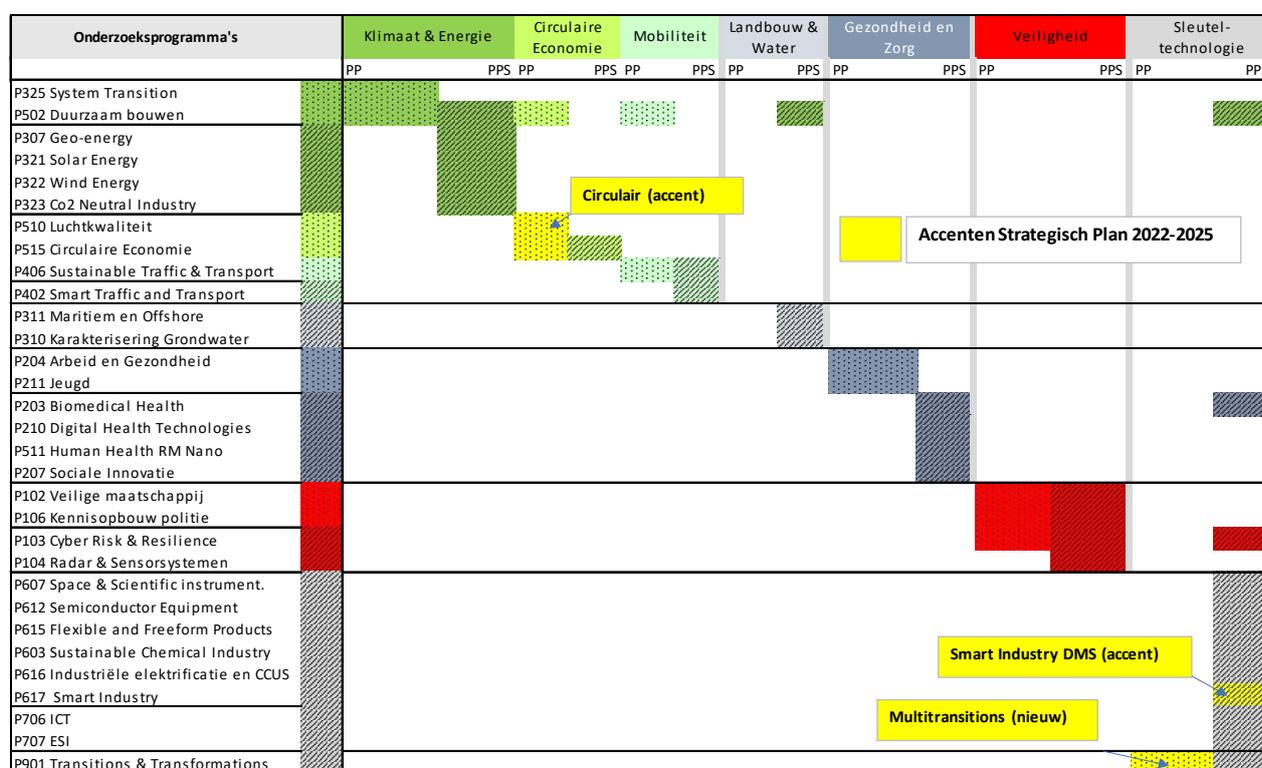


TNO Onderzoek 2022 - Overzicht Vraaggestuurde programma's volgens het MTIB



Titel																
VP System Transition (P325)																
MTIB-thema	Klimaat en Energie															
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	VP-manager: Ruud van den Brink Directeur Markt: Harm Jeeninga															
Contactpersonen Overheid	Marianne Zandstra, ministerie EZK															
Programma jaar 2022 - Samenvatting																
<p>Het VP System Transition van TNO heeft als doel om direct toepasbare kennis en inzichten te leveren aan beslissers in de energietransitie, zodat die grip krijgen op de maatschappelijke, economische en gedragsaspecten van de transitie naar een duurzaam en betrouwbaar energiesysteem. Onderdeel van het VP is het Onderzoeksprogramma Energietransitiestudies, waarin onder andere kennis geleverd wordt voor het energiebeleid van de Rijksoverheid.</p> <p>Op een aantal gebieden wordt in 2022 gestart met meerjarige onderzoeksprogramma's samen met het ministerie van EZK en andere partners. Een voorbeeld is een onderzoeksprogramma op gebied van burgerparticipatie energietransitie in de leefomgeving, met als doel te monitoren wat de huidige stand van zaken op dit gebied is en effectieve tools te leveren aan gemeenten. Ook wordt in 2022 onderzoek gepubliceerd naar de verdelingseffecten van de energietransitie en de effectiviteit van methoden om energiearmoede te bestrijden. Ook wordt nieuwe studie met behulp van de TNO-energiescenario's ADAPT en TRANSFORM gepubliceerd waarin de macro-economische effecten van een CO2-neutrale toekomst beschreven worden. Tenslotte komen een aantal nieuwe rekenmodellen beschikbaar: een optimalisatiemodel voor het Europese energiesysteem en een model voor de warmtetransitie in de gebouwde omgeving.</p> <p>In onderstaande figuur staan de onderzoeksprioriteiten voor 2022 per programmaliijn samengevat, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen het Onderzoeksprogramma Energietransitiestudies voor EZK en het Innovatieprogramma dat onderdeel is van de IKIA:</p>																
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Social Innovation 1</th> <th>Transition Processes in Districts 2</th> <th>Regional Energy Systems 3</th> <th>Energy Transition Pathways 4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Onderzoeksprogramma Energietransitiestudies</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Participatie energie in leefomgeving Draagvlakonderzoek </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Financiering warmtenetten </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Energiesystemen: aansluiting plannen op regionaal niveau Ruimtelijke aspecten energietransitie </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Energiesysteem: visie, scenarioanalyses Doorwerking EU Fit for 55 Verduurzaming industrie (scope 2/3, MIDDEN) Energiemarkten en flexibiliteit Verdelingseffecten </td> </tr> <tr> <td>Innovatieprogramma System Transition</td> <td> <p><i>Missie A, B, C, SI</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Participatiemethoden aardgasvrije wijken Energy communities Interventies verduurzaming bedrijven en levensstijlen </td> <td> <p><i>Missie B</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Informatie en tools wijkaanpak Besluitvormingsprocessen Verduurzaming bedrijventerreinen </td> <td> <p><i>Missie SI en B</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Tooling voor besluitvorming regionale energietransitie ICT-tools voor flexibele energiesystemen </td> <td> <p><i>Missie SI</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Nieuwe modellen en data beschikbaar stellen Waterstofmarkt </td> </tr> </tbody> </table>			Social Innovation 1	Transition Processes in Districts 2	Regional Energy Systems 3	Energy Transition Pathways 4	Onderzoeksprogramma Energietransitiestudies	<ul style="list-style-type: none"> Participatie energie in leefomgeving Draagvlakonderzoek 	<ul style="list-style-type: none"> Financiering warmtenetten 	<ul style="list-style-type: none"> Energiesystemen: aansluiting plannen op regionaal niveau Ruimtelijke aspecten energietransitie 	<ul style="list-style-type: none"> Energiesysteem: visie, scenarioanalyses Doorwerking EU Fit for 55 Verduurzaming industrie (scope 2/3, MIDDEN) Energiemarkten en flexibiliteit Verdelingseffecten 	Innovatieprogramma System Transition	<p><i>Missie A, B, C, SI</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Participatiemethoden aardgasvrije wijken Energy communities Interventies verduurzaming bedrijven en levensstijlen 	<p><i>Missie B</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Informatie en tools wijkaanpak Besluitvormingsprocessen Verduurzaming bedrijventerreinen 	<p><i>Missie SI en B</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Tooling voor besluitvorming regionale energietransitie ICT-tools voor flexibele energiesystemen 	<p><i>Missie SI</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Nieuwe modellen en data beschikbaar stellen Waterstofmarkt
	Social Innovation 1	Transition Processes in Districts 2	Regional Energy Systems 3	Energy Transition Pathways 4												
Onderzoeksprogramma Energietransitiestudies	<ul style="list-style-type: none"> Participatie energie in leefomgeving Draagvlakonderzoek 	<ul style="list-style-type: none"> Financiering warmtenetten 	<ul style="list-style-type: none"> Energiesystemen: aansluiting plannen op regionaal niveau Ruimtelijke aspecten energietransitie 	<ul style="list-style-type: none"> Energiesysteem: visie, scenarioanalyses Doorwerking EU Fit for 55 Verduurzaming industrie (scope 2/3, MIDDEN) Energiemarkten en flexibiliteit Verdelingseffecten 												
Innovatieprogramma System Transition	<p><i>Missie A, B, C, SI</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Participatiemethoden aardgasvrije wijken Energy communities Interventies verduurzaming bedrijven en levensstijlen 	<p><i>Missie B</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Informatie en tools wijkaanpak Besluitvormingsprocessen Verduurzaming bedrijventerreinen 	<p><i>Missie SI en B</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Tooling voor besluitvorming regionale energietransitie ICT-tools voor flexibele energiesystemen 	<p><i>Missie SI</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Nieuwe modellen en data beschikbaar stellen Waterstofmarkt 												
Titel																
VP Duurzaam Bouwen (P502)																
MTIB Thema	Klimaat en Energie															
Contactpersonen TNO (DS en VPM)	Arjen Adriaanse en IJsbrand van Straalen															
Contactpersoon Regievoerder	Rob Hofman (RWS), Hans Weijers (BZK) en David van de Woude (BZK), programmacommissie Deltatechnologie (PCDT), Hans van der Weijde a.i. (M2i)															
Programma jaar 2022 - Samenvatting																
<p>Introductie - VP Duurzaam Bouwen richt zich op het optimaal verduurzamen van de gebouwde omgeving. Dit betreft met name bruggen, viaducten en gebouwen. Maatschappelijk relevante thema's zijn daarbij digitalisering, energiezuinigheid, circulariteit, veiligheid en (voorspelbaarheid van) onderhoud en vervanging. VP Duurzaam Bouwen bestaat uit vijf deelprogramma's: Infrastructuur, Bouwkwiteit, Digitalisering, Energie in de gebouwde omgeving en Bouwmaterialen. Doel van deelprogramma Infrastructuur is het optimaliseren van het beheer van de verouderende infrastructuur door reductie van</p>																

risico's, hogere beschikbaarheid en beperking van stijging in kosten. Doel van deelprogramma Bouwkwaliiteit is het garanderen van de veiligheid van de voorraad gebouwen in de veranderende omgeving en het verduurzamen van het bestaande zorgvastgoed. Doel van het deelprogramma Digitalisering is om efficiënte digitale methodes (met name predictive twins), open standaarden voor datadeling (volgens ALIM, asset lifecycle information modelling), en tools (met name BIM Bots technologie) te ontwikkelen en toe te passen waarmee beheerders van gebouwen en civiele infrastructuur datagedreven beslissingen kunnen nemen over beheer en onderhoud. Doel van deelprogramma Energie in de gebouwde omgeving is het versnellen van de transitie naar een energiepositieve gebouwde omgeving en het verlagen van de maatschappelijke kosten van die transitie. Doel van deelprogramma Bouwmaterialen is het terugdringen van emissies van schadelijke stoffen, reductie van primair materiaalgebruik en verlenging van de levensduur van bestaande constructies.

Infrastructuur - Een steeds groter deel van de Nederlandse civiele constructies ('kunstwerken') is toe aan vervanging of renovatie om de veiligheid, beschikbaarheid en het functioneren ervan te waarborgen. Om efficiënt en effectief te kunnen investeren in deze enorme vervangings- en renovatieopgave, rekening houdend met de uitdagingen op het gebied van klimaatverandering en circulariteit, zijn er verschillende kennisvragen die spelen. Hoofdvragen zijn of en wanneer kunstwerken moeten worden vervangen voordat de veiligheid in het geding komt. Het onderzoek in het deelprogramma richt zich daarom op het nauwkeuriger voorspellen van de restlevensduur van constructies. Zo kunnen kosten voor beheer en onderhoud worden verminderd of beheerst, doordat niet te vroeg of te laat wordt vervangen of gerenoveerd.

De kennisontwikkeling heeft met name betrekking op de beoordeling van de constructieve veiligheid ten behoeve van het assetmanagement van individuele kunstwerken (vooral bestaande en in mindere mate ook nieuwe). Voor waterbouwkundige constructies ('natte kunstwerken') in het bijzonder geldt dat deze onderdeel uitmaken van een systeem dat in zijn geheel dient te worden beoordeeld. Om die reden is het voor dergelijke constructies van belang om kennis te ontwikkelen voor de integratie van de constructieve veiligheid in relatie tot systeemveiligheid met behulp van risico-gebaseerde (probabilistische) technieken en modellen. Daarnaast is de problematiek van deze natte kunstwerken complexer dan die van droge kunstwerken door de vele (wettelijke) eisen, beleidsvelden en onzekerheden die bij natte kunstwerken samenkomen.

Bouwkwaliiteit - Deelprogramma Bouwkwaliiteit bestaat uit twee onderdelen: veiligheid en zorgbouw. Het onderdeel veiligheid richt zich op het borgen van de veiligheid van gebouwen onder veranderende omstandigheden. TNO ontwikkelt kennis over de gevolgen van veranderingen in de ondergrond voor gebouwen (door menselijke activiteiten, klimaatverandering en/of andere oorzaken). Dit resulteert in voorspellingsmodellen voor schades en risico-gebaseerde beoordelings-gereedschappen waarmee gebouw-eigenaren worden ondersteund bij beslissingen over onderhoud en reparatie. Voor de veiligheidsbeoordeling van bestaande constructies worden nieuwe gereedschappen ontwikkeld die de constructie op systeemniveau beoordeelt in plaats van op componentniveau. Hiervoor wordt kennis opgebouwd voor numerieke en voor experimentele methoden.

In het onderdeel zorgbouw gaat TNO na hoe de bouwkundige en installatietechnische infrastructuur van complexe zorggebouwen zoals ziekenhuizen is te verduurzamen en optimaliseren. Hierbij staat de vraag centraal hoe deze optimalisatie in bestaande zorggebouwen technisch en financieel kan plaatsvinden met behoud van comfort en veiligheid voor patiënt en personeel, en van de bedrijfscontinuïteit. Extra aandacht gaat daarbij uit naar de luchtkwaliteit met het oog op infectiepreventie en pandemiebestendigheid als belangrijk onderzoeksonderwerp.

Digitalisering - Dit deelprogramma richt zich op de ontwikkeling van predictive twins in de gebouwde omgeving, die toekomstige prestaties van (netwerken van) bouwwerken voorspellen en beïnvloeden. Onze doelgroep bestaat uit eigenaren en beheerders van assets in de gebouwde omgeving die predictive twins gaan gebruiken voor hun assetmanagement.

In 2022 ligt de focus op het vormgeven van de hiervoor benodigde data-architectuur en een inventarisatie van in te zetten technologieën. Het beoogde resultaat op termijn is een schaalbare data-architectuur zodat predictive twins snel en efficiënt toegepast kunnen worden in allerlei typen constructies. Binnen deze data-architectuur wordt een proof of concept ontwikkeld van een zogenaamde BIM Bot die data uit een monitoringsysteem en een bouw-informatie model (BIM) automatisch kan koppelen en valideren. De inmiddels opgebouwde kennis van Linked Data / Semantic Web zal in 2022 worden geborgd in Nederlandse en Europese standaarden.

Energie in de gebouwde omgeving - In dit deelprogramma richt TNO zich op het ontwikkelen van technologieën, oplossingen en tools voor met name renovatie van woningen en utiliteitsgebouwen, en de opschaling daarvan. Dit met als doel de transitie naar een energiepositieve gebouwde omgeving te versnellen. Hierbij werkt TNO aan vier speerpunten. Het eerste speerpunt

betreft de ontwikkeling van datagedreven gebouwmodellen (predictive twins), waarmee de daadwerkelijke prestaties van renovatieconcepten (energie, comfort en binnenluchtkwaliteit) kunnen worden voorspeld. Dat helpt bij het maken van keuzes (afwegingen tussen verschillende renovatieconcepten), het afgeven van prestatiegaranties, energieflexibilisering en foutdetectie en -diagnose. Het tweede speerpunt richt zich op de ontwikkeling van tools voor zogenaamde gebouwclustering om de opschaling van bestaande en nieuwe renovatieoplossingen voor woningen en utiliteitsbouw te verbeteren. Het derde speerpunt betreft de ontwikkeling van duurzame warmte- en koudesystemen, waarbij het onderzoek zich richt op de systeemintegratie van klimaatsystemen (o.a. warmtepompen) in het gebouw en in interactie met het energiesysteem. Het laatste speerpunt is de ontwikkeling van compacte warmteopslag met een opslagtermijn van één week tot enkele maanden, waarbij drie verschillende technologieën worden doorontwikkeld: voelbare compacte opslag, thermochemische opslag door middel van zouten (twee afzonderlijke reactorconcepten) en compacte opslag door middel van redox-reacties.

Bouwmaterialen - Dit deelprogramma richt zich op innovaties van steenachtige materialen, asfalt en houtbouw. Belangrijk daarbij zijn het reduceren van emissies van schadelijke stoffen, hergebruik van materialen en verlenging van de levensduur. Centraal punt bij steenachtige materialen is de ontwikkeling van nieuwe duurzame betonsoorten door toepassing van alternatieve binders (bindmiddelen) en hergebruik van reststromen. Om tot succesvolle innovaties te komen is het van groot belang om de degradatie van beton onder verschillende omstandigheden te kunnen voorspellen. Voor asfalt is de kennisontwikkeling gericht op duurzame materiaalinnovaties van biobased materialen en het ontwikkelen van alternatieven om de levensduur van voegovergangen te verlengen. Vanwege de klimaatdoelen en de grote bouwopgave kiezen partijen steeds vaker voor houtbouw met massieve wanden en vloeren. Om succesvol en competitief te zijn, wordt deze vorm van bouw geïndustrialiseerd. TNO ontwikkelt kennis voor deze nieuwe bouwwijze ten aanzien van verdere optimalisatie van materiaaltoepassing, hergebruik van hout, ontwerp en productie.

Titel	VP Geo Energie (P307)
MTIB Thema	Klimaat en Energie / MMIP4: Duurzame warmte en koude in de gebouwde omgeving (individueel en collectief), MMIP 6,7 (Verduurzaming warmtevraag Industrie, CO2 opslag, grootschalige energieopslag)
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Richard Braal (DM TNO), Maurice Hanegraaf / Frits Verheij
Contactpersoon Regievoerder	Pieter Jongerius (EZK), Jorg Gigler (TKI Geo Energie), Robert Jan van Egmond (TKI Urban Energie)

Programma jaar 2022 - Samenvatting

Het overkoepelende TNO R&D programma Aardgasvrije wijken bestaat uit het VP Energo (P505), VP Duurzaam Bouwen (P502) (beide geleid door de unit TNO BI&M) en het VP Geo Energie (P307). Energo en Duurzaam Bouwen richten zich op renovatieconcepten en verduurzamingsopties voor gebouwen, Geo Energie zich richt op de bijdrage van de ondergrond aan de energietransitie inclusief collectieve warmtesystemen. De naam van VP Geo Energie is in 2021 gewijzigd in Geo Energie omdat er binnen TNO Energietransitie in 2021 een nieuwe roadmapstructuur is ingesteld en dit beter aansluit bij de programmering van het VP. Geo Energie maakt nu onderdeel uit van de Roadmap Sustainable Sub surface. In dit document wordt het VP Geo Energie verder toegelicht.

Het onderzoek in het VP Geo Energie richt zich op de bijdrage die de ondergrond kan leveren aan de energie transitie. Er zijn 3 aandachtsgebieden:

- Verduurzaming van de warmtevraag in de gebouwde omgeving en industrie
- Energie- en CO2 opslag
- Hergebruik van olie & gas infrastructuur en well abandonment

Collectieve warmtesystemen spelen een grote rol bij het versnellen van de verduurzaming van de warmtevraag in de gebouwde omgeving. Volgens het klimaatakkoord moeten in 2030 1,5 miljoen huizen zijn verduurzaamd waarvan 750.000 woningen zijn aangesloten op duurzame collectieve warmtenetten. De gebruiker vraagt vooral betrouwbare en betaalbare warmtesystemen. De aanbieder wil dat deze systemen technisch uitvoerbaar en economisch haalbaar zijn. Diverse factoren

maken verduurzaming en opschaling van warmtesystemen onzeker. Duurzame warmtebronnen vragen om een andere regelstrategie in het ontwerp. Kostenreductie over de hele warmteketen is nodig. Het potentieel van geothermie is groot, maar hoeveel warmte, waar én tegen welke prijs kan er worden gewonnen en geleverd? Warmteopslagsystemen maken warmtenetten flexibeler en robuuster, maar het ontbreekt aan een passend beleidskader. De warmteketen is gefragmenteerd en beperkte samenwerking tussen de schakels hindert het werken aan integrale oplossingen. Dit staat investeringen en daarmee opschaling en versnelling in de weg. Ook is er niet altijd draagvlak van bewoners van collectieve warmte systemen.

Het onderzoek van TNO richt zich op het verbeteren van de kostenefficiëntie en duurzaamheid van warmtenetten met tenminste 25% en het vergroten van de flexibiliteit van het gehele toekomstige energiesysteem door optimalisatie van ontwerp en regelstrategie, goede integratie van duurzame bronnen inclusief opslag.

Verder richt TNO zich op de veiligheid van CO2 opslag en ontwikkeling van energieopslag van waterstof en compressed air in de ondergrond.

Het VP Geo Energie heeft de volgende doelstellingen:

- Optimalisatie Geo Energie; de duurzaamheid en productie van geothermie verbeteren door de ontwikkeling en toepassing van optimalisatie software (Everest).
- Well technologie: ontwikkeling van innovatieve put- en boorconcepten waarmee de productie en van (marginale) reservoirs kan worden verhoogd met maximaal 40% ten opzichte van gangbare put- en boorconcepten.
- Exploratie Geo Energie: reduceren van geologische risico's door het beschikbaar maken en optimaliseren van 'Geo data' met behulp van 'artificial intelligence' technieken. De focus ligt hierbij op 'ondiepe' reservoirs voor HTO en Geothermie.
- Warmtenetten: verlagen kostprijs voor aanleg van warmtenetten door ontwikkeling van gebruik design tool CHES.
- Veiligheid en duurzaamheid Geothermie; het hoofddoel is het beter begrijpen, voorspellen en modeleren van aardbeving risico's door geothermie.
- Seizoensopslag van warmte: Beschikbaar maken van seizoenopslag (HTO) door realisatie van 2 HTO projecten.
- CCS: Ontwikkelen monitoringsysteem voor veilige CO2 opslag.
- Verbeteren van inzicht in de rol die grootschalige ondergrondse energieopslag kan spelen in het vergroten van de flexibiliteit van het huidige en toekomstige transitie-energiesysteem. Focus is vooral gericht op waterstof opslag en compressed air opslag.

Voor elk van deze doelen wordt samengewerkt met industriepartners uit industrie en de geothermie, - en warmtesector. Alle bovengenoemde innovaties worden op (industriële) schaal getest en gebruikt door de (industrie) partners.

Titel	VP Solar Energy (P321)
MTIB Thema	Klimaat en Energie / MMIP2, MMIP3
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Harm Jeeninga (DM), Arthur Weeber (VPM)
Contactpersoon Regievoerder	Kendall Esmeijer, Ruben Prins, and Erik ten Elshof (EZK); Robin Quax, Wijnand van Hooff, and Ümit Duman (TKI Urban Energy) and Bob Meijer (TKI Offshore Wind Energy); Frans van den Heuvel (Mission Team Electricity)

Programma jaar 2022 - Samenvatting

This Solar Energy program contributes to reaching climate goals described in the Paris Agreement, the European Green Deal and the 'FIT for 55' package, and the Netherlands Climate Agreement (particularly through its Missions Electricity and Built Environment), by enabling rapid and large-scale deployment of photovoltaic solar energy.

Moreover it supports strengthening and rebuilding the European solar energy industry to seize economic opportunities, reduce dependence on imports and avoid supply disruptions, maximize sustainability and accelerate the energy transition, by joining forces with industry along the value chain from developing innovative manufacturing up to and including applications.

Together with partners in research and industry, we set the following selected program goals for 2025:

- *Sustainable solar energy on land and water:* (1) a framework for the assessment of solar parks available, especially in terms of profitability as a function of park design, values (functional, ecological, aesthetic, etc.) and operation & maintenance schemes, and (2) a first pilot of solar PV on the North Sea operational;
- *Integrated solar energy and safety:* (1) integrated and safe solar energy elements demonstrated to be a preferred option (value for money) for energy neutral buildings, and on the longer term for energy positive buildings, (2) a framework for integration of solar in infrastructure available (primary function maintained, proven with respect to performance and safety, and at competitive cost), and (3) the mass customization approach for Vehicle Integrated PV application proven (functional, cost, aesthetics, safety);
- *Circular solar modules and mass customization:* (1) an ecosystem with partners along the value chain for mass customization of cost-competitive integrated solar products established, (2) the potential for recycling of solar modules demonstrated, especially for high-value materials (e.g. silver and silicon);
- *Advanced solar technologies:* (1) large-area and high-performance silicon and perovskite solar cells optimized for tandem PV and demonstrating 27% efficiency potential and proven stability, (2) demonstration of a flexible all-perovskite thin-film tandem using green solvents and with efficiency potential of 24% for roll-to-roll processing and proven stability on module level.

Selected related targets for 2022 as stepping stones towards these goals are:

- *Sustainable solar energy on land and water:* (1) establish a first set of associated solar parks for collecting data on performance, safety and ecological parameters with the aim to translate the overall value of solar parks in quantitative units (beyond financial value), (2) design criteria for floating solar on difficult water based on results from field and lab tests;
- *Integrated solar energy and safety:* (1) proven performance (yield and reliability) of Dutch Solar Design under real operational conditions, (2) an affordable concept for solar integration into guardrails developed, (3) a computer simulation model for range extension benefit of VIPV verified, (4) a report on safety issues and mitigation of safety risks for integrated solar energy systems.
- *Circular solar modules and mass customization:* (1) a proof of production of semi-fabricates on the mass customization (MC) pilot line, accompanied by a roadmap towards cost-competitive integrated PV, employing MC, (2) a demonstration of disassembling technologies enabling recycling of solar modules;
- *Advanced solar technologies:* (1) demonstration of 24% silicon solar cell efficiency potential by applying novel carrier-selective and passivating contacts deposited by Pulsed Laser Deposition enabling both high-end single junction silicon PV and tandems, (2) a flexible perovskite solar cell with efficiency $\geq 17\%$ as stepping stone towards roll-to-roll processing and proven stability proven for a rigid module, (3) demonstration of 24% efficiency for a large area tandem module based on perovskite and silicon component cells.

Titel	VP Windenergie (P322)
MTIB Thema	Klimaat en Energie – Missie A, MMIP 1
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Harm Jeeninga (DM) / Peter Eecen (VPM)
Contactpersoon Regie-voerder	Bob Meijer, TKI Wind op Zee, Missie A

Programma jaar 2022 - Samenvatting

The research programme as described by VP Wind aims to provide the innovations, knowledge and technology required to implement the required wind power in the Netherlands against lowest societal costs. The targets for offshore wind are 11,5GW in 2030 growing to more than 60GW in 2050. The upscaling of offshore wind encounters barriers such as costs, speed of implementation, use of offshore space, safety, ecology, human factor and the integration in the energy system. Also on-shore wind is addressed, but the activities are less technical of nature and more environmental, societal and addressing regulation.

The research group in Wind Energy of TNO is leading in the development of innovative products and solutions for offshore wind farms. Together with companies, TNO develops knowledge and innovations that assist the implementation of offshore wind farms. By including the companies in an early stage of development, the innovations are expeditiously implemented by the companies and therefore have their impact in building the offshore sector before 2030. An example is the Dutch offshore industry, enabling the Dutch energy transition and creating activities all around the world by installing and maintaining offshore wind farms.



The R&D programme of TNO wind energy is part of TKI Wind op Zee and seamlessly aligns with the MMIP1 of Mission A. For the next three years the main goals are to contribute to the implementation of offshore wind by

1. Reducing costs of wind power even further
2. Improve installation and logistics for offshore wind farms
3. Ensure safe and reliable operation by a.o. digitalisation
4. Better understanding of ecological impact
5. Improve integration of wind power in the energy system
6. Increase circularity and eco-friendliness of wind energy

The research program in wind energy aims for innovations in offshore wind energy. the implemented innovations support the competitiveness of the Dutch industry and lead to acceleration of implementation of offshore wind power, among others by removing barriers:

Reduction of cost of energy of offshore wind power

- By improving the business case of large wind turbines
- By improving installation, operation and maintenance of wind turbines

Integration in the energy system by increased flexibility, storage and market

- Development of conversion and storage technologies relevant for large-scale wind power
- Integration concepts to include floating solar in offshore wind farms
- Development of scenarios for 2030 and 2050 considering hybrid systems with wind farms for the electricity market development and recommendations for regulation
- Development of tools to support the infrastructure lay-out of hybrid systems to secure energy sector-coupling.

Development of new concept for the period after 2030

- Innovative testbenches for rapid validation and so quick time-to-market
- Robotisation and digitalisation to support cost-effective and reliable operation of offshore wind farms
- Off-grid wind concepts to exploit the full potential of offshore wind energy

All these innovations remove barriers for implementation of wind power according the targets in the Dutch climate agreement and lead to a competitive offshore wind sector with many green jobs.

Het onderzoeksprogramma van TNO Windenergie sluit naadloos aan bij het programma van TKI Wind op Zee en Topsector Energie Missie A: “Een volledig CO2 vrij elektriciteitssysteem in 2050”. Het programma richt zich voornamelijk op het meerjarig missiegedreven innovatieprogramma MMIP 1 “Hernieuwbare elektriciteit op zee” en in mindere mate op MMIP2 “Hernieuwbare elektriciteitsopwekking op land en in de gebouwde omgeving”. De overkoepelende MMIP13 over een robuust en maatschappelijk gedragen energiesysteem wordt daarbij nauw in het oog gehouden.

De innovaties in offshore windenergie die het R&D programma “Windenergie” heeft gerealiseerd in 2020 hebben resulteren in:

- Reductie van de prijs van offshore windstroom. De grootste turbine ter wereld is nu operationeel in Nederland en TNO voert het onderzoek en innovatieprogramma op deze turbine uit. Met behulp van TNO is de turbine in de markt gezet en is kennis vergaard voor het nog effectiever maken van offshore gebruik. TNO-innovaties in installatie, onderhoud en beheer besparen onze partners veel kosten.
- Integratie in het energiesysteem door flexibiliteit, opslag en markt. TNO heeft een ontwikkelingen in gang gezet om flexibiliteitsopties voor offshore windparken te ontwikkelen en testen op een specifiek ingericht systeem integratie field lab.
- Ruimtelijke en sociale inpassing, multifunctioneel gebruik van ruimte en recycling. TNO pleit voor het op grote schaal integreren van duurzame energieopties in ons landschap, heeft in 2020 ingezet op het voorkomen van vogel en vleermuis slachtoffers en heeft een concept ontwikkeld om windturbinebladen effectief te kunnen recyclen en met name het glas van de bladen te hergebruiken.

Titel	VP CO2-neutral industry (P323)
MTIB Thema	Klimaat en Energie
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Richard Braal, Ronald van den Berg, Jaap Vente
Contactpersonen Regie-voerder	Rob Kreiter (TKI-E&I), Jörg Gigler (TKI-Gas), Kees de Gooijer (TKI-BBE)

Programma jaar 2022 - Samenvatting

The demand driven program “CO2 neutral industry” responds to the societal need for a carbon neutral industry as formulated in the Climate Agreement. The government’s central goal with the National Climate Agreement is to reduce greenhouse gas emissions in the Netherlands by 55% by 2030 compared to 1990 levels. An integral knowledge and innovation agenda (IKIA) was established, following the Dutch climate agreement. Five “missions” were defined containing 13 MMIPs (multi-year mission driven innovation programs).

Following the missions and MMIP the VP CO2 neutral Industry is structured in 8 program lines. The table below shows how long term ambitions are connected to the energy transition goals as described in the MMIP programs.

Ambition		
<ul style="list-style-type: none"> TNO enables and supports the smooth, safe and efficient transition of the Dutch and European industry towards CO2 neutral production in 2050. In 2050 the Dutch (energy intensive) industry is thriving and climate neutral. The industrial transition in the NL is taken as a good example in other EU countries. 		
External formulated long term goals (2030 - 2050)	Our impact / attribution	Output / objectives 2025
<ul style="list-style-type: none"> NL Climate law: 95% reduction of GHG in 2050 relative to 1990. EU climate plan: at least 55% reduction of CO2 in 2030 relative to 1990. In 2030 Carbon Capture & Storage (CCS) is implemented on hard-to-abate sectors like the waste sector, refineries, cement and steel. By 2030 industrial heating up to 300 °C is sustainable and high temperature heat (>300°C) is delivered with 55% lower CO2 intensity In 2030 the Netherlands is implementing the repurposing of existing national and cross border infrastructures towards Hydrogen and Syngas/CO2. In 2030 sustainable hydrogen production is on its way to implementation. In 2030 biobased feedstock is fully implemented and considered to be "standard" In 2030 one third of the energy used for mobility is climate neutral. Electricity, biobased- and synthetic fuels and feedstock are available and being applied. In 2050 industrial feedstock, products and processes are energy neutral and at least 80% circular 	<ul style="list-style-type: none"> Develop technology that enables the iron and steel, refinery, cement and waste to energy industry to reduce their emission through CO2 capture and use Develop technology that enables the chemical, paper, food and beverage industry to have an energy efficient and CO2-neutral process heating system Collaborate with industry and government to develop a future-proof cross border (molecular) infrastructure for the renewable energy system: hydrogen admixing, CO2 transport, green-gas and intermediate chemicals/feedstock Technology development and implementation support to enable large scale biobased fuels and feedstock use in the NL and Europe Support the Dutch industry in commercial implementation of clean hydrogen production and use in synthetic fuels and chemicals To support decision making with integrated models for industrial transition on multiple levels: industrial cluster, region, country and international level. Initiate and facilitate discussions on key choices to be made in the energy transition. 	<ul style="list-style-type: none"> TNO contributed technology to at least 5 major (100kt/y) CCS implementations: "TNO inside" Heat pump technology up to 150 °C is demonstrated in various industrial settings Joint vision on infrastructure development for molecules like hydrogen and CO2 in a cross-border cooperation with Germany and Belgium. TNO contributes to cost reduction on current electrolyser systems and the development of the supply chain for scale-up. Break-through technology for the second generation electrolysers demonstrated on TRL-5. Green gas and biofuel demonstration projects together with relevant market players. Novel economically viable routes for synthetic fuels and chemicals have been proven at TRL 5 and one has been demonstrated at an industrial site. At least 1 white-paper each year about key directions of the energy transition including technological forecasting.

The key focus of each of the program lines is as follows:

- Industrial CO2 capture: key elements include cost reduction, process stability, energy efficiency, CO2 purity and overall emissions of the CO2 capture unit.
- Sustainable Industrial Heat System: technology development to reduce, reuse, supply and store heat. Focus on generating sustainable heat through combustion, electrical heating, hybrid heating solutions and efficient separations.
- Energy Infrastructure: focusses on (trans)national infrastructure development, including new value chains (H2, CO2) and coupling of offshore wind and hydrogen. This program line also works on safety aspects of new gases in existing/new infrastructure: integrity, high frequency dynamics and noise, using digital twins and machine learning and early detection of issues using Artificial Intelligence.
- Clean Hydrogen Production: This program line focusses on hydrogen production and addresses the main challenges: cost reduction, performance improvements and massive scale up. This includes validation of potential (technical and commercial) of (Dutch) electrolyser components innovations.
- Biobased Fuels & Chemicals: the research focusses on maximizing the molecular capital from biogenic sources like demolition wood, seaweed and all sorts of agricultural residues. The aim is to develop sustainable bio-fuels for the aviation and shipping. The maximum climate impact is reached when the excess carbon is sequestered either as CO2 or bio-char. When there is a surplus of renewable electricity available one can envisage that converting that electricity to hydrogen allows all carbon in the biomass to be used to produce value added chemicals.
- Synthetic Fuels & Chemicals: The processes to synthetically produce the carbon based compounds, like formaldehyde, methanol, DME, ethylene, propylene, and kerosene, from CO2 are hindered by a low conversion and a poor selectivity. This is the main topic of research in this program line.
- Radical New Industrial Processes: within this program line we develop new technological approaches and options, for the longer term with a high risk character.
- Industrial Transformation: governments in the Antwerp-Rotterdam-Rhein-Ruhr Area (ARRRA) will have to make far reaching decisions in the next years with respect to investments in new technologies, infrastructure and regional development. However, there are large uncertainties and interdependencies, both nationally and internationally, related to technology development, market development, sustainable feedstock and energy availability and transnational laws and regulations. Therefore, it is very difficult for stakeholders to make decisions balancing the societal, ecological and economic costs and benefits, while fast decision making is needed. This is the challenge that we address in this program line.

Titel	VP Luchtkwaliteit (P510)
--------------	---------------------------------

MTIB Thema	
Contactpersonen TNO (SD en VPM)	Willar Vonk (VPM), Martijn Schaap (depSD)
Contactpersoon Regie-voerder	Paul Rijkse (MinlenW)
Programma jaar 2022 - Samenvatting	
<p>Despite the improved air quality in Europe, yearly approximately 400.000 premature deaths can be attributed to bad air quality. The burden of disease in the Netherlands is caused for more than 5% by poor quality of the environment, a cost of 5-7 billion Euro per year. Global warming may lead to catastrophic sea level rise, droughts, and more frequent extreme weather. Critical loads for atmospheric nitrogen deposition are exceeded in 72% of the Dutch nature areas, leading to significant biodiversity loss. All these pressing environmental challenges relate to anthropogenic emissions into the atmosphere and their negative impact on the environment. To curb these impacts, the Dutch government has committed itself to reduce the adverse health impacts due to Dutch emissions by 30% and to reduce greenhouse gas emission by 49% in 2030, while nitrogen policies are currently under fierce societal debate.</p> <p>The VP is part of the TNO programme for Air Quality in which an innovative, state-of-the-art infrastructure for accurate monitoring and verification of atmospheric composition, exposure and deposition is developed, applied and maintained for the Netherlands. With this infrastructure we reduce uncertainties for, and create a clear view on the source-effect relationships. This forms a robust knowledge backbone to support decision making and policies for reducing emissions that harm climate, air quality and biodiversity.</p> <p>The competences for measuring, sensing, emission inventories, chemistry transport modelling, remote sensing, and data assimilation were recently brought together within TNO. The combination of these competences makes TNO unique in the Netherlands and abroad. Our emission inventories, measurement data and chemistry transport models will be made openly available to build modelling capacities worldwide. Next to our impact on the effectivity of policy for climate change, clean air and biodiversity, we also create impact by valorisation of our knowledge and innovations together with companies. The for 2022 extra assigned budget is used to strengthen the integration of expertise's to optimally combine, synergize and innovate these competences.</p> <p>For the VP in 2022 the following main results are targeted:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Develop a working prototype delivering the PM, O3 and NO2 source apportionment service to the ILM sensor network (in Eindhoven) and the locations of the other sensor networks in the Netherlands 2. a novel point of view (NPOV) on particulate matter, identifying the need for a different perspective, detailing health relevant fractions like woodsmoke, soot, non-exhaust and UFP, in the end resulting into policy measures targeted to reduce particulate matter emissions that cause health reduction. <p>The VP on Air Quality is connected to several national and international initiatives. In the Netherlands the programme is connected to the Ruisdael Observatory, the knowledge agenda for the "Schone Lucht Akkoord", the national knowledge programme for Nitrogen (NKS) and local initiatives such as the monitoring sensor network ZO-Brabant (ILM). We cooperate and seek for synergies with other Dutch scientific partners like RIVM, KNMI, SRON, TUD, RUG, WUR, VU, UU and GGD. The VP is also very well embedded in the European scientific society for air quality and greenhouse gas monitoring by accommodating professoriates of TNO colleagues at several universities, by participating in international research infrastructures (ICOS, ACTRIS), by being part of the Copernicus Atmospheric Monitoring Service (CAMS) and by being partner or leader in European projects that are co-financed by this VP, such as COCO2, Verify, AQ-Watch, LEON-T, PAUL and RI-URBANS. Internally in TNO there is a tight connection with the TNO Early Research Programmes (ERPs) AQNext and Exposense as well as the VP's for Space (on the application of satellite data for emission and atmospheric composition verification), sustainable mobility (on emissions of mobility) and the VP for clean shipping (on maritime and inland shipping emissions).</p>	

Titel	VP Circulaire Economie (P515)
MTIB Thema	Circulaire Economie
Contactpersonen TNO (DM/SD en VPM)	Erlend Deckers (VPM), Ardi Dortmans (SD)
Contactpersoon Regievoerder	Bas Warmenhoven (IenW)
Programma jaar 2022 - Samenvatting	
<p>The circular economy is an important means in achieving the sustainable development goals and in achieving the Paris agreement on climate change. A circular economy aims for using less raw materials, re-using materials, components and products optimally and substitution of limited raw materials by renewable raw materials. In doing so, the circular economy contributes i.a. to prevention of climate change and environmental pollution, reduction of loss in biodiversity, improving socio-economic effects, and to reduction of criticality/ depletion of raw materials (see “Mogelijke doelen voor een circulaire economie”, Policy Brief, PBL, July 2021).</p> <p>TNO aims to accelerate the Dutch transition towards a circular economy and contributes to the KIA-CE by providing guidance in design and development of the circular economy (eco-system, policy, incentives, business models, impact assessment, technology, infrastructure, products) and by co-development of concrete solutions (products, technologies).</p> <p>The VP Circular Economy focusses on 2 topics: Circular Value Creation and Circular Plastics. In the Circular Value Creation program we quantify and model the impact – environmental, economic and social - of circular and sustainable technologies, strategies & policies. We focus on impact analyses and value creation, and accelerating transition to a circular economy. With the extra budget for 2022 specific attention will be on connecting to circular hubs. Aiming at selected sectors such as build environment & infrastructure, manufacturing industry, national & local governments and authorities. The Circular Plastics program focusses on development of innovative recycling technologies for plastics, as well as on impact analyses specifically for plastics. Methodologically there is a strong link between the Circular Value Creation Program and the impact analyses part of the Plastics program. The same modelling framework is used as a starting point and innovation in models is aligned. The extra budget assigned to Plastics will go to systems approach and eco-design.</p> <p>Concrete short-term results (2022) of this VP on Circular Value Creation are a paper on an improved LCA methodology (including recyclability, future developments, renewable materials) and an extension of current models for modelling the effects of the circular economy for climate change. Furthermore, a methodology to determine the social impact of material (re-)use and/or the circular economy will be developed. This will be connected to environmental and economic models in order to be able to determine the integral impact of circular economy strategies. Last but not least we will start with the development of an urban circular hub.</p> <p>Concrete short-term results (2022) of this VP on circular plastics are the expansion of TNOs Plastic Recycling Impact Scenario Model PRISM (including waste sorting, scenario simulations) and its modelling using a more powerful software platform, application of innovative LCA-tools (multi-criteria decision) on specific use cases (e.g. EHV), SEM-CL as (micro)plastic identification and characterization tool, the scale-up of Möbius dissolution technology for HIPS (TRL4/5), application of Möbius for PLA enantiomer separation (TRL3) and for separation of LLDPE/LDPE packaging materials. In addition, we aim to deliver a proof-of-concept for mono-material PET-trays, insights for improving quality of recycled plastics and insight in the correlation between recycling processes and the longevity of polymer materials.</p>	

Titel	Sustainable Traffic and Transport (P406)
MTIB Thema	Mobiliteit / Missie D+ (MMIP 9 & 10; deel-KIA Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen)
Contactpersonen TNO (DS en VPM)	Marieke Martens (DS), Marika Hoedemaeker, Isabel Wilmink, Geiske Bouma (VPMs)
Contactpersoon Regie-voerder	Topsector HTSM: Leo Warmerdam Topsector Logistiek: Albert Veenstra Ministerie IenW: Michel Duinmayer (IenW-DGMO/Unit Strategie) en Karen de Ruijter (IenW-DGMO/Unit Strategie) Ministerie BZK: Kees de Jong (DGBRW/Directie RenL, cluster E/account kennis) en Rosemarie Bastianen (DGBRW/Directeur Ruimte en Leefomgeving)
Programma jaar 2022 - Samenvatting	
<p>De roadmap Sustainable Traffic & Transport (T&T) richt zich op kennis en innovatie voor technologie en beleid ten behoeve van het verduurzamen van de mobiliteitssector. Onderzoek en ontwikkeling ten dienste van beleid en innovatie vinden plaats op drie systeemniveaus: het voertuig, het mobiliteitssysteem en mobiliteit in de bredere maatschappelijke systeemcontext.</p> <p>Het onderzoek in het Vraaggestuurde Programma Sustainable T&T richt zich op de ontwikkeling van technologie, instrumentarium en beleid voor reductie van de milieu-impact van mobiliteit met een focus op luchtverontreinigende emissies ("schoon") en broeikasgassen ("zuinig / duurzaam").</p> <p>Enkele belangrijke resultaten die in 2022 gerealiseerd worden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkeling van een waterstof-verbrandingsmotor voor trucks in het H2-ICE project, om aan te tonen dat toepassing van waterstof in verbrandingsmotoren een duurzame en kosten-effectieve oplossing kan bieden voor reductie van CO2-emissies in zware transporttoepassingen. • Ontwikkeling van een zelf-lerend batterij-managementsysteem gebaseerd op de TNO temperatuursensor in een batterij. • EC Green Deal project MAGPIE: ontwikkeling van elektrische trucks, die automatisch naar oplaadstations kunnen rijden, automatisch opladen en automatisch terugrijden naar de parkeerplaats (zonder bestuurder). • Demonstraties van elektrisch rijden met zware vrachtwagens. • Methoden voor monitoring van inzet en gebruik alternatieve energiedragers in mobiliteit, maken van prognoses van de introductie hiervan en assessment van de implicaties van wet- en regelgeving op inzet en gebruik over de sectoren heen. • Ontwikkelen van methoden om inzicht te krijgen in lifetime praktijkemissies van voertuigen o.b.v. bestaand meetinstrumentarium in het voertuig zelf. Meten aan andere emissies dan die nu standaard gemeten worden (maar die in belang toenemen). Verbreden meetinstrumentarium emissies d.m.v. ontwikkelen meetmethodes voor mobiele werktuigen. • Kennis opbouwen over beleidsinterventies om mobiliteit te verduurzamen en inzicht in reacties op deze interventies. • Uitwerken, testen en evalueren van logistieke concepten waarmee emissies verminderd kunnen worden. Impact van maatregelen als zero-emissions stadszones bepalen. Ontwikkeling van tooling waarmee effect van logistieke innovaties op CO2-emissies meetbaar gemaakt worden. • Ontwikkeling integraal modelinstrumentarium waarin de koppeling tussen energie, mobiliteit en ruimte inzichtelijk gemaakt kan worden door middel van scenario's en simulaties van kansrijke maatregelen en interventies en hun bijbehorende impacts. • EU H2020 project RUGGEDISED: het ontwikkelen van een raamwerk voor monitoring en evaluatie van de innovatie capaciteit in steden. Daarbij kijken we welke organisatie, skills en samenwerking nodig zijn om de complexiteit van opgaven en transities in steden het hoofd te bieden. 	

Titel	VP Smart & Safe Traffic & Transport (P402)
MTIB Thema	Mobiliteit / Missie D+ (MMIP 9 & 10; deel-KIA Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen)
Contactpersonen TNO (DS en VPM)	Marieke Martens (DS), Marika Hoedemaeker, Isabel Wilmink, Geiske Bouma (VP-managers)
Contactpersoon Regievoerder	Topsector HTSM: Leo Warmerdam, Topsector Logistiek: Albert Veenstra Ministerie IenW: Michel Duinmayer (IenW-DGMO/Unit Strategie) en Karen de Ruijter (IenW-DGMO/Unit Strategie) Ministerie BZK: Kees de Jong (DGBRW/Directie RenL, cluster E/account kennis) en Rosemarie Bastianen (DGBRW/Directeur Ruimte en Leefomgeving)
Programma jaar 2022 - Samenvatting	
<p>De roadmap Smart & Safe Traffic & Transport (T&T) richt zich op kennis en innovatie van slimme mobiliteitsoplossingen (digitalisering en automatisering) ten behoeve van het vergroten van de verkeersveiligheid en het verbeteren van de efficiency van logistiek en het mobiliteitssysteem. Onderzoek en ontwikkeling ten dienste van beleid en innovatie vinden plaats op drie systeemniveau's: het voertuig, het mobiliteitssysteem en mobiliteit in de bredere maatschappelijke systeemcontext.</p> <p>Het onderzoek binnen de roadmap Smart and Safe T&T richt zich op kennis en innovatie van slimme mobiliteitsoplossingen (digitalisering en automatisering) ten behoeve van het vergroten van de verkeersveiligheid en het verbeteren van de efficiency van logistiek en het mobiliteitssysteem.</p> <p>Enkele belangrijke resultaten die in 2022 gerealiseerd worden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Start van vervolg project op EU L3 pilot: EU HiDrive richt zich op implementatie en impact analyse van L4 voertuigen. • Verdere ontwikkeling en toepassing van de human factors driving simulator. • Path planning van automatische voertuigen waarbij specifieke snelweg situaties en interacties worden gemodelleerd in het project SAFE-UP. • Ontwikkeling van volledig automatisch rijdende (elektrische) trucks in de haven van Rotterdam in het EU Green Deal project MAGPIE. • Modelconcepten voor het verkennen van de impacts van Mobility-as-a-Service, hubs en deelmobiliteit: multimodale toedeling, meenemen beschikbaarheid (deel)voertuigen (d.m.v. een 'vehicle dispatcher' module) en kosten MaaS-diensten. Eerste aanzet tot ontwerpmethodologie hubs. • Proof-of-concept Large-scale Microsimulator, waarmee microsimulaties op grote (geografische/tijds) schaal uitgevoerd kunnen worden, om toegevoegde waarde connectiviteit en impact van automatisch rijden te kunnen bepalen. • Roadmap die de transitie van vigerende strategische modellen naar strategische modellen gebaseerd op activity based modelleren beschrijft. • Uitbreiden en operationaliseren set indicatoren die o.b.v. modellen en data bepaald kunnen worden zodat impact op brede welvaart bekeken kan worden. • Innovaties in digitale infrastructuur, o.a. met betrekking tot veilig en betrouwbaar data delen om connectiviteit optimaal te benutten. • Proof-of-concept platform voor datadelen in de logistiek, inzichten in welke data wanneer gedeeld en gebruikt moeten worden. • Verkenning aan de hand van analyses en experimenten wat de impact is van het intelligent maken van onderdelen van het logistieke systeem via een zelforganiserend systeem. Toepassingen van Internet of Things (IoT), zelflerende algoritmes en AI in de logistiek – 'vrachtwagen die zelf zijn transporten organiseert'. • Ontwerpen, testen, implementeren, monitoren en evalueren van technologieën en concepten gericht op hogere niveaus van automatisering van de logistiek voor alle modaliteiten. Inzicht in bijdrage van connected automated transport aan reductie van emissies (link met het VP Sustainable Traffic & Transport). Ontwikkeling van gezamenlijke value (en business) cases voor autonoom zwaar wegvervoer. 	

- Digital Twin Platform Urban Strategy: doorontwikkeling IMB5 architectuur (o.a. koppeling EU-project DUET), koppelingen maken tussen modules (o.a. gerelateerd aan geluid) en verbetering van de 3D visualisatie. Binnen het EU-project MOVE21 wordt het Digital Twin Platform Urban Strategy in 2022 ingezet in de Living Lab steden Oslo, Gothenburg en Hamburg (als onderdeel van de Living Lab aanpak) t.b.v. simulaties van maatregelen op het vlak van hubs voor personen en goederen.
- Ontwikkelen Living Lab methodologie (het opzetten en duurzaam borgen van een Living Lab) voor de mobiliteitstransitie (gekoppeld aan zowel het mobiliteits- als logistieke systeem) in steden (EU-project MOVE21). Inzicht in governance vraagstukken in de Living Labs en 'drivers and barriers' die stakeholders ervaren t.a.v. co-creatie, innovatie capaciteit en governance arrangementen.
- Ontwikkeling Disruptive Innovation Impact Assessment Framework – gekoppeld aan een use case – en verdieping op impacts gerelateerd aan mobiliteit/logistiek, ruimte, sociaal-economisch, brede welvaart en milieu.

Titel	VP Maritiem & Offshore (P311)
MTIB Thema	Water
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Arjen Adriaanse (SD), Sander Dragt (VPM)
Contactpersoon Regievoerder	Dr. Bas Buchner (TKI Maritiem)

Programma jaar 2022 - Samenvatting

Nederland is een knooppunt voor ontwerp, bouw, beheer en onderhoud van maritieme & offshore systemen en Nederlandse havens zijn belangrijke internationale maritieme logistieke hubs. De sector staat voor een dringende opgave om veiliger, effectiever en duurzamer te worden. TNO draagt bij aan deze opgave door de koppeling te vormen tussen fundamenteel onderzoek en de behoeften vanuit de sector. Vanuit deze ambitie is dit Vraaggestuurd Programma (VP) geschreven en is aansluiting gezocht bij o.a. de Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens (C-230), via de Maritieme Strategie 2015-2025, het meerjarig Maritiem Missie Programma 'Towards Zero Emission' en de IMO doelstellingen. De focus ligt op de innovatiethema's Winnen op Zee, Schone Schepen, Slim en veilig varen en Effectieve Infrastructuur. Daarnaast is de cross-sectorale samenwerking op het gebied van de Offshore Wind onmisbaar.

Deelprogramma Smart Megastructures - Ons onderzoek heeft als doel om nieuwe en bestaande M&O systemen, opererend onder de meest extreme omstandigheden, veiliger en betrouwbaarder te maken. Onze kennisontwikkeling richt zich op het (faal)gedrag van materialen en constructies. Hiervoor ontwikkelen wij modellen en combineren wij deze met metingen, zowel in het lab en in het veld. Voor 2025 hebben wij twee speerpunten gedefinieerd:

- gegeneraliseerde en gevalideerde modellen te hebben ontwikkeld voor het voorspellen van vermoeiing en het monitoren van gedrag van M&O constructies. Om dit te bereiken wordt in 2022 het ontwikkelde vermoeiingsmodel gevalideerd voor monopiles.
- een veiligheidsmethodiek voor de introductie van alternatieve brandstoffen, op basis van equivalente veiligheid, te ontwikkelen en demonstreren. Het framework voor deze methodologie wordt in 2022 ontwikkeld, uitgewerkt en gedetailleerd.

Deelprogramma Green Maritime Performance – TNO zet in op het versnellen van de energietransitie en het behalen van de doelstellingen rondom verduurzaming uit de Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens (C-230) en de IMO. Het doel is om, samen met onze partners, in 2025 operationele systemen voor alternatieve brandstoffen en nabehandeling aan boord van schepen te brengen. Daarnaast willen wij deze duurzame technologieën valideren en met behulp van scenario-analyse markt-specifieke oplossingen ontwikkelen. In 2022 worden op alle drie de werkvelden vorderingen gemaakt. Dit betreft motortesten met alternatieve energiedragers in een 1-cilinder proefstand, labtests met CO₂-opslag aan boord en beleidsadvies rondom introductie van methanol als scheepsbrandstof.

Deelprogramma Underwater Acoustics – TNO is een internationale speler op het gebied het meten, analyseren, modelleren, valideren en reduceren van onderwatergeluid. Denk hierbij aan geluid van scheepvaart, seismisch onderzoek en offshore ontwikkelingen. Met deze kennis ondersteunt TNO overheden bij het ontwikkelen van beleid en de industrie bij (kosten-) effectieve inzet van mitigerende maatregelen. Het is ons doel om in 2025 gevalideerde onderwatergeluidsmodellen te hebben ontwikkeld, waarmee propagatie en mitigatie kan worden voorspeld en het effect op het zeeleven wordt bepaald. Deze modellen worden gebruikt om te adviseren op het gebied van beleid en regulering voor milieueffecten van onderwatergeluid.

Om deze doelstellingen te halen richt het onderzoek in 2022 zich op het voorspellen van effectiviteit van mitigerende maatregelen tijdens de bouw van windmolens op zee, en het voorspellen en meten van effecten van scheepsgeluid op zeeleven. Om nog beter aan te sluiten bij de vragen vanuit de overheid, hebben we als doelstelling in 2022 met Rijkswaterstaat een gezamenlijke onderzoeksstrategie te ontwikkelen.

Deelprogramma Operations – Met ons onderzoek naar autonomie, sensor fusion en blended reality maken wij maritieme robotische oplossingen mogelijk die bijdragen aan duurzame, onbemande maritieme operaties. Het onderzoek focust zich op Perceptie & Communicatie, de Human-Machine Interface en Autonomie. Daarnaast worden methoden ontwikkeld voor de verificatie van veilige autonome maritieme operaties. Het is onze ambitie om in 2025 deze technologie te demonstreren met op afstand gemonitorde / bestuurd containerkranen, dynamische planningen voor sluizen en bruggen en autonome onderwaterinspecties, mogelijk gemaakt door sensor data fusie. Om deze ambitie waar te kunnen maken, richten we ons dit jaar op de proof-of-concept van benodigde systemen en veldtesten van autonome drones.

Met een visie-gedreven samenwerking op de beschreven thema's, wordt een betere aansluiting verwacht bij de nationale agenda's. Dit moet ook resulteren in een efficiëntere inbedding van multidisciplinair onderzoek en cross-sectorale (internationale) samenwerking met partners vanuit de maritieme industrie en kennisinstellingen zoals MARIN, NIOZ, WMR, Deltares en Universiteiten (in het bijzonder TU Delft en Universiteit Twente).

Titel	VP Karakterisering en Dynamiek Samenstelling Grondwater (P310)
MTIB Thema	Water
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	DM: Tirza van Daalen VMP: Willem Jan Zaadnoordijk
Contactpersoon Regievoerder	Wilbert van Zeventer (I&W), Roeland Allewijn (RWS); programmaraden TKI Watertechnologie, TKI Deltatechnologie

Programma jaar 2022 - Samenvatting

De beschikbaarheid van voldoende grondwater van goede kwaliteit is een belangrijke randvoorwaarde voor de Nederlandse samenleving. De grondwaterstand is van groot belang voor bijvoorbeeld natuur, landbouw, bebouwing en infrastructuur en heeft een directe relatie met bodemdaling.

In dit VP richt TNO Geologische Dienst Nederland (TNO-GDN) zich op informatie rond de processen in de ondergrond die bepalend zijn voor de kwantiteit en kwaliteit van het grondwater. Bedreigingen zijn o.a. veranderingen in het landgebruik, klimaatverandering en intensiever gebruik van de ondergrond. Hierdoor dreigen dalende grondwaterstanden, verzilting en conflicten, bijv. tussen seizoensopslag van warmte en koude (WKO) en drinkwaterwinning. Voor grondwaterkwaliteit spelen de risico's vanaf het oppervlak een rol (uitspoeling gekoppeld aan landbouw en stedelijk gebied) en door activiteiten in de diepere ondergrond (bijvoorbeeld hoge-temperatuuropslag (HTO) en diepe boringen). De energietransitie doet de noodzaak voor energie gerelateerde activiteiten in de ondergrond sterk toenemen. Ook voor het veiligstellen van de zoetwatervoorziening is een grotere rol van de ondergrond voorzien, bijv. in het Deltaplan Zoetwater met het mitigeren van frequentere zoetwatertekorten en de structuurvisie ondergrond (STRONG, noemt strategische grondwaterreserves). Informatie en kennis ten aanzien van de dynamiek en de samenstelling van het grondwater alsook ten aanzien van de opbouw van de ondergrond is noodzakelijk voor het voorspellen van effecten, afwegen van risico's en het toetsen van beleidsbeslissingen.

Het doel van dit VP is methoden en informatieproducten te ontwikkelen om de effecten op en risico's voor het grondwater te voorspellen van klimaatverandering, ontwikkelingen in de landbouw, verstedelijking en verduurzaming van de energievoorziening. De kennisontwikkelingsactiviteiten in dit VP leiden tot:

- Data-analyse en nieuwe informatieproducten betreffende de ondergrond;
- Specifieke advisering van stakeholders aangaande het grondwater;
- Bijdrage aan nationale ontwikkelingen, zoals het innovatiecontract Watertechnologie, specifiek met kennis ten aanzien van grondwater en ondergrond;
- Bijdrage aan internationale ontwikkelingen, onder andere via de CSA voor een 'European Geological Service' (het programma van de gezamenlijk Geologische Diensten in Europa als vervolg op GeoERA, het EU-ERANET-programma, dat in 2021 afloopt).

In 2022 worden de volgende resultaten voorzien:

- Inzicht in voorkomen van “nieuwe” stoffen en gassen in grondwater, te publiceren in wetenschappelijke en populaire media; uitbreiden website grondwaterkwaliteitinbeeld.nl;
- Gebruik Machine Learning en ander Artificial Intelligence methoden voor afleiden zoutgehalten in grondwater en samenstelling ondergrond uit “Airborne-EM” data;
- Methode voor verbeterde weergave van de status van grondwaterstanden waarbij naast de actuele stand ten opzichte van huidige regimecurve (“droogte”) ook de verandering van het regime (trend, “klimaatverandering”) geduid worden;
- Kennisproducten betreffende relatie tussen energie-gerelateerde activiteiten in de ondergrond en grondwater.

Titel	VP Arbeid & Gezondheid (P204)
MTIB Thema	Gezondheid en Zorg
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Seth van den Bossche
Contactpersoon Regievoerder	Drs. Olinde Andringa (SZW), Dr. Anne van Putten (SZW)

Programma jaar 2022 - Samenvatting

Het onderzoeksprogramma Work maakt deel uit van de Roadmap Prevention & Productivity van de TNO Unit Healthy Living. Het programma richt zich op innovaties voor een gezonde werkomgeving en een toekomstbestendige arbeidsmarkt. Daarmee dragen we bij aan een ‘Gezonde samenleving’, één van de vier centrale maatschappelijke uitdagingen in de TNO strategie 2022-2025. Tevens versterken we het verdienvermogen van Nederland. Een toekomstbestendige, adaptieve en inclusieve arbeidsmarkt met een hoge kwaliteit van werk zorgt niet alleen voor meer welvaart in brede zin, maar is noodzakelijk om grote maatschappelijke transities (energie, klimaat, digitalisering, gezondheid etc) te faciliteren.

Het programma kent de volgende kennislijnen:

Inclusive organizations

Doel van deze kennislijn is om de Nederlandse arbeidsmarkt inclusiever te maken door het versterken van inclusief ondernemerschap. Beoogde resultaten in 2022 zijn: 1) een verbeterde operationalisatie van inclusiviteit en diversiteit in een meetinstrument voor werkgevers, 2) doorontwikkeling van de PSO-systematiek gericht op adaptie van laagdrempelige alternatieve vormen van inclusief ondernemen, 3) het ontwerp van nieuwe werkgeversmaatregelen gericht op inclusie van Nederlanders met een migratie-achtergrond, 4) doorontwikkeling van de inclusieve technologie-lijn, gericht op gepersonaliseerde en adaptieve inzet van ondersteunende technologie en 5) de ontwikkeling van twee systeeminterventies in samenwerking met diverse partners (Motor in Beweging Rotterdam, resp. Veerkracht van vrouwen).

Labour activation

Doel van deze kennislijn is om bij te dragen aan een inclusieve arbeidsmarkt, door versterking en innovatie van de uitvoeringspraktijk. De focus ligt hierbij op een systemische aanpak waarbij de invloed van de organisatorische en bestuurlijke context op Evidence Based Practice (EBP) centraal staat. Beoogde resultaten in 2022 zijn: 1) opbouw kennisbasis over de relatie tussen leiderschap en EBP/Gewogen Maatwerk, gericht op implementatiebevordering 2) ontwerpopties voor maatregelen om cliënten te betrekken bij verbetertrajecten van re-integratiedienstverlening, 3) een haalbaarheidsstudie naar de ontwikkeling van een sturingsdashboard en 4) opschaling van Gewogen Maatwerk-onderdelen.

Skills/Life Long Learning

Doel van deze kennislijn is om de adaptiviteit van de Nederlandse arbeidsmarkt en Leven Lang Ontwikkelen (upskilling/reskilling) te bevorderen, door de ontwikkeling van skills-gebaseerde strategieën. Beoogde resultaten in 2022 zijn: 1) Ontwikkeling Competent NL: eerste demoversie zelflerende skills-ontologie voor de Nederlandse arbeidsmarkt, 2) nieuwe versie van De Paskamer en skills paspoort, 3) plan van aanpak en eerste evaluatie learning community in de bouw, inzicht in impact bouwinnovaties op skills en aanpak voor innovatieadoptie, 4) inzicht in regionale skills ecosystemen (wetenschappelijke artikelen),

5) inzicht in skillstrends en -gaps in relatie tot technologie en de energietransitie, 6) operationalisatie model Lerende Innovatieve Organisatie en model Eigen Regie LLO en verbinding aan concrete interventies en 7) inzicht in cyclisch innovatieproces in learning communities en impact op re- en upskilling aanpakken.

Stress & sensing

Doel van deze kennislijn is om de werkgerelateerde mentale gezondheidsproblemen te verminderen, door het vergroten van inzicht in oorzakelijke factoren en het ontwikkelen van effectieve interventies. Beoogde resultaten in 2022 zijn onder meer: 1) Ontwikkeling systeem-dynamische en prognostische modellen (diverse PPS/matching trajecten), 2) ontwikkelen van innovatieve (data gedreven) interventies voor analyseren en verminderen van risico's (diverse PPS/matching trajecten, waaronder een project specifiek gericht op jongeren), 3) haalbaarheidsstudie reconsolidatie-interventie voor werk-gerelateerde stress en angst (afhankelijk van pilot in 2021) en 4) versterking kennisbasis en modellering mbt relatie technologische ontwikkelingen en mentale gezondheid.

Occupational Exposome

Doel van deze kennislijn is om bijdrage te leveren aan effectieve preventie van werkgerelateerde aandoeningen, in het bijzonder aandoeningen als gevolg van blootstelling aan gevaarlijke stoffen. Hiervoor is van belang inzicht te krijgen in gezondheidseffecten van gecombineerde blootstellingen, in gevoelige groepen en in ziektemechanismen. Beoogde resultaten voor 2022 zijn: 1) innovatie van blootstellingskarakterisering (diverse EU-projecten, gericht op sensordata-interpretatie, verbetering blootstellingsmodellen en big-data toepassingen), 2) innovatie van blootstellingseffect relaties (diverse EU-projecten, onder meer gericht op big data voor mining interne markers, effecten van piekblootstelling op basis van hoogresolutie-data en 3) innovatie van preventie met als doel bovenstaande te vertalen in daadwerkelijke oplossingen (oa slimme helm en ontwikkeling Virtual Occupational Hygiene Assistent).

Occupational Safety Innovation

Doel van deze kennislijn is om het aantal arbeidsongevallen en incidenten bij bedrijven te verminderen door de ontwikkeling van innovatieve digitale veiligheidsmanagement systemen. Hiermee kunnen we gevaren sneller, efficiënter en real time identificeren, verborgen patronen traceren in big data en informatie geven aan gebruikers om (potentieel) gevaarlijke situaties sneller te herkennen en incidenten te voorkomen. Beoogde resultaten voor 2022: 1) Ontwikkeling ontwerpopties voor een integraal Safety Enterprise Architecture/data-platform, waar data vanuit verschillende veiligheids-tools bijeen komen ten behoeve van predictive modelling en 2) ontwikkeling van software voor predictive modelling (met behulp van AI-technologie) op basis van gecombineerde databronnen.

Monitoring & foresighting

Doel van de kennislijn monitoring & foresighting is om ontwikkelingen in de Nederlandse arbeidssituatie via verschillende datastromen te monitoren en structurele verkenningen te doen naar de (potentiële) impact van technologische en maatschappelijke veranderingen op werk en de arbeidsmarkt in brede zin. Beoogde resultaten voor 2022 zijn: 1) continuering en toekomstbestendig houden van de bestaande data-infrastructuur, 2) ontwikkeling van innovaties in dataverzameling, analyse-technieken en disseminatie, 3) ontwikkeling gestructureerde methodiek voor nationale en sectorale toekomstverkenningen/impact assessments en 4) Impact assessments voor specifieke (nieuwe) functies en beroepen, respectievelijk specifieke technologieën/transities.

De hoofdlijnen van het programma zijn in samenspraak met regievoerder SZW tot stand gekomen, mede op basis van raadpleging diverse externe strategische agenda's. Vanuit het ministerie van SZW en de Inspectie SZW is tevens matching voorzien in de vorm diverse programmasubsidies (MAPA, KIS).

Tot slot zal vanuit het programma opnieuw directe aansluiting gezocht worden bij het Early Research Programme AI, met nader te bepalen use-cases.

Titel	VP Jeugd: Gezond, Veilig en Kansrijk opgroeien (P211)
MTIB Thema	Gezondheid en Zorg
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Simone Detmar
Contactpersoon Regievoerder	Alice van Gent (VWS), Liliane de Ruiter-Nanninga (VWS)
Programma jaar 2022 - Samenvatting	
<p>Het programma Jeugd: Gezond, Veilig en Kansrijk opgroeien richt zich op kinderen en jongeren vanaf preconceptieperiode tot jong volwassene met als doel dat ieder kind zo goed mogelijk kan participeren in de maatschappij. Specifieke aandacht gaat uit naar het bereiken van kwetsbare gezinnen, in lijn met de missie van VWS : “In 2040 leven alle Nederlanders tenminste vijf jaar langer in goede gezondheid, en zijn de gezondheidsverschillen tussen de laagste en hoogste sociaal-economische groepen met 30% afgenomen”</p> <p>We ontwikkelen kennis en innovaties via de volgende lijnen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <p>Integrale aanpak eerste 1000 dagen: De eerste 1000 dagen, van preconceptie tot minimaal 2 jaar, zijn cruciaal voor de ontwikkeling van het kind, en daarmee voor een gezonde en kansrijke toekomst. Wij richten ons op het ondersteunen van (aanstaande) ouders, met een focus op ouders met lage gezondheidsvaardigheden, door doorontwikkeling van preventie en zorgmodellen waarbij zelfmanagement, interactief leren en peer support centraal staan (bijvoorbeeld Centeringpregnancy en Centeringparenting). Komende jaren richten we ons op implementatieonderzoek voor landelijke en internationale toepassingen. In 2022 wordt een verkenning gemaakt van het gebruik van zelf management tools in de centering groepen.</p> <p>Tevens richten we ons op de doorontwikkeling van de D-score (een nieuwe maat om ontwikkeling van kinderen te kunnen monitoren).In 2022 willen we een internationaal consortium opzetten om de D-score uit te breiden naar 6-jarige leeftijd.</p> <p>Preventie en Jeugdhulp op maat Hierbij richten we ons op het ondersteunen en versterken van kinderen en ouders en professionals in het (preventieve) veld voor jeugd. We richten ons op hoe om te gaan met uitdagingen en ingrijpende levensgebeurtenissen en op de persoon toegesneden instrumenten en interventies tbv een gezonde leefstijl en mentale weerbaarheid. In 2021 zijn tools voor werkzame elementen bij interventies voor het vergroten van weerbaarheid beschikbaar gekomen. In 2022 zal een eerste verkenning gedaan worden om interventies te koppelen aan deze werkzame elementen. Afgelopen jaar is de beslisondersteuning voor de corona vaccinatie ontwikkeld en landelijk verspreid In 2022 zal dit doorontwikkeld worden voor andere vaccinaties, waaronder maternale kinkhoest. Binnen deze lijn richten we ons ook op het integreren van digitale innovaties voor de zorg voor jeugd middels het doorontwikkelen van het I-JGZ platform. In 2022 zullen vanuit de PPS I-JGZ 5 JGZ organisaties werken met geïntegreerde digitale innovaties.</p> <p>Samenwerking en implementatie: Met kennis van samenwerkings- en implementatievraagstukken richten we ons op het ondersteunen van organisaties om de transitie en transformatie van het jeugdstelsel goed vorm te geven. Op het gebied van scheiding en pesten werken we aan het landelijk implementeren van effectieve interventies. Onze focus ligt op het opzetten van duurzame leernetwerken en ontwikkelen van strategieën om innovaties te implementeren. In 2022 zullen we dit met name uitvoeren en door ontwikkelen binnen de regionale jeugd kenniswerkplaats SAMEN. Daarnaast zetten we in op een landelijk leernetwerk Jongeren Participatie.</p> 	

Titel	VP Biomedical Health (P203)
MTIB Thema	Gezondheid en Zorg
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Sandra Eikhout (DM), Ivana Bobeldijk (VPM), Ric van Tol
Contactpersoon Regievoerder	LSH: Nico van Meeteren
Programma jaar 2022 - Samenvatting	
<p>We believe that all citizens should have access to personalized health treatments and (digital) support to make the right and optimal choices to stay healthy and productive in society. In personalized treatments, we recognize that every individual is unique with respect to their physiological and genetic background and their mental status and social context. Interventions for prevention are system-critical and start already in early in life has most impact on human health, curtail structural rising healthcare costs and strengthen our relative economic competitive position.</p> <p>Our ambition is to develop ground-breaking and life-changing biomedical and digital interventions to improve health in society and enhance economic growth. Interventions that are personalized, composed of lifestyle changes as well as personalized drugs that are developed much faster, better and cheaper. We pioneer, build and lever upon state-of-the-art technologies and facilities that are recognized and co-created with leading institutes and companies (multinational, start-ups, scale-ups) in leading health ecosystems</p> <p>Biomedical Health (BMH) supports the Mission driven Innovation approach of Topsector Life Sciences & Health ('LSH') and the Dutch Ministry of Health, Wellbeing and Sports ('VWS').– the central mission aiming for Dutch citizens living 5 year longer in good health and reducing the health differences between the higher and lower social classes (+5; -30). More specifically we will contribute to: reducing health issues that are a consequence of unhealthy lifestyle or exposure to unhealthy environment (Mission I), and we will also help to prevent or reduce the risk for chronic disease development, and support societal participation and engagement of individuals with chronic illness or lifelong disability (Mission III).</p> <p>We aim to achieve this by a) developing a more solid understanding of the underlying biological processes of health and disease, b) identification of biomarkers for disease risk and subsequent targets for intervention, c) develop innovative non-invasive biosensor technology, and d) new technologies for efficient drug development, thus enabling faster access to the right drugs for the chronically ill. Furthermore, we will support citizens to adopt tailored and sustainable lifestyle changes that will help them maintain health and/or reduce the risk of chronic disease development. The new technologies and knowledge will be implemented in the context of the quadruple helix that includes collaborations with other research programs, academic and industrial partners, health professionals in field labs, healthcare insurance companies, governmental and local policy makers, and citizens, in order to provide systemic solutions. The instruments are public private projects and projects for industry.</p> <p>By 2025 we want to have achieved the following:</p> <p>Help improve metabolic and immune health:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demonstrate metabolic and immune health improvement by (combination of) food, lifestyle or medication therapy in stratified groups of patients; right drug and intervention for the right patient (Central Mission, Mission I and III) • Prove that tailored interventions contribute to vitality, social participation and productivity of citizens, as well as quality of health care and cost management (Central Mission, Mission III) • Develop tailored and personalized interventions for at risk individuals (incl. lower SES) that will be more effective in improving healthy lifestyle than the current, more generalized interventions (Central Mission) <p>Enable lower attrition rates and more efficient development of innovative drugs and other health intervention development:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demonstrate in practice that current pre-clinical trajectories can be improved (reducing costs, time and animal use) when new approaches and technologies are employed (Mission 3) • Demonstrate that smaller clinical trials for a novel therapy can be achieved by targeting the right patient population through novel tools for stratification (Mission 3) 	

- Demonstrate that a lower cost prize of innovative medicine is possible by applying the right technology and integrated discussions with pharmaceutical industry and public stakeholders (Central Mission).

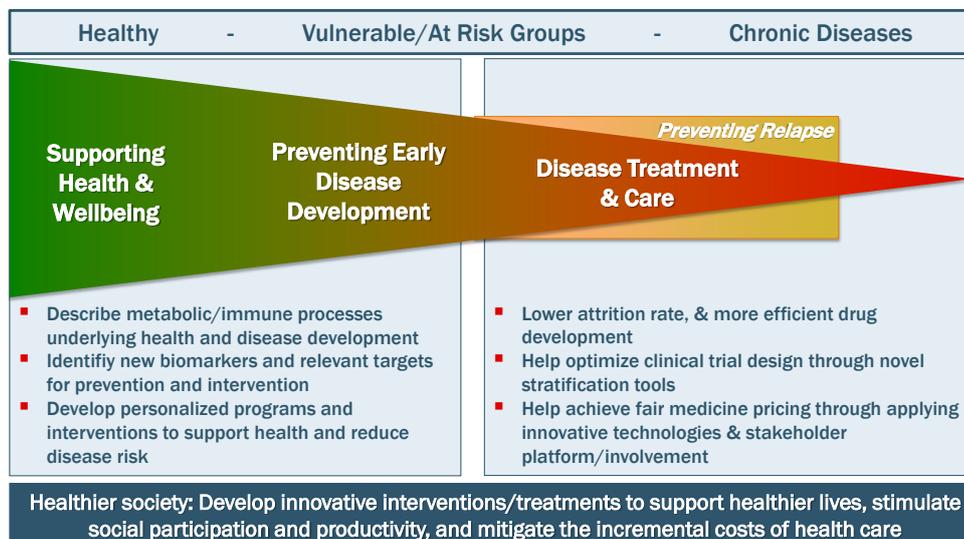


Figure 1. TNO's VP Biomedical Health is specifically structured and organized to focus on the major societal challenges related to health and disease risk.

To progress towards the above goals, in 2022 we will:

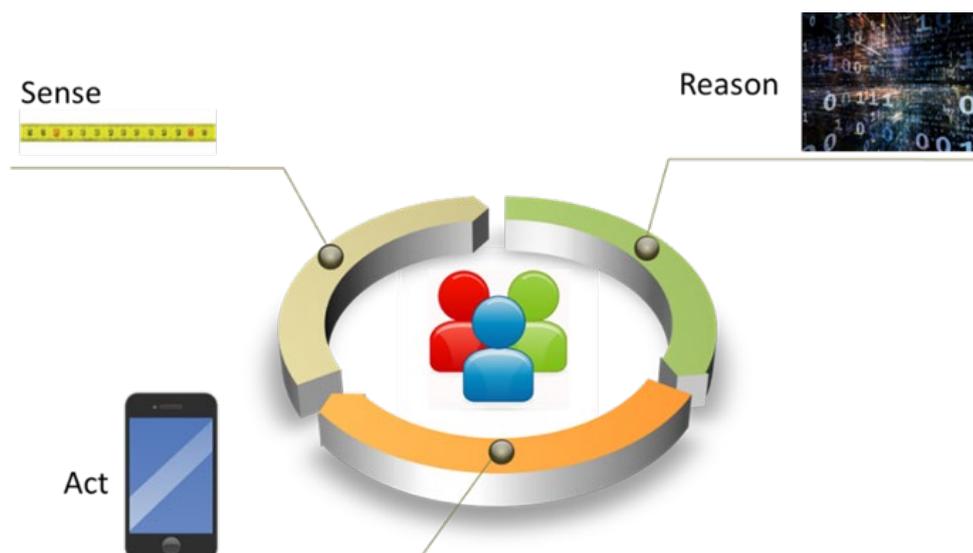
- In conjunction with clinical and industrial partners develop targets for diagnosis, management and therapy of chronic inflammatory and allergic conditions (CM, M3)
- Evaluate and test strategies to improve metabolic and immune health in at risk and comorbidity groups in relation to pandemics such as Covid-19 (CM, M1, M3).
- Develop new strategies to detect and prevent chronic (inflammatory) diseases, including validation of non-invasive biosensor measurements and implementation (CM, M1, M3)
- Continue the discussions with TNO as one of the opinion leaders and facilitators of discussions on fairer pricing of innovative medicines in NL, in strategic discussions with public and industrial stakeholder representatives (CM, M3).
- Show that advanced micro tracer techniques can help to study drug efficacy by measuring the activity of different metabolic processes (M3).
- Provide a demonstrator of a combined in-vitro and in-silico method for mechanism-based drug target selection, a better and faster choice in drug development (M3).
- Develop and validate functional biomarker analyses methods that are relevant for the (patho)physiological conditions of human health and disease (CM, M1, M3)
- Validate translational models for sarcopenia and diabetic nephropathy that enable testing of innovative therapies for these chronic disease conditions (M3).
- Develop in-vitro platforms enabling efficacy testing of different treatment options for viral and fungal infections (M3)
- Demonstrate the use of in-vitro platforms in the development of phages as an alternative for antibiotics (M3)

Titel	VP Digital Health Technologies (P210)
MTIB Thema	Gezondheid en Zorg
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Sandra Eikhout (DM), Jildau Bouwman (VPM)
Contactpersoon Regievoerder	Nico van Meeteren (LSH)

Programma jaar 2022 - Samenvatting

The world around us is digitalizing also in health care, although in a slower pace compared to other disciplines/areas. Individuals gather masses of health data using apps that record their pulse rate, daily activity, diet, etc, but also gain access to their medical data. It is not only members of the public who are interested in this data, it is also valuable to scientists and the common good. Such Real World Evidence data combined with standardized health data have the ability to create/improve models and software applications that provide personalized health and medical advice. Based on these models personalized health advice tools can assist both patients and healthy individuals, by offering guidance about their health and lifestyle and prevent, reverse, cure or relieve disease/progression of disease. Thereby, these models and applications can enable a more efficient healthcare. This program supports the Mission driven Innovation approach of Topsector Life Sciences & Health ('LSH') and the Dutch Ministry of Health, Wellbeing and Sports ('VWS') – the central mission *aiming for Dutch citizens living 5 year longer in good health and reducing the health differences between the higher and lower social classes*. More specifically we will contribute to: *reducing health issues that are a consequence of unhealthy lifestyle or exposure to unhealthy environment (Mission I)*, and we will also *help to prevent chronic diseases and increase the proportion of people with a chronic illness or lifelong disability who can participate in society as desired (Mission III)*.

The research program Digital Health Technologies ("DHT") brings together new bio-medical, lifestyle change and behavior knowledge and data. For this AI and data science is used, resulting in digital services and solutions. In this program we work together with partners outside TNO (including several SMEs). We focus on secure, privacy-by-design and transparent (to the eco-system) systems for data re-use. As part of these systems, personal advice systems are embedded that include predictive models and connects to new wearables solutions. As the whole system is directly connected to individuals by design, citizens can also specify their needs and preferences (patient centered health). The technology developed in this program is relevant for MedTech, HealthTech, Pharma and ICT companies.



The 4 goals of this 2022 program are to contribute to the implementation and operation of 1) innovative digital health interventions to better and less-intrusive measurements of health, 2) better insights in the importance of lifestyle factors in disease, 3) better understanding of application of behavioral change techniques in various populations in and 4) innovative ways to conduct clinical trials like remote or virtual clinical trials. The program will develop knowledge, (ICT-) solutions, facilities and services to apply in the focus area's in three program lines with the following deliverables for 2022

SENSE: Start the project 'C4yourself' and show that it is possible to reuse individual health data (COVID test and vaccination data) for the public good, without leaking and showing any privacy sensitive data. In addition develop resilience biomarkers for inflammatory health.

REASON: Develop programs on hybrid intelligence within the NL-AIC consortium focused on Preventive health. The projects in these programs should build AI solutions that make use of the current knowledge and data and result in explainable outcomes.

ACT: Further develop health advice systems with partners for COPD and psychological stress and implement them in practice.



Titel	VP Human Health RM Nano (P511)
MTIB Thema	Gezondheid en Zorg
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Sander Eikhout (DM), Wouter Fransman (VPM)
Contactpersoon Regievoerder	HTSM: Frank de Jong (FEI), Nico van Meeteren (Topsector LSH)

Programma jaar 2022 - Samenvatting

As one of the Key Enabling Technologies, nanotechnology has emerged in a broad area of industries and applications. By the time regulators became aware of potential omissions in guidance and guidelines addressing the nanospecific nature of chemical substances and products, products were already on the market. Scientific evidence obtained from research still had to be developed. This lack of timely alignment has formed a crucial hurdle to appropriately govern the risks of nanotechnology. The public currently also remains unsure about nanomaterials/nanotechnology and potential human health risks, while they would benefit greatly from the use of nanomaterials in innovative materials, products and applications. This VP Human Health Risks Nano therefore aims to assist in the safe-by-design of nanomaterials and advanced chemicals, to develop reliable tools, guidance and training for proper risk assessment, risk management and communication of these risks during and after product innovation to assist industry in their decision making during product innovation.

TNO develops knowledge to assist industries in taking into account the safety of their (nano)product during the innovation of new materials and products. TNO invests in this VP Human Health Nano in the development of innovative tools, guidance and training to support safe-by-design, safe innovation and risk governance for innovative SME, sector organizations and industry in the absence of clear guidance and regulations. The activities of VP Human Health Nano in 2022 consist of collaborative work in various H2020 EU projects (Gov4Nano, SbD4Nano, PeroCUBE, HARMLESS, RISKHUNT3R) and will result in the development of various innovative risk assessment models into a toolbox containing: LICARA nanoSCAN, Guidenano Tool, SUN Decision

Support System, caLIBRAte system-of-systems, NanoSafer, Stoffenmanager Nano, NanoRiskQuantifier and the Future nano Needs Bayesian belief network.

Further results in 2022 are the development of Safe-by-Design (SbD) and Safe Innovation principles / methodology and connection to the regulatory process as well as support to the recently launched NWA call on Safe-by-Design. For future and emerging substances and materials such as nanomaterials, clear communication about the state of the art, knowledge, concepts about risk perception, transparency about dealing with uncertainties is of utmost importance and help to influence the risk perception of the public regarding nanomaterials, increase their market value and help companies in anticipating potentially conservative regulations. TNO's work in 2022 will result in clear conclusions and communication on chemical/nanomaterial health risks for the commercial success of chemical innovative research and implementation in Europe.

Titel	VP Sociale Innovatie (P207)
MTIB Thema	Gezondheid en Zorg
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Sandra Eikhout (DM), Steven Dhondt (VPM), Tim Bosch
Contactpersoon Regievoerder	Henk Gritter (EZK), Joren J. Schep (EZK)

Programma jaar 2022 - Samenvatting

Smart Working is een deelprogramma van de Roadmap Prevention, Work & Health, en HTSM (Industrial Innovation). Ze richt zich op het creëren van omgevingen in de industrie die een hogere productiviteit mogelijk maken. Om dit doel te bereiken levert Smart Working verbeteringen op om het werk fysiek minder belastend te maken, om operators te ondersteunen bij hun cognitieve taken en om werkomgevingen te creëren die motiverend en stimulerend zijn. In de Europese terminologie heet dit Industry 5.0. Beter presterende operators zijn cruciaal om kritische processen in bedrijven te ondersteunen. In het programma worden robotica en digitale technologieën ingezet op de werkplek. De afzonderlijke projecten zijn gericht op exoskeletten, cobotica, cognitieve ondersteuningssystemen, slimme prikkels en digitale informatie in werksituaties. Het hoofdidee is dat de operators een maximale autonomie moeten hebben om deze tools te gebruiken in hun werksetting. Meer autonomie is een voorwaarde voor het genereren van de vereiste kennis en vaardigheden om met de noodzakelijke veranderingen om te gaan. Daarom creëren de projecten oplossingen die rekening houden met de fysieke en psychosociale eisen van de operators op de werkplek (ondersteuning met exoskeletten; augmented reality begeleiding voor operatoren; modellen om systemen aan te passen) en op organisatieniveau (workplace innovation). Wetenschappelijk verbindt het programma verschillende sociaal-wetenschappelijke en technische perspectieven om operators in de kennisintensieve omgevingen te ondersteunen. Het levert hulpmiddelen voor het beoordelen van de effecten van technologische veranderingen en omvat het ontwerpen van werkomgevingen en organisatorische ontwerpen. Voor het succes van het programma moeten de disciplines Human Factors, informatietechnologie, organisatiewetenschappen en technische wetenschappen samen aan oplossingen werken. Naast een nieuwe set projecten is er geïnvesteerd in drie Fieldlab-omgevingen (RoboHouse (SMITZH), BIC Flexible Manufacturing en Sharehouse) met mogelijkheden voor het ontwikkelen, demonstreren en testen van operator-ondersteunende systemen, exoskeletten en hybride cobot werkplekken.

Smart Working heeft een succesvol jaar achter de rug met het ontwikkelen van de projecten en het verwerven van een nieuwe set van lange termijn projecten en samenwerkingsverbanden. De huidige successen zijn de volgende:

- Fieldlab Flexibele Productie op de Brainport Industry campus: diverse geïntegreerde cobot oplossingen (human-robot samenwerking) en diverse AR, Mixed Reality en andere digitale oplossingen ;
- Sharehouse - het Living Logistics Lab in Rotterdam (STC): een omgeving voor testen; de ontwikkeling van drie nieuwe projecten ter verdere ontwikkeling van het Sharehouse: LLEAD, Coast, TKI-Dinalog Accelerator 2;
- Effectstudies in productiebedrijven met behulp van de ontwikkelde demonstrators: met metingen van productiviteitseffect, leertijd, kwaliteit en werklust, kosten & batenanalyse, onder andere in het H2020 GI-NI project en SMITZH Fase 3;
- Ontwikkelde modellen: taaktoewijzingsmodel voor mens-robot interactie; de algemene architectuur van een systeemoplossing (mensgerichte architectuur); robot-menselijke samenwerking (taakplanner, schroefrobotapplicatie);

integratie van robot, operator en AR-operator ondersteuningssysteem in één werkplek; kader voor de beoordeling van mens-robot samenwerkingsscenario's op kwaliteit van de arbeid criteria; opvolging van technologie en arbeid ontwikkeld en toegepast op 15 jobs. Plus een gebruikersgids ontwikkeld voor sectoren om hun monitoringactiviteit op te bouwen.

- Onderzoek en netwerken: ontwikkeling van vaardigheden in de industrie (Paradigms-projecttechnologie ontwikkeling (AI gedreven adaptieve ondersteuning) en evaluatie (o.a. remote assistance) binnen het SMITZH-programma; leergemeenschap binnen het FOKUS-project, verlenging van samenwerkingsverbanden en netwerken binnen het Fieldlab Flexible Manufacturing; opzetten en herontwerpen van het European Workplace Innovation Network (EU-WIN); de samenwerking met het Ulbo de Sitter-instituut; de Stichting Registratie ergonomen (SRe).

Titel	VP Veilige Maatschappij (P102)
MTIB Thema	Veiligheid
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	DM: drs. R. Pellemans, MSc SD: dr. H.J. van Veen VPM: dr. T.W.J. van Ruijven
Contactpersoon Regie-voerder	Mr. H. Hanoeman en drs. B. ter Luun (Ministerie van Justitie en Veiligheid)

Programma jaar 2022 - Samenvatting

Veiligheid is een voorwaarde voor welzijn en economische ontwikkeling. Veiligheid is niet vanzelfsprekend. De kansen en bedreigingen voor recht en veiligheid zijn divers en veranderen voortdurend. De snelheid van ontwikkelingen is dusdanig dat het justitie- en veiligheidsdomein in hoog tempo moet innoveren om de dreigingen het hoofd te kunnen bieden en om kansen te benutten om Nederland veilig en rechtvaardig te houden.

Veiligheid is één van de vijf centrale maatschappelijke thema's binnen het missiegedreven topsectoren en innovatiebeleid van het kabinet. Een veilige samenleving is ook één van de vier beloften uit de TNO-strategie 2022 – 2025.

TNO draagt bij aan een veilige samenleving door met het Vraaggestuurd Programma Veilige Maatschappij (VPVM) relevante nieuwe kennis, technologie en sociale innovaties te ontwikkelen en deze te vertalen naar innovatieve toepassingen voor de praktijk. TNO zet middels het VPVM in op een meerjarige onderzoeksprogrammering voor justitie- en veiligheidsorganisaties. Het doel van deze meerjarige programmering is innoveren door toepassingsgerichte wetenschappelijke kennis op te bouwen en technologie te ontwikkelen op die onderwerpen die voor het justitie- en veiligheidsdomein het belangrijkste zijn.

In de periode 2022 – 2025 wordt onderzoek uitgevoerd op vijf inhoudelijke thema's en een programma rond verkenningen en innovatie management:

1. Kritieke Digitale Infrastructuur
2. Rechtstaat en Opsporing
3. Data en Intelligence
4. Security en Surveillance
5. Weerbaarheid Veiligheidsprofessionals
6. Verkenningen en innovatie management

Hieronder volgt een korte samenvatting van het onderzoek per thema.

Kritieke Digitale Infrastructuur: het onderzoek in dit thema is gericht op innovaties rondom cyber weerbaarheid, analyse van het Dark Web en versterken van missie kritische informatie- en communicatiesystemen. Het onderzoek wordt uitgevoerd met het Nationaal Cyber Security Centrum (NCSC) en het Ministerie van Justitie en Veiligheid.

Rechtstaat en Opsporing: binnen dit thema wordt voornamelijk onderzoek gedaan naar de toepassing van AI, data en sensing technologie voor het versterken van organisaties in de strafrechtketen en onderzoek naar criminele fenomenen en gedrag voor de bestrijding van ondermijnende criminaliteit. Het onderzoek vindt plaats in samenwerkingen met de DJI, het OM en het Ondermijningslab.

Data en Intelligence: onderzoek binnen het thema Data en Intelligence is gericht op het (door)ontwikkelen van methodes uit de Artificial Intelligence (AI) zoals taaltechnologie, en Privacy Enhancing Technologies (PET) om deze geschikt voor toepassing binnen het justitie- en veiligheidsdomein te maken. Het toepassen van deze nieuwe en reeds beschikbare technologie vindt plaats in samenwerking met het OM, de DJI, en verschillende organisaties in de crisisbeheersing die worden gecoördineerd door het ministerie van Justitie en Veiligheid.

Security en Surveillance: robotica technologie wordt doorontwikkeld binnen het thema Security en Surveillance om nieuwe mogelijkheden en innovaties voor het justitie- en veiligheidsdomein te creëren. Daarnaast vindt toegepast onderzoek plaats met de Koninklijke Marechaussee, gericht op het verbeteren van opsporing en grenstoezicht. Tevens wordt binnen verschillende Europese onderzoeksprojecten onderzocht hoe terrorisme en radicalisering kunnen worden tegengegaan.

Weerbaarheid Veiligheidsprofessionals: het onderzoek binnen het thema weerbaarheid veiligheidsprofessionals is gericht op sociale innovaties en op de ontwikkeling van immersieve leertechnologie (Augmented Reality en Virtual Reality) om veiligheidsprofessionals sneller en beter te laten leren en trainen. Daarnaast wordt onderzoek gedaan naar professionele fitheid samen met de DJI.

Verkenningen en innovatie management: binnen de verkenningen worden nieuwe technologieën met een potentieel grote impact op het justitie- en veiligheidsdomein verkend. Daarnaast wordt samen met de DJI, het OM en de Koninklijke Marechaussee onderzoek gedaan naar het versterken van het innovatievermogen van organisaties.

De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van het meerjarenplan 2021 -2024 zijn een herindeling van de inhoudelijke thema's en de toevoeging van het technologie ontwikkel programma voor immersieve leertechnologie.

Titel	VP Kennisopbouw Politie (P106)
MTIB Thema	Veiligheid
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Tjarda Krabbendam (VPM)
Contactpersoon Regie-voerder	Drs. S.C. Hamelink

Programma jaar 2022 - Samenvatting

Veiligheid is een essentiële voorwaarde voor het welzijn van de samenleving. Maatschappelijke en technologische ontwikkelingen zorgen voor een continu veranderende omgeving waarbinnen de politie als grootste veiligheidsorganisatie opereert om de veiligheid van de Nederlandse samenleving te beschermen en te versterken. Om in deze dynamische omgeving effectief te blijven, is het van groot belang dat de politie (digitaal) fit en innovatief is.

Het Vraaggestuurd Programma (VP) Kennisopbouw Politie (KOP) heeft als doel om de politie te versterken in haar vermogen om de veiligheid in Nederland te waarborgen. Door kennis op te bouwen over relevante trends en ontwikkelingen kan de politie proactief gebruik maken van de nieuwste inzichten en (technologische) mogelijkheden. Het VP KOP sluit aan op het maatschappelijk thema Veiligheid uit het missiegedreven topsectoren- en innovatiebeleid.

Voor de politie is het om verschillende redenen van belang om in te spelen op technologische ontwikkelingen. Enerzijds moet de politie rekening houden met de impact van technologie op de maatschappij en de wijze waarop burgers, criminelen of terroristen gebruik maken van technologie. Anderzijds biedt technologie ook kansen om het politiewerk of de organisatie te verbeteren, versnellen of vergemakkelijken. Het is van groot belang voor de politie om goed voorbereid te zijn op deze ontwikkelingen.

Op basis van de prioriteitsgebieden uit de Strategische agenda politie 2021-2025 en voortbouwend op de kennis en ervaringen uit de eerdere kennisopbouw programmering richt de programmering zich op vier kernprogramma's en twee doorsnijdende programma's. Hierbij werken politie en TNO eveneens samen met (inter)nationale partners zoals veiligheidsorganisaties en kennisinstellingen.

Kernprogramma's:

- Politiededewerker van de toekomst: hoe kan de politiededewerker continu en op maat blijven leren; weerbaarder worden en blijven voor veranderingen en hoge belasting; en optimaal uitgerust worden voor het uitvoeren van zijn of haar taken?
- Politiedata en intelligence: hoe kan de politie veilig en snel informatie uitwisselen in ad-hoc coalities, nog beter informatiegestuurd werken door de kwaliteit en betrouwbaarheid van data te verhogen en de zwakke signalen uit data gebruiken om te anticiperen op opkomende fenomenen en crimineel gedrag?
- Technologie voor de politieoperatie: welke nieuwe methoden, technieken en toepassingen kunnen de capaciteit van de politieoperatie verhogen? Hoe haalt de politie meer waarde uit bestaande en nieuwe databronnen?
- Politiewerk van de toekomst: hoe zien de criminele businessmodellen van de toekomst eruit en hoe kan de politie deze verstoren door samen met haar partners de slagkracht vergroten door (in het digitale domein) nieuwe manieren van informatieverzameling en interventie te realiseren?

Doorsnijdende programma's:

- Technologieverkenningen: wat betekenen specifieke technologische ontwikkelingen voor het werk van de politie in termen van kansen en dreigingen en welke stappen moeten worden genomen om hierop in te spelen?
- Verandervermogen van de politieorganisatie: hoe kunnen de belemmerende en bevorderende factoren die het verandervermogen van de politieorganisatie beïnvloeden worden geoperationaliseerd en welke mogelijke handelingsperspectieven en instrumenten kunnen bijdragen aan het structureel inrichten van deze randvoorwaarden?
- Binnen bovenstaande programmalijnen wordt kennis opgebouwd hoe technologieën kunnen worden ingezet om de operationele slagkracht van de politie te vergroten. Hiertoe wordt zowel onderzoek gedaan naar de uitdagingen waar de politie nu tegen aan loopt als naar de uitdagingen van overmorgen wanneer criminele organisaties compleet nieuwe manieren van werken hebben geadopteerd. Centraal binnen het hele programma staat een multidisciplinaire aanpak waarbij mens, proces en techniek als integraal geheel worden benaderd.

De opgebouwde kennis wordt geoperationaliseerd in de vorm van handelingsperspectieven, use cases, methoden en prototype technieken. Dit stelt de politie in staat om de opgebouwde kennis direct te benutten én gericht te investeren in de verdere ontwikkeling en ingebruikname.

Titel	VP Cyber Risk Management and System Resilience (P103)
MTIB Thema	Veiligheid
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Ir. A.J.A. Vetjens, Director Market ICT; Ir.S. Wiarda, VP manager CRM&SR
Contactpersoon Regievoerder	L. Roffel (HTSM/Security), Fred Boekhorst (Directeur Topsteam ICT), Lars van Willigen (EZK/DE)

Programma jaar 2022 - Samenvatting

Digital security is a prerequisite for a prosperous society and a strong economy. The goal of the Vraaggestuurd Programma (VP) Cyber Risk Management and System Resilience (CRM&SR) is to 'make the Netherlands digitally more secure and resilient while monetizing the economic opportunities that cybersecurity brings'. This VP enables TNO, together with other knowledge institutions, governmental agencies and (cybersecurity) companies, to create an environment to experiment in order to develop and transfer innovations to the market. A focussed and effective approach with respect to cybersecurity and quantum computing is crucial to safeguard the reliability and confidentiality of data and ICT networks and systems. Our main stakeholders, national security organisations, administrators of vital services and corporations that are vital for the Dutch economy have to be equipped to recognize and interpret cyber threats and be supplied with both preventive fortifications and possibilities for repressive actions to ensure – in the case of disruptive cyber incidents or phenomena – the continuity of their vital services.

Our main stakeholders recognize the need for external applicable research to complement their own expertise. In close collaboration and continuous communication with our stakeholders we stimulate interaction and communication between our stakeholders. This gives us an insight in their cybersecurity challenges and provides valuable feedback that we use to further

fine tune our cyber knowledge development, creation of models and tools and also increases the focus on the evolution of quantum computing and the impact of this technology on cybersecurity.

In the past few years we have developed cybersecurity technology that fits very well in the Security Operation Centers (SOC's) of office IT environments. In 2022 we aim to strengthen this position even more by innovating in methods for anomaly detection and to expand our expertise on automated response including innovative methods such as self healing. We will initiate new Proofs of Concept and tools for our stakeholders to automatically analyse and react to threats and attacks. In the not so far future it is also expected that quantum computing technology will come into the hands of groups of people or state actors with malicious intent. In 2022 we will therefore work on the development of a zero-knowledge lattice based protocol that can withstand quantum computing.

In 2021 we started to explore the cybersecurity challenges of the companies that make use of operational environments (OT). In 2022 we will actively work on expanding our network of companies within the industry in order to work on technology development of cybersecurity in OT. Besides the growing concern about security in OT environments, the industry also faces the challenges created by being part of a network of suppliers. Cybersecurity in the supply chain is another important and relatively new field of expertise for us that we will focus on in 2022.

In 2022 we also will expand our unique position within the vital, financial and government sector through joint cybersecurity research programs. The level of complexity and the volume of attacks have increased again in 2021. We will use our unique knowledge to make society more resilient by initiating proofs of concept to improve and validate new technology such as future proof crypto products to keep data and networks safe. We will continue our collaboration with the NCSC by developing technology for mapping ICT risks, by quantifying economic costs for espionage and creating an interdepartmental forecasting collaboration platform.

The knowledge roadmap in VP CRM&SR connects to the challenges and topics that have been formulated in the Dutch Digitalization strategy, the Dutch Cybersecurity Agenda (NCSA) and the Mission Cybersecurity of the Knowledge and Investment Agenda (KIA) theme Security as well as with the theme Key Enabling Technologies. In 2021 we connected to the cybersecurity cooperation platform dcypher. In international context TNO participates in the relevant EU working groups, taskforces and events. The development and execution of the knowledge program VP happens in close cooperation with VP Veilige Maatschappij (VM), VP ICT, the program line Cyber Security and TNO research programs with businesses, the departments of Security and Justice, Defence and with the police.

Titel	VP Radar and Sensor Systems (P104)
MTIB Thema	Veiligheid,
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Director Market ISS: K. Agovic VP Manager: F.L.M. van den Bogaart
Contactpersoon Regie-voerder	A. Venema – Ministry of Defence HDB KTZ J. Bleijs – Ministry of Defence DMO/AMS KLTZ ir. T. van Heusden – Ministry of Defence DMO/AMS/ Bureau Technologie Integratie B.A.H.M.J. Lussenberg – Ministry of Justice and Security BD/Innovatieteam KLTZ P. Blank, Ministry of Defence CZSK LKol. M. Hädicke, Ministry of Defence CLAS (RAS-unit) LKol. Bernard Buijs – Ministry of Defence / CLSK / Space Security Center Maj. Petra Wijnja – Ministry of Defence / CLSK / Space Security Center Charlotte Rugers – Ministry of Defence / DMO / JIVC / KIXSMaj. <i>KIA Veiligheid:</i> Mission Space: U. Termote – Airbus Mission Maritime High Tech: M. Krikke – TKI Maritiem
Programma jaar 2022 - Samenvatting	
<p>The objectives and expected short-term results of the six substantive topics that make up this VP P104 are summarized below.</p> <p><i>Radar and Integrated Sensor Suites</i> focuses until 2030 on the integrated sensor suite for future frigates of the Royal Netherlands Navy (RNLN). A functional integrated radar and EW sensor suite is planned for 2022. Radar waveforms to detect and classify objects at very large distances are developed; AI techniques will be made robust; multimode RF power amplifiers will be designed as well as robust microwave front-end receiver techniques for contested and congested EM spectrum. Turbulence compensation in optical sensors will be demonstrated. Demonstrable ideas for a short-distance range sensor for fuzes will be shown in 2022 for various markets applications.</p> <p><i>Smart manning & automation</i> focusses on design and development of intelligent software for the next generation military systems. Situational awareness of armed forces in an urban environment will be demonstrated with a network of low-cost heterogeneous sensors. Contributed will be to a standardized test methodology for verification and validation of run-time adaptive Countering-UAS systems.</p> <p><i>Agile design of collaborative autonomous UAVs and UGVs</i> targets agile quick and easy design and development of runtime adaptive systems with strong focus on collaborative small/medium military UAVs and UGVs. Contributed will be in EU consortia to define an interoperability standard for military unmanned vehicles and to demonstrate Combat Unmanned ground Systems ().</p> <p>The goal of <i>Imaging Systems for Defence and Security</i> is to further improve image capture systems for high-end security, while lowering cost and allowing users to see more, farther and longer at the same size, weight, power and cost, without increasing complexity for the end user. A new multi micro camera architecture will be shown and a security demonstrator in combination with a high resolution camera on a flying platform will be delivered that deals with limited bandwidth.</p> <p><i>Space Situational Awareness (SSA)</i> aims at a step-by-step development towards a national SSA facility. The current intrinsic SSA capacity will be further expanded into a distinctive capability in Europe. In 2022, enhanced techniques to classify space objects by radar images will be demonstrated.</p> <p><i>Ground Situational Awareness (GSA)</i> focuses on heterogeneous fusion of observations from satellites and other relevant platforms such as aircrafts, drones, aerostats and ground sensors to detect hazardous smoke and gas clouds. In 2022 a contribution to demonstrate persistent tracking of vessels and their using heterogenous data sources including earth observation data is foreseen.</p>	

Quantum Sensing (MJP07) studies different types of quantum sensors and the possible applications. New applications will be identified. A first test structure to validate the potential of quantum-enhanced electronics for DACs is planned. With a focus on PNT as use case, the impact of quantum sensors on system level will be considered in 2022. The impact of the power of quantum computers on current sensor signal processing process will be further investigated, a first experimental implementation of applications on quantum hardware will be demonstrated.

Titel	VP Space & Scientific Instrumentation (P607)
MTIB Thema	Sleuteltechnologieën
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Kees Buijsrogge, Ton Marée
Contactpersoon Regievoerder	Topsector: Maarten Schipper (Airbus) – Roadmap Space, Marco Beijersbergen (Cosine) Advanced Instrumentation, Eelco van der Eijk, Director Space Policy at Ministry of Economic Affairs

Programma jaar 2022 - Samenvatting

Our multi-annual R&D program 2021 – 2024 supports our ambition to:

- to preventing air pollution and climate change;
- help to understand the Universe;
- enable secure broadband connectivity, and;
- stimulate economic growth in the Netherlands and the European Union.

Therefore, we organize the VP along the following program lines:

- instruments for Earth Observation and related Space Data Utilization;
- technologies for Satellite Communication;
- instruments for Ground-based Astronomy and Space-based Astronomy; Scientific Instrumentation, including instruments for Big Science, and Diagnostics for Fusion Energy.

Instruments for Earth Observation, Space Data Utilization

Our main objective in this area is to maintain and strengthen the Dutch position with regard to monitoring the composition of the Earth's atmosphere. We want to contribute to help monitor the Paris agreement and give detailed insight in emissions and spread of air pollutants and greenhouse gases. We have the long term goal for in-orbit-demonstration of a small and very accurate instrument with related downstream models, specifically focused on measurement of NO₂ and CH₄. In addition to the instrument, given the focus in the commercial EO market on information products, we will work on the development of data processing methods that can enable global information services that provide actionable information to decision makers in governments.

For 2022 the focus will be on the development of instruments that measure CH₄, NO₂, SO₂, CO₂, CO and aerosols. We will work on improving our LOTOS-EUROS and TOPAS models by including more air quality trace gases and CH₄.

Technologies for Satellite Communication

Our aim is to develop state-of-the-art optical terminals for ground, air and space usage for the value chain of global satcom providers. We follow four main use cases: Secure & Robust Comms for worldwide Mobile Security Operations; Cyber Proof/Quantum Resilient Comms over Ground Networks for Secure Connectivity; Ultra-High-Speed Global Secure Connectivity Network (constellations); Data Relay for Earth & Space Sciences from (deep) Space. Each of these use cases have their own timeline of development, where the first laser satcom constellations are in industrial development right now, but deep Space data relay using laser satcom is foreseen to be further away in the future.

We will work on our four main drivers:

- Fast: ultra-high data throughput with a long-term target of a 10 Tbit/s feeder link to a GEO-satellite.

- Secure: communication links with ultimate protection, suitable for the quantum era with a long-term target of a Quantum Key Distribution service with satellite nodes, which is resilient to hacking attacks.
- Multi-point: simultaneous communication with multiple senders and receivers with a long-term target of a multi-beam optical space terminal in GEO-orbit, receiving data from various nodes (space, aerial, naval) and transmitting towards multiple users.
- Far: data links over very long distances with a long-term target of a link to a deep space science mission, such as a planetary or asteroid mission.

These various use cases provide a very promising opportunity for Dutch industry to extend its space-related activities into a commercial market: in this development we will position Dutch high-tech companies as potential suppliers for the terminals and their subsystems based on user requirements from this market.

Ground & Space Based Astronomy and Scientific Instrumentation

We intend to strengthen our position with regard to developing high-grade instruments to perform world-class science, both in space and on ground.

Our long-term goal for Earth-based astronomy is to contribute to the development of the Thirty Meter Telescope (TMT) optics with a 3m diameter deformable mirror foreseen to be reached in the coming five to seven years from now. Steps towards that goal are deformable mirrors of increasing size, better support structures and laser guide stars for the big telescopes in the world (UH88, EST, ELT, GMT, MAORY, GEMINI, KECK). For 2022 the goal will be to test a larger deformable mirror of 60cm diameter (UH-88) to create our first on-sky-heritage.

In the Space-based Astronomy domain we use ESA's long-term planning for space science missions, 'Cosmic Vision 2015–2025', as a guideline. The coming years we will work on pointing mechanisms for the LISA (detection of gravitational waves) mission.

We are connected to the ET Pathfinder that is currently being realized in Maastricht. This instrument will pave the way for the Einstein Telescope, a third generation gravitational wave detector, for which the South of Limburg presents as a promising location. We can play a strong technical role in developing mirrors and metrology systems, and therefore remain in close contact with the ET-Netherlands team. The specific very long term character of this endeavor and uncertainty on governance funding structures makes this not immediately straightforward. In addition, we aim to contribute to nuclear fusion technology by applying our optical systems design expertise to develop technologies for diagnostic instrumentation in the extremely challenging environment of the nuclear fusion chamber.

Titel	VP Semiconductor Equipment (P612)
MTIB Thema	Sleuteltechnologieën
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Rogier Verberk, Sandra Guns
Contactpersoon Regievoerder	Joep Pijnenburg (leader HTSM Roadmap Semiconductor Equipment; ASML) Toon Evers (leader HTSM Roadmap Healthcare; Philips Healthcare) Ronny van 't Oever (leader HTSM Roadmap Nanotechnology (incl. quantum technology)

Programma jaar 2022 - Samenvatting

Consumer electronics, mobile devices, industrial processes, communication equipment, the car industry, artificial intelligence and all potential solutions to societal challenges rely on integrated circuits (chips) to generate, process, and store data. A shortage of these chips was causing great concerns when we were coming out of the Corona crisis in 2021, demonstrating our dependency. Most of these chips are manufactured in Asia, with the use of equipment from the Netherlands. This Dutch high-tech industry has become a strategic asset for the Netherlands and Europe, to balance our dependency on chip manufacturing countries. TNO's Roadmap on Semiconductor Equipment supports this strategic position of our high-tech industry and provides critical enabling technologies to the information driven society and healthcare ecosystem, now (semiconductor industry) and in the future (quantum technologies).

The Dutch semiconductor industry is leading in lithography, the most critical process step in chip manufacturing, and has dominating positions in equipment & modules for, e.g., metrology and wafer processing equipment. By 2025 the Dutch semiconductor industry aims to have this position enhanced by world record performance in lithography systems, by having new metrology concepts introduced, and by having the next generation of high-NA EUV lithography introduced in the market. TNO supports all those developments, and invests in new technologies and concepts to fuel this industry towards new products.

TNO continues the development of more stable and reliable equipment (flow & thermal management, con-tamination control), and by introducing new tool concepts (optical-, scanning probe-, and acoustics based me-trology, particle detection methods, sensors). In 2021, e.g., Nearfield Instruments shipped its first SPM metrol-ogy system based on TNO IP. But also by executing supporting research with its unique infrastructure like the EUV beam lines. In 2022 TNO will continue research on Nearfield optics, integrated photonics, computational optics, and cooling techniques for 5G/6G communication chips. EUV induced plasma effects and material sci-ences for EUV lithography mirrors will be extended to reticle and pellicle developments. New topics include a combination of hardware design and AI (integrated system design based on AI), and metrology systems based on quantum mechanics. Moreover, TNO supports multiple Dutch companies in the development of a national program to develop equipment for the emerging market of heterogeneous integration.

TNO's research line on Medical Technologies focusses on accelerating photonics-based innovations that can help people to stay healthy, prevent diseases, and enhance early diagnosis, with the goal of reducing healthcare costs for the ageing population. Focus in 2022 will be to develop diagnostic optical devices for use in home, primary and secondary care, including multispectral fundus camera's for early diagnosis of eye diseases and systemic diseases, wearable diagnostic photonic devices, and optoacoustic sensors.

Last but not least TNO/QuTech continues the development of a quantum computer accessible via the web, and a quantum network. But in 2022 TNO also investments in quantum sensor development. Delft and the Netherlands are evolving into a vivid hotspot for quantum technologies already, creating a new and sustainable ecosystem for additional and high tech based strategic industrial activities.

Titel	VP Flexible and Freeform Products (P615)
MTIB Thema	Sleuteltechnologieën
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Ton van Mol
Contactpersoon Regie-voerder	Richard Roemers

Programma jaar 2022 - Samenvatting

In VP 'Flexible and Freeform Products' we develop technology for next generations of smart products, made by digital manufacturing processes. Applications are in multiple domains such as healthcare devices, automotive and home products. The program consists of the following program lines:

Digital Manufacturing Systems

Digitization, health, sustainability and individualization are global trends and these are reflected in the 2 tracks in this program:

- Digital drug manufacturing, with the goal to ensure optimal treatment for individual patients by combining drugs with a personalized dosage in one pill.
- Digital food processing, with the goal to provide consumers with the ability to tailor their nutritional intake to their personalized needs and preferences.

In digital drug manufacturing, the aim is to demonstrate and validate personalized medication in a clinical setting using newly developed printing systems. Key milestones in the roadmap are:

- In line quality control.
- Accuracy and reproducibility of the API (active pharmaceutical ingredient) dosage need to be within 1%.
- Ability to combine multiple API in one dosage form/pill.

In digital food processing, the aim is to scale up the printing technology to create viable business cases. Key milestones in the roadmap are:

- Increase throughput.
- Ability to combine different food ingredients in one product with varying composition.
- In line quality control.

Hybrid Printed Electronics

In this program we create enabling technology for next generation of electronics, being a hybrid combination of additive manufacturing and 'conventional' silicon-based electronics. These technologies enable future electronic products with unprecedented form factor and functionality. Specifically, we focus on these 3 domains:

- Health care monitoring, key technology for enabling the emerging trends for value-based care and bringing the hospital to the home.
- Advanced chip packaging for new generation of chips such as high power electronics, RF electronics and integrated photonics.
- New printing technologies aimed at enabling 3D printed electronics and ultrahigh resolution high speed printing of electronics.

In 2022 the health patch will be extended with sPO2 and core body temperature. Besides this, we continue developing novel enabling printed electronics technologies that further increase the possibilities of deploying printed electronics and showcasing 5 micron printing technology.

Thin Film Electronics

Using our thin film infrastructure (e.g. the technology used for making flat panel displays) and expanding our capabilities towards thick film technology, new applications are explored primarily in the health care domain such as organ-on-chip, advanced X-ray, ultrasound imaging, and vital sign monitoring.

We accelerate our activities on next generations of batteries for electric driving and wearables, making use of our core capabilities in deposition technologies (and in line with KIA 'Batteries of the future'), in collaboration with the newly established start-up LionVolt, that aims to commercialize solid-state batteries with high-aspect ratio 3D geometry. In 2022 we finalize a battery pre-pilot line infrastructure in support of this work.

In 2022, we also will build up a team to help grow the joint activities with PhotonDelta, TU/e and UT in PITC for integrated photonics to build technology for hybrid integration of photonic chips with electronics.

Titel	VP Sustainable Chemical Industry (P603)
MTIB Thema	Sleuteltechnologieën - Mission C / MMIP 6,7,8 / Mission CE
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Ir. Peter Wolfs
Contactpersoon Regievoerder	Topsector Chemie: Jacqueline Vaessen

Programma jaar 2022 - Samenvatting

The drivers for the program Sustainable Chemical Industry are derived from the drivers of the value chain for the chemical industry and are in line with the ambitions of the Topsector Chemie. The program focuses on developing technology in demand driven Public Private Partnerships that are embedded in specific regional and national ecosystems with international collaborations. This program works in close collaboration with other programs and Early Research programs and provide together a complete proposition for the chemical value chain. This program is organized in the PPP's Biorizon and Brightlands Material Center and a growing program line Photons 2 Chemicals.

Biorizon

Biorizon has established a strong global IP position, unique know-how and research facilities in support of their Diels-Alder technology platform, providing multiple opportunities to access a plethora of bio-aromatic products. Hereby, Biorizon enables

cross-sectoral value chains that provide increased revenues for established and upcoming biorefineries, regionally and economically produced sustainable building blocks for the chemical industry, and enhanced applications for a circular society.

In 2020, TNO created spinoff company Relement, which focuses on commercialization of by Biorizon established production technology for 1st generation bio-aromatics MPA and HMA. With regards to further technology development, IP position, collaborations and organizational plans, the focus of Biorizon has shifted towards development of furan based and next generation bio-aromatic building blocks to afford a wider range of novel and existing bio-aromatics. For 2022, the focus of the Biorizon program will be on bringing next generation bio-aromatics (e.g. bio-phenolics) and furan-based building blocks (e.g. bio-surfactants) to TRL4. In support of these goals, expansion of TNO's TRL5 facilities at the Green Chemistry Campus and realization of the Biorizon Application Center are foreseen.

Brightlands Materials Center

Within this PPP this VP focuses on 2 sub program lines: Sustainable Buildings and Sustainable Mobility. The Sustainable Buildings program line focuses on the development of pigments and nanocomposite functional coatings and polymer films to create new solutions for optimized use of sunlight and solar heat in the built environment. The main application areas are windows and solar panels. For use in windows, we develop advanced solar control coatings and interlayers to minimize the energy consumption for heating and cooling of buildings. For use in solar panels, specifically building integrated photovoltaics (BIPV), we develop advanced solar control coatings and encapsulants to improve efficiency, aesthetics and/or life time of BIPV panels. Technologies in development at this moment are thermochromic coatings and interlayers for architectural glazing, coatings and encapsulants that improve light incoupling of solar panels, coatings and encapsulants that avoid heating up of BIPV panels, and coatings that improve the aesthetics of BIPV panels. Key program targets for 2024 are to validate the performance of first generation solar control coatings and films for architectural glazing in test buildings (TRL 6-7), to demonstrate colored BIPV coatings in the built environment (TRL 8) and to validate the performance of first generation films for prevention of heat up of BIPV panels in test buildings (TRL 6-7). Furthermore, we aim at realizing lab scale demonstrators (TRL 4) for spectral conversion coatings for PV windows, a coating combining sub band gap reflection for preventing of heat up and antireflective properties to maximize efficiency above bandgap for PV panels, and for retrofit solar control window films. Key deliverables for 2022 are establishing a pilot coating infrastructure for thermochromic and other sol-gel coatings on float glass at Brightlands Chemelot Campus, producing pilot-sized demonstrator windows comprising thermochromic PVB interlayers, producing pilot sized BIPV demonstrator panels with sub-bandgap blocking pigments in the POE encapsulant, and pilot production of ≥ 300 colour coated, real-sized BIPV modules for installation in the built environment.

From 2022 onwards the program line Sustainable Mobility, being the integrated program from the previous lines Additive Manufacturing and Light Weight Automotive, will focus on sustainable thermoplastic composites. As new upscaling technology for the production of Long Fiber reinforced Thermoplastics from composite scrap ("reLFT") has been installed in 2021, the technology and infrastructure to recycle thermoplastic composites for new use in structural and semi-structural applications will be further developed. In 2022, this fieldlab will produce various reLFT materials for further application in demonstrator products in the industry through our network with regional SME's. We will improve the quality of the materials to meet market needs. Also, new continuous fiber 3D printing equipment and continuous fiber impregnation equipment have been installed, allowing the production of fully thermoplastic composite products by additive manufacturing. In 2022, we will work together with different industrial partners to develop and validate 3D printed components for mobility applications. In addition, we will further develop and demonstrate conceptual knowledge (multi-physics and multi-scale based material models) predicting both fiber attrition during processing and durability of hybrid thermoplastic composites for lightweight structural applications.

Photon's to Chemicals

We focus on the development of catalysts, reactors and processes tailored for photochemical reactions. Current focus is on the development of tailored plasmonic nanocatalysts and flow reactors for sunlight-powered conversion of CO₂ and green H₂ to the C₁ chemicals and fuels CO, CH₃OH and CH₄ to demonstrate this process on a small pilot scale using natural sunlight (TRL 4-5). In addition, we are currently exploring new catalysts for the conversion to chemicals and fuels with more than one carbon atom and aim at the development of novel plasmon catalytic conversions using N₂, biomass and/or recyclates as starting materials.

Titel	VP Industrial Electrification and CCUS (P616)
--------------	--

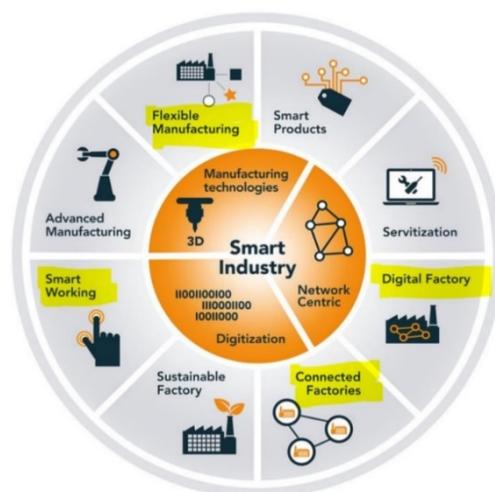
MTIB Thema	Sleuteltechnologieën / Chemie
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Ir. Peter Wolfs, Ir. Martijn de Graaff
Contactpersoon Regie-voerder	Topsector Chemie: Jacqueline Vaessen
Programma jaar 2022 - Samenvatting	
<p>The increasing amounts of renewable wind and solar derived electrical energy offer great opportunities for the industrial production of green hydrogen and the conversion of renewable raw materials (e.g. biomass, CO₂) to added value chemicals and fuels. This program aims at the development and piloting of disruptive Industrial Electrification and CCU technologies, and associated value chains and business models. The focus of the program is on the unique combination of industrial electrification (Power-2-X) with carbon capture and utilization (CCU) employing predominantly renewable feedstock (biobased and CO₂) and renewable electricity as energy supply.</p> <p>In 2022, we will continue further developing the proof-of-principles and proof-of-concepts towards higher TRL together with regional, national and international stakeholders from industry and government. Focus of the activities in 2022 and the expected results will be:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Electrosynthesis of chemical commodities using biomass and CO₂ as feedstock: Development of electrochemical routes from CO to Formaldehyde, DMC & Ethylene at TRL-3, development of electrochemical routes from CO₂ to Oxalic acid & Formic Acid at TRL-4/5 and demonstration of continuous paired electrosynthesis of maleic and valeric acid in a stack reactor at TRL-5. • Capture-integrated electrochemical conversion of CO₂: Development of capture integrated electrochemical CO₂ conversion towards TRL-4 and integration of up- and down-stream purification and conversion. • High temperature electrolysis of CO₂ (Solid Oxide Electrolysis): Development of Co-free electrodes, increase of reproducibility, durability & lifetime in a 3-cell stack system and development of development of a system design of co-electrolysis towards kerosene. • Electrolyzer industrialization: Development of a thin-film porous catalyst with low PGM loading, novel electrodes for hydrogen production and CO₂ conversion and an updated technology roadmap for further development together with partners. • Electric cracking and plasma conversion technology: Completing the feasibility of methane pyrolysis using plasma, optimizing the Hüls process towards acetylene and assessing the potential of using plasma for production of ethylene and for plastic recycling. • Value chain development for fuels, fertilizers and materials (plastics, steel): Supporting the VoltaChem business community, national ECCM platform & IEA TCP Annex Electrification and further assessing integration options, economic and ecological merit orders and non-technical barriers and associated solutions for implementation. <p>Furthermore, we continue our support of the recently started Fieldlab Industrial Electrification (Rotterdam Harbor Industrial Complex) and collaborate closely with the Hydrohub (Groningen-Eemdelta) and Brightsite (Geleen-Chemelot). In these regional testing facilities the developments from this program, amongst others, can be further piloted and brought towards demonstration together with industry and public stakeholders. Through this approach we aim to accelerate the development and implementation of results, so that our contribution to the 2030 and 2050 climate targets is maximized.</p>	

Titel	VP Smart Industry (P617)
MTIB Thema	Sleuteltechnologieën
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Rogier Verberk, Sam Helmer, Peter Laloli
Contactpersoon Regievoerder	Jan Post (leader HTSM Roadmap Smart Industry & Philips Consumer Electronics), Henk Gritter/Joren Schep (EZK)

Programma jaar 2022 - Samenvatting

The long term TNO objective is the same as the objective of the HTSM Roadmap Smart Industry, the Routekaart Smart Industry in the NWA, and the key enabling technology Engineering & Fabrication technologies:

In 2021 The Netherlands will have the most flexible and the best digitally connected production network of Europe for the design, production and supply of smart products and associated services, with which the design and manufacturing companies involved also achieve substantial energy and material savings in production and longevity and employees continuously (able to) maintain their (digital) knowledge and skills.



Within this national implementation agenda, 8 transformations are defined that manufacturing companies in the Netherlands have to make, to achieve the national objective (see picture). To support manufacturing companies to realize 4 of these transformations, TNO develops propositions in 4 Product Market Combinations (PMCs) aligned with the transitions, plus one PMC focused on policy and ecosystem development:

1. Flexible Manufacturing
2. Smart Work
3. Digital Factory
4. Connected Factories
5. Smart Response

Most of the activities are executed within so-called Fieldlabs, joint innovation centres of Research and Industry. Working in co-location allows TNO to develop technologies that are inspired by realistic industry settings and have a short time to market. On the other hand TNO works on solutions that can be broadly applied, preventing vendor lock-ins or winner-takes-it-all type of solution platforms. In 2022 we will see multiple AI algorithms being introduced in this type of work.

Titel	VP ICT (P706)
MTIB Thema	Sleuteltechnologieën
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Berry Vetjens (DM) / Omar Niamut (VPM)
Contactpersoon Regievoerder	Fred Boekhorst
Programma jaar 2022 - Samenvatting	
<p>TNO aims to guide industrial and societal stakeholders in the digitalisation of their business or domain, by integrating the identified enablers in national and European ICT agendas in first-time engineering solutions. These stakeholders have common needs, where they for example seek to take advantage of new opportunities in data sharing, and require fast open infrastructures and trusted ICT solutions to overcome their challenges in operating in digital ecosystems. To guide these developments, the VP ICT focuses on the common needs of our stakeholders and aims to reach the following goals. The use of Artificial Intelligence (AI) is fuelled by data. Data sharing is a key enabler for new business opportunities by combining data sources, but access to data is hindered by lack of trust between data owners, insufficiency in data interoperability and limited business models. Our ambition is to resolve barriers for data sharing and trustworthy usage of AI, by enabling data spaces in and across domains, ensuring interoperability of data sharing systems, avoiding vendor lock-in, achieving national data-hub(s) ecosystems, and developing methods to ensure trustworthy AI. In 2022, we aim at</p> <ul style="list-style-type: none"> i) setting up a Dutch public-private SSI ecosystem; ii) being first in integrating Privacy Enhanced Technologies in Data Spaces to enable analysis using sensitive data; iii) a data sharing pilot in energy and health sectors; iv) being first in interconnecting data spaces; and v) setting up a sandbox method for development of trustworthy AI. <p>In fast and open infrastructures, we design the future digital connectivity, storage and processing as the foundation for the further digitalisation of society that citizens, businesses and public sectors have already rapidly become to depend on. We provide technology and architecture blueprints for extremely powerful and efficient future digital infrastructures, around our targeted contributions that improve the performance, efficiency and economical and geopolitical sovereignty. In 2022, our key contributions will be</p> <ul style="list-style-type: none"> i) performing the first combined cloud-edge and slicing interoperability tests between two 5G networks in our automotive field lab; ii) building the first national 5G lab for railway in collaboration with ProRail; iii) making the Cloud Federation Testbed a cornerstone of the first national multi-provider developments in context of the Gaia-X hub; and iv) realizing first time integration of social XR building blocks in a commercial platform. In a digital society, corporate data is constantly vulnerable to external influences. <p>Our ambition with a trusted ICT approach is to deliver practicable implementations of relevant applications on current and near-future quantum hardware. With a focus on practicable algorithms for quantum optimization, in 2022 we deliver</p> <ul style="list-style-type: none"> i) a quantum optimization pipeline framework; ii) various new implementations of experimental use cases using quantum hardware; and iii) a multi-vendor ecosystem for quantum algorithms and application development. 	

These goals are aligned with national and stakeholder agendas, specifically the *Nederlandse Digitaliseringsstrategie 2021*¹, the *KIA (Digitale) Sleuteltechnologieën 2020-2023*², the *European Data Strategy for 2030*³, the *European Vision for the 6G Network Ecosystem*⁴, the *National Quantum Technology Agenda*⁵, and with strategic stakeholder viewpoints. Sectors that have specific attention are agriculture, telecom providers, government, media and financials, but the underlying fundamental technology developments allow TNO to contribute to challenges in other domains as well, such as defence and security, industry, energy, construction, healthcare and mobility and logistics. In relation to the above-mentioned goals, the VP ICT actively engages in stakeholder management on both the national and the European level, with academic partners and partners from the industry. Until 2025, we aim to consolidate this role and maintain our leading position in standardisation of digital technologies and within industry fora.

Titel	VP Embedded Systems Innovation (ESI) (P707)
MTIB Thema	Sleuteltechnologieën
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Henk-Jan Vink (Managing Director TNO ICT), Frans Beenker (VP manager)
Contactpersoon Regievoerder	HTSM embedded systems / Brit Meier

Programma jaar 2022 - Samenvatting

The Dutch high-tech industry is responsible for a large portion of the Dutch private R&D expenditures. Many of them play a world-wide dominant role. Complex industrial products are brought to the market with high speed, enhanced functionality, better cost performance ratio, and integrated into customer processes.

Product innovation is pre-dominantly implemented as a complex multi-disciplinary interplay between software and physical components (i.e. cyber-physical systems). This interplay has a large impact on key system qualities such as reliability and performance. Business models continue to expand (from selling boxes to delivering integrated solutions and services) and there is a continuous drive towards efficiency – do more with less in less time. The complexity of high-tech systems grows steeply; e.g. due to product diversification and customer-specific products, integration and optimization in customer processes (system of systems), and AI. A fundamental basis of systems engineering is required to improve the efficiency, effectiveness, quality and cost of the architecting, design and integration processes and of the resulting products and services. In addition, high-tech companies need a highly qualified workforce with leading professional capabilities for architecting, design and engineering requiring continuous education through all career stages. This all asks for systems engineering methodologies, especially for those addressing the following aspects:

- **Multidisciplinary architecting and design.** The essence of systems engineering is in addressing the heterogeneity and multi-disciplinary aspects of product architecting and design.
- **Efficient and effective product innovation process.** There is a significant need to improve on the efficiency, effectiveness, quality and costs of the product innovation process. Techniques for product architecting and design need to involve modelling, analysis (e.g. AI-based), virtualization and simulation to achieve the desired results. There is a continuous trend towards model-driven system design and engineering in all phases of a product life cycle.
- **Life-cycle context.** There is an increased interaction between the supplier and user of high-tech systems. Requirements changes have to be accommodated quickly and system integration in a, often ill-defined, customer workflow is offered as a service. New techniques are required for product design that position product design in a system-of-systems and life-cycle context.
- **Human capital development.** A systematic investment in a life-long learning program for education and training of the industry workforce.

¹ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2021/04/26/nederlandse-digitaliseringsstrategie-2021>

² <https://www.hollandhightech.nl/kia-sleuteltechnologieen>

³ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-data-strategy_en

⁴ <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2021/06/WhitePaper-6G-Europe.pdf>

⁵ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/brochures/2020/02/17/nationale-agenda-quantumtechnologie>

These aspects support the high-tech industry in achieving their challenges in offering value propositions over the life-cycle of their products in addressing the main trends that are driving the complexity of high-tech systems. Together, they represent the main aspect of the ESI research program for 2022 - 2025.

The target result of ESI is to drive advances in high-tech systems technology by ¹⁾ creating impactful and industrially applicable architecting and design methodologies and ²⁾ providing innovation support to high-tech industry to get the ESI results applied in an industrial context.

The ESI program has a stable foundation with commitments that extend over multiple years. Yearly, priorities are discussed and set with the ESI partners. This is done on basis of the current status of results, the observed high-tech industry trends and associated needs, and the Dutch innovation policy. As innovation policies progress, ESI progresses as well which is the driving factor for the yearly update of VP ESI. In the past years and the upcoming future, an expansion is seen in the industrial use of AI techniques in systems and services opening up challenges on addressing aspects such as system dependability. Another trending topic is on the industry challenge to configure systems from a platform library and the need to include model-based systems engineering into the system architecting phases. Also, there is an increased need to integrate systems in a customer context bringing the topic of system-of-systems integration and systems in systems optimization on the table. These innovations and needs may result in adaptations in the priorities in each of the ESI program lines.

A summary of the targeted 2022 results is as follows:

International positioning and visibility:

- A recognized and active role in an international cooperation network of systems engineering research centers by aligning strategies, roadmaps, exchange of results and taking joint initiatives.

Re-alignment strategic research program with industry partners

Research targets per strategic program line:

- Systematic reasoning on system performance covering functional, software, and platform levels, including execution architectures;
- Change impact analysis as a basis for improving efficiency and effectiveness of verifying and validating of systems, especially for systems shipped, installed, used and serviced in many different configurations;
- System and SW modularization while dealing with component variation and legacy systems;
- Create focus in horizontal/vertical system of systems integration with special attention to system optimization (with digital twinning and AI techniques) and system diagnostics (including strengthening our program on diagnostics via a focused effort in Twente/UT);
- System architecture methodologies enabling system modularity, platform approaches, system variant management, and relating systems and SW architectures;

Sharing, professionalizing dissemination and competence development:

- A successful ESI symposium end of September 2022 (including celebrating the 20th anniversary of ESI);
- Exploiting the added value for the ESI network by seeking synergies in research with various partners and exchanging experiences and results;
- Building a network of service providers as implementation partner of ESI results, organized in an Implementers Council;
- New courses, course offerings, and updating existing courses.

Titel	VP Sleutelmethodologieën voor Transitie en Transformaties (P901)
MTIB Thema	KIA Maatschappelijk Verdienvermogen / Sleuteltechnologieën
Contactpersonen TNO (DM en VPM)	Maxine Tillij, Anne Fleur van Veenstra, Mirjam Groote Schaarsberg
Contactpersoon Regievoerder	Paul Vetter (EZK)
Programma jaar 2022 - Samenvatting	
<p>Het Vraaggestuurde Programma (VP) Sleutelmethodologieën voor Transitie en Transformaties (Key Enabling Methodologies, KEM's) is gelieerd aan de Roadmap Transitie & Transformaties van de Unit Strategic Analysis & Policy en ontwikkelt methodologieën voor de versnelling van de maatschappelijke transitie die doorlopen moeten worden om de transformatie naar een moderne (digitale) en duurzame samenleving en een vitale economie te realiseren. De roadmap richt zich op drie complexe socio-technische systemen: stedelijke systemen, industriële systemen en het innovatiesysteem. Het VP KEM's ontwikkelt generieke methodologieën en werkt ze uit voor deze specifieke systemen. Het doel van het VP is om KEM's in te zetten om de benodigde versnelling van innovaties en kennis richting economische en maatschappelijke oplossingen te realiseren. In het urgent oplossen zit de uitdaging. Er zijn op korte termijn inzichten nodig in de diverse transitie en handvatten om daarop interventies te plegen. De kennisontwikkeling in het VP vindt daarom vooral plaats door middel van actiegericht onderzoek, waarin steeds veel interactie met marktpartijen en relevante stakeholders is.</p> <p>In het VP worden drie groepen methodologieën ontwikkeld:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. KEM's gericht op het analyseren van complexe systemen en het identificeren van interventies; 2. KEM's gericht op het ontwerpen van adaptieve besturing (arrangementen, structuren en processen); en 3. KEM's gericht op het organiseren van minimaal levensvatbare ecosystemen voor waarde creatie en genetwerkte business modellen. <p>In 2022 wordt gestart met de ontwikkeling van de volgende methodieken:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gecombineerde kwalitatieve en kwantitatieve scenario analyses; • Integrale sociaal-economische impact assessment methoden; • Adaptieve governance arrangementen, structuren en processen; • Data en informatie ('evidence') gebaseerde besluitvorming; • Organiseren van minimaal levensvatbare ecosystemen; en • Genetwerkte (collaboratieve) businessmodellen. <p>Hierbij werken we samen met kennisinstellingen zoals Copernicus Instituut (UU) en LDE Bold Cities en ministeries EZK, BZK en I&W, ROMs, provincies, grote gemeentes en staatsdeelnemingen.</p> <p>Het VP KEM's sluit aan bij de KIA Maatschappelijk Verdienvermogen (MV) en de onderzoeksagenda voor sleutelmethodologieën (KEM's) . Uitgangspunt van de KIA Maatschappelijk Verdienvermogen is de duale doelstelling om zowel maatschappelijke transitie te versnellen als gelijktijdig opschalen van innovaties en verdienvermogen daarin, door een landelijk programma ter ondersteuning van regionale innovatieclusters. Hierbij is de KIA MV dwarsdoorsnijdend in en ondersteunend aan de vier thematische KIA's in het Nederlandse missiegedreven topsectoren- en innovatiebeleid</p> <p>Het VP KEM's is nieuw en start formeel per 1 januari 2022. Het bouwt deels voort op de huidige kennis(ontwikkeling) gericht op de versnelling van individuele transitie, maar richt zich specifiek op kennisontwikkeling voor complexe systeemveranderingen.</p>	