

D3 Integrale kennis- en innovatieagenda

De maatschappelijke opgave van het Klimaatakkoord stelt in alle sectoren hoge eisen aan het innovatievermogen van economie en samenleving. Innovatie is benoemd als een doorsnijdend thema binnen het Klimaatakkoord. Een taakgroep innovatie is ingesteld om in opdracht van het Klimaatberaad een integrale (door alle sectoren heen en over de hele innovatieketen heen) kennis- en innovatieagenda (IKIA) op te stellen als onderdeel van het Klimaatakkoord en in lijn met de afspraken aan de sectortafels. De agenda articuleert de benodigde kennis en innovatie voor de maatschappelijke opgave van het Klimaatakkoord. Het stelt kennisinstellingen, departementen en bedrijven in staat om de innovatieopgaven te vertalen naar hun programmering.

De vijf sectortafels van het Klimaatakkoord hebben breed gedragen afspraken gemaakt over concrete doelen en mogelijke oplossingsrichtingen om de maatschappelijke opgave aan te pakken. De taakgroep heeft deze vertaald in missies voor 2050 en tussendoelstellingen voor 2030. De hiervoor benodigde kennis en innovatie is leidend voor deze IKIA. Er wordt ook een verbinding gelegd met internationale ontwikkelingen (EU/IEA). Daarmee past deze IKIA bij uitstek bij de recente ontwikkeling binnen het innovatiebeleid, om maatschappelijke uitdagingen centraal te stellen, onder de noemer van missiegedreven innovatiebeleid⁹¹ en *Horizon Europe*⁹².

Een doelgerichte en toekomstbestendige kennis- en innovatie agenda voor de maatschappelijke opgave van het Klimaatakkoord wordt gekenmerkt door een goede balans tussen aandacht voor de korte termijn (ontwikkeling, demonstratie en uitrol) en voor de middellange en lange termijn (onderzoek en ontwikkeling). Daarmee wordt het halen van de 2030 (tussen)doelen mogelijk gemaakt en tegelijkertijd de noodzakelijke basis gelegd voor het realiseren van de missies voor 2050.

De kennis- en innovatieopgaven om een missie mede te helpen realiseren vragen doorgaans een langjarig commitment voor een programmatische aanpak, en krijgen in deze agenda vorm in zogenoemde Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma's (MMIP's). Naast maatschappelijke gedreven onderzoek en innovatie in het kader van het Klimaatakkoord blijven ook nieuwsgierigheid gedreven en aanbod gedreven onderzoek en innovatie van belang voor maatschappelijke uitdagingen. Als hier relevante onderwerpen voor een MMIP uit naar voren komen, kunnen deze ook hier een plek krijgen.

Afspraken:

- a. De IKIA bij het Klimaatakkoord articuleert de kennis- en innovatieopgaven volgend uit (sectorale) maatschappelijke missies voor de doelstelling van 95% CO₂-reductie in 2050 en de 49% CO₂-reductiedoelstelling in 2030 als tussendoel. De IKIA is daarmee de missiegedreven kennis- en innovatieagenda voor klimaat en energie en bepalend voor de benodigde inzet op kennis en innovatie.
- b. De IKIA vertaalt de missies uit het Klimaatakkoord door in concrete meerjarige missiegedreven innovatieprogramma's (MMIP's). De MMIP's bestrijken de gehele kennis- en innovatieketen. De MMIP's maken expliciet welke kennis- en innovatieactiviteiten volgens de huidige inzichten nodig zijn voor de verschillende delen van de innovatieketen met betrekking tot: onderzoek, ontwikkeling, pilots/demonstratie en implementatie. De inzet is om in de MMIP's aan de voorkant de verbinding van de inzet van onderzoek op de maatschappelijke opgaven te versterken en aan de achterkant de verbinding naar de implementatie.

⁹¹ In de recente Kamerbrief 'Naar Missiegedreven Innovatiebeleid met Impact' van de minister van EZK wordt het Klimaatakkoord nadrukkelijk benoemd als voorbeeldproces voor het moderniseren van het innovatiebeleid.

⁹² http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-4041_nl.htm

- c. In de hierna volgende matrix zijn de missies en de bijbehorende MMIP's weergegeven die nodig zijn om de doelstellingen van de sectortafels te realiseren. De hierbij betrokken partijen spreken de intentie uit die MMIP's uit te voeren, inclusief de bijbehorende beleidsmaatregelen voor het creëren van markten voor deze innovaties, conform het opgenomen maatregelenpakket in het Klimaatakkoord.
- d. In het eerste kwartaal van 2019 presenteert de taakgroep innovatie de IKIA, waarin de MMIP's uit de hierna volgende matrix nader zijn uitgewerkt. Hierbij wordt een consultatie van externe partijen betrokken.
- e. Conform de inzet van het kabinet zoals verwoord in de kamerbrief *Naar Missie gedreven Innovatiebeleid met Impact*, wordt de IKIA de richtinggevende agenda voor klimaat en energie. De IKIA omvat onder andere de agenda's van de Topsector energie en andere relevante topsectoren die een bijdrage kunnen leveren aan de klimaat- en energieopgave.
- f. Er zal sprake zijn van een 5-jaarlijkse herijking van de IKIA als onderdeel van het 5-jaarlijkse herijkingsmoment in de borgingscyclus Klimaatakkoord die aansluit bij het Klimaatplan. Jaarlijks wordt de voortgang van het Klimaatakkoord op hoofdlijnen gerapporteerd, inclusief de voortgang van de programma's uit de IKIA. Als onderdeel van de uitwerking van het missiegedreven innovatiebeleid kijkt de overheid hoe deze cyclus en de huidige programmeringscyclus voor het topsectorenbeleid op elkaar aan te sluiten.
- g. Voor de uitvoering van de IKIA en MMIP's wordt voortgebouwd op bestaande uitvoeringsstructuren voor onderzoek en innovatie, waar nodig aangepast ten behoeve van een optimalisatie van het innovatieproces. Daarbij wordt stapsgewijs toegewerkt naar een werkwijze die aansluit bij de uitgangspunten van missiegedreven innovatiebeleid. Zo zal worden bezien hoe de integraliteit van de agenda kan worden geborgd, passend binnen de bredere ontwikkelingen rond de vernieuwingen van het topsectorenbeleid. De Rijksoverheid komt hier vóór juli 2019 met een voorstel.
- h. In 2019 wordt het huidige energie-innovatie-instrumentarium geoptimaliseerd om de MMIP's zo goed mogelijk te faciliteren. Er blijft ruimte voor nieuwe instrumenten of aanpassingen aan de huidige instrumenten indien (onderdelen van) de MMIP's daarmee beter gefaciliteerd kunnen worden. Zie ook de specifieke afspraken over aanpassingen van het innovatie-instrumentarium bij Elektriciteit onder C5.8.
- i. De IKIA is voor het thema klimaat en energie richtinggevend voor de inzet van publieke middelen die NWO en TO2-instellingen inzetten op de topsectoren, voor de inzet van de PPS-toeslag, de MKB-innovatiemiddelen (MIT) en de departementale innovatiebudgetten voor klimaat en energie waaronder de budgetten voor de demonstratieregeling energie-innovatie (DEI) en de hernieuwbare energieregeling (HER). De Rijksoverheid stelt extra middelen beschikbaar uit de Klimaatenvolpe, voornamelijk gericht op het faciliteren van pilots en demonstraties. Daarnaast kan gebruik worden gemaakt van de middelen voor de Nationale Wetenschapsagenda (NWA); consortia kunnen in competitie voorstellen indienen. De Rijksoverheid zet zich in om de boven beschreven werkwijze te verankeren in de verschillende programmeringen, waaronder het nieuwe kennis- en innovatiecontract gericht op het missie gedreven innovatie- en topsectorenbeleid en de TO2-bestedingsplannen. De voorbereiding hiervan start met de voorbereiding van de programmering voor 2020–2023 in 2019.
- j. De inzet van de publieke middelen voor de IKIA wordt mede afgestemd op de bereidheid van private partijen om publieke middelen te matchen met private bijdragen.

Matrix kennis- en innovatieagenda

In de hierna volgende matrix zijn meerdere MMIP's en deelprogramma's opgenomen die dwarsverbanden hebben met andere sectoren c.q. de missies en MMIP's van die sectoren. Voorbeelden zijn onder andere elektrochemische conversie (w.o. waterstof), geothermie, maatschappelijk draagvlak, biomassa, sociale innovatie en digitalisering. In de uitwerking van de governance van de IKIA en de MMIP's is speciale aandacht nodig voor de wijze waarop met deze crossovers kan worden omgegaan. Zo is het denkbaar dat er enkele cross-sectorale innovatieprogramma's worden ingericht rondom bepaalde crossovers, zoals bijvoorbeeld elektrochemische conversie (w.o. waterstof) en geothermie.

IKIA Klimaatakkoord

Missies	A Een volledig CO ₂ -vrij elektriciteitssysteem in 2050	B Een CO ₂ -vrije gebouwde omgeving in 2050
Met als tussendoel(en)	In 2030: • wordt er op land jaarlijks minimaal 35 TWh elektriciteit opgewekt met windenergie en zonne-energie > 15 kW; • wordt er minimaal 49 TWh elektriciteit opgewekt met wind op zee.	In 2030: • gaan 200.000 bestaande woningen/jaar van aardgas af; • zijn 1,5 mln woningen en 15% van de u-bouw en maatschappelijk vastgoed, aardgasvrij • wordt minimaal 20% van het lokale energiegebruik (incl. EV) binnen de gebouwde omgeving duurzaam opgewekt.
MMIP's Meerjarige Missiegedreven InnovatieProgramma's en deelprogramma's	1 Hernieuwbare elektriciteit op zee <ul style="list-style-type: none"> • Kostenreductie en optimalisatie • Integratie offshore energie in het energiesysteem • Inpassing in de omgeving (ecologie en medegebruik) 	3 Versnelling energierenovaties in de gebouwde omgeving <ul style="list-style-type: none"> • Enthousiasme van gebouweigenaren en gebruikers voor energierenovatie (MVI) • Robotisering, digitalisering en integratie installatietechniek in bouwelementen • Energieconcepten (incl. optimalisatie in de keten)
	2 Hernieuwbare elektriciteits-opwekking op land en in de gebouwde omgeving <ul style="list-style-type: none"> • Verlaging van opwekkosten • Nieuwe toepassingen, optimaal geïntegreerd • Versnelling met maatschappelijk enthousiasme • Integrale duurzaamheid • Integratie in het energiesysteem 	4 Duurzame warmte (en koude) in de gebouwde omgeving (inclusief glastuinbouw) <ul style="list-style-type: none"> • Stille, compacte, slimme, kostenefficiënte warmtepompen • Afgifte-, ventilatie- en tapwatersystemen • Slimme compacte warmte-batterij • Slimme laag/midden temperatuur warmtenetten • Grootschalige thermische opslag • Geothermie
	13 Een robuust en maatschappelijk gedragen energiesysteem <ul style="list-style-type: none"> • Samen fact-based beslissen en vormgeven, inclusief verdienmodellen • Ruimtelijke inpassing • Inrichting infrastructuur, flexibiliteit, marktmechanismen en digitalisering • Power-to-Molecules • Grootschalige energieopslag, energie transport en hybridisering energievraag 	5 Het nieuwe energiesysteem in de gebouwde omgeving in evenwicht <ul style="list-style-type: none"> • Lokale systeemoptimalisatie • Regelalgoritmen voor besparing, energieoptimalisatie en sectorkoppeling • Data-architectuur en handelssystemen • Flexibiliteit en elektriciteitsopslag

IKIA Klimaatakkoord

C In 2050 zijn grondstoffen, producten en processen in de industrie netto klimaatneutraal en voor tenminste 80% circulair	D Emissieloze mobiliteit voor mensen en goederen in 2050	E In 2050 is het systeem van landbouw en natuur netto klimaatneutraal
In 2030: <ul style="list-style-type: none"> • worden 50% minder primaire grondstoffen verbruikt; • zijn de broeikasgasemissies van productieprocessen en afvalsector verminderd tot circa 36 Mton CO2 equivalent; • is verduurzaming van het industriële warmtesysteem tot 300 C bereikt; • zijn elektrificatie en CO/CO2 hergebruik geëffectueerd; • wordt CCS kosteneffectief ingezet; • is duurzame waterstofproductie op weg naar implementatie; • worden biograndstoffen gezien als standaard. 	In 2030: <ul style="list-style-type: none"> • zijn er 1,9 miljoen elektrische vervoersmiddelen; • is 1/3 van het energieverbruik in de mobiliteit hernieuwbaar; • maken we 8 miljard minder zakelijke (auto)kilometers; • hebben minimaal de 32 grootste gemeenten zero-emissiezones voor stadslogistiek. 	In 2030: <ul style="list-style-type: none"> • is een extra reductie bereikt van minimaal 1 Mton CO2eq. methaan, 1 Mton CO2eq. reductie energieverbruik glastuinbouw en 1,5 Mton CO2eq. reductie door slimmer landgebruik.
6 Sluiting van industriële kringlopen <ul style="list-style-type: none"> • Circulaire grondstoffen en producten • Biobased grondstoffen en producten • Ontwerp en inbedding van nieuwe circulaire ketens • Toepassing CCS en maatschappelijke acceptatie 	9 Innovatieve aandrijving en gebruik van duurzame energiedragers voor mobiliteit <ul style="list-style-type: none"> • Zero Emissie aandrijftechnologie en voertuigen • Energiedistributie voor elektrische voertuigen • Distributie van waterstof en andere energiedragers voor brandstofcelvoertuigen • Innovatieve hernieuwbare brandstoffen • Zuinige voertuigen 	11 Klimaatneutrale productie food en non-food <ul style="list-style-type: none"> • Reductie methaanemissies door pens- en darmfermentatie • Reductie emissies uit stal en mestopslag • Koolstofvastlegging en vermindering emissies landbouwbodems en bemesting • Vermindering emissies veenweidegebieden
7 CO2-vrij industrieel warmtesysteem <ul style="list-style-type: none"> • Warmtehergebruik, -opwaardering en opslag • Diepe en ultradiepe geothermie voor industrie • Toepassing klimaatneutrale brandstoffen • Systeemconcepten voor warmte en koude • Maximalisering van proces-efficiency 	10 Doelmatige vervoersbewegingen voor mensen en goederen <ul style="list-style-type: none"> • Weten wat mensen beweegt • CO2-reductie door nieuwe mobiliteitsconcepten voor personenvervoer • CO2-reductie door innovaties in logistiek • Transitie-ondersteunende kennis en tools 	12 Land en water optimaal ingericht op CO2 vastlegging en gebruik <ul style="list-style-type: none"> • Zeewierveredeling, -teelt en na-oogst • Verdubbelde fotosynthese • Eiwit voor humane consumptie • Klimaatbehoudende natuur • Klimaatvriendelijke keuze bij aanschaf producten • Gezonde voedselkeuze • Gebruiksreductie naar nulmissie
8 Elektrificatie en radicaal vernieuwde processen <ul style="list-style-type: none"> • Productie waterstof, moleculen en innovatieve hernieuwbare brandstoffen • Elektrische apparaten en elektrisch aangedreven processen • Flexibilisering en digitalisering • Radicaal vernieuwde processen • Maatschappelijke implicaties van industriële elektrificatie 	13 Een robuust en maatschappelijk gedragen energiesysteem <ul style="list-style-type: none"> • Samen fact-based beslissen en vormgeven, inclusief verdienmodellen • Ruimtelijke inpassing • Inrichting infrastructuur, flexibiliteit, marktmechanismen en digitalisering • Power-to-molecules • Grootschalige energieopslag, energie transport en hybridisering energievraag 	

Toelichtende tekst per MMIP

MMIP 1. Hernieuwbare elektriciteit op zee. MMIP 1 richt zich op het mogelijk maken van de benodigde schaalprong voor hernieuwbare elektriciteit op zee. De nadruk ligt op offshore windenergie, maar het programma is ook gericht op de ontwikkeling van offshore zonne-energie als oplossing met groot potentieel voor de langere termijn.

Voor een succesvolle implementatie van grootschalige offshore windenergie liggen de innovatieopgaven in het oplossen van knelpunten met betrekking tot hoge kosten, uitroltempo, offshore ruimtegebruik, veiligheid (zoals scheepvaart), ecologie en integratie van zeer grote hoeveelheden elektriciteit in het energiesysteem. Bij vraagstukken over integratie in het energiesysteem is nauwe samenwerking beoogt met het MMIP 13 *Een robuust en maatschappelijk gedragen energiesysteem*. Dit betreft vooral oplossingen die een directe relatie hebben met de offshore windparken, zoals opslag en conversie van energie op zee, naar bijvoorbeeld waterstof.

Voor offshore zonnestroomsystemen ligt de uitdaging in het aantonen van de technische, ecologische en economische haalbaarheid en het ontwikkelen en testen van concepten voor drijvende installaties. Daarbij spelen de combinaties met offshore windenergie en andere functies een belangrijke rol.

MMIP 2. Hernieuwbare elektriciteitsopwekking op land en in de gebouwde omgeving. Dit is een gezamenlijk programma van de sectoren Elektriciteit en Gebouwde Omgeving. Wind- en zonnestroom zullen in een CO₂-vrije energiehuishouding een belangrijk deel van de -sterk toenemende- elektriciteitsvraag in alle sectoren dekken, met opwekking in de gebouwde omgeving en het buitengebied, maar ook in de infrastructuur en op binnenwateren. MMIP 2 betreft innovaties die de sterke groei van deze opwekking mogelijk maken, rekening houdend met technische, economische, maatschappelijke en ecologische factoren. Het MMIP draagt ook bij aan Missie B, via lokale opwekking in de gebouwde omgeving. Innovaties zijn gericht op het verder verlagen van opwekkosten, op het beschikbaar maken van nieuwe toepassingen, optimaal geïntegreerd in hun omgeving (met meervoudig gebruik van de ruimte) en op integratie in het energiesysteem. Dit laatste in nauwe samenwerking met MMIP 13 *Een robuust en maatschappelijk gedragen energiesysteem*. De kennisvragen betreffen nadrukkelijk ook hoe de implementatie kan worden versneld met behoud van maatschappelijk enthousiasme en hoe circulariteit en integrale duurzaamheid kunnen worden gerealiseerd.

MMIP 3. Versnelling energierenovaties in de gebouwde omgeving. In dit programma worden innovaties ontwikkeld waaruit nieuwe energieconcepten voor de bouw- en installatiebranche ontstaan, met een aanzienlijk lagere kostprijs dan de concepten die op dit moment op de markt beschikbaar zijn. Dit is nodig om vanaf 2025 met 200.000 energierenovaties per jaar de gebouwde omgeving in 2050 kosteneffectief aardgasvrij te maken. De resultaten dienen bij te dragen aan het terugdringen van overlast voor bewoners en daar waar mogelijk comfort en gebruikersgemak te verbeteren. Deze innovaties faciliteren ook de industrialisatie (mogelijk robotisering) van de productie-, (ver)bouw- en installatieprocessen, inzet van duurzame materialen en radicale wijzigingen in de waardeketen om de gewenste versnelling van energietransitie in de gebouwde omgeving te bewerkstelligen. Het vraagt om samenwerking tussen o.a. partijen die de wensen van gebruikers kunnen vertalen in productspecificaties, de bouw- en installatiesector, de toeleveringsindustrie en deskundigen die bij kunnen dragen aan het vormgeven van brede gebruikersacceptatie. Dit MMIP draagt bij aan een snelle groei van de uitvoeringscapaciteit die nodig is om de "grote verbouwing van Nederland" voor 2050 te kunnen afronden.

MMIP 4. Duurzame warmte (en koude) in de gebouwde omgeving (inclusief glastuinbouw). Dit MMIP richt zich op technische en socio-economische innovatie voor een snelle groei van duurzame warmtesystemen. Doel is het verbeteren van bestaande typen apparaten en systemen (beschikbaar < 5 jaar) en het ontwikkelen van nieuwe concepten

(beschikbaar > 5 jaar) en bijbehorende diensten en gebruikersenthousiasme gericht op het realiseren van meerdere hoofdconcepten voor warmte en koude bij renovatie. Om gebruikers tijdig de verwarming te laten overzetten naar aardgasvrij is het noodzakelijk het aanbod af te stemmen op gebruikers, met betrekking tot omvang, comfort (geluid, thermisch), inpasbaarheid en betaalbaarheid (woonlasten). De innovaties zullen zich vooral richten op toepasbaarheid in bestaande (bewoonde) situaties, een lagere integrale kostprijs op systeemniveau, tempoverhoging naar aardgasvrije oplossingen. Het ontsluiten van nieuwe duurzame warmte (en koude) bronnen (zoals aquathermie, geothermie en thermische zonne-energie) en thermische opslag is nodig om de sterk groeiende vraag naar duurzame warmte in te vullen.

MMIP 5. Het nieuwe energiesysteem in de gebouwde omgeving in evenwicht.

Verbindingen tussen verwarmingssystemen, zoals warmtepompen met eigen opwekking van schone energie, met opslag in wijkbatterijen en/of elektrische voertuigen, bieden nieuwe kansen voor geïntegreerde concepten. Dit MMIP is gericht op het komen tot een geïntegreerd energiesysteem in de gebouwde omgeving met optimale afstemming van de lokale schone energievraag vanuit bedrijven en burgers (comfort, elektriciteit, warmte en mobiliteit) met een zoveel mogelijk lokaal opgewekt aanbod van duurzame energie. Dit niet alleen op jaarbasis, maar juist ook op kwartier-, uur- en dagbasis en tussen seizoenen. Er wordt gewerkt aan de flexibiliteitscapaciteit die in 2030 nodig zal zijn. De eindgebruiker speelt een sleutelrol in dit systeem, dat duurzame energie zichtbaar dichtbij brengt, en zal hierbinnen kunnen kiezen voor een actieve (mede) sturende rol op basis van eigen behoeften en gericht op lagere kosten (zowel individueel als maatschappelijk).

MMIP 6. Sluiting van industriële ketens. Dit programma richt zich op duurzame vernieuwing van integrale waardeketens met nieuwe productieprocessen, hergebruik van materialen en grondstoffen, onderdelen of producten en het creëren van nieuwe materialen en producten die circulariteit faciliteren. Het draagt bij aan de versnelde ontwikkeling en implementatie van innovaties voor tenminste 80% circulaire en duurzame waardeketens in 2050. In 2030 worden 50% minder primaire grondstoffen gebruikt. De nadruk ligt op de sluiting van de koolstofketen. Waar nieuwe koolstofhoudende grondstoffen nodig zijn kan onder andere biomassa worden ingezet. Er zijn vier programmadelen:

In *Circulaire grondstoffen en producten* worden kennis en innovaties ontwikkeld voor omzetting van CO₂ en CO uit proces- en verbrandingsgassen naar grondstoffen en producten (CCU), (plus eventueel Direct Air Capture, DAC). Daarnaast worden processen ontwikkeld voor voorbereiding en chemische recycling van afval en plastic, en voor het sluiten van de non-ferro metaalketen via karakterisering, scheiding en recycling. In *biomassa gebaseerde grondstoffen en producten* worden routes voor hoogwaardige, onderscheidende inzet onderzocht. Doel is om suppletie met 20% niet-fossiele koolstof toepasbaar te maken voor kringloopsluiting waar dat op een andere manier niet mogelijk is. Parallel wordt onderzoek gedaan naar ontwerp van optimaal duurzame circulaire waardeketens met minimale koolstof footprint, cascadering, en nieuwe businessmodellen. Ten behoeve van het succes en de snelheid van de omwenteling is er aandacht voor maatschappelijke acceptatie, gedrag en economische inbedding. Om de CO₂-emissiereductiedoelstelling op korte termijn te kunnen halen is een vierde programmadeel gewijd aan *toepassing van CCS*. Hierin zijn alle activiteiten gericht op het versneld en kosteneffectief inzetten van CCS bij bestaande installaties, bijvoorbeeld bij de productie van blauwe waterstof. Onderwerpen zijn procesintegratie en optimalisatie van het afvangproces; transport, opslag en slimme monitoring, en maatschappelijke en systeemvragen.

MMIP 7. Een 100% CO₂-vrij industrieel warmtesysteem. Dit programma richt zich op ontwerp en (her) inrichting van klimaatneutrale energie- en warmtesystemen voor industriële clusters en bedrijven en optimale proces-efficiency. In 2050 is de warmtevoorziening voor alle temperatuurniveaus volledig CO₂-vrij. De warmtevraag is drastisch gereduceerd door de toepassing van efficiënte processen en wordt ingevuld met duurzame bronnen (elektriciteit,

geothermie, biomassa en duurzame gassen). In 2030 is door *power to heat* oplossingen en inzet van duurzame warmtebronnen minimaal 5,3 Mton CO₂-emissiereductie en een energiebesparing van 93 PJ bereikt. Deze omslag is niets minder dan een revolutie. De huidige praktijk moet omgebouwd worden naar een systeem met maximale toepassing van circulaire warmte – het opwaarderen van restwarmte in plaats van emitteren naar het milieu. Tot 2030 richt innovatie zich op het versneld beschikbaar krijgen van technologie voor temperaturen tot ongeveer 300 °C, zoals warmtepompen, door standaardisatie, modularisatie en ontwikkeling van projectmatige aanpak voor ontwerp en implementatie. Tegelijkertijd wordt technologie ontwikkeld die na 2030 in het hoogste temperatuursegment voor een omslag zorgt. Daarnaast wordt kennis opgebouwd voor optimale warmtebenutting in het systeem door het wegnemen van niet-technologische barrières.

MMIP 8. Maximale elektrificatie en radicaal vernieuwde processen. Dit programma is gericht op de ontwikkeling van kennis en kosteneffectieve innovaties voor volledig klimaatneutrale productieprocessen in 2050, optimaal geëlektrificeerd en volledig geïntegreerd in het duurzame energiesysteem. Industriële processen worden waar mogelijk elektrisch aangedreven, maken gebruik van klimaatneutrale (circulaire) grondstoffen en vervullen een belangrijke rol bij de levering klimaatneutrale secundaire grondstoffen, energiedragers, eindproducten, flexibiliteit en energieopslag. In 2030 is de industrie in staat het variabele vermogen aan duurzame elektriciteit volledig op te nemen. Uitdagingen zijn kostenreductie en opschaling elektrische waterstofproductie en de ontwikkeling van klimaatneutrale brandstoffen en moleculen (in samenwerking met MMIP 13). Ontwikkeling van elektrische apparaten en elektrisch aangedreven processen vergroten de mogelijkheden voor elektrificatie. Combinatie met digitalisering biedt daarnaast richting 2050 kansen voor decentrale productieprocessen. Hiervoor is nieuw kennis over veiligheid en *proces control* nodig. Parallel wordt onderzoek gedaan naar maatschappelijke en systeemimplicaties van industriële elektrificatie en wordt nadrukkelijk gestuurd op radicale procesvernieuwing en disruptieve innovaties die na 2030 het verschil moeten gaan maken.

MMIP 9. Innovatieve aandrijving en gebruik van duurzame energiedragers voor mobiliteit. Centraal in de vergroening van de mobiliteitssector staat de beweging naar elektrisch aangedreven voertuigen, die hun energie betrekken uit batterijen of brandstofcellen. Het kabinet streeft ernaar dat in 2030 alle nieuw verkochte personenauto's zero-emissie zijn. Elektrisch vervoer vereist integratie van het energiesysteem en het mobiliteitssysteem via *smart grids* en draagt bij aan netbalancing en transport en buffering van duurzaam opgewekte energie. Dit vraagt een goede integratie van het mobiliteits- en energiesysteem, die samenkomen in de gebouwde omgeving. Waar elektrische aandrijving in personenauto's al doorbreekt, vraagt dit in de zwaardere toepassingen (vracht, maritieme sector en luchtvaart) nog veel innovatie op nieuwe batterijtechnologie (celtechnologie, systemen en productie), aandrijfsystemen, slimme laadinfrastructuur en de ontwikkeling van brandstofcel-elektrische toepassingen. Dit betekent tevens dat voer- en vaartuigen met verbrandingsmotoren de komende decennia nog een significant onderdeel van het mobiliteitssysteem uitmaken. Door enerzijds het ontwikkelen (in samenwerking met MMIP 8), voldoende beschikbaar maken en toepassen van hernieuwbare brandstoffen met een lage directe en indirecte CO₂-emissie, zoals biobrandstoffen en synthetische brandstoffen, en anderzijds het ontwikkelen van zuinigere verbrandingsmotoren voor nieuwe en hoge *blends* van (uiterlijk in 2050 voor 100%) hernieuwbare brandstoffen kan ook dit deel van de mobiliteit worden verduurzaamd.

MMIP 10. Doelmatige vervoersbewegingen voor mensen en goederen. Een belangrijke doorbraak in het verduurzamen van mobiliteit komt door het anders en slimmer inrichten van het systeem (Mobility as a Service; MaaS). Nieuwe concepten waarbij de mobiliteitsbehoefte van personen wordt geoptimaliseerd door flexibel te switchen tussen verschillende vervoermiddelen (lopen, (deel)fiets, OV, deelauto, (water)taxi, huurconcepten) om vlot,

veilig, comfortabel, duurzaam en betaalbaar te reizen. Ontwikkelingen in de ICT en *big data* bieden de mogelijkheden om mobiliteit op maat aan te bieden. Innovaties, zoals zelfrijdende auto's, worden hieraan in de toekomst toegevoegd.

Ook in het goederenvervoer gaat veel veranderen. Door de uitrol van succesvolle platforms voor het uitwisselen/bundelen van lading, het inzetten van zero-emissie stadsdistributie en het ontwikkelen van een *physical internet* voor vracht, is het mogelijk om beladingsgraden te optimaliseren en de *modal shift* naar spoor of water te faciliteren. Daarnaast ontstaan alternatieve opties voor vervoer, zoals buizentransport (incl. hergebruik bestaande infrastructuur) en "exotische concepten" zoals hyperloop, waardoor op termijn de snelheid en duurzaamheid van transport worden verhoogd. Concepten die mobiliteit overbodig maken behoren in de toekomst ook tot de mogelijkheden.

MMIP 11. Klimaatneutrale productie food en non-food. De inzet van MMIP 11 is het realiseren van de reductie van broeikasgasemissies (CO₂, methaan, en lachgas) uit de productie van food en non-food. Deze reductie komt in samenhang en balans tussen plantaardige productie, bodem en landgebruik enerzijds en dierlijke productiesystemen anderzijds.

Voor landbouwproductie vormt de bodem de basis, met verschillende impact op het klimaat. Aan de ene kant is het een emissiebron vanwege verbranding van veen in veenweidegebieden, en lachgasproductie in combinatie met bemesting, maar aan de andere kant kan er juist ook koolstof worden vastgelegd (zie ook MMIP 12). In dit MMIP wordt met kennis en innovatie een bijdrage geleverd aan de verlaging van de emissies en een verhoging van de vastlegging.

Een reductie in de emissies in de veehouderij kan op twee manieren. Ten eerste dieren minder methaan laten uitstoten door pens- en darmfermentatie, en ten tweede zorgen dat emissies uit de mest in stal en opslag worden verlaagd.

Voor zowel het plantaardige als het dierlijke productiesysteem moet een gezond bedrijfseconomisch model worden ontwikkeld om de bijdrage aan de klimaatdoelstelling uitvoerbaar te maken.

MMIP 12. Land en water optimaal ingericht op CO₂-vastlegging en gebruik. De vraag naar voedsel en diervoer blijft constant, maar die naar biomassa als grondstof voor materialen, biobrandstoffen en als vastlegging van koolstof in de natuur zal toenemen. Dit draagt bij aan emissiereductie in zowel landbouw als in andere sectoren. MMIP 12 gaat daarom over het verhogen van de biomassa-productie in de groene ruimte, en in de tot nu toe vrijwel onontgonnen blauwe ruimte. Daarbij speelt zeewier een grote rol, moet de efficiëntie van de fotosynthese worden verdubbeld, en legt de natuur meer koolstof vast. Deze verhoogde koolstofvastlegging gaat samen met eiwitproductie, waardoor nieuwe producten voor humane consumptie in het verschiet liggen.

Als grote randvoorwaarde geldt hierbij dat zowel producentengedrag als consumentengedrag een eminente impact hebben. Voor de producent is de missie niet alleen een energiegebruiksreductie naar emissieloos, maar een significante opwek in 2050. Hierbij horen breed in te zetten kleinschalige na-oogst behandelingen en opwektechnologieën. Voor het consumentengedrag is de innovatieopgave hoe een halvering van de *footprint* door aankoopkeuzes is te bereiken, zowel voor food als voor non-food.

MMIP 13. Een robuust en maatschappelijk gedragen energiesysteem. Dit MMIP ontwikkelt kennis en realiseert innovaties voor een efficiënte transitie naar een robuust en maatschappelijk gedragen energiesysteem op zowel lokale, regionale, nationale en Noordwest Europese schaal. Deze kennisontwikkeling richt zich op de eerste plaats op het gezamenlijk adequaat nemen van, met hoogwaardige kennis en informatie onderbouwde, besluiten. Ook economische aspecten spelen hierbij een rol, zoals verdienmodellen die enerzijds zorgen voor zo laag mogelijke maatschappelijke kosten en de juiste prikkels naar energieproducenten en gebruikers en anderzijds kansen geven aan nieuwe diensten en producten. Dit MMIP zal tevens veel aandacht besteden aan onderzoek en ontwikkeling voor een doelmatig ontwerp en

beheer van kostenefficiënte, geïntegreerde en interacterende energie-infrastructuur en de rol van digitalisering hierin. Belangrijk hierbij is het creëren van voldoende flexibiliteitsopties die vraag en aanbod van energie (op alle relevante tijdschalen) in balans brengen, bijvoorbeeld middels *demand-side management*, interconnectie en conversie en opslag van energie. Hierbij zal specifieke aandacht worden besteed aan: *power-to-molecules*, fysische opslagmethodes, en thermische opslag. Tenslotte zijn er uitdagingen met betrekking tot hybridiseren van grootschalige (industriële) energievragen en aanpassingen aan de transmissie- en energietransport-infrastructuur, zoals benodigde netverzwaring, flexibilisering van het gasnet en warmtetransport. Al deze veranderingen hebben impact op de leefomgeving. Daarom zal dit MMIP ook kennis en innovaties ontwikkelen die zorgen voor een efficiënte, ecologisch en landschappelijk verantwoorde ruimtelijke inpassing met een maximaal maatschappelijk draagvlak.