018	2
	Groei in citatie-impact score, 2015-2018	1
	Onderzoeksspecialisatie-index, 2015-2018	2
	Groei in onderzoeksspecialisatie-index, 2010-2013 vs 2015-2018	1

2. Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)

Bijlage 1: bouwen op WIPO technologieën

		Innovatieopgaven		
		Ontwikkelen van (nieuwe) duurzame materialen, grondstoffen en brandstoffen, zowel bio-based als synthetisch, waaronder (groene) waterstof	Hergebruik van grondstoffen en materialen	Het sluiten van energie- en waterketens tussen industrie en steden (o.a. restwarmte)
Sterk (x1)	Electrical machinery, apparatus, energy		3	3
	Optics			
	Measurement		2	2
	Medical technology			
	Organic fine chemistry	3	2	
	Macromolecular chemistry, polymers	3	3	
	Environmental technology	3	3	3
	Furniture, games			
	Biotechnology	3	2	
	Food chemistry	3	2	
	Other special machines			
Gemiddeld (x0,5)	Telecommunications			2
	Basic communication processes		2	3
	Analysis of biological materials	3	2	
	Control			
	Pharmaceuticals			
	Basic materials chemistry	3	2	
	Surface technology, coating	3		
	Chemical engineering	3	3	
	Machine tools			
	Mechanical elements		3	3
	Transport			
	Other consumer goods			
	Digital communication		2	3
Minder sterk (x0)	Computer technology			
	IT methods for management			
	Micro-structural and nano-technology	3		
	Handling			
	Textile and paper machines			
	Thermal processes and apparatus	3		3
	Audio-visual technology			
	Semiconductors			
	Materials, metallurgy	3	3	
	Engines, pumps, turbines			3
	Civil engineering	2		2
Score van de innovatieopgave op sterkte		21	23	12
Maximumscore van de innovatieopgave		38	34	27
Stoplichtscore van de innovatieopgave		55%	68%	44%

Bepaling sterkte WIPO technologieën

Figuur 2	indicator	Gewicht
	Patentspecialisatie-index NL vs -World, gemiddelde 2017-2029	2
	Gemiddelde jaarlijkse groei patentaanvragen NL, 2012-2019	1
	Groeiverschil patentaanvragen, NL vs World, 2012-2019	1

2. Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)

Bijlage 1: bouwen op 'Environmental & Climate' technologieën

		Innovatieopgaven		
		Ontwikkelen van (nieuwe) duurzame materialen, grondstoffen en brandstoffen, zowel biobased als synthetisch, waaronder (groene) waterstof	Hergebruik van grondstoffen en materialen	Het sluiten van energie- en waterketens tussen industrie en steden (o.a. restwarmte)
Sterk (x1)	Solid waste collection		3	
	Material recovery, recycling and re-use		3	
	Fertilizers from waste	2	3	
	Waste incineration and energy recovery			3
	Waste management not elsewhere classified		2	2
	Environmental monitoring	3	2	3
	Solar thermal energy			
	Solar thermal-PV hybrids			
	Geothermal energy			
	Hydrogen technology			
	Other energy conversion or management systems reducing GHG emissions			
	Wastewater treatment		2	3
	Bio-organic fraction processing; Production of fertilisers from the organic fraction of waste	3	2	
	Reuse, recycling or recovery technologies		3	
	Waste management enabling technologies or technologies with a potential or indirect contribution to waste management		2	
	Technologies relating to chemical industry	2	3	
	Technologies relating to the processing of minerals	2		
	Climate change mitigation technologies for sector-wide applications	2	2	2
	Climate change adaptation technologies (e.g. coastal zones, water resource management)			
	Climate change mitigation in maritime transport			
	Climate change adaptation in coastal zones			
	Water pollution abatement			2
	Wind energy			
	Solar photovoltaic (PV) energy			
	Biofuels, e.g. bio-diesel	3	2	
	Fuel from waste, e.g. synthetic alcohol or diesel	3	3	
	Thermal energy storage			
	Capture, storage, sequestration or disposal of greenhouse gases			2
	Climate change mitigation technologies related to buildings			
	Offshore wind energy			
	Ocean pollution abatement			
Gemiddeld (x0.5)	Air pollution abatement			
	Nuclear energy generation			
	Technologies for an efficient electrical power generation, transmission or distribution			
	Energy storage in batteries			
	High-voltage direct current transmission			
	Fuel cells			
	Waste collection, transportation, transfer or storage		3	
	Waste processing or separation		3	
	Landfill technologies aiming to mitigate methane emissions			
	Climate change mitigation technologies related to transportation			
	Technologies relating to oil refining and petrochemical industry	2		
	Technologies relating to agriculture, livestock or agroalimentary industries			
	Enabling technologies with a potential contribution to GHG emissions mitigation			
	Offshore solar energy			
Minder sterk (x0)	Climate change mitigation and adaptation in fishing, aquaculture and aquafarming			
	Soil remediation			
	Hydro energy			
	Combustion technologies with mitigation potential (e.g. using fossil fuels, biomass, waste)	2		
	Mechanical energy storage, e.g. flywheels or pressurised fluids			
	Technologies related to metal processing			
	Technologies in the production process for final industrial or consumer products		3	
	Climate change mitigation in ICT technologies			
	Marine energy, e.g. using wave energy or salinity gradient			
	Energy storage - Capacitors			
	Tide, wave, current and other marine energy			
	Desalination of sea water			
Score van de innovatieopgave op sterkte		21	35	17
Maximumscore van de innovatieopgave		24	41	17
Stoplichtscore van de innovatieopgave		88%	85%	100%

Bepaling sterkte 'Environmental' technologieën

Figuur 3	indicator	Gewicht
	Patentspecialisatie-index NL vs -World, gemiddelde 2017-2029	2
	Gemiddelde jaarlijkse groei patentaanvragen NL, 2012-2019	1
	Groeiverschil patentaanvragen, NL vs World, 2012-2019	1

2. Duurzame hulpbronnen, grondstoffen en water (Sustainable smart resources)

Bijlage 1: bouwen op bedrijfstakken

		Innovatieopgaven		
		Ontwikkelen van (nieuwe) duurzame materialen, grondstoffen en brandstoffen, zowel biobased als synthetisch, waaronder (groene) waterstof	Hergebruik van grondstoffen en materialen	Het sluiten van energie- en waterketens tussen industrie en steden (o.a. restwarmte)
Sterk (x1)	Voedings-, genotmiddelenindustrie			
	Zorg en welzijn			
	Groot- en detailhandel		2	
	Informatietechnologie en informatiediensten	2	2	
	Overige zakelijke diensten			
	Vervoer en opslag		2	3
	Juridische diensten, accountancy en consultancy		2	2
	Aardolie-industrie	3		3
	Farmaceutische industrie			
	Rubber- en kunststofproductindustrie	3	3	
	Basismetaalindustrie		3	3
	Elektrische apparatenindustrie		3	3
	Architecten en ingenieursdiensten		2	2
	Telecommunicatie			
	Papierindustrie		2	
	Landbouw, bosbouw, visserij	3		3
Gemiddeld (x0.5)	Machine-industrie	3	3	2
	Energieproductie	2		3
	Water en afvalbeheer	3	3	3
	Bouw		2	2
	Houtindustrie	3	3	
	Onroerend goed			
	Chemische industrie	3	3	3
	Bouwmaterialenindustrie	2	3	
	Metaalproductenindustrie		3	
	Elektrotechnische industrie		3	
	Auto- en aanhangwagenindustrie			
	Meubel- en overige industrie			
	Filmindustrie, radio en televisie			
Minder sterk (x0)	Financiële diensten			
	Uitgeverijen			
	Horeca			
	Delfstoffenwinning			
	Reclame, marktonderzoek en overige specialistische zakelijke diensten			
	Overige transportmiddelenindustrie			
	Grafische industrie			
	Overige persoonlijke diensten			
	Reparatie en installatie van machines		2	2
	Cultuur, sport en recreatie			
	Textiel-, kleding-, lederindustrie			
Score van de innovatieopgave op sterkte		20,5	34	26,5
Maximumscore van de innovatieopgave		27	46	34
Stoplichtscore van de innovatieopgave		76%	74%	78%

Bepaling sterkte Bedrijfstakken

Figuur 4	indicator	Gewicht
	Specialisatie (Werkzame Personen) NL t.o.v. EU15, 2019	2
	Omvang Toegevoegde waarde, 2020 (x mln euro)	2
	Groei TW, 2013-2019 (in %)	2
	Groeiverschil TW NL-EU15; 2013-2019 (%-punt)	2
	Arbeidsproductiviteitsgroei, 2013-2019 (in %)	2
	Specialisatie (TW), 2013-2019 (in %)	2
	R&D-intensiteit, 2019 (als % van TW)	2
	"Start-up" intensiteit, 2015-2020	1
	Scale-up intensiteit, Snelle groeiers als % totaal bedrijven (2020)	2

3. Duurzame productie- infrastructuur, -systemen en ketens

Sustainable smart production
TNO portfolioanalyse 2022



Innovatieopgaven worden gedefinieerd als concrete vragen van maatschappelijke spelers (bedrijven, overheden, burgers) die een kennisdoorbraak, een nieuwe technologie of een gedragsverandering vragen. Innovatieopgaven bouwen op sterktes van (Nederlandse) kennisinstellingen en bedrijven en dragen bij aan het oplossen van grotere maatschappelijke uitdagingen en versterken de economie. Een vernieuwingsopgave is een bundeling van innovatieopgaven die zorgt voor effectiviteit, efficiënte en schaalgrootte om een relevante internationale positie te ontwikkelen.

Het doel van het fiche is om voor een aantal geïdentificeerde vernieuwingsopgaven en innovatieopgaven een zo objectief en transparant mogelijk overzicht aan sterktes en kansen voor Nederland te geven. De fiches laten zien in welke mate de innovatie en vernieuwingsopgaven kunnen bouwen op sterktes van Nederlandse kennisposities, bedrijfstakken en technologieën.

Opbouw fiche

Inleiding	p3
Resultaten	p4
Deel 1: Overzicht van sterktes en kansen van de vernieuwingsopgave	p5-6
- Mate van bouwen op sterke: kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken	p5
- Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen	p6
Deel 2: Onderbouwen van de sterktes en kansen van de vernieuwingsopgave	p7-12
1 – sterkte van relevante kennisvelden	p7
2 – sterkte van relevante WIPO technologieën	p8
3 – sterkte van relevante 'Environmental' technologieën	p9
4 – Sterkte van relevante bedrijfstakken	p10
5 – Kansen: dynamiek van relevante bedrijfstakken	p11
6 – Kansen: link met sleuteltechnologieën.	p12
Deel 3: Toelichting stoplichten	p13-16
- Bijlage 1: bouwen op kennisvelden	p13
- Bijlage 2: Bouwen op WIPO technologieën	p14
- Bijlage 3: Bouwen op 'Environmental' technologieën	p15
- Bijlage 4: Bouwen op bedrijfstakken	p16

Betekenis kleuren

- Groen: ruim (>55%)
- Licht groen: gemiddeld (40%-50%)
- Grijs: gering (<40%)

Vernieuwingsopgave

Innovatieopgaven

Innovatieopgave 1

Innovatieopgave 2

Mate van bouwen op sterke:

Kennisvelden

Technologieën - WIPO

'Environmental' Technologieën

Bedrijfstakken

Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen:

Maatschappelijke uitdaging 1

Maatschappelijke uitdaging 2

Maatschappelijke uitdaging 3

Maatschappelijke uitdaging 4

Maatschappelijke uitdaging 5



1 – Sterkte van relevante kennisvelden (p4)



2 – Sterkte van relevante technologieën WIPO (p4)



3 – Sterkte van relevante 'Environmental' technologieën (p4)



4 – Sterkte van relevante bedrijfstakken (p4)



5 – Bijdrage aan maatschappelijke Uitdaging (p4)

3. Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)

Introductie

De industrie staat voor grote uitdagingen om de huidige productie-infrastructuur aan te passen om mee te gaan met de digitale- en energietransitie. Enerzijds neemt de vraag vanuit de markt naar duurzame producten toe en vereist klimaatverandering dat het productieproces verduurzaamt. Anderzijds leidt structurele en diepgaande digitalisering tot grote aanpassingen van het productieproces. Dit betreft machines en processen in de fabriek zelf, maar ook de relatie met toeleveranciers en klanten, waardoor continue aanpassingen nodig zijn.

Oplossingsrichtingen richten zich op het (her)ontwerpen van industriële processen en technologieën die duurzame en efficiënte productie mogelijk maken. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om het duurzaam ontwerp van fabrieken, maar ook het ombouwen van bestaande fabrieken zodat andere typen duurzame grondstoffen en energie gebruikt kunnen worden. Daarnaast leiden digitalisering, automatisering en robotisering tot een steeds geavanceerder productieproces in fabrieken zelf. Hierbij ligt een uitdaging in de samenwerking tussen mens en machine om tot efficiëntie te komen. Hierbij kan gedacht worden aan AR/VR, digital twinning en nieuwe digitale productietechnologieën zoals additive manufacturing. Ethische en menselijke aspecten van technologie worden daarbij in het oog gehouden. Predictive maintenance zorgt voor duurzaam en economisch gebruik van productieapparatuur.

Ook veranderen gehele waardeketens door toenemende digitalisering en de transitie naar circulaire ketens. Bedrijven, toeleveranciers en klanten staan constant met elkaar in contact op een 'cyber-secure' manier. Dit leidt tot specifieke, custom-made oplossingen en servitisation. Voor de industrie betekent dit steeds vaker het produceren van een hoge variëteit van producten in lage hoeveelheid ('high mix low volume') tegen dezelfde kosten als grote series, en nieuwe (circulaire) business modellen. Een andere ontwikkeling is de opkomst van nieuwe slimme producten, datagedreven diensten en de verdere ontwikkeling van de 'platformeconomie' – al dan niet gekoppeld aan producten: de 'app economy'. Deze producten en diensten dragen bij het realiseren van besparingen met bijvoorbeeld slimme, energiezuinige producten voor in huis of concepten zoals de Mobility-as-a-Service.

Een belangrijke voorwaarde bij deze vernieuwingsopgave is de veilige dataopslag en -transmissie in fabrieken, tussen fabrieken en in de keten (cyber security). Een andere randvoorwaarde is de beschikbaarheid van mensen met de juiste kennis en kunde (capabilities). Het koppelen van de juiste mensen met de juiste skill-set aan de nieuwe technologieën is cruciaal om de duurzame en digitale transitie te laten slagen.

De innovatieopgaven die behoren bij de vernieuwingsopgave 'Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)' zijn:

	Innovatieopgave
3.1	(Her)ontwerpen van productietechnologie en -processen ten behoeve van duurzame en efficiënte productie en industriële transformatie
3.2	Digitalisering, automatisering en robotisering van productieprocessen in de fabriek (mens-machine samenwerking)
3.3	Predictive maintenance: geavanceerd onderhoud en reparatie
3.4	Flexibele, digitaal aangestuurde waardeketens, met inzet van nieuwe businessmodellen ('servitization') en 'high mix low volume' series
3.5	Ontwikkeling van nieuwe slimme producten, data-gedreven diensten en platformen

3. Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)

Resultaten

Innovatieopgaven in de vernieuwingsopgave ‘*Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens*’ kunnen allen bouwen op sterke bedrijfstakken, in het bijzonder de sectoren Machine-industrie en Informatietechnologie en informatiediensten. Deze beide zijden van Smart Industry zijn relevant voor alle vijf de innovatieopgaven onder deze vernieuwingsopgave. Daarentegen kan de vernieuwingsopgave minder leunen op een breed pallet aan sterke kennisvelden en technologieën. De score op kennis en technologie is gedaald ten opzichte van de analyse in 2017.

Net als in 2017 heeft Nederland sterke en gespecialiseerde bedrijvigheid in verschillende dienstensectoren (o.a. juridisch, ICT, ingenieurs en financieel). Deze groep bedrijven heeft de potentie om de verschillende uitdagingen in goede banen te leiden door te adviseren over implementatie, standaardisatie, financiering en wet- en regelgeving rond nieuwe datagedreven businessmodellen, ethiek, autonome en digitale productie.

Nederland heeft een redelijke basis in digitale technologieën als computer technologie, digitale communicatie en informatie- en communicatiewetenschappen, maar loopt daarmee niet voor in Europa. Door die kennis en expertise te combineren met sterke Nederlandse sectoren (zoals handel, transport en landbouw & voeding) in flexibele waardeketens en nieuwe slimme producten kunnen toch sterke niches ontstaan, daarbij kan gedacht worden aan smart farming applications, eiwittransitie of digitale handelsplatforms.

Het verder digitaliseren van processen in de fabriek kan minder bouwen op een breed pallet aan technologieën en kennisvelden – sterktes zitten in enkele specifieke velden. Maar met een basis in sterke sectoren als machine-industrie, elektrische apparaten industrie en informatietechnologie is er wel voldoende sterke bedrijvigheid in Nederland om deze opgave aan te pakken. Samenwerking in internationale waardeketens kan daarbij een keuze zijn om de minder sterke punten op te vangen (“make or buy”).

Er is de afgelopen jaren sprake geweest van een sterke dynamiek in enkele niches in Maak- en High tech industry. In niches binnen de Machine industrie, elektrische apparatenindustrie, telecommunicatie en informatietechnologie en informatiediensten kan Nederland haar positie verder versterken. Hierbij kan worden gedacht aan technologieën als fotonica, Internet of Things, Big Data, robotica, Advanced Manufacturing en Micro & Nanoelectronics.

Opbouw fiche

Inleiding Resultaten

p1
p2

Deel 1: Overzicht van sterktes en kansen van de vernieuwingsopgave

- Mate van bouwen op sterke: kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken
- Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen

P4-5
p4
p5

Deel 2: Onderbouwen van de sterktes en kansen van de vernieuwingsopgave

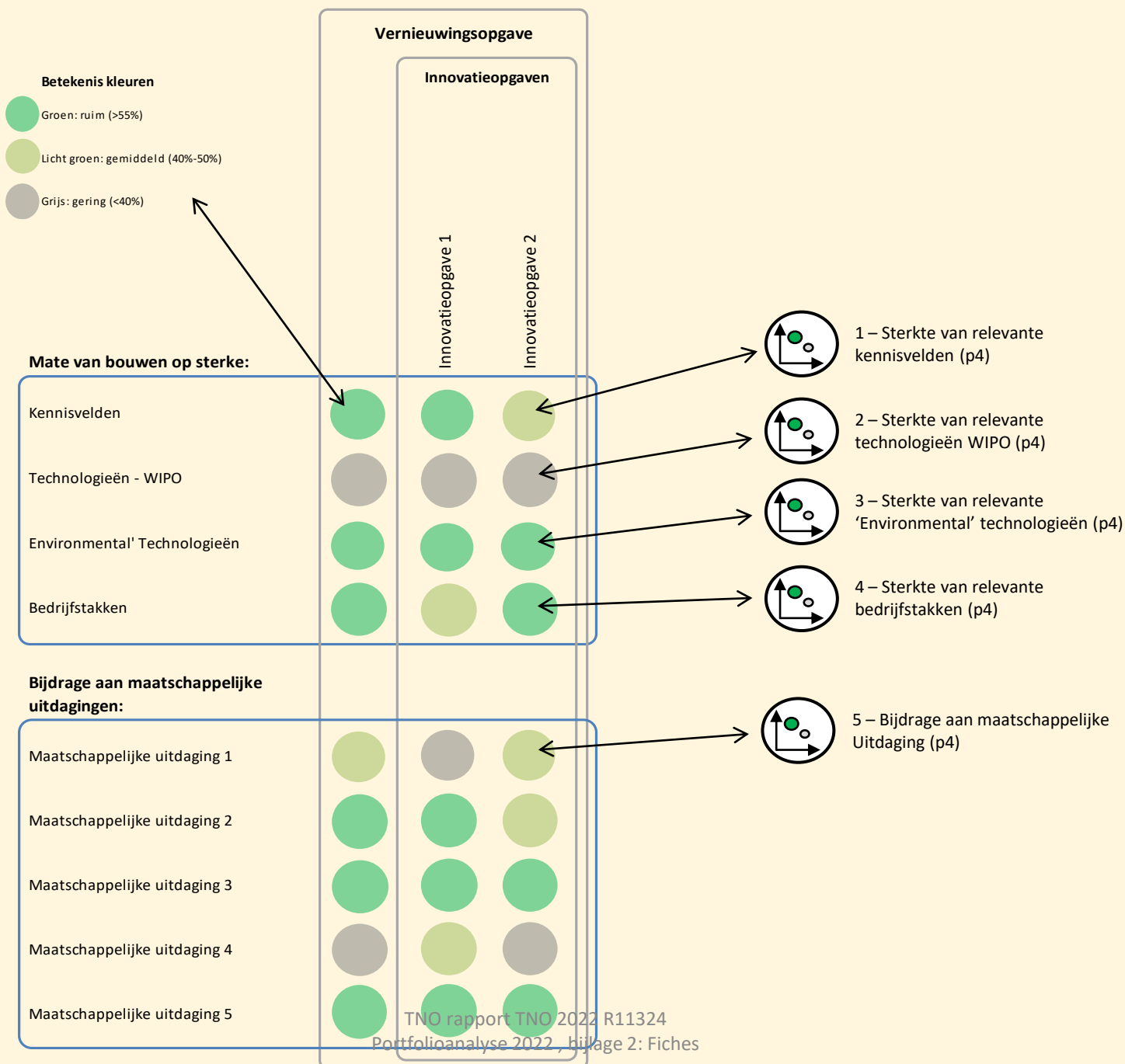
- 1 – sterkte van relevante kennisvelden
- 2 – sterkte van relevante WIPO technologieën
- 3 – sterkte van relevante 'Environmental' technologieën
- 4 – Sterkte van relevante bedrijfstakken
- 5 – Kansen: dynamiek van relevante bedrijfstakken
- 6 – Kansen: link met sleuteltechnologieën.

p6-11
p6
p7
p8
p9
p10
p11

Deel 3: Toelichting stoplichten

- Bijlage 1: bouwen op kennisvelden
- Bijlage 2: Bouwen op WIPO technologieën
- Bijlage 3: Bouwen op 'Environmental' technologieën
- Bijlage 4: Bouwen op bedrijfstakken

P12-15
p12
p13
p14
p15



3. Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)

	Vernieuwingsopgave					
	Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)	Innovatieopgaven				
Mate van bouwen op sterke:		(Her)ontwerpen van productietechnologie en -processen ten behoeve van duurzame en efficiënte productie en industriële transformatie	Digitalisering, automatisering en robotisering van productieprocessen in de fabriek (mens-machine samenwerking)	Predictive maintenance: geavanceerd onderhoud en reparatie	Flexibele, digitaal aangestuurde waardeketens, met inzet van nieuwe businessmodellen ('servitization') en 'high mix low volume' series	Ontwikkeling van nieuwe slimme producten, data-gedreven diensten en platformen
Kennisvelden	53%	53%	54%	49%	57%	52%
Technologieën - WIPO	36%	46%	38%	36%	35%	25%
'Environmental' Technologieën	42%	81%	50%	80%	0%	0%
Bedrijfstakingen	67%	70%	76%	71%	57%	64%
Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen:						
Energie en Duurzaamheid						
Landbouw, Water en Voedsel						
Gezondheid en Zorg						
Veiligheid						

Overzicht

- Nederland kan voor de vernieuwingsopgave 'Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens' bouwen op sterke bedrijfstakingen, een aantal sterke kennisvelden en in wat mindere mate op sterke technologieën.
- Deze vernieuwingsopgave draagt sterk bij aan de maatschappelijke uitdaging Energie en Duurzaamheid en gemiddeld sterk aan de andere drie uitdagingen
- Alle innovatieopgaven kunnen bouwen op sterke bedrijfstakingen – het gaat dan o.a. om Machine industrie en ICT.
- Innovatieopgave 3.1 kan bouwen op sterke bedrijfstakingen en environmental technologieën en gemiddeld sterke kennisvelden en WIPO technologieën.
- Innovatieopgave 3.2 kan bouwen op sterke bedrijfstakingen en gemiddeld sterke kennisvelden, maar minder op technologieën. Ook draagt de innovatieopgave gemiddeld sterk of sterk bij aan de vier maatschappelijke uitdagingen.
- Innovatieopgave 3.3 kan bouwen op sterke bedrijfstakingen en environmental technologieën en gemiddeld sterke kennisvelden.
- Innovatieopgaven 3.4 en 3.5 hebben beide een sterke basis in bedrijfstakingen en kennisvelden. Daarbij heeft 3.4 een gemiddeld sterke basis in WIPO technologieën. Beide kunnen niet bouwen op environmental technologieën.
- In de bijlagen staat per innovatieopgave de sterke en minder sterke velden benoemd.

3. Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)

Overzicht – Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen

	Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (sustainable smart production)	Vernieuwingsopgave					
		Innovatieopgaven					
		(Her)ontwerpen van productietechnologie en -processen ten behoeve van duurzame en efficiënte productie en industriële transformatie	Digitalisering, automatisering en robotisering van productieprocessen in de fabriek (mens-machine samenwerking)	Predictive maintenance: geavanceerd onderhoud en reparatie	Flexibele, digitaal aangestuurde waardeketens, met inzet van nieuwe businessmodellen ('servitization') en 'high mix low volume' series	Ontwikkeling van nieuwe slimme producten, data-gedreven diensten en platformen	
Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen:							
Energie en Duurzaamheid							
Landbouw, Water en Voedsel							
Gezondheid en Zorg							
Veiligheid							

Betekenis kleuren Uitdagingen

-  Groen: sterke bijdrage
-  Licht groen: enige bijdrage
-  Grijs: geen bijdrage

Energie en Duurzaamheid

Drie van de vijf innovatieopgaven binnen deze vernieuwingsopgave dragen sterk bij aan de maatschappelijke uitdaging Energie en Duurzaamheid. De industrie staat voor een grote opgave om de productieprocessen en -infrastructuur aan te passen om de digitale transformatie en energietransitie goed te doorlopen. Daarbij gaat het o.a. om op het (her)ontwerpen van industriële processen en technologieën die duurzame en efficiënte productie mogelijk maken. Predictive maintenance zorgt voor duurzaam gebruik van productieapparatuur en systeemelementen en draagt daarmee bij aan een beweging richting een klimaatneutrale industrie. Ook veranderen gehele waardeketens door toenemende digitalisering en de transitie naar circulaire ketens. Nieuwe slimme producten (3.5) en Digitalisering, automatisering en robotisering (3.2) dragen minder direct bij aan de maatschappelijke uitdaging Energie en Duurzaamheid, omdat het accent in deze innovatieopgaven primair ligt op optimalisatie van het productieproces.

Landbouw, Water en Voedsel

Landbouw en voedingsmiddelenindustrie is een toepassingsgebied voor digitaal aangestuurde, geautomatiseerde en gerobotiseerde productietechnologie. Middels de inzet van slimme productietechnologie en data-platformen in bijvoorbeeld precisielandbouw en ter ondersteuning van de eiwittransitie, is deze vernieuwingsopgave ondersteunend aan de maatschappelijke uitdaging Landbouw, Water en Voedsel.

Gezondheid en zorg

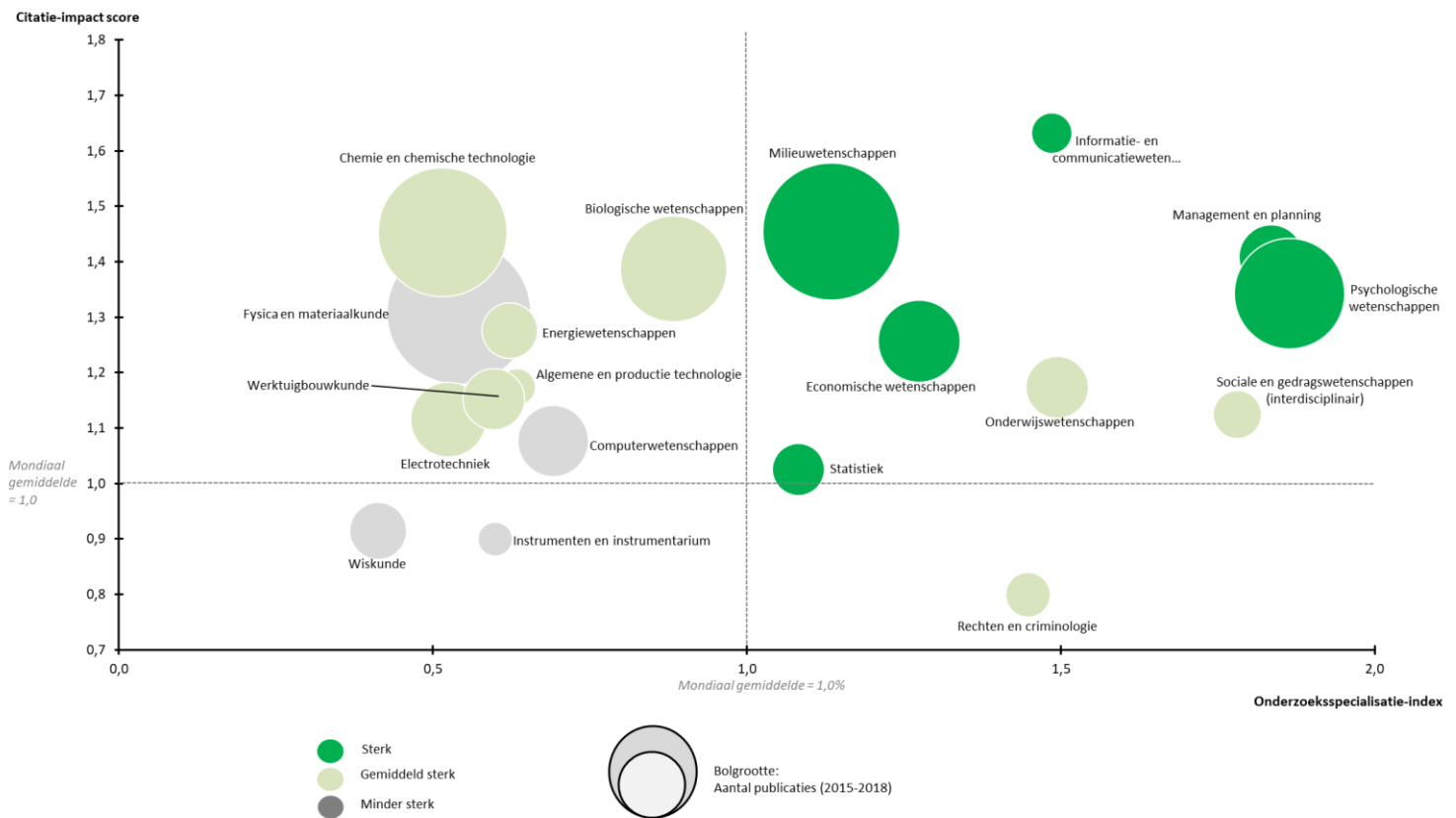
Vanuit de innovatieopgave 'Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens' is enige bijdrage te verwachten aan de maatschappelijke uitdaging Gezondheid en Zorg, met name door toepassing van geavanceerde machines en instrumentarium in de zorg (o.a. mens-machine interactie tijdens operaties of het stellen van diagnoses). Daarnaast kan de ontwikkeling van data-gedreven diensten en platformen bijdragen aan gepersonaliseerde zorg.

Veiligheid

Met name vanuit de innovatieopgaven 3.2, 3.3 en 3.4 is te verwachten dat er in enige mate wordt bijgedragen aan cyber security en daarmee aan de maatschappelijke uitdaging Veiligheid.

3. Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)

1 – Sterktes van relevante kennisvelden



- Er zijn 19 kennisvelden geïdentificeerd die bijdragen aan de vernieuwingsopgave 'Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens'.
- Hiervan zijn er zes getypeerd als 'sterk': Informatie-en communicatiewetenschappen, Management en planning, Psychologische wetenschappen, Milieuwetenschappen, Economische wetenschappen en Statistiek.
- Met name de kennisvelden Management en planning en Psychologische wetenschappen laten een sterke internationale specialisatie zien.
- Informatie- en Communicatiewetenschappen en Milieuwetenschappen hebben een zeer sterke citatie-impact score van circa 1,5 of meer.
- De kennisvelden waar sterk wordt gescoord, zijn over het algemeen minder technisch / technologisch van aard.
- Kennisvelden waar gemiddeld of minder sterk wordt gescoord, zijn over het algemeen meer technisch / technologisch van aard.
- Opvallende kennisvelden die qua omvang (aantal publicaties) groot zijn, maar die gemiddeld sterk of minder sterk scoren, zijn: Chemie en chemische technologie, Fysica en materiaalkunde en Biologische wetenschappen. Ook op Computerwetenschappen wordt minder sterk gescoord.

3. Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)

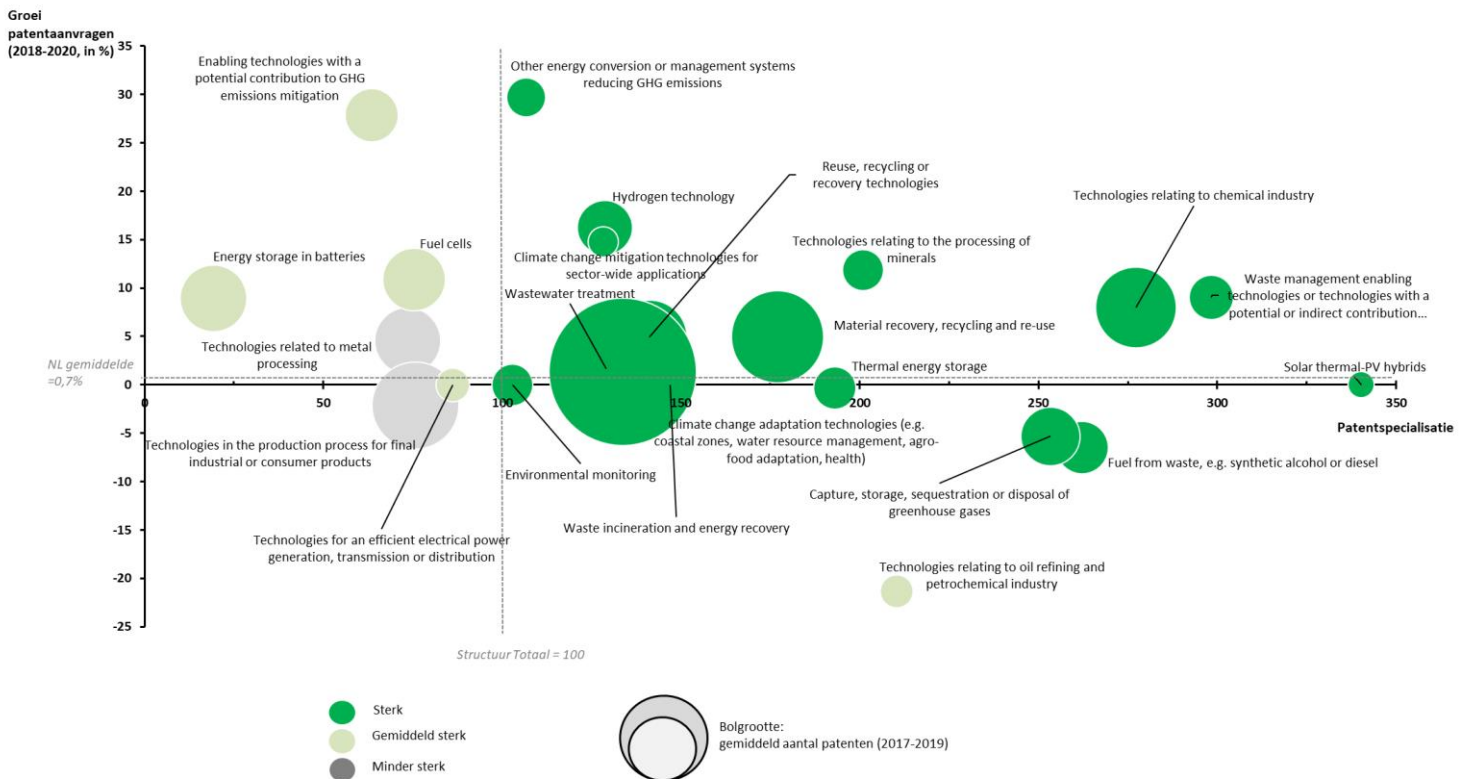
2 – Sterktes van relevante WIPO technologieën



- Er zijn 27 technologieën uit de lijst van de World Intellectual Property Organization (WIPO) geïdentificeerd als relevant voor de vernieuwingsopgave 'Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens'.
- In zeven van deze technologieën heeft Nederland een sterke positie: Optics, Electrical machinery, apparatus & energy, Measurement, Other special machines, Biotechnology, Organic fine chemistry en Environmental technology.
- Deze zeven technologieën zijn qua omvang (gemiddelde aantal patenten) relatief groot vergeleken met de relevante technologieën die gemiddeld of minder sterk scoren.
- Met name Measurement en Other special machines kunnen een potentieel grote bijdrage leveren aan de vernieuwingsopgave *Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens* - deze technologieën zijn relevant voor alle vijf de innovatieopgaven binnen deze vernieuwingsopgave.
- De technologieën Electrical machinery en Optics zijn beide relevant voor drie innovatieopgaven: 1) *(Her)ontwerpen van productietechnologie en -processen ten behoeve van duurzame en efficiënte productie en industriële transformatie*; 2) *Digitalisering, automatisering en robotisering van productieprocessen in de fabriek (mens-machine samenwerking)*; 3) *Predictive maintenance: geavanceerd onderhoud en reparatie*.
- De overige sterke technologieën (Biotechnology, Organic fine chemistry en Environmental technology) zijn allen voor één innovatieopgave relevant.
- Belangrijke technologieën voor deze vernieuwingsopgave, die voor alle innovatieopgaven relevant zijn, maar waar Nederland minder sterk scoort, zijn: Computer technology, Digital communication, IT methods for management en Control.
- NB. Patentaanvragen dekken niet de volledige technologieontwikkeling af. Het is wel een zuivere indicator voor internationale vergelijking.

3. Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)

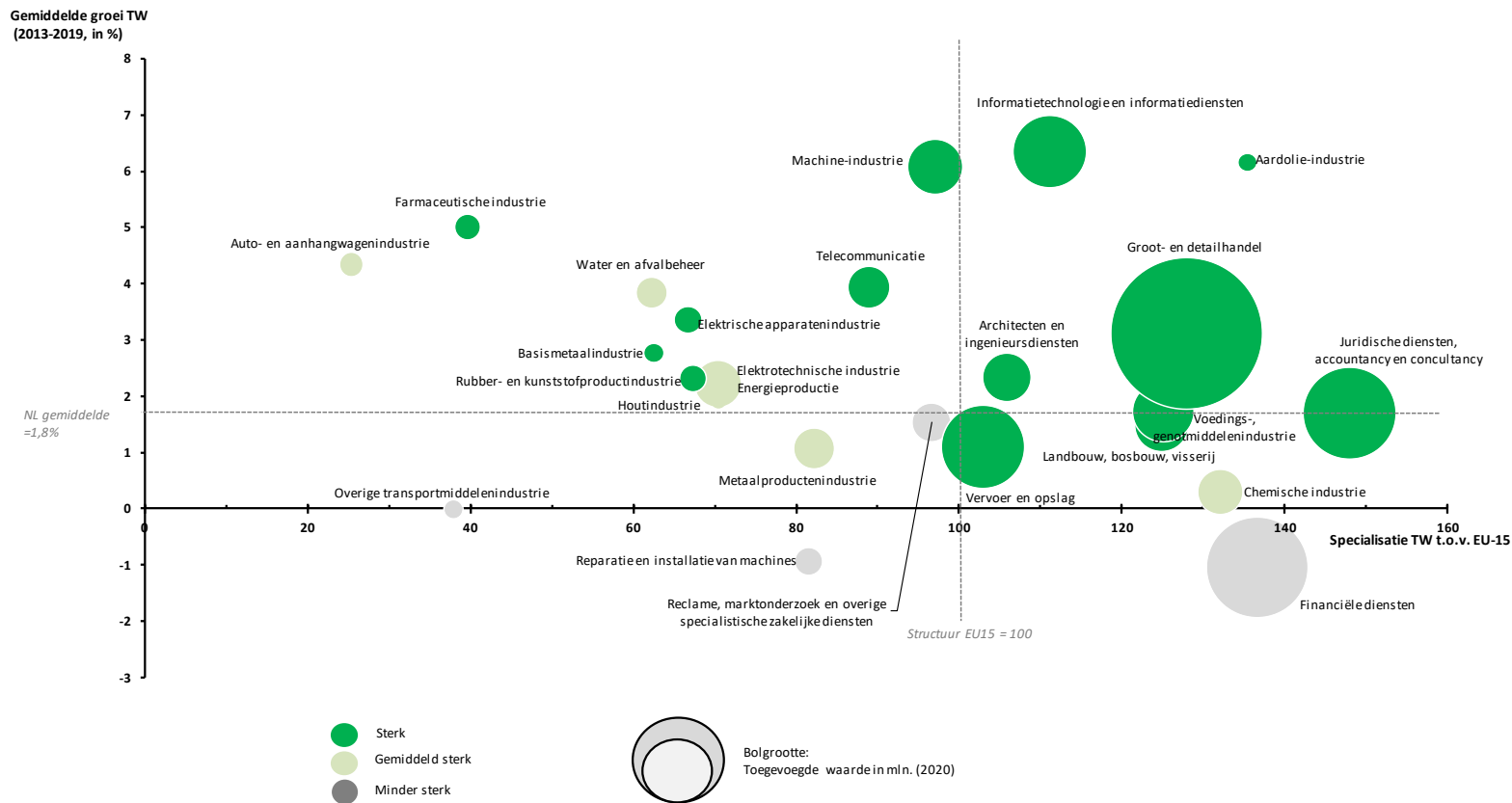
3 – Sterktes van relevante ‘Environmental & Climate’ technologieën



- Er zijn 25 ‘Environmental & Climate’ technologieën geïdentificeerd als relevant voor de vernieuwingsopgave *Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens*
- In 18 van deze technologieën heeft Nederland een sterke positie en in 5 technologieën een gemiddeld sterke positie.
- Enkel in de relevante technologieën *Technologies in the production process for final industrial or consumer products* en *Technologies related to metal processing* heeft Nederland een minder sterke positie.
- Nederland heeft een zeer sterke patentspecialisatie op de technologieën *Solar thermal-PV hybrids*, *Waste management enabling technologies or technologies with a potential or indirect contribution to GHG emissions mitigation*, *Technologies relating to chemical industry*, *Fuel from waste, e.g. synthetic alcohol or diesel* en *Capture, storage, sequestration or disposal of greenhouse gases* (score van 250 of hoger).
- ‘Environmental & climate’ technologieën waar Nederland sterk in scoort en die van belang zijn voor twee of meer innovatieopgaven zijn: *Hydrogen technology*, *Environmental monitoring*, *Material recovery, recycling and re-use* en *Reuse, recycling or recovery technologies*.
- *Technologies in the production process for final industrial or consumer products* is relevant voor alle vijf de innovatieopgaven binnen deze vernieuwingsopgave. Hier scoort Nederland echter minder sterk op.

3. Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)

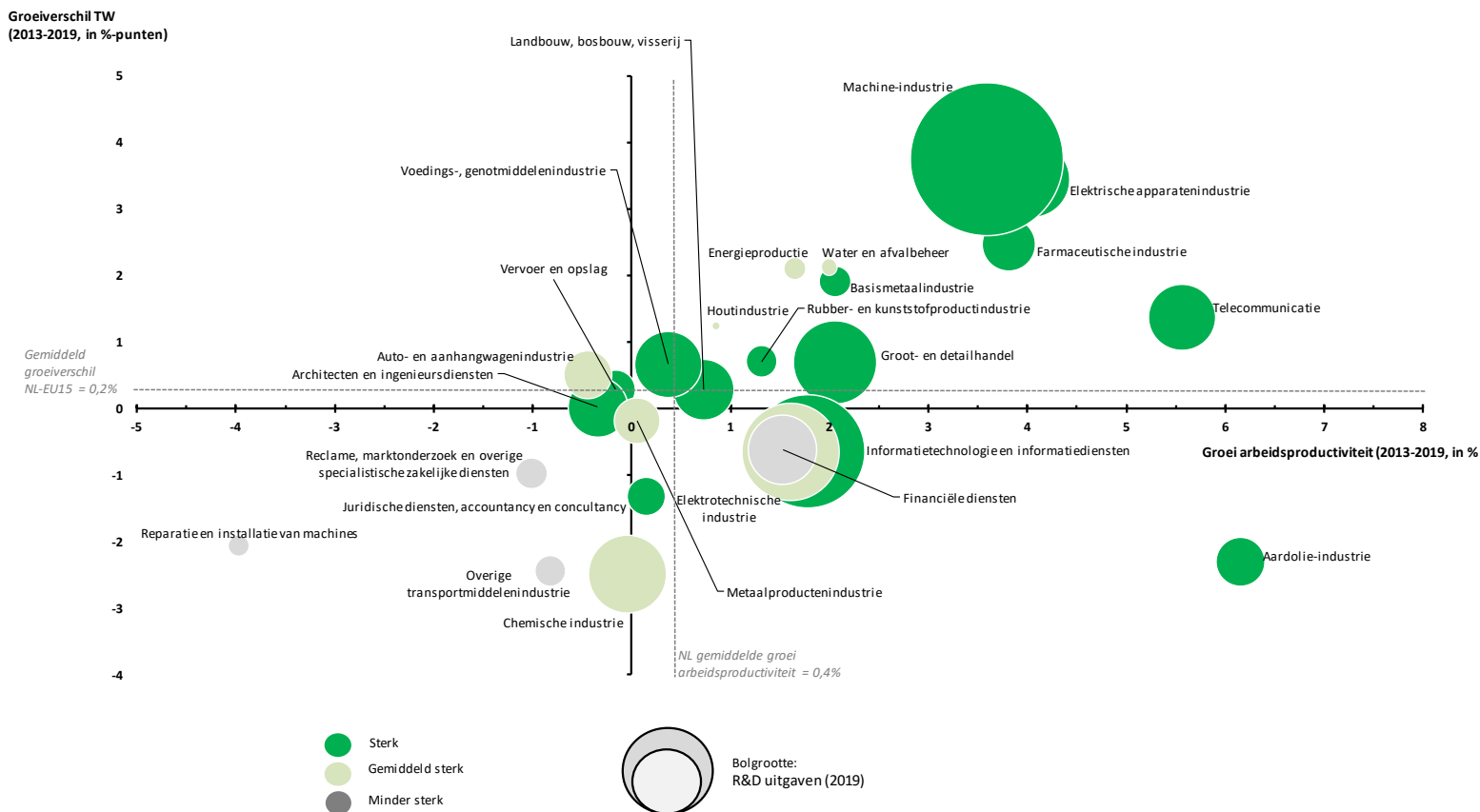
4 – Sterktes van relevante bedrijfstakken



- Er zijn 26 bedrijfstakken geïdentificeerd als relevant voor de vernieuwingsopgave 'Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens'.
- Nederland heeft in 14 van deze bedrijfstakken een sterke positie, in 7 bedrijfstakken een gemiddeld sterke positie en in 5 bedrijfstakken een minder sterke positie.
- De 14 sterke bedrijfstakken die relevant zijn voor deze vernieuwingsopgave vormen gezamenlijk een significant deel van de Nederlandse economie (38% van de toegevoegde waarde), waarvan Groot- en detailhandel de grootste sector is (14%).
- Nederland is daarnaast ten opzichte van de EU-15 meer gespecialiseerd in verschillende dienstensectoren (o.a. juridisch, ICT, architectuur en financieel) die een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan deze vernieuwingsopgave.
- Dit geeft Nederland tevens extra kansen om een leidende positie te pakken in combinaties met handel & transport en voeding & landbouw.

3. Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)

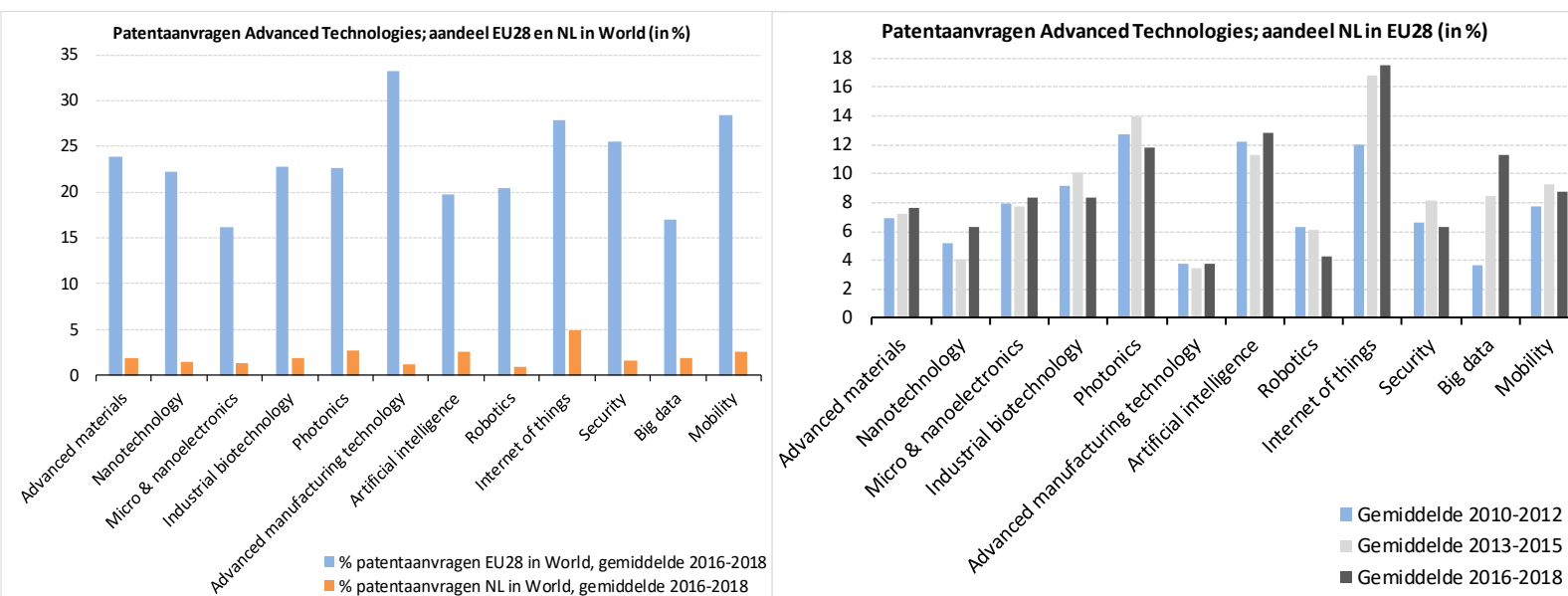
5 – Kansen: Dynamiek van relevante bedrijfstakken



- In bovenstaande figuur 5 is de dynamiek van de bedrijfstakken weergegeven. Het gaat hierbij om dezelfde bedrijfstakken als in figuur 4. De score van de bedrijfstak (sterk, gemiddeld sterk, minder sterk) is ook gelijk aan figuur 4.
- In figuur 5 wordt specifiek gekeken naar de dynamiek van deze bedrijfstakken in recente jaren. Een sterkere groei in toegevoegde waarde dan de EU15 en sterke arbeidsproductiviteitsgroei kunnen gezien worden als proxy voor een huidige gunstige concurrentiepositie. R&D-uitgaven bieden daarnaast een basis voor vernieuwing en het aanboren van nieuwe groeipaden. Dit geeft een indicatie van hoe de bedrijfstak zich in de komende jaren zou kunnen ontwikkelen. Het gaat hier echter om historische ontwikkeling op basis van drie indicatoren en is daarmee geen voorspelling voor de toekomst.
- De sectoren die relevant zijn voor de vernieuwingsopgave 'Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens' en waar Nederland sterk op scoort, kenden de afgelopen jaren grosso modo een relatief hoge groei in arbeidsproductiviteit en een positief groeiverschil in toegevoegde waarde ten opzichte van de EU-15 (rechtsboven in de figuur).
- De sectoren die relevant zijn voor de vernieuwingsopgave 'Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens', maar waar Nederland gemiddeld sterk of minder sterk op scoort, kenden de afgelopen jaren over het algemeen een minder sterke dynamiek (linksonder in de figuur).
- Opvallend is de Machine industrie. Deze sector heeft tussen 2013 en 2019 een sterke groei in arbeidsproductiviteit meegemaakt en zijn er grote investeringen in R&D gedaan. Ook groeit de toegevoegde waarde aanzienlijk sterker dan het gemiddelde in de EU-15. Wel is dit nog een relatief kleine sector in Nederland (2% van de totale toegevoegde waarde, zie figuur 3)

3. Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)

6 – Kansen: Link met sleuteltechnologieën



Een relevante vraag is in hoeverre Nederland m.b.t. de vernieuwingsopgave 'Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens' kan bouwen op een sterke positie in sleuteltechnologieën. Helaas staat de beschikbare data niet toe om op dezelfde manier als in andere onderdelen een gewogen score voor sterktes en een stoplichtmodel te berekenen. Wel is het mogelijk om enkele beschrijvende statistieken te tonen over patentaanvragen in Advanced Technologies for Industry (ATI). Deze statistieken van de Europese Commissie relateren aan enkele categorieën van sleuteltechnologieën in Nederland. Nederland heeft relatief veel patentaanvragen in de categorieën Internet of Things, Artificial Intelligence, Photonics, Mobility en Big Data. Voor de meeste van deze technologieën nam het gemiddelde aandeel patentaanvragen van Nederland in de EU28 bovendien toe tussen 2010 en 2018.

Voor de vernieuwingsopgave 'Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens' zijn in het bijzonder Photonics, Robotics, Internet of Things, Advanced manufacturing technology, Artificial Intelligence, Big Data, Security en Micro & nanoelectronics relevant.

Bijlage: toelichting stoplichten 'bouwen op...'

Bepaling van sterkte

De sterkte van kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken wordt bepaald op basis van een dummy (score 0 of 1) op verschillende indicatoren. Deze indicatoren staan onderaan de bijlagen. Aan elk van deze indicatoren is een gewicht gegeven. De som van de score op deze indicatoren bepaalt de sterkte. Er wordt een onderscheid gemaakt in drie categorieën: sterk, gemiddeld sterk en minder sterk.

Score op relevantie

Er is een inschatting gemaakt van de mate waarin de innovatieopgaven moeten bouwen op de verschillende kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken: score 0, 1, 2 of 3 (gebaseerd op TNO expert judgement). De scores "2" (= relevant) en "3" (= zeer relevant) worden gebruikt voor het berekenen van de stoplichtwaardes.

Wanneer het kennisveld, technologie of de bedrijfstak relevant is voor één of meer innovatieopgaven, dan wordt het veld gepresenteerd in de bollengrafieken.

Stoplicht

De kleur van de stoplichten is gebaseerd op het aandeel sterke, relevante kennisvelden, technologieën of bedrijfstakken t.o.v. het total aantal relevante kennisvelden, technologieën of bedrijfstakken. De scores zijn gewogen op relevantie en op sterkte. Voor de berekening van het stoplicht worden scores "2" (= relevant) en "3" (= zeer relevant) gewogen meegenomen. Ook worden de relevante Velden in de stoplichtberekening gewogen op basis van sterkte met "0" (= minder sterk), "0,5" (= gemiddeld sterk) en "1" (= sterk). De stoplichtscore van de innovatieopgave wordt als volgt berekend:

$$\text{Score van de innovatieopgave op sterkte (relevantie*sterkte)} \\ \text{Maximumscore van de innovatieopgave indien alle relevante Velden sterk zouden zijn (relevant*1)}$$

3. Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)

Bijlage 1: bouwen op kennisvelden

		Innovatieopgaven				
		(Her)ontwerpen van productietechnologie en -processen ten behoeve van duurzame en efficiënte productie en industriële transformatie	Digitalisering, automatisering en robotisering van productieprocessen in de fabriek (mens-machine samenwerking)	Predictive maintenance: geavanceerd onderhoud en reparatie	Flexibele, digitaal aangestuurde waardeketens, met inzet van nieuwe businessmodellen ('servitization') en 'high mix low volume' series	Ontwikkeling van nieuwe slimme producten, data-gedreven diensten en platformen
Sterk (x1)	Management en planning	3	2	2	3	3
	Informatie- en communicatiewetenschappen	2	3	3	3	3
	Milieuwetenschappen	2				
	Politieke wetenschappen					
	Geschiedenis, filosofie en religie					
	Gezondheidswetenschappen					
	Economische wetenschappen	2	2	2	2	2
	Statistiek	2	3	3	3	3
	Klinische geneeskunde					
	Biomedische wetenschappen					
	Sterrenkunde					
	Taal en linguïstiek					
	Psychologische wetenschappen		2			
	Landbouw- en voedingswetenschappen					
Gemiddeld (x0,5)	Electrotechniek	3	3	3		2
	Energiewetenschappen	2				
	Onderwijswetenschappen		2			
	Werktuigbouwkunde	3	3	3		2
	Sociologie en antropologie					
	Sociale en gedragwetenschappen (interdisciplinair)		3		2	
	Algemene en productie technologie	3	3	3		2
	Biologische wetenschappen	2				
	Chemie en chemische technologie	3		2		
	Civiele techniek					
	Fundamentele levenswetenschappen					
	Fundamentele medische wetenschappen					
	Rechten en criminologie			2	2	2
	Aardwetenschappen en -technologie					
Minder sterk (x0)	Computerwetenschappen	2	3	3	3	3
	Fysica en materiaalkunde	2		2		2
	Instrumenten en instrumentarium	3	3	3	2	2
	Wiskunde	2	3	3	3	3
	Kunsten, cultuur en muziek					
	Literatuurwetenschappen					
Score van de innovatieopgave op sterkte		19	19	16,5	13	15
Maximumscore van de innovatieopgave		36	35	34	23	29
Stoplichtscore van de innovatieopgave		53%	54%	49%	57%	52%

Bepaling sterkte Kennisvelden

Figuur 1	indicator	Gewicht
	Citatie-impact score, 2015-2018	2
	Groei in citatie-impact score, 2015-2018	1
	Onderzoeksspecialisatie-index, 2015-2018	2
	Groei in onderzoeksspecialisatie-index, 2010-2013 vs 2015-2018	1

3. Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)

Bijlage 1: bouwen op WIPO technologieën

	Innovatieopgaven				
	(Her)ontwerpen van productietechnologie en -processen ten behoeve van duurzame en efficiënte productie en industriële transformatie	Digitalisering, automatisering en robotisering van productieprocessen in de fabriek (mens-machine samenwerking)	Predictive maintenance: geavanceerd onderhoud en reparatie	Flexibele, digitaal aangestuurde waardeketens, met inzet van nieuwe businessmodellen ('servitization') en 'high mix low volume' series	Ontwikkeling van nieuwe slimme producten, data-gedreven diensten en platformen
Electrical machinery, apparatus, energy	3	3	3		
Optics	2	3	3		
Measurement	3	3	3	3	2
Medical technology					
Organic fine chemistry	2				
Macromolecular chemistry, polymers	2				
Environmental technology	3				
Furniture, games					
Biotechnology	2				
Food chemistry					
Other special machines	3	3	2		
Telecommunications		2		2	2
Basic communication processes					
Analysis of biological materials					
Control	3	3	2	2	2
Pharmaceuticals					
Basic materials chemistry	2				
Surface technology, coating			2		
Chemical engineering	2				
Machine tools	2	3	2	2	
Mechanical elements		2	2		
Transport			2		
Other consumer goods					
Digital communication	2	3	3	3	3
Computer technology	3	3	3	2	2
IT methods for management	3	3	3	3	3
Micro-structural and nano-technology	2	2	2		
Handling	2	3			
Textile and paper machines					
Thermal processes and apparatus	3		2		
Audio-visual technology	2	3	3		
Semiconductors	2	3	2		2
Materials, metallurgy			2		
Engines, pumps, turbines	3	3	2		
Civil engineering	2		2		
Score van de innovatieopgave op sterkte	24,5	17	16	6	4
Maximumscore van de innovatieopgave	53	45	45	17	16
Stoplichtscore van de innovatieopgave	46%	38%	36%	35%	25%

Bepaling sterkte WIPO technologieën

Figuur 2	indicator	Gewicht
	Patentspecialisatie-index NL vs -World, gemiddelde 2017-2019	2
	Gemiddelde jaarlijkse groei patentaanvragen NL, 2012-2019	1
	Groeiverschil patentaanvragen, NL vs World, 2012-2019	1

3. Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)

Bijlage 1: bouwen op 'Environmental & Climate' technologieën

		Innovatieopgaven				
		(Her)ontwerpen van productietechnologie en -processen ten behoeve van duurzame en efficiënte productie en industriële transformatie	Digitalisering, automatisering en robotisering van productieprocessen in de fabriek (meis-machine samenwerking)	Predictive maintenance: geavanceerd onderhoud en reparatie	Flexibele, digitaal aangestuurde waardeketens, met inzet van nieuwe businessmodellen ('servitization') en 'high mix low volume' series	Ontwikkeling van nieuwe slimme producten, data-gedreven diensten en platformen
Sterk (x1)	Solid waste collection					
	Material recovery, recycling and re-use	2		2		
	Fertilizers from waste					
	Waste incineration and energy recovery	2				
	Waste management not elsewhere classified					
	Environmental monitoring	2	2			
	Solar thermal energy					
	Solar thermal-PV hybrids	2				
	Geothermal energy					
	Hydrogen technology	3		2		
	Other energy conversion or management systems reducing GHG emissions	3				
	Wastewater treatment	2				
	Bio-organic fraction processing; Production of fertilisers from the organic fraction					
	Reuse, recycling or recovery technologies	3		2		
	Waste management enabling technologies or technologies with a potential or in	2				
	Technologies relating to chemical industry	2				
	Technologies relating to the processing of minerals	2				
	Climate change mitigation technologies for sector-wide applications	3				
	Climate change adaptation technologies (e.g. coastal zones, water resource man	2				
	Climate change mitigation in maritime transport					
	Climate change adaptation in coastal zones					
	Water pollution abatement					
	Wind energy					
	Solar photovoltaic (PV) energy					
	Biofuels, e.g. bio-diesel	2				
	Fuel from waste, e.g. synthetic alcohol or diesel	2				
	Thermal energy storage	2				
	Capture, storage, sequestration or disposal of greenhouse gases	2				
	Climate change mitigation technologies related to buildings					
	Offshore wind energy			2		
	Ocean pollution abatement					
Gemiddeld (x0.5)	Air pollution abatement					
	Nuclear energy generation					
	Technologies for an efficient electrical power generation, transmission or distrib	2	2			
	Energy storage in batteries	2				
	High-voltage direct current transmission					
	Fuel cells	2				
	Waste collection, transportation, transfer or storage					
	Waste processing or separation					
	Landfill technologies aiming to mitigate methane emissions					
	Climate change mitigation technologies related to transportation					
	Technologies relating to oil refining and petrochemical industry	2				
	Technologies relating to agriculture, livestock or agroalimentary industries					
	Enabling technologies with a potential contribution to GHG emissions mitigation	2				
	Offshore solar energy					
	Climate change mitigation and adaptation in fishing, aquaculture and aquafarmir					
Minder sterk (x0)	Soil remediation					
	Hydro energy					
	Combustion technologies with mitigation potential (e.g. using fossil fuels, bioma					
	Mechanical energy storage, e.g. flywheels or pressurised fluids					
	Technologies related to metal processing	2				
	Technologies in the production process for final industrial or consumer products	3	2	2	2	3
	Climate change mitigation in ICT technologies					
	Marine energy, e.g. using wave energy or salinity gradient					
	Energy storage - Capacitors					
	Tide, wave, current and other marine energy					
	Desalination of sea water					
Score van de innovatieopgave op sterkte		43	3	8	0	0
Maximumscore van de innovatieopgave		53	6	10	2	3
Stoplichtscore van de innovatieopave		81%	50%	80%	0%	0%

Bepaling sterkte 'Environmental' technologieën

Figuur 3	indicator	Gewicht
	Patentspecialisatie-index NL vs -World, gemiddelde 2017-2029	2
	Gemiddelde jaarlijkse groei patentaanvragen NL, 2012-2019	1
	Groeiverschil patentaanvragen, NL vs World, 2012-2019	1

3. Duurzame productie-infrastructuur, -systemen en ketens (Sustainable smart production)

Bijlage 1: bouwen op bedrijfstakken

		Innovatieopgaven				
		(Her)ontwerpen van productietechnologie en -processen ten behoeve van duurzame en efficiënte productie en industriële transformatie	Digitalisering, automatisering en robotisering van productieprocessen in de fabriek (mens-machine samenwerking)	Predictive maintenance: geavanceerd onderhoud en reparatie	Flexibele, digitaal aangestuurde waardeketens, met inzet van nieuwe businessmodellen ('servitization') en 'high mix low volume' series	Ontwikkeling van nieuwe slimme producten, data-gedreven diensten en platformen
Sterk (x1)	Voedings-, genotmiddelenindustrie		2	2		
	Zorg en welzijn					
	Groot- en detailhandel				2	2
	Informatietechnologie en informatiediensten	3	3	3	3	3
	Overige zakelijke diensten					
	Vervoer en opslag	2		2		2
	Juridische diensten, accountancy en consultancy		2	2	2	2
	Aardolie-industrie	2				
	Farmaceutische industrie		2	2		
	Rubber- en kunststofproductindustrie	2	2	2		2
	Basismetalaalindustrie	2				
	Elektrische apparatenindustrie	3	3	3		
	Architecten en ingenieursdiensten	3	3	2		
	Telecommunicatie		3	3	3	3
	Papierindustrie					
Gemiddeld (x0,5)	Landbouw, bosbouw, visserij		2	2		
	Machine-industrie	3	3	3	3	2
	Energieproductie	3		2		
	Water en afvalbeheer			2		
	Bouw					
	Houtindustrie	2	2			
	Onroerend goed					
	Chemische industrie	3	2			
	Bouwmaterialenindustrie					
	Metaalproductenindustrie	2	3	3	3	2
	Elektrotechnische industrie	3	3	3	3	3
	Auto- en aanhangwagenindustrie		2	2	2	
Minder sterk (x0)	Meubel- en overige industrie					
	Filmindustrie, radio en televisie					
	Financiële diensten				3	3
	Uitgeverijen					
	Horeca					
	Delfstoffenwinning			2		
	Reclame, marktonderzoek en overige specialistische zakelijke diensten	2	2		2	3
	Overige transportmiddelenindustrie			2	2	
	Grafische industrie					
	Overige persoonlijke diensten					
	Reparatie en installatie van machines	3	2	3	2	2
	Cultuur, sport en recreatie					
	Textiel-, kleding-, lederindustrie					
Score van de innovatieopgave op sterkte		26,5	31	32	17	18,5
Maximumscore van de innovatieopgave		38	41	45	30	29
Stoplichtscore van de innovatieopgave		70%	76%	71%	57%	64%

Bepaling sterkte Bedrijfstakken

Figuur 4	indicator	Gewicht
	Specialisatie (Werkzame Personen) NL t.o.v. EU15, 2019	2
	Omvang Toegevoegde waarde, 2020 (x mln euro)	2
	Groei TW, 2013-2019 (in %)	2
	Groeiverschil TW NL-EU15; 2013-2019 (%-punt)	2
	Arbeidsproductiviteitsgroei, 2013-2019 (in %)	2
	Specialisatie (TW), 2013-2019 (in %)	2
	R&D-intensiteit, 2019 (als % van TW)	2
	"Start-up" intensiteit, 2015-2020	1
	Scale-up intensiteit, Snelle groeiers als % totaal bedrijven (2020)	2

4. Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee

Sustainable smart production
TNO portfolioanalyse 2022



Innovatieopgaven worden gedefinieerd als concrete vragen van maatschappelijke spelers (bedrijven, overheden, burgers) die een kennisdoorbraak, een nieuwe technologie of een gedragsverandering vragen. Innovatieopgaven bouwen op sterktes van (Nederlandse) kennisinstellingen en bedrijven en dragen bij aan het oplossen van grotere maatschappelijke uitdagingen en versterken de economie. Een vernieuwingsopgave is een bundeling van innovatieopgaven die zorgt voor effectiviteit, efficiënte en schaalgrootte om een relevante internationale positie te ontwikkelen.

Het doel van het fiche is om voor een aantal geïdentificeerde vernieuwingsopgaven en innovatieopgaven een zo objectief en transparant mogelijk overzicht aan sterktes en kansen voor Nederland te geven. De fiches laten zien in welke mate de innovatie en vernieuwingsopgaven kunnen bouwen op sterktes van Nederlandse kennisposities, bedrijfstakken en technologieën.

Opbouw fiche

Inleiding	p3
Resultaten	p4
Deel 1: Overzicht van sterktes en kansen van de vernieuwingsopgave	p5-6
- Mate van bouwen op sterke: kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken	p5
- Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen	p6
Deel 2: Onderbouwen van de sterktes en kansen van de vernieuwingsopgave	p7-12
1 – sterkte van relevante kennisvelden	p7
2 – sterkte van relevante WIPO technologieën	p8
3 – sterkte van relevante 'Environmental' technologieën	p9
4 – Sterkte van relevante bedrijfstakken	p10
5 – Kansen: dynamiek van relevante bedrijfstakken	p11
6 – Kansen: link met sleuteltechnologieën.	p12
Deel 3: Toelichting stoplichten	p13-16
- Bijlage 1: bouwen op kennisvelden	p13
- Bijlage 2: Bouwen op WIPO technologieën	p14
- Bijlage 3: Bouwen op 'Environmental' technologieën	p15
- Bijlage 4: Bouwen op bedrijfstakken	p16

Betekenis kleuren

- Groen: ruim (>55%)
- Licht groen: gemiddeld (40%-50%)
- Grijs: gering (<40%)

Vernieuwingsopgave

Innovatieopgaven

Innovatieopgave 1

Innovatieopgave 2

Mate van bouwen op sterke:

Kennisvelden

Technologieën - WIPO

'Environmental' Technologieën

Bedrijfstakken

Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen:

Maatschappelijke uitdaging 1

Maatschappelijke uitdaging 2

Maatschappelijke uitdaging 3

Maatschappelijke uitdaging 4

Maatschappelijke uitdaging 5



1 – Sterkte van relevante kennisvelden (p4)



2 – Sterkte van relevante technologieën WIPO (p4)



3 – Sterkte van relevante 'Environmental' technologieën (p4)



4 – Sterkte van relevante bedrijfstakken (p4)



5 – Bijdrage aan maatschappelijke Uitdaging (p4)

4. Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee

Introductie

Een overkoepelende opgave die als een rode draad door de andere vernieuwingsopgaven te lopen betreft het efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en zee. In toenemende mate leggen de behoefte aan woningen, landbouw, infrastructuur, de energietransitie, mobiliteit, natuur en leefomgeving een concurrerende claim op de schaarse ruimte in Nederland. Tegelijkertijd wordt Nederland steeds drukker en heeft elk stukje land al een bestemming. Er is niet genoeg ruimte in Nederland om alle plannen uit te voeren. Dat leidt tot botsende belangen in de ruimte en tot vertragingen van transitie op land en op zee. Effectieve ruimtelijke ordening op land en op zee, rekening houdend met het milieu, de belangen van alle stakeholders, brede welvaart, veiligheid en wettelijke kaders, is daarom randvoorwaardelijk voor het goed kunnen doorlopen van de energietransitie en de industriële- en digitale transformatie.

Oplossingsrichtingen liggen in het vroegtijdig afstemmen van ruimtegebruik voor o.a. woningen, mobiliteit, industrie, duurzame energie en digitale connectiviteit (o.a. 5G, 6G, satellietcommunicatie en datacenters). Bij deze ruimtelijke ordeningsopgave spelen governance en ruimtelijke inpassing een grotere rol dan kennis en technologie. Daarom wordt deze opgave niet meegenomen als innovatieopgave.

Kennis en technologie spelen met name een rol bij nieuwe activiteiten en de ruimtelijke opgaven op zee. Op de Noordzee is sprake van een samenkomende ruimte vraag waarbij verschillende functies (bijvoorbeeld energie opwekken en mineralen delven) worden gecombineerd: Leven met en van de zee: offshore activiteiten en dienstverlening, *deep-sea mining*, *sea farming*. Hierbij is nieuwe technologie nodig, waarbij de omgeving zo min mogelijk wordt verstoord. Het gaat in deze innovatieopgave om specialistische kennis en technologie over activiteiten op zee, die andere sectoren kunnen ondersteunen. Voorbeelden zijn specialistische schepen en hijskranen voor het plaatsen van monopiles onder windmolens, of technologieën voor deep sea mining.

Als innovatieopgave onder deze vernieuwingsopgave kan gedacht worden aan:

	Innovatieopgave
4.1	Leven met en van de zee: offshore activiteiten en dienstverlening, deep-sea mining, sea farming

4. Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee

Resultaten

De behoefte voor duurzaam opgewekte elektriciteit en opslagcapaciteit voor CO₂ en waterstof decennia zal de komende decennia toenemen als gevolg van de transformaties die de industrie, gebouwde omgeving en mobiliteit doormaken. Het installeren en onderhouden van windmolens op de Noordzee, opschaling van de productie van groene waterstof via elektrolyse en hergebruik van oude olie- en gasinfrastructuur, inclusief het benutten van lege velden voor opslag van energie middels *Power2Gas* en de opslag van CO₂ zijn slechts enkele voorbeelden van activiteiten die een brede inzet van kennis, (nieuwe) technologie en bedrijven vragen. Tussen de windmolens op zee ontstaan gebieden die niet geschikt zijn voor scheepvaart, maar des te meer voor zeelandbouwactiviteiten die onder meer de eiwittransitie of duurzame kweek van schaal en schelpdieren kan ondersteunen (denk aan algen, zeewier en oesterbanken). Ook herbergt de zeebodem mineralen die mijnbouwactiviteiten interessant kunnen maken.

Ongebreidelde uitbreiding van alle denkbare activiteiten op en langs de Noordzee is echter niet mogelijk. Natuurgebieden en habitats van zeedieren dienen beschermd te worden, er dient ruimte te blijven voor scheepvaart, visserij, militaire zones, kustverdediging en waterveiligheid. De (Europese) Kaderrichtlijnen Mariene Strategie, Water en Maritieme ruimtelijke planning vereisen dat alle bestaande en nieuwe activiteiten op de Noordzee zorgvuldig gepland en op elkaar afgestemd worden. Los van alle specialistische technologieën, kennis en bedrijfsactiviteiten m.b.t. energieproductie, -opslag, zeelandbouw of zeemijnbouw, doet de vernieuwings- en innovatieopgave 'Leven met en van de zee' een beroep op ondersteuning vanuit Juridische dienstverlening, Management en Planning, Milieuwetenschappen, Economische wetenschappen. Dit zijn kennisvelden waarin Nederland een sterke positie heeft.

Over het geheel gezien kan Nederland bouwen op een aantal specifieke technologiesterktes, zoals: *Optics; Electrical machinery, apparatus & energy; Measurement; Other special machines; Food chemistry; Climate change adaptation technologies* en *Water pollution abatement*. Daarnaast is op diverse relevante terreinen weliswaar expertise in huis, maar tegelijkertijd sprake van grotere technologiesterktes in het buitenland, zodat op deze terreinen een strategie van samenwerken of inkopen meer voor de hand ligt. Nederland huisvest een breed pallet aan sterke bedrijfsactiviteiten waarmee een fundament aanwezig is om nieuwe activiteiten op de Noordzee te ontplooien en te ondersteunen tijdens de bouw, beheer en onderhoud.

Opbouw fiche

Inleiding Resultaten

p1
p1

Deel 1: Overzicht van sterktes en kansen van de vernieuwingsopgave

- Mate van bouwen op sterke: tennisvelden, technologieën en bedrijfstakken
- Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen

p3
p3
p3

Deel 2: Onderbouwen van de sterktes en kansen van de vernieuwingsopgave

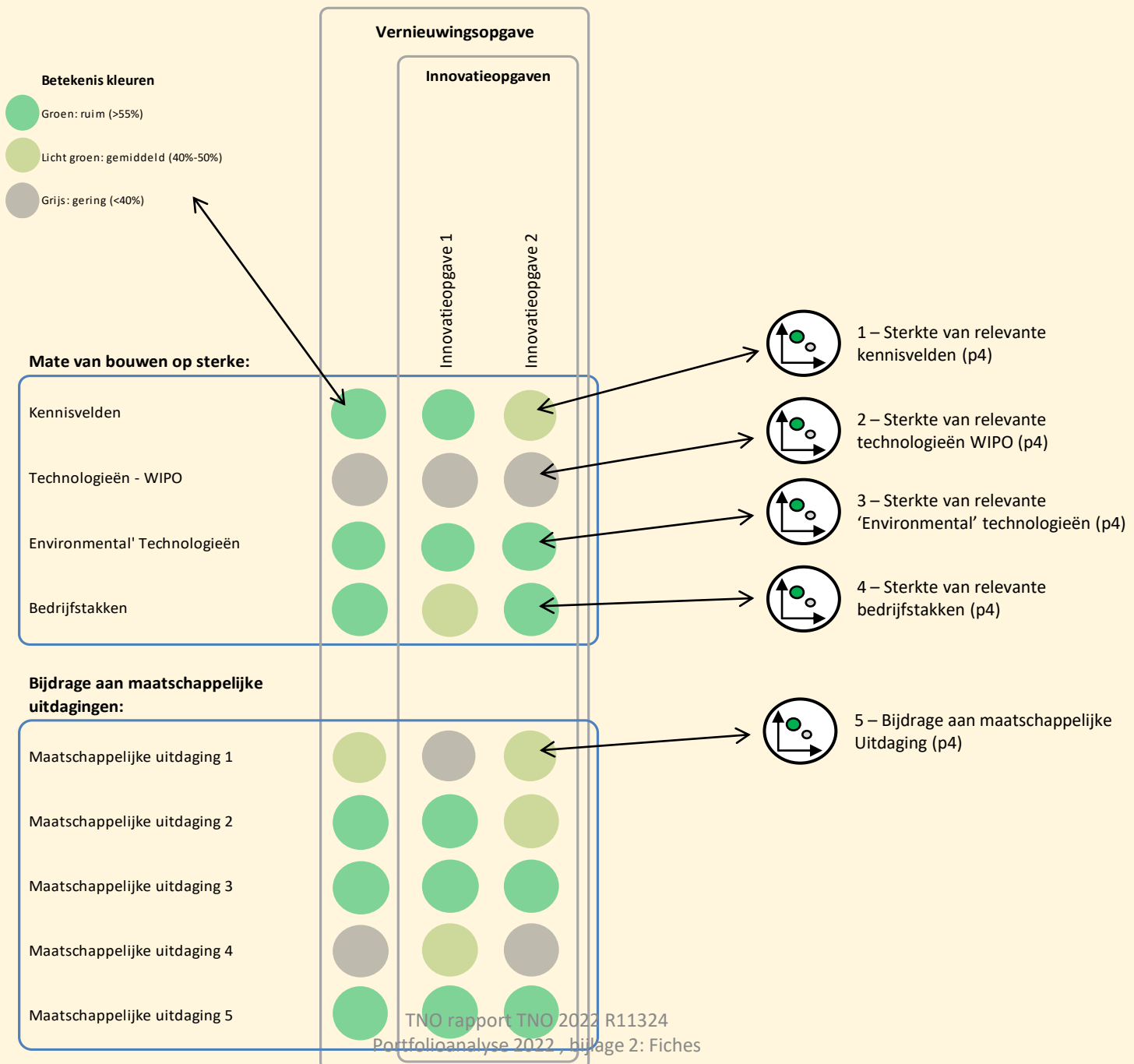
- 1 – sterkte van relevante kennisvelden
- 2 – sterkte van relevante WIPO technologieën
- 3 – sterkte van relevante 'Environmental' technologieën
- 4 – Sterkte van relevante bedrijfstakken
- 5 – Kansen: dynamiek van relevante bedrijfstakken
- 6 – Kansen: link met sleuteltechnologieën.

p4-9
p4
p5
p6
p7
p8
p9

Deel 3: Toelichting stoplichten

- Bijlage 1: bouwen op kennisvelden
- Bijlage 2: Bouwen op WIPO technologieën
- Bijlage 3: Bouwen op 'Environmental' technologieën
- Bijlage 4: Bouwen op bedrijfstakken

P10-13
p10
p11
p12
p13



4. Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee

Mate van bouwen op sterke:	Vernieuwingsopgave	
	Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee	Innovatieopgave Leven met en van de zee: offshore, deep-sea mining, sea farming
Kennisvelden		57%
Technologieën - WIPO		41%
'Environmental' Technologieën		67%
Bedrijfstakken		67%
Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen:		
Energie en Duurzaamheid		
Landbouw, Water en Voedsel		
Gezondheid en Zorg		
Veiligheid		

Overzicht

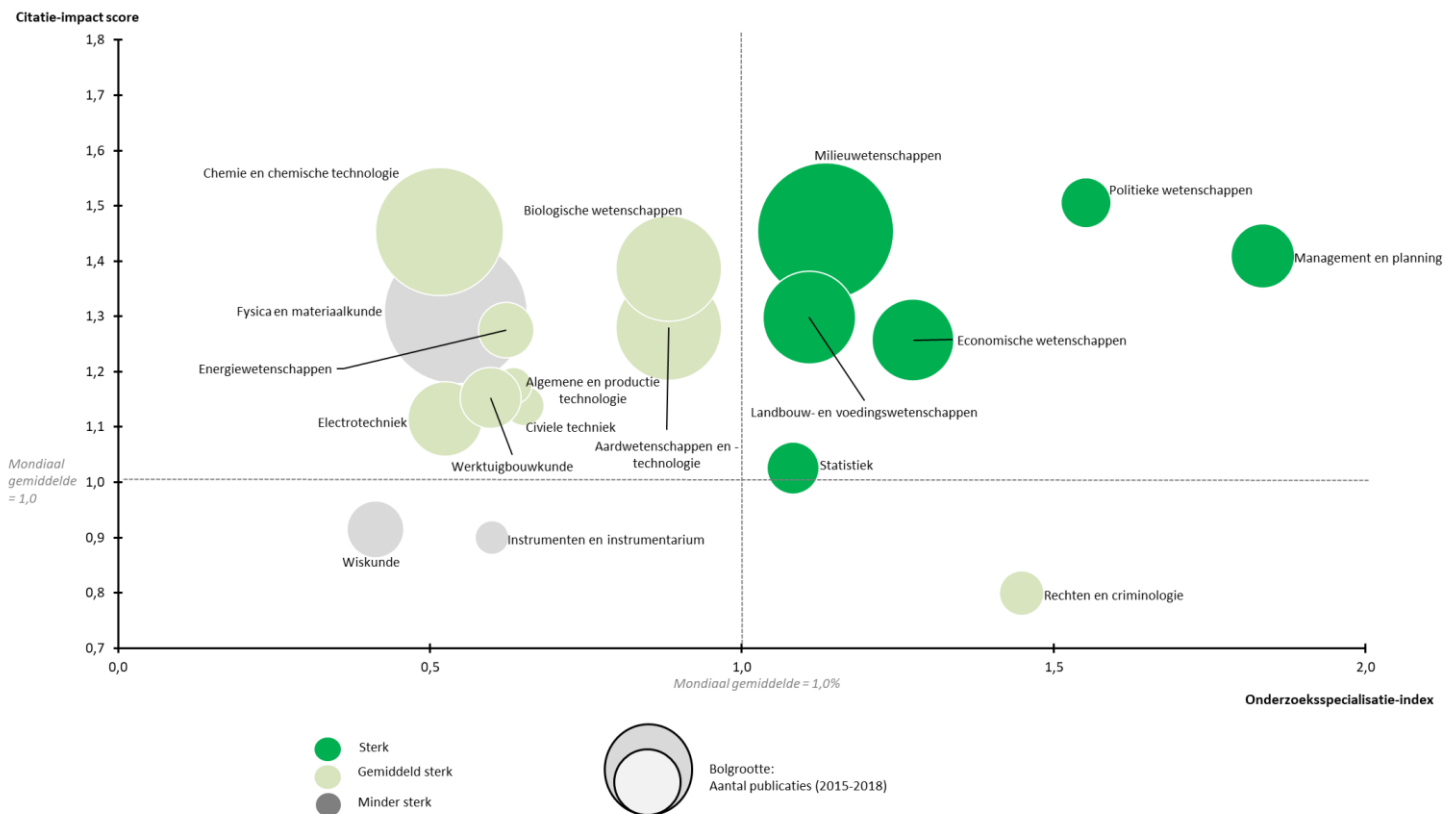
- Voor de Innovatieopgave 'Leven met en van de zee' kan Nederland bouwen op sterke kennisvelden en bedrijfstakken.
- Nederland kan in het bijzonder bouwen op sterktes in de kennisvelden: Milieuwetenschappen, Landbouw- & voedingswetenschappen en Management & planning.
- Relevante sterktes voor diverse activiteiten op zee heeft Nederland o.a. in de bedrijfstakken: Machine-industrie, Ingenieursdiensten, Overige transportmiddelenindustrie (scheepsbouw), Voedingsmiddelenindustrie en Landbouw en visserij.
- Daarnaast heeft Nederland een relatief sterke positie op relevante 'Environmental & Climate' technologieën die de OESO onderscheid, uitgaande van wereldwijde patentaanvragen op deze terreinen. Het gaat dan onder meer om technologieën op het gebied van waterveiligheid en waterbeheer, maar ook om technologieën m.b.t. offshore windenergie.
- Op voor deze vernieuwingsopgave relevante technologieën die de World Intellectual Property Organization (WIPO) onderscheidt, scoort Nederland over de gehele vernieuwingsopgave bezien gemiddeld. Niettemin heeft Nederland een relatief sterke positie op basis van patentaanvragen in enkele specifieke technologiegebieden, met name in gespecialiseerde machines, apparaten en meetinstrumentarium.

Bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen

- De innovatieopgave 'Leven met en van de zee' draagt sterk bij aan de maatschappelijke uitdaging Energie en Duurzaamheid, o.a. omdat offshore wind een belangrijke pijler is onder een duurzame energievoorziening. Daarnaast kunnen bijvoorbeeld lege gasvelden een rol vervullen voor waterstof- en CO₂-opslag.
- De innovatieopgave behelst onder andere sea-farming en draagt daarmee in enige mate bij aan het produceren van biobased producten, zowel voor voedsel als voor andere toepassingen.
- Vanuit de innovatieopgave 'Leven met en van de zee' is geen grote bijdrage aan de maatschappelijke uitdaging Gezondheid en Zorg te verwachten.
- Hoewel alle (nieuwe) activiteiten op de Noordzee in goede banen geleid dienen te worden en onderwerpen als kustverdediging en waterveiligheid van belang zijn, is geen grote directe bijdrage te verwachten vanuit deze innovatieopgave aan de maatschappelijke uitdaging Veiligheid.

4. Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee

1 – Sterktes van relevante kennisvelden



- Voor de innovatieopgave 'Leven met en van de Zee' zijn 18 kennisvelden geïdentificeerd als relevant.
- Op basis van hun score op de citatie-impact, onderzoeksspecialisatie en het aantal publicaties zijn 6 van deze 18 kennisvelden in Nederland aan te merken als 'sterk'. Dit zijn Milieuwetenschappen, landbouw- en voedingswetenschappen, Economische wetenschappen, Management en planning, Politieke wetenschappen en Statistiek. Voor deze kennisvelden scoort Nederland zowel hoog in termen van citatie-impact als onderzoeksspecialisatie.
- 9 van de 18 relevante kennisvelden scoren gemiddeld op de indicatoren over de publicatie output. Hieronder bevinden zich relatief grote kennisvelden als wordt gekeken naar het absolute aantal publicaties: Chemie en chemische technologie, Biologische wetenschappen en Aardwetenschappen en -technologie.
- Voor de kennisvelden waarop Nederland 'gemiddeld' scoort, geldt dat er ten opzichte van het buitenland geen specialisatie is. Met andere woorden: in het buitenland zijn relatief grotere vakgroepen aanwezig dan in Nederland. Niettemin is de citatie-impact van Nederlandse publicaties vanuit deze kennisvelden relatief hoog. Dit betekent dat Nederland hoogwaardige kennis in huis heeft op voort te bouwen voor de vernieuwingsopgave 'leven met en van de zee'.
- Nederland scoort qua publicatie-output minder sterk op de kennisvelden Fysica en materiaalkunde, Wiskunde en Instrumenten en instrumentarium. Wel is Fysica en materiaalkunde een groot kennisveld als wordt gekeken naar het absolute aantal publicaties en is de citatie-impact van Nederlandse publicaties in dit veld bovendien relatief hoog.
- Over het geheel bezien kan Nederland voor de innovatieopgave 'Leven met en van de zee' bouwen op een divers palet aan relevante kennisvelden. Ondanks dat elders in Europa dezelfde vakgroepen soms groter zijn, neemt het niet weg dat de kwaliteit van Nederlandse publicaties hoog is. Daarmee lijkt er een solide fundament om op te bouwen voor de verdere ontwikkeling van activiteiten op en langs de Noordzee.

4. Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee

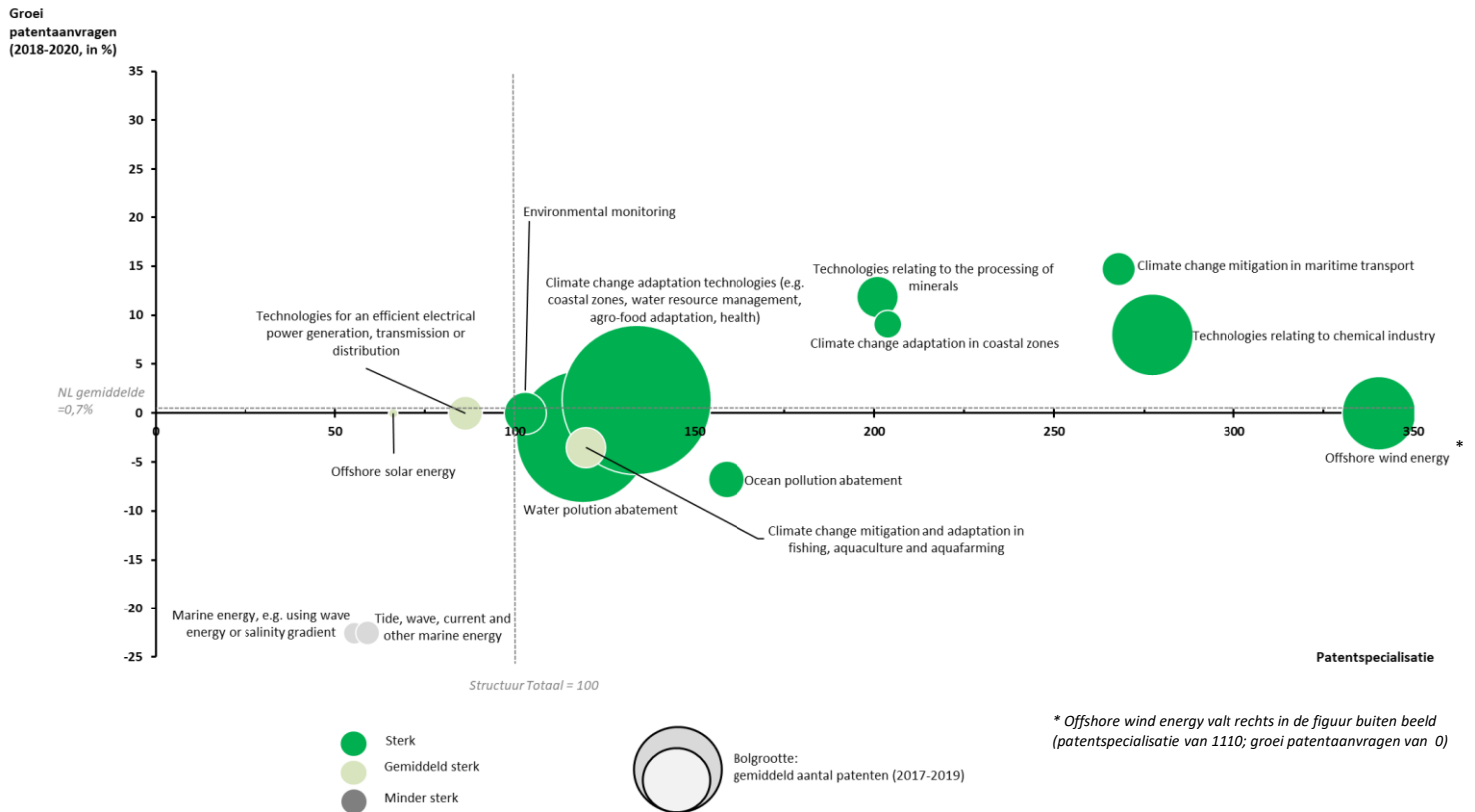
2 – Sterktes van relevante WIPO technologieën



- Voor de innovatieopgave 'Leven met en van de Zee' zijn 21 technologieën uit de 35 hoofdcategorieën van de World Intellectual Property Organization (WIPO) geïdentificeerd als relevant.
- Nederland heeft, op basis van indicatoren over het aantal patentaanvragen, een sterke positie in 5 relatief grote technologievelden: Optics, Electrical machinery, apparatus & energy; Measurement, Other special machines en Food chemistry [deze bol valt eigenlijk ver buiten beeld, vanwege een specialisatiescore van 390]. Nederland heeft een hoge patenspecialisatie in Optics (239) en een snelle groei van het gemiddeld aantal patentvragen in de periode 2018-2020 (13,3 procent groei), zodat ook deze technologie eigenlijk rechtsboven in de figuur ver buiten beeld zou vallen.
- In 8 van de 21 voor deze innovatieopgave relevante technologiegebieden scoort Nederland gemiddeld op de indicatoren over patentaanvragen. Hieronder bevindt zich het relatief grote technologieveld 'Basic materials chemistry', waarin Nederland een sterke specialisatie heeft, maar een geringe groei in het aantal patentaanvragen is gerealiseerd.
- In de overige 8 van de 21 relevante technologieën scoort Nederland minder sterk op de indicatoren over patentaanvragen. Hierbinnen bevinden zich de relatief grote technologiegebieden 'Computer technology' en 'Digital communication' waarin het aantal patentaanvragen in Nederland in de periode 2018-2020 solide is gegroeid. Gezien de lagere specialisatiescore betreft dit technologiegebieden waarin de concurrentie vanuit het buitenland relatief groot is.
- Over het geheel bezien kan Nederland voor de innovatieopgave 'Leven met en van de zee' bouwen op een aantal specifieke technologiesterktes en is daarnaast op diverse terreinen weliswaar expertise in huis, maar sprake van een grotere concentratie van expertise en patentaanvragen in het buitenland.

4. Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee

3 – Sterktes van relevante ‘Environmental & Climate’ technologieën

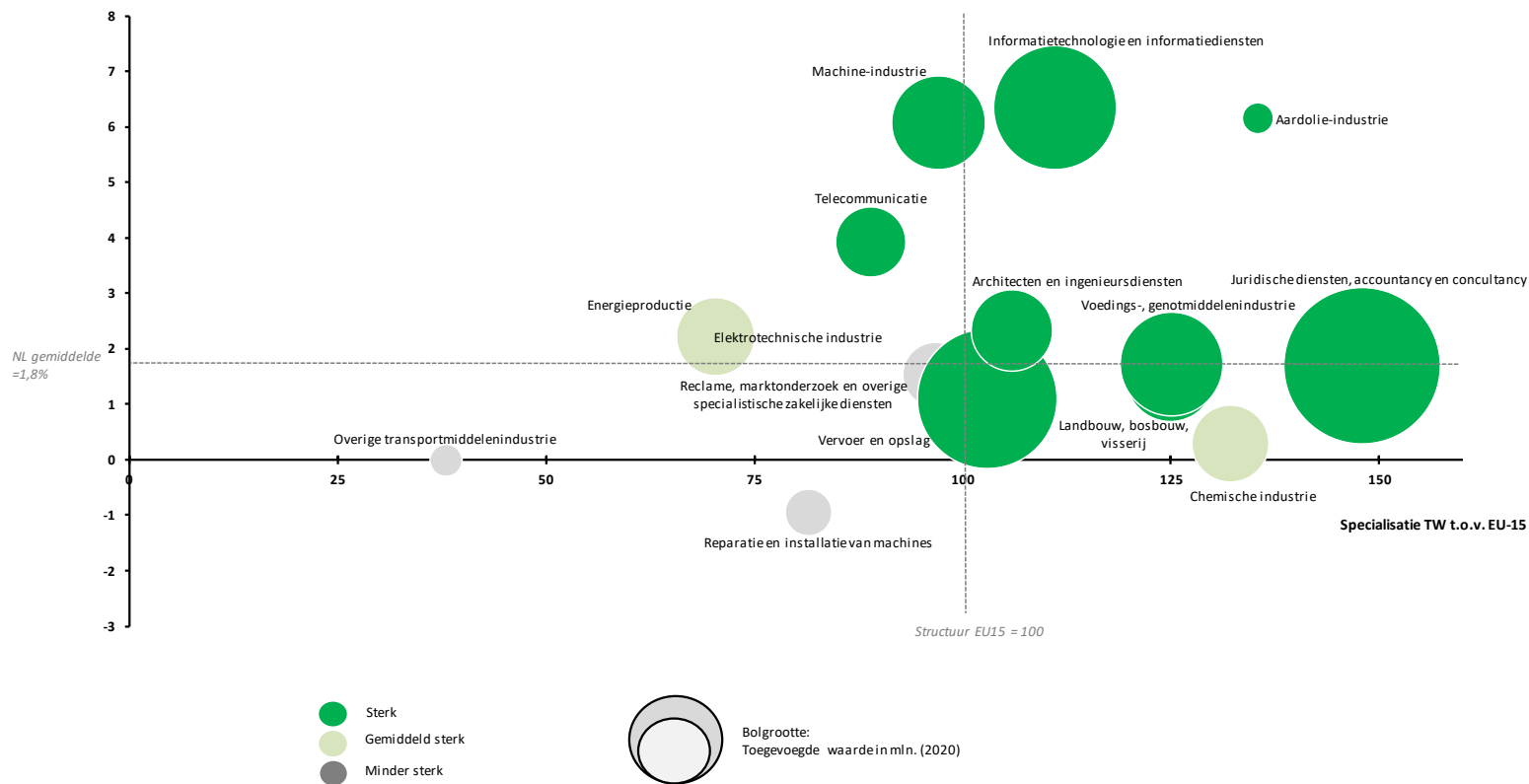


- Voor de innovatieopgave ‘Leven met en van de zee’ zijn met het oog op klimaatmitigatie en de energietransitie 16 ‘Environmental & Climate’ technologieën uit de lijst van de OESO geïdentificeerd als relevant.
- Op basis van wederom indicatoren over het aantal patentaanvragen scoort Nederland in 9 van deze 16 technologieën ‘sterk’. Qua aantal patentaanvragen gaat het dan in het bijzonder dan om ‘Climate change adaptation technologies’ en ‘Water pollution abatement’. Op basis van de zeer hoge patentspecialisatie score (1.110) spring ‘Offshore wind energy’ in het oog. Eigenlijk valt deze bol aan de rechterzijde van de figuur zeer ver buiten beeld.
- Overigens is het aantal patentaanvragen in deze ‘Environment & Climate’ technologieën niet heel hoog. De grootste bol van ‘Climate adaptation technologies’ representeert 78 patenten. Dit betreft nog relatief prille technologiegebieden.
- In 4 van de 16 relevante ‘Environment & Climate’ technologieën scoort Nederland gemiddeld. Daarbij zijn de waarden van het technologiegebied ‘High-voltage direct current transmission’ dermate klein dat de bol niet zichtbaar is in de figuur.
- Op basis van de indicatoren over het aantal patentaanvragen scoort Nederland minder sterk op technologieën m.b.t. getijdenenergie, golfslag en ‘desalination’.
- Over het geheel gezien kan Nederland bouwen op een aantal specifieke technologieën die relevant zijn voor de innovatieopgave ‘Leven met en van de zee’. Vooral in technologieën die verband houden met waterveiligheid en waterbeheer heeft Nederland een stevig fundament.
- Ondanks dat Nederland niet te boek staat als grote speler op het gebied van de bouw van windturbines, heeft Nederland wel degelijk een onderscheidende technologiepositie op specifieke onderdelen van offshore winenergie. Daarbij valt onder andere te denken aan de fundering van offshore windmolens en specifieke vaartuigen en hijswerktuigen die benodigd zijn tijdens de bouw en installatie op zee.

4. Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee

4 – Sterktes van relevante bedrijfstakken

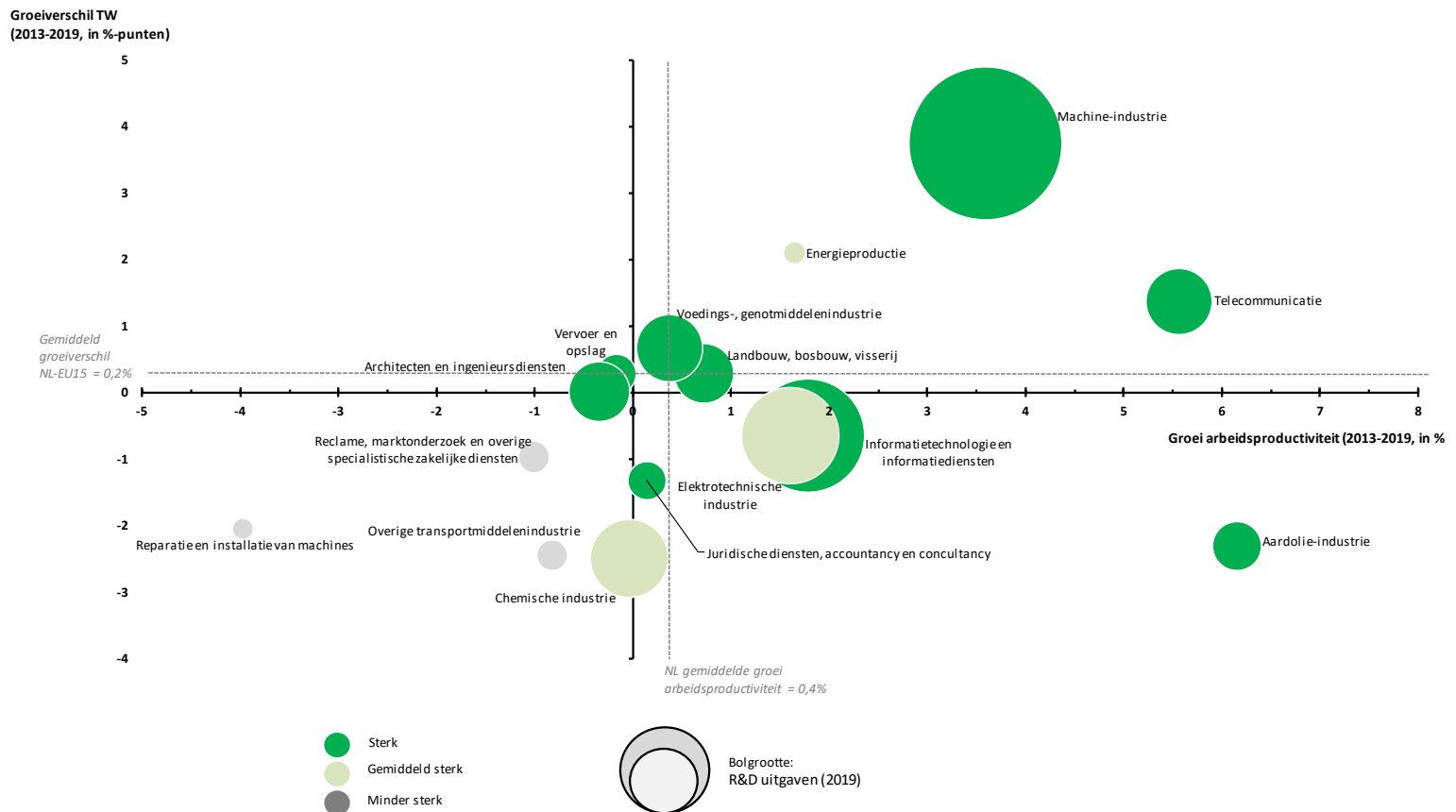
Gemiddelde groei TW
(2013-2019, in %)



- Voor de innovatieopgave 'Leven met en van de zee' zijn 16 bedrijfstakken geïdentificeerd als relevant. Hiervan scoren 9 bedrijfstakken in Nederland sterk op de selectie van economische indicatoren. Dit betreft relatief veel dienstensectoren, gericht op (digitale) connectiviteit en communicatie, Juridische diensten, consultancy en ingenieursdiensten. Deze dienstensectoren ondersteunen over de gehele linie de opbouw en uitbouw van nieuwe activiteiten op de Noordzee.
- De combinatie van machine-industrie, Voedings- en genotmiddelenindustrie en Landbouw, bosbouw en visserij biedt met name aanknopingspunten voor *sea farming*.
- Daarnaast kan de machine-industrie tezamen met de scheepsbouw (binnen de sector Overige transportmiddelenindustrie) bijdragen aan de ontwikkeling en productie van systeemelementen voor de diverse activiteiten op zee.
- Op 3 van de 16 relevante bedrijfstakken scoort Nederland gemiddeld. Dit betreft de sectoren Energieproductie, Elektrotechnische industrie en de Chemische industrie. Tezamen met de Aardolie-industrie, scheepsbouw en ingenieursdiensten moet hierin vooral het fundament gezocht worden voor de bouw, beheer en onderhoud van duurzame energiesystemen op de Noordzee en het hergebruik van infrastructuur van de olie- en gaswinning. Denk hierbij o.a. aan het transporteren en opslaan van CO₂ of waterstof.
- Voor laatstgenoemde activiteiten en mogelijk ook voor de ontwikkeling van *deep sea mining* is tevens de sector Delfstoffenwinning van belang. Deze sector valt rechtsonder in de figuur buiten beeld vanwege een zeer hoge specialisatiescore (198) en een sterk negatieve toegevoegde waardeontwikkeling (-11,1 procent). Deze negatieve toegevoegde waardeontwikkeling hangt samen met het terugschroeven van de gaswinning in het Groningerveld.
- Over het geheel gezien huisvest Nederland een breed pallet aan bedrijfsactiviteiten die relevant zijn voor de innovatieopgave 'Leven met en van de zee'. De kennis en expertise van deze bedrijven biedt een fundament om nieuwe activiteiten op de Noordzee te ontplooiën en te ondersteunen tijdens de bouw, beheer en onderhoud.

4. Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee

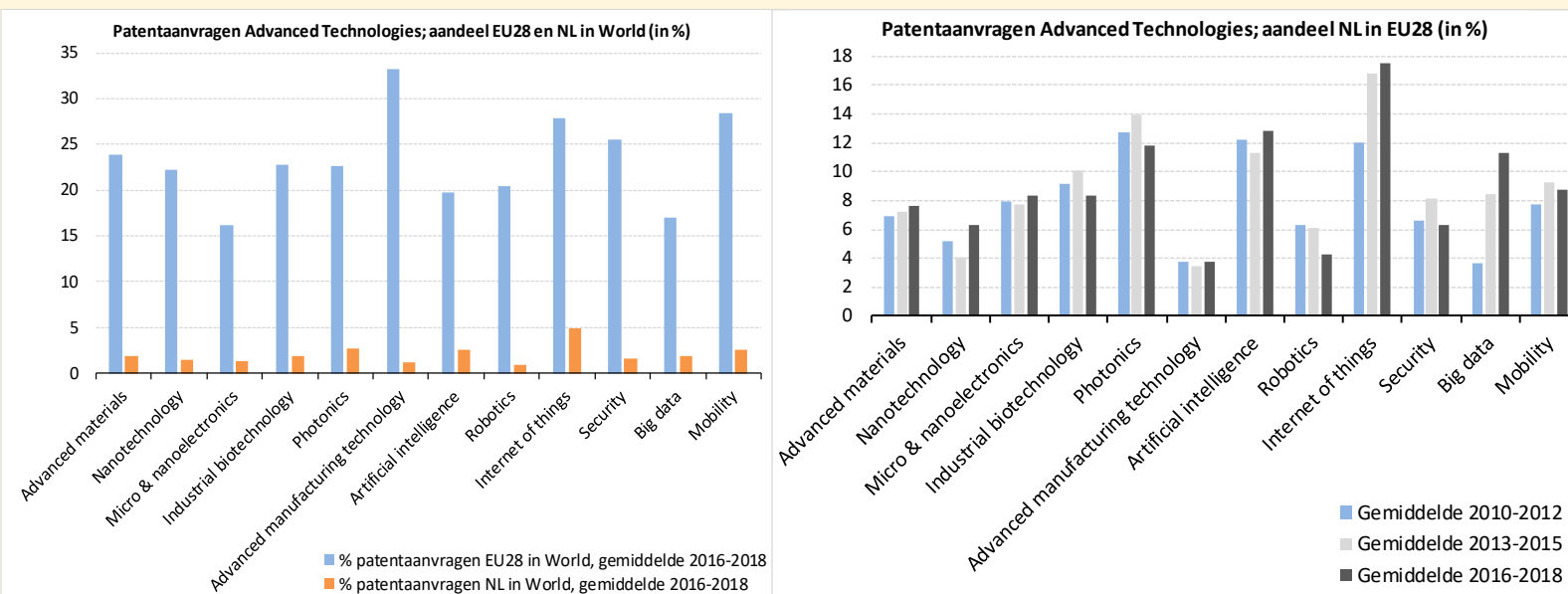
5 – Kansen: Dynamiek van relevante bedrijfstakken



- Om een gedetailleerder beeld te krijgen van de dynamiek in de voor de innovatieopgave 'Leven met van de zee' zijn in bovenstaande figuur dezelfde relevante bedrijfstakken nogmaals weergegeven, op basis van indicatoren die enige houvast bieden voor de toekomst. Het kleurenschema die de sterkte van bedrijfstakken aangeeft is daarbij gelijk aan de score in figuur 4.
- Een sterkere groei in toegevoegde waarde dan de EU15 en sterke arbeidsproductiviteitsgroei kunnen gezien worden als proxy voor een huidige gunstige concurrentiepositie. R&D-uitgaven bieden daarnaast een basis voor vernieuwing en het aanboren van nieuwe groeipaden.
- Machine-industrie, Telecommunicatie en Energieproductie springen in het bijzonder in het oog met een gunstige dynamiek in de periode 2013-2019. Maar ook de Elektrotechnische industrie en Informatietechnologie en informatiediensten maakten een gunstige ontwikkeling door, met een gezonde economische groei – zij het op een iets lager groeitempo dan elders in de EU15 – en relatief veel R&D uitgaven.
- Tezamen met de sterke economische positie van Nederland op het gebied van Voedings- en genotmiddelen en Landbouw, bosbouw en visserij, kan geconcludeerd worden dat Nederland een solide fundament heeft van sterke bedrijfstakken die relevant zijn voor zowel activiteiten op de Noordzee m.b.t. een duurzaam energiesysteem als activiteiten m.b.t. *sea farming*.
- Daarbij is het waarschijnlijk dat de kennis en expertise vanuit de sectoren Delfstoffenwinning (niet zichtbaar in de figuur) en Aardolie-industrie ingezet kan worden ter ondersteuning van duurzame energie-activiteiten op de Noordzee en de ontwikkeling van nieuwe activiteiten.

4. Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee

6 – Kansen: Link met sleuteltechnologieën



Een relevante vraag is in hoeverre Nederland m.b.t. de innovatiesopgave ‘Leven met en van de zee’ kan bouwen op een sterke positie in sleuteltechnologieën. Helaas staat de beschikbare data niet toe om op dezelfde manier als in andere onderdelen een gewogen score voor sterktes en een stoplichtmodel te berekenen. Wel is het mogelijk om enkele beschrijvende statistieken te tonen over patentaanvragen in Advanced Technologies for Industry (ATI). Deze statistieken van de Europese Commissie relateren aan enkele categorieën van sleuteltechnologieën in Nederland. Nederland heeft relatief veel patentaanvragen in de categorieën Internet of Things, Artificial Intelligence, Photonics, Mobility en Big Data. Voor de meeste van deze technologieën nam het gemiddelde aandeel patentaanvragen van Nederland in de EU28 bovendien toe tussen 2010 en 2018.

Voor de innovatieopgave ‘Leven met en van de zee’ zijn in het bijzonder Advanced materials, Mobility, Internet of Things en Robotics relevant.

Bijlage: toelichting stoplichten ‘bouwen op...’

Bepaling van sterkte

De sterkte van kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken wordt bepaald op basis van een dummy (score 0 of 1) op verschillende indicatoren. Deze indicatoren staan onderaan de bijlagen. Aan elk van deze indicatoren is een gewicht gegeven. De som van de score op deze indicatoren bepaalt de sterkte. Er wordt een onderscheid gemaakt in drie categorieën: sterk, gemiddeld sterk en minder sterk.

Score op relevantie

Er is een inschatting gemaakt van de mate waarin de innovatieopgaven moeten bouwen op de verschillende kennisvelden, technologieën en bedrijfstakken: score 0, 1, 2 of 3 (gebaseerd op TNO expert judgement). De scores “2” (= relevant) en “3” (= zeer relevant) worden gebruikt voor het berekenen van de stoplichtwaardes.

Wanneer het kennisveld, technologie of de bedrijfstak relevant is voor één of meer innovatieopgaven, dan wordt het veld gepresenteerd in de bollengrafieken.

Stoplicht

De kleur van de stoplichten is gebaseerd op het aandeel sterke, relevante kennisvelden, technologieën of bedrijfstakken t.o.v. het totaal aantal relevante kennisvelden, technologieën of bedrijfstakken. De scores zijn gewogen op relevantie en op sterkte. Voor de berekening van het stoplicht worden scores “2” (= relevant) en “3” (= zeer relevant) gewogen meegenomen. Ook worden de relevante Velden in de stoplichtberekening gewogen op basis van sterkte met “0” (= minder sterk), “0,5” (= gemiddeld sterk) en “1” (= sterk). De stoplichtscore van de innovatieopgave wordt als volgt berekend:

$$\text{Score van de innovatieopgave op sterkte (relevantie*sterkte)} \\ \text{Maximumscore van de innovatieopgave indien alle relevante Velden sterk zouden zijn (relevant*1)}$$

4. Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee

Bijlage 1: bouwen op kennisvelden

		Innovatieopgaven
		Leven met en van de zee: offshore, deep-sea mining, sea farming
Sterk (x1)	Management en planning	3
	Informatie- en communicatiewetenschappen	
	Milieuwetenschappen	3
	Politieke wetenschappen	2
	Geschiedenis, filosofie en religie	
	Gezondheidswetenschappen	
	Economische wetenschappen	3
	Statistiek	2
	Klinische geneeskunde	
	Biomedische wetenschappen	
	Sterrenkunde	
	Taal en linguïstiek	
	Psychologische wetenschappen	
	Landbouw- en voedingswetenschappen	3
Gemiddeld (x0,5)	Electrotechniek	2
	Energiewetenschappen	3
	Onderwijswetenschappen	
	Werktuigbouwkunde	3
	Sociologie en antropologie	
	Sociale en gedragwetenschappen (interdisciplinair)	
	Algemene en productie technologie	2
	Biologische wetenschappen	3
	Chemie en chemische technologie	2
	Civiele techniek	3
	Fundamentele levenswetenschappen	
	Fundamentele medische wetenschappen	
	Rechten en criminologie	2
	Aardwetenschappen en -technologie	3
Minder sterk (x0)	Computerwetenschappen	
	Fysica en materiaalkunde	3
	Instrumenten en instrumentarium	3
	Wiskunde	3
	Kunsten, cultuur en muziek	
	Literatuurwetenschappen	
Score van de innovatieopgave op sterkte		27,5
Maximumscore van de innovatieopgave		48
Stoplichtscore van de innovatieopgave		57%

Bepaling sterkte Kennisvelden

Figuur 1	indicator	Gewicht
	Citatie-impact score, 2015-2018	2
	Groei in citatie-impact score, 2015-2018	1
	Onderzoeksspecialisatie-index, 2015-2018	2
	Groei in onderzoeksspecialisatie-index, 2010-2013 vs 2015-2018	1

4. Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee

Bijlage 1: bouwen op WIPO technologieën

		Innovatieopgaven
		Leven met en van de zee: offshore, deep-sea mining, sea farming
Sterk (x1)	Electrical machinery, apparatus, energy	2
	Optics	2
	Measurement	3
	Medical technology	
	Organic fine chemistry	
	Macromolecular chemistry, polymers	
	Environmental technology	
	Furniture, games	
	Biotechnology	
	Food chemistry	2
	Other special machines	3
Gemiddeld (x0,5)	Telecommunications	
	Basic communication processes	
	Analysis of biological materials	3
	Control	2
	Pharmaceuticals	
	Basic materials chemistry	2
	Surface technology, coating	2
	Chemical engineering	2
	Machine tools	2
	Mechanical elements	2
	Transport	3
	Other consumer goods	
Minder sterk (x0)	Digital communication	2
	Computer technology	3
	IT methods for management	2
	Micro-structural and nano-technology	
	Handling	3
	Textile and paper machines	
	Thermal processes and apparatus	2
	Audio-visual technology	
	Semiconductors	
	Materials, metallurgy	3
	Engines, pumps, turbines	3
	Civil engineering	3
Score van de innovatieopgave op sterkte		21
Maximumscore van de innovatieopgave		51
Stoplichtscore van de innovatieopgave		41%

Bepaling sterkte WIPO technologieën

Figuur 2	indicator	Gewicht
	Patentspecialisatie-index NL vs -World, gemiddelde 2017-2029	2
	Gemiddelde jaarlijkse groei patentaanvragen NL, 2012-2019	1
	Groeiverschil patentaanvragen, NL vs World, 2012-2019	1

4. Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee

Bijlage 1: bouwen op 'Environmental & Climate' technologieën

		Innovatieopgaven
		Leven met en van de zee: offshore, deep-sea mining, sea farming
Sterk (x1)	Solid waste collection	
	Material recovery, recycling and re-use	
	Fertilizers from waste	
	Waste incineration and energy recovery	
	Waste management not elsewhere classified	
	Environmental monitoring	3
	Solar thermal energy	
	Solar thermal-PV hybrids	
	Geothermal energy	
	Hydrogen technology	
	Other energy conversion or management systems reducing GHG emissions	
	Wastewater treatment	
	Bio-organic fraction processing; Production of fertilisers from the organic fraction of waste or refuse	
	Reuse, recycling or recovery technologies	
	Waste management enabling technologies or technologies with a potential or indirect contribution to GHG emissions n	
	Technologies relating to chemical industry	2
	Technologies relating to the processing of minerals	2
	Climate change mitigation technologies for sector-wide applications	
	Climate change adaptation technologies (e.g. coastal zones, water resource management, agro-food adaptation, health	2
	Climate change mitigation in maritime transport	3
	Climate change adaptation in coastal zones	3
	Water pollution abatement	3
	Wind energy	
	Solar photovoltaic (PV) energy	
	Biofuels, e.g. bio-diesel	
	Fuel from waste, e.g. synthetic alcohol or diesel	
	Thermal energy storage	
	Capture, storage, sequestration or disposal of greenhouse gases	
	Climate change mitigation technologies related to buildings	
	Offshore wind energy	3
	Ocean pollution abatement	3
Gemiddeld (x0,5)	Air pollution abatement	
	Nuclear energy generation	
	Technologies for an efficient electrical power generation, transmission or distribution	2
	Energy storage in batteries	
	High-voltage direct current transmission	3
	Fuel cells	
	Waste collection, transportation, transfer or storage	
	Waste processing or separation	
	Landfill technologies aiming to mitigate methane emissions	
	Climate change mitigation technologies related to transportation	
	Technologies relating to oil refining and petrochemical industry	
	Technologies relating to agriculture, livestock or agroalimentary industries	
	Enabling technologies with a potential contribution to GHG emissions mitigation	
	Offshore solar energy	3
	Climate change mitigation and adaptation in fishing, aquaculture and aquafarming	3
Minder sterk (x0)	Soil remediation	
	Hydro energy	
	Combustion technologies with mitigation potential (e.g. using fossil fuels, biomass, waste, etc.)	
	Mechanical energy storage, e.g. flywheels or pressurised fluids	
	Technologies related to metal processing	
	Technologies in the production process for final industrial or consumer products	
	Climate change mitigation in ICT technologies	
	Marine energy, e.g. using wave energy or salinity gradient	3
	Energy storage - Capacitors	
	Tide, wave, current and other marine energy	3
	Desalination of sea water	3
Score van de innovatieopgave op sterkte		29,5
Maximumscore van de innovatieopgave		44
Stoplichtscore van de innovatieopgave		67%

Bepaling sterkte 'Environmental' technologieën

Figuur 3	indicator	Gewicht
	Patentspecialisatie-index NL vs -World, gemiddelde 2017-2029	2
	Gemiddelde jaarlijkse groei patentaanvragen NL, 2012-2019	1
	Groeiverschil patentaanvragen, NL vs World, 2012-2019	1

4. Efficiënt omgaan met schaarse ruimte op land en op zee

Bijlage 1: bouwen op bedrijfstakken

		Innovatieopgaven
		Leven met en van de zee: offshore, deep-sea mining, sea farming
Sterk (x1)	Voedings-, genotmiddelenindustrie	2
	Zorg en welzijn	
	Groot- en detailhandel	
	Informatietechnologie en informatiediensten	3
	Overige zakelijke diensten	
	Vervoer en opslag	2
	Juridische diensten, accountancy en consultancy	2
	Aardolie-industrie	3
	Farmaceutische industrie	
	Rubber- en kunststofproductindustrie	
	Basismetalenindustrie	
	Elektrische apparatenindustrie	
	Architecten en ingenieursdiensten	3
	Telecommunicatie	3
	Papierindustrie	
	Landbouw, bosbouw, visserij	3
	Machine-industrie	3
Gemiddeld (x0,5)	Energieproductie	3
	Water en afvalbeheer	
	Bouw	
	Houtindustrie	
	Onroerend goed	
	Chemische industrie	2
	Bouwmaterialenindustrie	
	Metaalproductenindustrie	
	Elektrotechnische industrie	3
	Auto- en aanhangwagenindustrie	
	Meubel- en overige industrie	
	Filmindustrie, radio en televisie	
Minder sterk (x0)	Financiële diensten	
	Uitgeverijen	
	Horeca	
	Delfstoffenwinning	3
	Reclame, marktonderzoek en overige specialistische zakelijke diensten	2
	Overige transportmiddelenindustrie	3
	Grafische industrie	
	Overige persoonlijke diensten	
	Reparatie en installatie van machines	2
	Cultuur, sport en recreatie	
	Textiel-, kleding-, lederindustrie	
Score van de innovatieopgave op sterkte		28
Maximumscore van de innovatieopgave		42
Stoplichtscore van de innovatieopgave		67%

Bepaling sterkte Bedrijfstakken

Figuur 4	indicator	Gewicht
	Specialisatie (Werkzame Personen) NL t.o.v. EU15, 2019	2
	Omvang Toegevoegde waarde, 2020 (x mln euro)	2
	Groei TW, 2013-2019 (in %)	2
	Groeiverschil TW NL-EU15; 2013-2019 (%-punt)	2
	Arbeidsproductiviteitsgroei, 2013-2019 (in %)	2
	Specialisatie (TW), 2013-2019 (in %)	2
	R&D-intensiteit, 2019 (als % van TW)	2
	"Start-up" intensiteit, 2015-2020	1
	Scale-up intensiteit, Snelle groeiers als % totaal bedrijven (2020)	2