

15 juli 2019

Deel-KIA

Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen

Inhoud

1. Inleiding	3
2. Toekomstbestendige mobiliteitssystemen.....	3
3. Belangrijkste innovatieopgaven	5
4. Programmatische structuur.....	8
5. Specifieke kennisvragen en innovatieopgaven.....	10
4.1 Smart mobility & logistics voor veiligheid en bereikbaarheid	11
4.2 Maritiem en luchtvaart.....	19
4.3 Duurzaamheid, anders dan CO ₂	31
4.4 Integrale gebiedsontwikkeling.....	36
4.5 Doorlopende onderzoekslijnen en valorisatie	40
6. Governance	41
Bijlagen.....	41

1. Inleiding

In het kader van het missiegedreven innovatiebeleid voor topsectoren heeft het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat de topsector Logistiek gevraagd om een deel-KIA (Kennis en Innovatie Agenda) op te stellen die zich richt op “Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen” en deze in triple-helixverband uit te werken in een Kennis en Innovatie Agenda (KIA) voor de topsector.

Deze deel-KIA valt onder het deelthema Duurzaamheid van het thema Energietransitie en Duurzaamheid. De deel-KIA “Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen” is complementair aan MMIP 9 en 10 van de IKIA Klimaat en Energie, die onderdeel is van het Klimaatakkoord. De programmatische aanpak voor MMIP 9 en 10 is uitgewerkt in het Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma Duurzame Mobiliteit. Voor de deel-KIA “Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen” wordt aangesloten bij de daarin beschreven aanpak en governance.

MMIPs 9 en 10 richten zich op innovaties voor reductie van de CO₂-emissies van landgebonden transport (wegvervoer, spoor en binnenvaart) en sluiten daarmee aan bij de scope van het klimaatakkoord. De deel-KIA “Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen” omvat het brede thema mobiliteit, waaronder alle milieu- en hinderaspecten naast CO₂ voor landgebonden transport, innovaties in luchtvaart en maritiem transport, alsmede veiligheids- en bereikbaarheidsaspecten van alle verkeersmodaliteiten. Daarnaast is er uitgebreide aandacht voor de ruimtelijke inpassing van mobiliteit, en de besluitvorming omtrent infrastructuur. Onderzoeksprogramma’s en projecten in de 2 MMIPs en deze deel-KIA voor mobiliteit kunnen elkaar versterken en zullen alle drie in belangrijke mate aangrijpen op het niveau van het mobiliteitssysteem.

De in deel-KIA “Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen” opgenomen innovatieopgaven voor zeescheepvaart en luchtvaart omvatten naast de thema’s slim, veilig en betrouwbaar nadrukkelijk ook duurzaam inclusief de emissie van CO₂ en andere broeikasgassen. Deze sectoren vallen niet onder het Klimaatakkoord en zijn daarom niet meegenomen in MMIP 9 en 10.

2. Toekomstbestendige mobiliteitssystemen

Mobiliteit in de maatschappij kent meer functies dan alleen het bedienen van een vervoersvraag. Personenmobiliteit is nauw vervlochten met sociale en ruimtelijke systemen. Het biedt mensen mogelijkheden in het maken van keuzes over de invulling van werk en vrije tijd. Goederenvervoer is sterk verweven met de structuur van de economie en industriële systemen. Nederlandse mainports en logistiek verzorgen doorvoer van en naar Europa met boven- en ondergrondse infrastructuren. Een deel daarvan is verbonden met de brandstofindustrie en de energiesector in bredere zin, die beide sterk gaan veranderen als gevolg van de transitie naar een duurzame economie. Het perspectief om al deze onderdelen in relatie tot elkaar te zien is een systeembenadering. Deze deel-KIA gaat over de inrichting van toekomstbestendige mobiliteitssystemen.

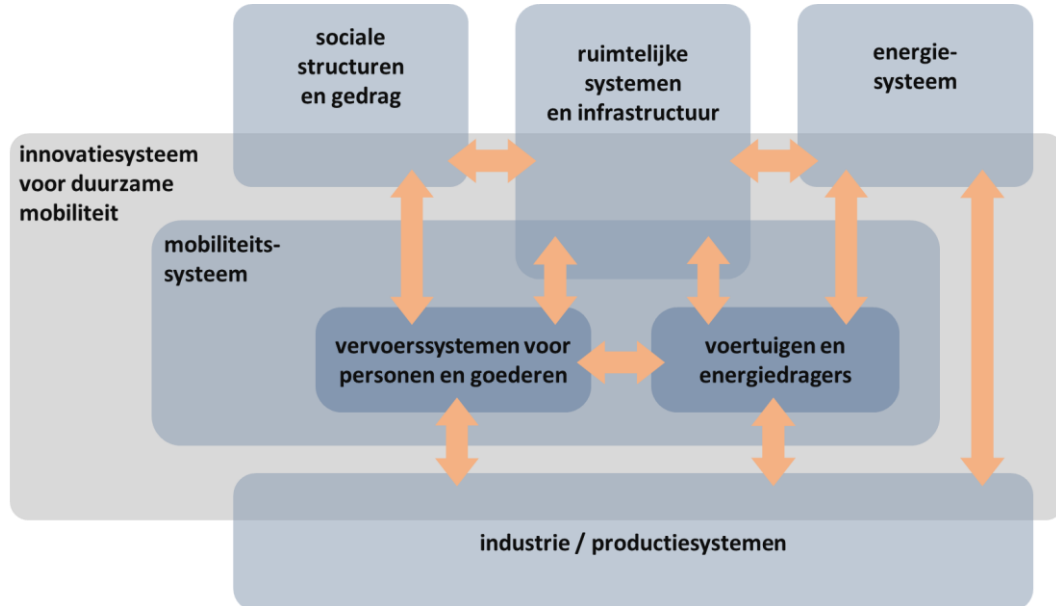
Een belangrijk deel van de kennisvragen en innovatie-opgaven voor duurzame mobiliteit heeft betrekking op het ontwikkelen van duurzame “bouwstenen” m.b.t. aandrijfsystemen, voertuigen, energiedragers, infrastructuur, mobiliteitssystemen en mobiliteitsdiensten. Innovaties m.b.t. deze bouwstenen hebben echter pas impact als ze ook toegepast en opgeschaald worden. In de meeste gevallen zijn daarvoor ook innovaties nodig in de systemen waarin de bouwstenen worden toegepast, alsook in de industrie die de nieuwe bouwstenen voor duurzame mobiliteit moet produceren en vermarkten.

Het innovatiesysteem voor duurzame mobiliteit omvat derhalve de volgende lagen:

- innovaties om bestaande voer- en vaartuigcategorieën en modaliteiten te verduurzamen of anderszins te verbeteren;
- innovaties om de infrastructuur op efficiënte wijze veilig en beschikbaar te houden en aan te passen en te vernieuwen aansluitend op de veranderende behoeften;
- innovaties in mobiliteitssystemen die
 - nodig zijn om de toepassing van innovatieve voertuigen en diensten mogelijk te maken;
 - bijdragen aan verhoging van de efficiency van personen- en goederenvervoer;

Deel-KIA Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen

- innovaties in sociale structuren en gedrag, in ruimtelijke systemen en infrastructuur, in de energie-infrastructuur en in industriële productiesystemen die nodig zijn om bovengenoemde innovaties te realiseren;
- systeeminnovaties die de economie als geheel verduurzamen en bijdragen aan een duurzamere mobiliteitsvraag van personen en goederen.



Het hoofdstuk over mobiliteit in het Klimaatakkoord start met de volgende visie en ambitie voor 2050:

Zorgeloze mobiliteit, voor alles en iedereen in 2050. Geen emissies, uitstekende bereikbaarheid toegankelijk voor jong en oud, arm en rijk, valide en mindervalide. Betaalbaar, veilig, comfortabel, makkelijk én gezond. Slimme, duurzame, compacte steden met optimale doorstroming van mensen en goederen. Mooie, leefbare en goed ontsloten gebieden en dorpen waarbij mobiliteit de schakel is tussen wonen, werken en vrije tijd.

Die visie omvat veel meer dan alleen reductie van de CO₂-emissies van mobiliteit en logistiek. Het Ministerie van IenW heeft de topsectoren gevraagd om een deel-KIA op te stellen gericht op efficiënte en toekomstbestendige mobiliteitssystemen. Deze deel-KIA zal zich niet alleen dienen te richten op innovatie m.b.t. duurzaamheidsvraagstukken bovenop de CO₂-doelstellingen, waarvoor de kennisvragen en innovatie-opgaven in de IKIA van het Klimaatakkoord geformuleerd zijn, maar ook op vraagstukken m.b.t. technologische innovaties voor o.a. smart mobility en efficiënte logistiek, de inpassing van mobiliteit in ruimtelijke systemen, en integraties van netwerksystemen (mobiliteit, energie, data/ICT) die bijdragen aan bredere maatschappelijke doelstellingen, het verduurzamen en slimmer maken van de infrastructuur (kunstwerken, asfalt), en de rol van gedrag van mensen, bedrijven en overheid bij het tot stand brengen van veranderingen. Hierin zal deze MMIP nadrukkelijk aanvullend zijn op MMIPs 9 en 10 uit de IKIA Klimaat en Energie.

Vanuit mobilitieitsperspectief is er een grote kennisbehoefte naar de betekenis van mobiliteitsinnovaties en integratie van netwerksystemen voor de efficiënte benutting van de infrastructuur en het mobiliteitsstelsel als geheel, en voor verbetering van de verkeersveiligheid. Daarbij is tevens aandacht gevraagd voor cybersecurity en het veilig gebruiken en toepassen van verkeer- en vervoersdata.

Vanuit infrastructureel perspectief is er een grote kennis- en innovatiebehoefte om de gewenste beschikbaarheid en de veiligheid te kunnen blijven bieden bij toenemende belasting en veroudering, in het bijzonder van kostbare infrastructuur kunstwerken.

Vanuit integraal perspectief is er met name een grote kennisbehoefte in relatie tot de vraag hoe het mobiliteitsstelsel, maar ook de mainports en logistiek, door innovatie en de integratie van netwerksystemen zich meer toekomstbestendig zullen kunnen gaan verhouden tot de gebouwde omgeving en inrichting van de

schaarse openbare ruimte. De uitdaging daarbij is om innovaties voor slimme, betrouwbare, veilige en duurzame mobiliteit bij te laten dragen aan de creatie van waarde in de gebouwde omgeving.

De Missie voor de MMIP “Toekomstbestendige mobiliteitssystemen”, zoals geformuleerd in de Strategische Kennis en Innovatieagenda 2019-2022 van het Ministerie van IenW, richt zich op de transitie naar een toekomstbestendig, groen en slim mobiliteitssysteem dat zich duurzaam verhoudt tot haar omgeving. Veiligheid is hierbij ook een belangrijke doelstelling. De kernwoorden hierbij zijn Automated, Connected, Emission-free, Smart, Safe & Secure (ACCESS). Door de beoogde transitie zal bijgedragen worden aan het behalen van de klimaatdoelen, maar ook aan aanvullende doelen zoals die in diverse green deals gesteld zijn met onderdelen van het mobiliteitssysteem (geluidshinder, trillingen, ruimtebeslag, en luchtverontreinigende emissies zoals NO_x, SO₂ en PM). Daarnaast zal de brede maatschappelijke opgave om een toekomstbestendig en veilig mobiliteitssysteem te ontwikkelen ondersteund worden.

3. Belangrijkste innovatieopgaven

In de uitvraag van het Ministerie van IenW zijn de belangrijkste innovatieopgaven gebundeld langs twee lijnen:

1. Technologische innovatie en integratie van netwerksystemen gericht op het vergroten van de efficiency van het mobiliteitssysteem, verkeersveiligheid, cybersecurity, veilig datagebruik en databeheer
2. Toekomstbestendig mobiliteitssysteem in relatie tot het omgevingsbeleid

Hieronder wordt de uitvraag van het Ministerie van IenW samengevat. De op basis hiervan gekozen programmatische structuur van de deel-KIA Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen is beschreven in Hoofdstuk 4. De uit deze vraagstelling afgeleide, meer gedetailleerde kennisvragen en innovatieopgaven zijn weergegeven in Hoofdstuk 5.

1. Technologische innovatie en integratie van netwerksystemen gericht op het vergroten van de efficiency van het mobiliteitssysteem, verkeersveiligheid, cybersecurity, veilig datagebruik en databeheer

a. Smart Mobility

Nieuwe concepten kunnen mogelijk nog aanmerkelijk bijdragen aan het verbeteren van de bereikbaarheid en het vergroten van de efficiency van het mobiliteitssysteem. Nieuwe diensten kunnen bijvoorbeeld bijdragen aan de efficiëntie van het mobiliteitssysteem door het switchen tussen verschillende vervoersmiddelen (lopen, (deel)fiets, OV, deelauto, (water)taxi, huurconcepten) makkelijker te maken. Ontwikkelingen in de ICT en big data bieden de mogelijkheden om mobiliteit op maat aan te bieden. Mobility-as-a-Service is hiervan een voorbeeld.

Innovaties zoals Talking Traffic, zelfrijdende auto's en drones kunnen de efficiency van het mobiliteitssysteem verder vergroten. Ook in het goederenvervoer is de efficiency door inzet van ICT te vergroten en de belasting van de leefomgeving te beperken. Door het opschalen van platforms voor het uitwisselen/bundelen van lading is het mogelijk om beladingsgraden te optimaliseren en de modal shift naar spoor of water te faciliteren. Zero-emissie stadsdistributie is één van de doelstellingen om stadsdistributie minder belastend te laten zijn voor de omgeving. Aan de vraag hoe al deze innovaties succesvol kunnen worden opgeschaald en daadwerkelijk bijdragen aan het realiseren van beleidsdoelstellingen zijn nog veel kennisvragen en innovatieopgaven verbonden.

Door toepassing en gebruik van ICT-innovaties is de verkeersveiligheid van het systeem mogelijk sterk te verbeteren. De opgave is om de mogelijkheden van Smart Mobility optimaal te benutten voor het sterk reduceren van het aantal letselgevallen en verkeersslachtoffers.

b. Efficiënt en veilig openbaar vervoer en spoorsector

Met name in en tussen stedelijk gebied wordt OV, samen met de fiets, het belangrijkste vervoermiddel – daar is minder ruimte voor de groei van het individuele autoverkeer. OV en railsystemen kunnen zorgen voor hoogfrequente verbindingen in stedelijk gebied die de agglomeratiekracht versterken.

Nieuwe concepten en innovaties zullen de efficiency en veiligheid van het spoorstelsel verder kunnen verbeteren. Ook kunnen nieuwe concepten en innovaties bijdragen aan drempelloze ketenmobiliteit. Nieuwe mobiliteitsdiensten of concepten zoals "Mobility-as-a-Service", kunnen betekenisvol zijn voor de verduurzaming van het mobiliteitssysteem. Met de uitrol van ERTMS, innovaties in automatische voertuigen en verdere automatisering van de be- en bijsturing is toe te werken naar het spoorstelsel van de 21^e eeuw (digital railways). Met digital railways is het systeem volledig uit te nutten waar dat nodig is en zijn veiligheids- en omgevingseffecten (geluid, trillingen) te beperken. Ook in Europees kader (shift2rail) wordt samengewerkt om innovaties verder te brengen. In het goederenvervoer is de efficiency door inzet van ICT te vergroten en de belasting van de leefomgeving te beperken. Door het opschalen van platforms voor het uitwisselen/bundelen van lading is het mogelijk om beladingsgraden te optimaliseren en de modal shift naar spoor of water te faciliteren, die gewenst is vanwege het aldus ontlasten van de autowegen.

c. Efficiënte en veilige maritieme sector:

De overkoepelende missie voor veiligheid is een cluster maritieme zaken en binnenvaart waarin de mogelijkheden tot beheersing van risico's zijn geoptimaliseerd (risico = kans x gevolg). Om dat doel te bereiken zijn en worden missies geformuleerd met gevolgen voor de inrichting van het gehele systeem, inclusief de componenten gedrag/operaties, vaartuigen en infrastructuur. Het doel is om bij een toenemende zeescheepvaart en binnenvaart en toenemende ruimtelijke ontwikkelingen op de Noordzee (denk aan wind op zee) het veiligheidsniveau minimaal op hetzelfde niveau te handhaven en waar mogelijk te verbeteren.

Smart Shipping is een belangrijk onderwerp voor deze ontwikkeling van een veilig en efficiënt vervoerssysteem over het water. Digitalisering kan op allerlei manieren bijdragen aan veiligheid op het water: via automatisering (adviessystemen en autonome schepen), via de inzet van Virtual Reality technieken (bij de ontwikkeling infrastructuur & schepen en bij opleiding & training), via digital twinning (bij ontwerp, onderhoud en veilige exploitatie van schepen & infrastructuur waaronder offshore constructies) en via connected schepen (Vessel Traffic Management, shore control centres). Ook hier geldt het ACESS concept (automated, connected, emission-free, shared, safe, secure). Smart Shipping zal ook bijdragen aan het verduurzamen van de maritieme sector.

d. Efficiënte en veilige luchtvaartsector

De ambitie van het ministerie IenW is om qua veiligheid tot de internationale top te blijven behoren. De uitdaging is om bij een voortdurende groei van de luchtvaart het aantal ongelukken niet te doen laten stijgen.

e. Cybersecurity

Doordat het mobiliteitssysteem steeds meer vervlochten raakt met het ICT netwerk, datamanagement en niet in de laatste plaats ook het energiesysteem, nemen de ketenafhankelijkheden van het mobiliteitssysteem toe. In verband met de continuïteit van het mobiliteitssysteem is de opgave om de risico's van het falen van de cybersecurity van de netwerken en het databeheer tot een minimum te beperken.

2. Toekomstbestendig mobiliteitssysteem in relatie tot het omgevingsbeleid

- a. Innovaties gericht op het beperken en mitigeren van geluidhinder, fijnstof en andere emissies, trillingen door luchtvaart, scheepvaart, wegvervoer en het spoorverkeer**
- b. Innovaties gericht op het beperken en mitigeren van geluidhinder, fijnstof en andere emissies, trillingen en omvang risico-contouren externe veiligheid door de Mainports Schiphol en Rotterdam**

Ad a. en b

Binnenlandse luchtvaart en grondgebonden luchtvaartactiviteiten vallen onder het Klimaatakkoord. Luchtvaart van en naar het buitenland en zeescheepvaart vallen echter buiten dit akkoord. Luchtvaart van en naar het buitenland en zeescheepvaart maken derhalve ook geen onderdeel uit van de IKIA Energie en Klimaat. Voor de mobiliteitssectoren luchtvaart en zeescheepvaart zijn echter wél emissiedoelstellingen vastgesteld in beleid. Deze emissiedoelstellingen maken integraal deel uit van de deel-KIA "Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen" in het kader van het missiegedreven innovatiebeleid voor topsectoren.

Nederland streeft naar een koploperrol met de slimste en duurzaamste luchtvaartsector ter wereld. Wat betreft de internationale luchtvaart sluiten we minimaal aan bij de ICAO-doelstellingen: CO₂-neutrale groei vanaf 2020 en 50% emissiereductie in 2050 ten opzichte van 2005. Als stip op de horizon wordt ingezet op zero emissies voor de luchtvaart in 2070. Wat betreft de binnenlandse luchtvaart zorgen grondgebonden luchtvaartactiviteiten in 2030 voor zero emissie. In 2050 zijn ook de luchtgebonden luchtvaartactiviteiten van de binnenlandse luchtvaart zero emissie. De inzet van hernieuwbare brandstoffen en de doorontwikkeling van batterijtechnologie valt (deels) onder MMIP 9 en 10. Binnen deze deel-KIA kijken we o.a. naar het ontwerp en materiaalgebruik van vliegtuigen, de aandrijving via hybride systemen en dynamische plansystemen om tot de meest efficiënte vliegroutes te komen.

De missie voor energietransitie en duurzaamheid is een cluster maritieme zaken en binnenvaart dat zonder schadelijke emissies (broeikasgassen, luchtverontreiniging,) voor de omgeving (lucht, water en bodem) functioneert. De ambitie heeft gevolgen voor de inrichting van het gehele logistieke systeem voor vervoer over water, inclusief de componenten organisatie en gedrag, vaartuigen en infrastructuur.

De opgave voor binnenvaart is om de uitstoot in Nederland te reduceren van 2,1 Mton CO₂ in 2015 naar 1,7 Mton of minder in 2030, en naar klimaatneutraal en nabij zero emissie in 2050. Deze opgave is opgenomen in het Klimaatakkoord en innovaties hiervoor vallen binnen de IKIA Klimaat en Energie. Het doel voor zeevaart is om in 2050 tot een absolute CO₂-reductie van minstens 50% door de zeevaart ten opzichte van 2008 te komen en zo spoedig mogelijk, en in ieder geval voor het einde van deze eeuw, de broeikasgassen mondiaal uit te faseren. Voor de prestatie per ton vervoerde lading door een zeeschip is een traject afgesproken, waarbij de CO₂-uitstoot ten opzichte van 2008 afneemt met 20% (2024), 40% (2030), en 70% (2050). Belangrijke oplossingsrichtingen zijn efficiënte conventionele en hybride en elektrisch aandrijfsystemen en de inzet van duurzame energiedragers. Voor de ontwikkeling van hernieuwbare brandstoffen en batterijtechnologie is er een link met MMIP 9 en 10. Deze deel-KIA richt zich specifiek op maritieme toepassingen daarvan en voegt daar de ontwikkeling van vaartuigen en efficiënte planningtools aan toe.

c. Integrale gebiedsontwikkeling gericht op waardecreatie door inpassing van infrastructuur en beperking hindercontouren

Voor het oplossen van mobiliteitsknelpunten zijn meer integrale handelingsperspectieven noodzakelijk waarin ook de kosten en baten van voor de leefomgeving en sociale waarden worden verdisconteerd. Dan gaat het om waarden als milieukwaliteit (geluid, trillingen, emissies), landschap, sociale inclusie en barrièrewerking. De ruimtelijke aspecten zijn veelal samengevat onder het begrip ruimtelijke kwaliteit: gebruikswaarde, belevingswaarde en toekomstwaarde. Aan deze waarden is, ook in het kader van het infrastructuurbeleid, door een toenemende schaarste aan ruimte een steeds groter economisch belang toe te kennen. Deze waarde ontwikkeling kan mogelijk zo omvangrijk zijn dat ook inpassingsprojecten als eigenstandig project zijn te initiëren op grond van deze waarde creatie.

Meer inzicht in de kosten- en baten van infrastructuurprojecten op deze ruimtelijke en sociale waarden kan helpen om tot meer waardevolle projectrealisatie te komen. In relatie tot het bevorderen van stedelijke bereikbaarheid en duurzame mobiliteit liggen hier mogelijk grote kansen om op kosteneffectieve wijze verbindingen te leggen met belangen en opgaven van partijen buiten het mobiliteitsdomein, zoals woningbouw, opheffen barrièrewerking infrastructuur, gezondheid, klimaatadaptatie en landschapsbehoud.

d. Een toekomstbestendig mobiliteitssysteem, verbonden in transitie: groen, slim, gezond, veilig, circulair en klimaatbestendig.

De urgente transitie-opgaven naar een CO₂-neutraal energiesysteem, circulaire economie en klimaatbestendige inrichting, maar ook het accommoderen van de verstedelijkingsopgave, concurreren met het mobiliteitssysteem om ruimte. Opgaven met betrekking tot mobiliteit, energie, klimaat en verstedelijking moeten derhalve op nieuwe manieren, meer in onderlinge samenhang en in één ontwikkeling worden opgepakt. Onderzoek naar kostenefficiënte oplossingen door middel van deze geïntegreerde ontwerpen, nieuwe manieren van stad maken, is van belang om te komen tot opschaling van betekenisvolle innovaties die bijdragen aan een geïntegreerde aanpak van genoemde maatschappelijke opgaven. Een groot deel van de Next Economy zal verbonden zijn met deze nieuwe manier van stad maken.

Voor de geïntegreerde aanpak van maatschappelijke opgaven is het de uitdaging om het mobiliteitssysteem te bezien in relatie tot andere ruimtelijke opgaven, zoals stedelijke verdichting, waterberging en het tegengaan van hittestress door het vergroenen van de openbare ruimte. In een geïntegreerde, gebiedsgerichte aanpak zijn deze opgaven bij elkaar te brengen. In dit kader biedt de vervlechting van het mobiliteitssysteem met het ICT-netwerk en het energiesysteem nieuwe inrichtingsmogelijkheden voor de openbare ruimte en de verkeersruimte die daar deel van uitmaakt.

Onderzoek naar hoe deze geïntegreerde ontwerpen kunnen worden uitgewerkt in beleidsmatige handelingsperspectieven en planontwikkeling kan bijdragen aan het versneld mogelijk maken van een duurzaam mobiliteitssysteem en een wenselijke toekomst. De uitdaging daarbij is om technologische innovaties te verbinden met de aanpak van maatschappelijke opgaven en voor succesvolle opschaling de daarvoor randvoorwaardelijke beleidskaders te schetsen. Aldus is het technologisch innovatiesysteem te verbinden met een doelgericht innovatiesysteem gericht op economische én maatschappelijke impact.

e. Innovaties gericht op een beschikbare, 'fit for purpose', en veilige fysieke infrastructuur

In overleg met het ministerie van IenW is aan bovenstaande nog een extra innovatieopgave toegevoegd. Dat betreft innovaties t.b.v. de ontwikkeling en het beheer van de fysieke infrastructuur gericht op veilige, ongehinderde en duurzame verplaatsing van personen en goederen, zowel met publieke als particuliere vervoermiddelen. Er liggen voor de komende decennia grote uitdagingen op het gebied van onderhoud, renovatie en vervanging van verouderende en steeds hoger belaste infrastructurele kunstwerken die een innovatieve aanpak vereisen. Bij vervanging en uitbreiding van de fysieke infrastructuur zijn de voornaamste aandachtspunten: slimmer, rendabeler in onderhoud, circulair en voorbereid op klimaatverandering.

4. Programmatische structuur

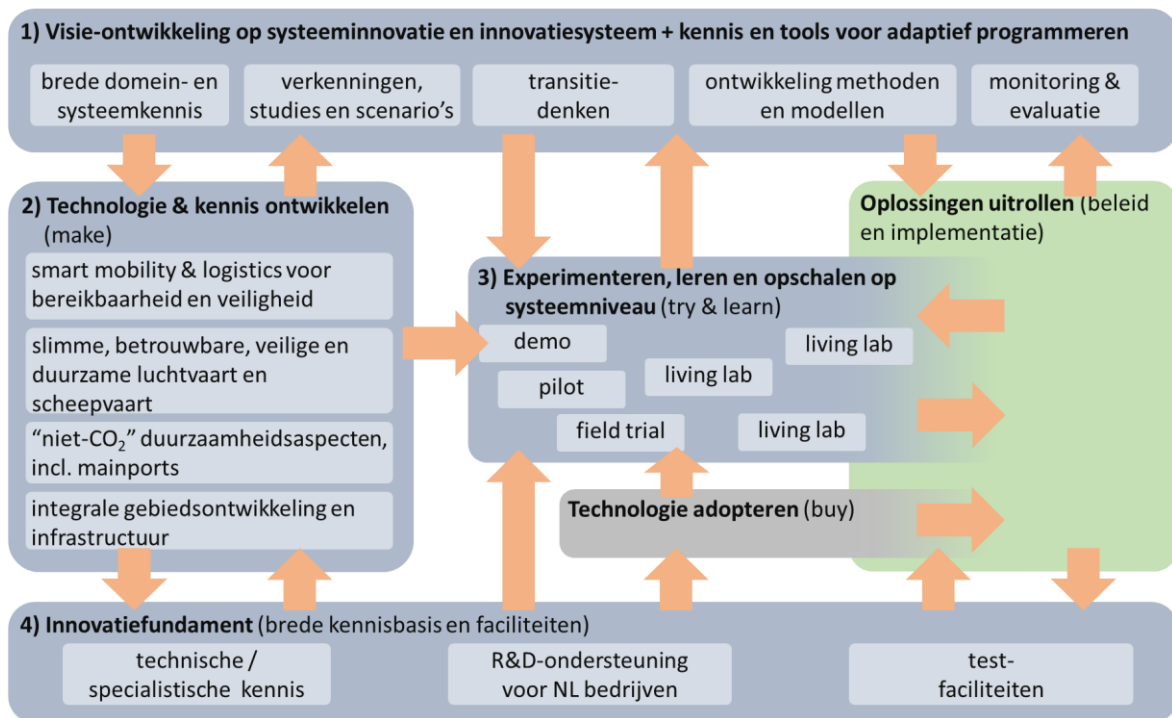
Om te komen tot een robuust mobiliteitssysteem van de toekomst is het van belang om op systeemniveau te optimaliseren. Dit past ook in de structuur die binnen MMIP 9 en 10 wordt voorgesteld.

Systeeminnovaties bouwen op specifieke technische en niet-technische innovaties en kennisontwikkeling. Voor het beantwoorden van de kennisvragen en innovatieopgaven, die kunnen worden afgeleid uit de uitvraag van het Ministerie van IenW in Hoofdstuk 3, worden in de deel-KIA Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen vier programmalijnen onderscheiden waarbinnen gerichte innovatieactiviteiten plaatsvinden:

- de ontwikkeling en inzet van Smart Mobility & Logistics voor vergroten van veiligheid & bereikbaarheid;
- de ontwikkeling van slimme, betrouwbare, veilige en duurzame vaar- en vliegtuigen en het verhogen van de efficiency van de maritieme sector en de luchtvaart;
- niet-CO₂-gerelateerde duurzaamheidsaspecten van mobiliteit, incl. mainports;
- integrale gebiedsontwikkeling en infrastructuur

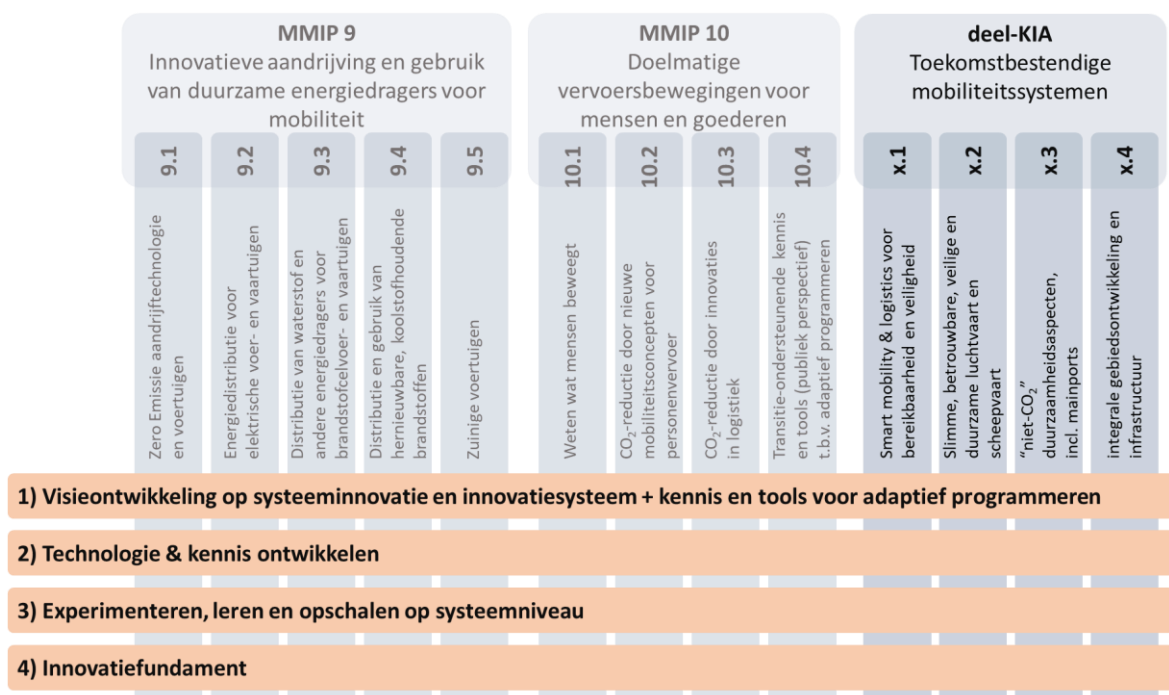
T.a.v. sociale innovatie en gedrag en de ontwikkeling van kennis en tools voor ondersteuning van beleid sluiten we aan bij de MMIPs 9 en 10 (m.n. deelprogramma's 10.1 en 10.4). Specifieke vragen m.b.t. de onderwerpen van deze deel-KIA worden in Hoofdstuk 5 wel benoemd.

Er is voor gekozen om voor het onderwerp cybersecurity geen apart deelprogramma in te vullen. Binnen de missie Veiligheid wordt al ruimschoots aandacht besteed aan cybersecurity en aan de bredere nationale cybersecurity agenda. Cybersecurity is wel een intrinsiek onderdeel van technische ontwikkelingen op het gebied van smart mobility & logistics.



Op deze programmalijnen zijn verschillende soorten activiteiten nodig, uiteenlopend van visie-ontwikkeling en onderzoek en ontwikkeling tot pilots, demo's en living labs als opstap naar grootschalige implementatie. Om het Nederlandse bedrijfsleven te ondersteunen in het genereren van groene groei op basis van deze innovaties is een brede R&D-ondersteuning nodig op basis van o.a. specialistische kennis en testfaciliteiten. Dit is geïllustreerd in bovenstaande figuur. Voor de organisatie van deze verschillende activiteiten sluiten we aan bij het voorstel uit het Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma Duurzame Mobiliteit. Daarin is ook een toelichting te vinden op de verschillende lagen (1 t/m 4) in de programmatische aanpak.

De relatie tussen de 4 lagen van innovatie-activiteiten enerzijds en de inhoudelijke programmalijnen anderzijds is hieronder weergegeven voor zowel MMIP 9 en 10 als de deel-KIA Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen.



5. Specifieke kennisvragen en innovatieopgaven

In dit hoofdstuk worden kennisvragen in innovatieopgaven gespecificeerd binnen de in Hoofdstuk 4 geïntroduceerde vier programmalijnen:

- de ontwikkeling en inzet van Smart Mobility voor vergroten van veiligheid & bereikbaarheid;
- de ontwikkeling van slimme, betrouwbare, veilige en duurzame vaar- en vliegtuigen en het verhogen van de efficiency van de maritieme sector en de luchtvaart;
- niet-CO₂-gerelateerde duurzaamheidsaspecten van mobiliteit, incl. mainports;
- integrale gebiedsontwikkeling en infrastructuur

De innovatieopgaven en kennisvragen worden op hoofdlijnen benoemd, geordend in deelprogramma's, en geïllustreerd met voorbeelden van concrete onderwerpen voor onderzoek, ontwikkeling, beproeving en eerste toepassing. De lijsten met voorbeelden beogen niet compleet te zijn. De specificatie van kennisvragen en innovatieopgaven is gebaseerd op expert kennis van de schrijvers van dit document en input vanuit Topsectoren en TO2-instellingen die input hebben geleverd voor de deel-KIA Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen.

Innovaties voor technologie én beleid: governance van de transitie

Bij de beschrijving van kennisvragen en innovatieopgaven in Hoofdstuk 5 wordt in veel gevallen onderscheid gemaakt tussen de ontwikkeling van *technologie en concepten* enerzijds en de ontwikkeling van *beleidsondersteunende kennis en tools* anderzijds. Innovatieopgaven m.b.t. beleidsondersteunende kennis en tools zullen niet allemaal geschikt zijn om in de publiek-private samenwerking van Topsectorprojecten te worden behandeld, en zullen deels dus in samenwerking tussen overheid en kennisinstellingen moeten worden opgepakt. Deze kennis is echter wel cruciaal voor het opstellen en uitvoeren van effectief beleid dat van groot belang is voor de succesvolle grootschalige toepassing van nieuwe technologie en concepten, en daarmee dus ook voor de bedrijven binnen de verschillende Topsectoren. Deze kennis stelt de overheid ook in staat om via beleid gericht op de grootschalige toepassing van innovaties missiegedreven sturing te geven en er voor te zorgen dat maatschappelijke doelen worden gediend en ongewenste gevolgen worden vermeden.

Om beleid (wet- en regelgeving) te kunnen formuleren voor het oplossen van problemen op het gebied van onder meer milieu, duurzaamheid, bereikbaarheid, veiligheid en kwaliteit van ruimte is allereerst gedegen kennis van de problematiek vereist om het publiek belang te kunnen definiëren. Daarnaast is kennis nodig van het (potentiële) handelingsperspectief in termen van beschikbare technologieën, nieuwe concepten en opties voor gedragsverandering waarmee bedrijven en burgers kunnen bijdragen aan het oplossen van de problemen. Beleidsondersteunende tools kunnen tenslotte helpen om de effecten van verschillende beleidsvarianten te verkennen. Effectief beleid, gebaseerd op gedegen kennis van de problemen en oplossingen en een goed afgewogen keuze voor de meest effectieve beleidsmaatregelen (bijv. normstelling), geeft bedrijven en burgers zekerheid om te kunnen investeren in de ontwikkeling en adoptie van technische en niet-technische oplossingen.

De disruptieve ontwikkelingen die op de mobiliteitssector afkomen maken het steeds moeilijker om de effecten van ontwikkelingen op de lange termijn te voorspellen. De uitdaging is om met innovatieve kennis en tools overheden te ondersteunen bij het grip krijgen en houden op complexe ontwikkelingen. Uitgangspunt daarbij is dat de toekomst weliswaar onbekend is, maar dat het wel bij de rol van de overheid hoort om normatieve beelden te ontwikkelen van de toekomst waarin we willen leven, en op basis daarvan randvoorwaarden te stellen aan wat er op ons af komt en handvatten te ontwikkelen om ontwikkelingen in een gewenste richting te kunnen sturen. Daarvoor is kennis van sociale innovaties van toenemend belang. Door kennis van technische en sociale innovaties te combineren ontstaat integrale kennis die niet alleen beleidsondersteunend is, maar transitie-ondersteunend voor overheden, bedrijven en burgers.

Toelichting bij de tabellen

Per hoofdlijn is steeds in een tabel aangegeven in welke fase van ontwikkeling het onderwerp zich bevindt. In veel gevallen omvat dat meerdere fasen omdat er bijv. tegelijkertijd demonstratie of marktintroductie van een eerste generatie technologie plaatsvindt en er gewerkt wordt aan fundamenteel of toegepast onderzoek voor ontwikkeling van de volgende generatie.

Met kleuren is -indicatief- aangegeven of het onderwerp kansen biedt voor groene groei in Nederland op basis van sterke Nederlandse inzet of internationale samenwerking op het onderwerp (make), of kennis van de technologie vooral nodig is om buiten Nederland ontwikkelde producten en concepten in Nederland in te kunnen zetten (buy) of dat het vooral kennisontwikkeling ten dienste van implementatie van innovaties in Nederland betreft (know).

	Make	Innovatie in Nederland heeft potentie voor groene groei. Goede aansluiting bij Nederlandse kennisbasis en industrie.
	Make	Innovatie in internationaal verband met kansen voor Nederland. Actieve Nederlandse kennisbasis en industrie.
	Buy	Ontwikkeling m.n. buiten Nederland. Wel Nederlandse kennisbasis nodig voor toepassing.
	Know	Belangrijke kennis voor implementatie van innovaties in Nederland

In de tabellen verderop in dit document zijn uiteindelijk geen onderwerpen met blauw als “buy” gemarkeerd. Dat komt doordat in de selectie van innovatie-opgaven al nadrukkelijk is gekeken naar aansluiting bij de Nederlandse markt en industriële en wetenschappelijke kennisbasis.

4.1 Smart mobility & logistics voor veiligheid en bereikbaarheid

4.1.1 Smart mobility & Logistics

Kennisvragen en innovatieopgaven m.b.t. smart mobility & logistics omvatten enerzijds ontwikkelingen op het gebied van technologie, concepten / diensten en systemen en anderzijds behoeften aan nieuwe beleids- en transitie-ondersteunende kennis en tools. Voor beide gebieden kan onderscheid worden gemaakt tussen 3 niveaus:

- voertuig
- verkeers- en mobiliteitssystemen
- inpassing in en impacts op hogere systeemniveaus (infrastructuur, ruimtelijk, sociaal, economisch, etc.)

Een deel van de kennisvragen gaat over de samenhang tussen deze niveaus, bijvoorbeeld over het effect van veranderingen in voertuigen en modaliteiten op veiligheid op het niveau van het verkeerssysteem, of hoe veranderingen in mobiliteitssystemen het ruimtegebruik in de gebouwde omgeving beïnvloeden.

Gegeven de grote overlap in onderliggende technologische ontwikkelingen op het gebied van smart, en de relevantie van zowel personenmobiliteit als goederenvervoer voor o.a. bereikbaarheid, veiligheid en bredere impact op de leefomgeving (geluid, geur, ruimtelijke inrichting), worden hier onder “smart mobility” kennisvragen en innovatieopgaven voor personenmobiliteit én goederenvervoer / logistiek geïdentificeerd.

Zowel in het personenvervoer (MaaS) als het goederenvervoer (SOL) komen steeds meer platforms op die zich willen behouden met het slimmer koppelen van mobiliteitsvraag / lading en capaciteit. Het zoeken en verbinden van deze twee wordt ondersteund met steeds geavanceerdere techniek, zoals optimalisatiealgoritme, AI en data analytics. Naast vragen m.b.t. bereikbaarheid en milieu roepen dit soort ontwikkelingen ook vragen op over eigendomsverhoudingen (Van wie zijn nog de assets waarvan de capaciteit ingezet wordt voor slimme concepten?), verdienmodellen (Wie verdient hier nu geld mee, en hoe worden winsten verdeeld over bezitters, gebruikers en platform?), en governance (Wie houdt toezicht op de belofte van dit soort platformconcepten, en wie controleert wat de onderliggende technieken nu precies bewerkstelligen?).

Onderliggend aan deze praktische vraagstukken ligt ook een maatschappelijke vraag die gaat over de manier waarop digitalisering en automatisering bepalend gaat worden voor belangrijke operationele, tactische en strategische beslissingen in het domein van vervoer en logistiek. Dit is in de kern een kennismanagementvraagstuk: Waar en bij wie ligt de kennis belegd om de kwaliteit en prestaties van algoritmen en andere geavanceerde tools te beoordelen, te certificeren en te verklaren, en hoe wordt die kennis overgebracht aan gebruikers, wetgevers en andere belanghebbenden?

Naast de algemene ontwikkeling van generieke technologische enablers en nieuwe mobiliteitsconcepten en diensten voor personen- en goederenvervoer, is het vanuit het perspectief van missiegedreven innovatiebeleid vooral ook van belang om handvatten te ontwikkelen waarmee deze nieuwe producten en diensten zodanig kunnen worden vormgegeven en geïmplementeerd dat ze optimaal bijdragen aan het oplossen van maatschappelijke uitdagingen. Dit type onderzoek vindt vanuit de doelstelling milieu-duurzaamheid al wel plaats. De vraag is daarom hoe aan die initiatieven additionele maatschappelijke vragen zijn toe te voegen. Hiervoor is, in de kern, onderzoek nodig om te bepalen in hoeverre het meewegen van die maatschappelijke vraagstukken zal leiden tot daadwerkelijk verschillende uitkomsten of concepten. Op basis van dergelijke inzichten kan afgewogen worden in hoeverre additionele doelstellingen mede opgelegd moeten worden aan technische ontwikkelingen, of met minimale inspanning als bijvangst kunnen worden gerealiseerd.

Innovaties en kennisvragen m.b.t. de bijdrage van smart mobility & logistics aan klimaatdoelen zijn beschreven in deelprogramma's 10.2 en 10.3 van MMIP 10 (Doelmatige vervoersbewegingen voor mensen en goederen) binnen de IKIA Energie & Klimaat. In dit deelprogramma ligt de focus op bereikbaarheid, veiligheid, toegankelijkheid en comfort en op de bredere impact op de leefomgeving (geluid, geur, ruimtelijke inrichting).

Technologie & concepten

Technische ontwikkelingen op het gebied van smart mobility omvatten technologie op voertuig- en systeemniveau voor connected, coöperatief en geautomatiseerd rijden en enablers voor de ontwikkeling en realisatie van deze nieuwe concepten en diensten voor personenmobiliteit en logistiek, zoals ICT / platformtechnologie, gedragskennis en oplossingen voor security- en data-vraagstukken.

Connected, coöperatief en geautomatiseerd rijden

In coöperatieve en geautomatiseerde voertuigen wordt wereldwijd veel geïnvesteerd. Het is nuttig en nodig om in Nederland R&D-activiteiten op dit gebied te ontplooien. Deze dienen gericht te zijn op het realiseren van het ecosysteem dat nodig is om deze connected-automatische voertuigen ook daadwerkelijk - effectief – te kunnen laten rijden. De Nederlandse smart mobility sector heeft hier een sterke internationale positie in met de potentie om een nieuw exportproduct te worden. Toepassing van R&D-resultaten in voor de Nederlandse industrie en mobiliteitssector relevante niches draagt hieraan bij. De opgedane kennis is cruciaal om zowel via ontwikkeling als beleid sturing te kunnen geven aan de toepassing van smart mobility in Nederland op een manier die optimaal bijdraagt aan het realiseren van maatschappelijke doelstellingen. Relevante onderwerpen zijn:

- Doorontwikkeling van *effectieve* applicaties en algoritmen (o.a. AI-gebaseerd) op basis van Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC) en platooning, incl. interactie met iVRI en wegkantsystemen
- Doorontwikkeling van *effectieve* applicaties met automatisch rijden, incl. automatisch manoeuvreren van voertuigen op lage snelheden in stedelijke omgevingen of logistieke hubs (Automated Valet Parking, Bus Depot Automation, Truck docking), mede als opmaat naar geautomatiseerde voertuigen voor toepassing in de stedelijke omgeving
- Doorontwikkeling van *effectieve* applicaties van 'talking traffic' en 'talking logistics', waarbij voertuigen met elkaar en de wegomgeving communiceren t.b.v. efficiëntere mobiliteit en verkeersdoorstroming

Nieuwe voertuigen, mobiliteitsconcepten en -diensten

- Ontwikkeling en demonstratie van nieuwe mobiliteitsconcepten en -diensten voor personenvervoer (o.a. MaaS) en goederenvervoer / logistiek (o.a. Transport-as-a-Service (TaaS) / Self organizing logistics (SOL))
- Ontwikkeling van geavanceerde nieuwe vervoermiddelen / modaliteiten (zoals micromobility-concepten, drones en hyperloop), en opties die mobiliteit vervangen (avatars)

Enablers voor realisatie van Smart Mobility op systeemniveau

Hieronder vallen onderzoeken en ontwikkelingen die nodig zijn om slimme mobiliteit ook echt *effectief* op de weg te krijgen. Effectief in de zin van veilig, betrouwbaar, comfortabel, rendabel en maximaal aansluitend op de maatschappelijke doelstellingen (sneller, schoner / duurzamer en veiliger van a naar b).

- Link met de KIA Sleuteltechnologieën
- Ontwikkeling van ICT platform-technologie, incl. toepassing van IoT, AI voor analyse van big data, etc.
- Interoperabiliteitsvraagstukken
- Vraagstukken m.b.t. databetrouwbaarheid, databeschikbaarheid, datadeling en datazeggenschap
- Robuustheid, betrouwbaarheid, redundancy
- Cybersecurity van coöperatieve en geautomatiseerde systemen
- Ontwikkelen van methodes om de impact van nieuwe (voertuig)technologie op de veiligheid op systeemniveau te kunnen beoordelen en te verbeteren
- Ontwikkelen van technische handvatten om bij ontwerp en implementatie van smart mobility & logistics concepten te sturen op maatschappelijke baten m.b.t. bereikbaarheid, veiligheid en leefbaarheid
 - Link met 10.2 uit MMIP 10 (sturen op CO₂)
- Automatisering i.c.m. elektrificering, slim laden op depots voor bijv. e-bussen en e-trucks.

Gedragskennis voor realisatie van Smart Mobility op systeemniveau

Inzetten van reeds bestaande gedragskennis en waar nodig ontwikkelen van nieuwe gedragskennis zijn voorwaardelijk voor de acceptatie en adoptie van nieuwe, slimme mobiliteitsoplossingen en voor de effectieve inzet ervan op systeemniveau i.r.t. maatschappelijke doelen. Voorbeelden van kennisvragen zijn:

- Opvolggedrag van rij- en reisadviezen i.r.t. veiligheid en effectiviteit van nieuwe systemen, inclusief effectieve manieren om informatie te geven (user interfaces)
- Gedragsaspecten in relatie tot *transition of control* bij automatisch rijden
- Relatie tussen menselijk gedrag t.a.v. automatische voertuigen/ functies en Artificial Intelligence (zelflerende algoritmen) en consequenties voor voertuig- en verkeersveiligheid

Logistieke innovaties voor (ZE-)stadslogistiek

Bij dit thema is er een belangrijke relatie met onderdeel 10.3 uit MMIP 10 (IKIA Energie en Klimaat). De ontwikkeling van nieuwe (stads)logistieke diensten (o.a. hubs) en nieuwe vervoersconcepten is een belangrijke voorwaarde voor het realiseren van zero-emissiestadlogistiek, zeker wanneer dit wordt gestimuleerd/afgedwongen met ZE-zones voor stedelijk goederenvervoer.

In deelprogramma 10.3 van MMIP 10 gaat het uiteindelijk over het bereiken van CO₂-doelstellingen door middel van slimmere logistiek. Naast de transitie naar elektrisch vervoer, en het aansturen op bundeling, waardoor beter gebruik gemaakt wordt van beschikbare capaciteit, zal innovatie zich ook richten op nieuwe businessmodellen en alternatieve vervoersconcepten die met ZE-voertuigen alle logistieke / goederenvervoersbehoeften binnen de ZE-zone met de gewenste functionaliteit en tegen acceptabele kosten kunnen bedienen. Deze zullen ook deels bijdragen aan emissie-doelstellingen, maar zijn op zichzelf ook interessant.

Een belangrijke voorwaarde voor het ontwikkelen van de modellen die aan de nieuwe vervoersconcepten ten grondslag liggen is dat er grondige kennis is over de (logistieke) stromen in steden. Data daaromtrent dient eenvoudig en goedkoop verzameld te kunnen worden. De modellen moeten bijdragen aan het verkennen van de fit tussen ZE-logistieke oplossingen en de vervoersvraag i.r.t. de inrichting van de ZE-zones. Deze kennis is ook van groot belang voor het (bestuurlijk) afstemmen van nationale beleidslijnen en regionale en lokale initiatieven op het gebied van duurzame stadslogistiek en het daarmee vergroten van de effectiviteit van beleid.

Overige maatregelen voor efficiënte, betrouwbare en betaalbare logistiek en supply chains

- Ontwikkeling en demonstratie van data-driven oplossingen:

- Ter ondersteuning van horizontale en verticale samenwerking tussen/in ketens
- Voor real-time monitoring van operations en het genereren van beslisinformatie
- Automatisering
 - Verdere beproeving en opschaling van truck platooning
 - Automatisering van wegvervoer, spoorvervoer, binnenvaart en zeevaart, incl. ontwikkeling van technologie, tooling en conceptontwikkeling, testen in de praktijk, analyse van mens-machine interactie en realisatie/demonstratie in de normale operatie
 - Ontwikkeling en implementatie van Self-Organising Logistics (SOL), incl. decentrale en real-time planning
- Automatisering i.c.m. elektrificering, slim laden op depots voor bijv. e-bussen en e-trucks.
- Transitievraagstukken i.r.t. marktacceptatie, veranderende rollen van partijen in de keten, etc.
- Relatie met de gebouwde omgeving (4.4.1 en 4.4.2), bijv.:
 - Hoe thuisbezorging al bij ontwerp van nieuwe woonwijk met duurzame gebouwen meenemen?
 - Integratie ZE stadslogistieke diensten in ruimtelijke ordening?
- Internaliseren van bereikbaarheid, veiligheid en leefbaarheid (naast duurzaamheid) als optimalisatie-doel in technische ontwikkelingen die logistieke optimalisaties mogelijk maken
 - Link met 10.3 uit MMIP 10 (sturen op CO₂)

Testmethoden

De komende jaren zal er steeds meer data uit 'real live testomgevingen' beschikbaar komen. Als we deze data slim (met kennis van zaken) koppelen aan (gecontroleerde) testfaciliteiten en simulatieomgevingen, kunnen we enerzijds deze omgevingen valideren met 'echte' scenario's en kunnen we anderzijds steeds meer aan de voorkant voorspellingen gaan doen over de (maatschappelijke) effecten bij opschaling. Deze testen zijn zowel relevant voor ontwikkeling en validatie (industrie) als voor beoordeling en toezicht (overheid).

Testbehoefte omvatten componenten, voertuigen en het systeemniveau. Om effectief te kunnen testen en resultaten breed toepasbaar te maken zijn de volgende ontwikkelingen nodig:

- Geharmoniseerde methoden om functionaliteit, betrouwbaarheid en veiligheid van Connected Automated Driving en nieuwe mobiliteitssystemen en diensten te testen.
 - Scenario-collectie op basis van real-world monitoring van voertuig, verkeer en omgeving
 - Ontwikkeling van faciliteiten en methoden voor virtual safety testing door real-world scenario's te koppelen aan gecontroleerde experimenteelomgevingen zoals met Hardware/Software/Driver In the Loop
 - Safety monitoring tijdens deployment, o.a. in living labs

Beleidsondersteunende kennis en tools

De overheid dient te beschikken over kennis en inzicht, alsmede instrumentarium waarmee de breedte van de maatschappelijke uitdaging van nieuwe mobiliteits- en logistieke concepten kan worden verkend. Daarvoor dient allereerst het huidige instrumentarium geëvalueerd, en zo nodig aangepast te worden. Daarnaast zal onderzoek gedaan moeten worden naar de mate waarin combinaties van maatschappelijke uitdagingen leiden tot andere uitkomsten ten aanzien van het evalueren van innovatieve concepten dan enkelvoudige beoordelingsdimensies.

Systeemkennis t.b.v. beslisinformatie, beleid en wet- en regelgeving

- Koppelen van gedetailleerde technische kennis van voertuigen, mobiliteitsconcepten en -diensten aan kennis van mobiliteits- en verkeerssystemen ter ondersteuning van ontwikkelingen op systeemniveau vanuit technisch en (holistisch) beleidsperspectief
- Genereren van beslisinformatie t.a.v. de vier Smart Mobility beleidslijnen:
 - Voertuig: Verantwoorde introductie van nieuwe generatie voertuigen
 - Digitale infrastructuur: Zorgvuldig benutten van data-uitwisseling en connectiviteit
 - Fysieke infrastructuur: Toekomstbestendige infrastructuur en wegbeheer
 - Gebruiker: Stimuleren gebruik van reeds bestaande en nieuwe, duurzame producten en diensten

Deel-KIA Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen

- Vraagstukken m.b.t. standaarden, wet- en regelgeving voor smart mobility & logistics
 - Harmonisatie en standaardisatie
 - Zeggenschap over data, privacy by design en data delen
- Ethische en aansprakelijkheidsaspecten van geautomatiseerde voertuigen
- Mogelijkheden voor en impacts van geautomatiseerd goederenvervoer in de nacht
 - Maximaliseren van de experimenteer wet: kaders voor veilig testen en rijbewijs voor de zelfrijdende auto

Impacts van slimme mobiliteit

- Ontwikkelen van nieuwe tools voor assessment van smart mobility & logistics concepten op maatschappelijke baten m.b.t. bereikbaarheid, veiligheid en leefbaarheid
 - Link met 10.4 uit MMIP 10 (m.b.t. impacts op CO₂)
- Verbeteren van vervoersvraagmodellen op basis van real-world data, gekoppeld met agent-based modeling om grip te krijgen op ontwikkeling van de vervoersvraag als gevolg van ingrepen in infrastructuur en de introductie van nieuwe modaliteiten, en om effecten van mitigerende maatregelen te verkennen, zoals regulering of beprijzen om vervoersvraag te beheersen.
- Ontwikkeling van methode om op systeemniveau verkeersveiligheid te kunnen duiden en de impact van nieuwe technologie hierop te kunnen kwantificeren.
- Ontwikkelen van beleidsmatige handvatten om ‘feiten gebaseerd’ te sturen op ontwerp en implementatie van smart mobility & logistics concepten die maximaal bijdragen aan maatschappelijke baten m.b.t. bereikbaarheid, veiligheid en leefbaarheid, door interpretatie van uitkomsten van modellen en real live experimenten.
 - Link met 10.4 uit MMIP 10 en met deelprogramma 4.4.1 in deze deel-KIA

Toepassen en vergroten kennis van menselijk gedrag

Kennis van gedrag is allereerst nodig voor de ontwikkeling en effectieve implementatie van smart mobility concepten. Daarnaast is het ook een belangrijk ingrediënt voor beleidsondersteunend onderzoek. Specifieke vragen in die context zijn bijvoorbeeld:

- Kennis m.b.t. acceptatie en gebruik van nieuwe mobiliteitsoplossingen voor verschillende soorten verplaatsingen (woon-werk, vrije tijd, winkelen, etc.)
- Modaliteitskeuze i.r.t. functionaliteit van modaliteiten en beschikbaarheid van informatie
- Kennis over hoe ruimtelijke inrichting het mobiliteitsgedrag en de modaliteitskeuze kunnen beïnvloeden: gedrag is contextafhankelijk
 - Conditionerend ontwerpen: relatie met deelprogramma 4.4 m.b.t. integrale gebiedsontwikkeling
- Vertaling van de kennis omtrent gedrag naar modellen voor de assessment van impacts van ontwikkelingen m.b.t. smart mobility en andere innovaties in het mobiliteitssysteem
 - Bijv. activity-based modelling
 - Impact zoals verandering van voertuigbezit, mobiliteitsgedrag, modaliteitskeuze, vestigingskeuze, ruimtelijke ontwikkeling en ruimtelijke kwaliteit.
- Kennis m.b.t. gedrag van actoren in de transitie, o.a. hoe omgaan met huidige partijen in mobiliteit en de logistieke keten waarvan de positie gaat veranderen

Duiden van disruptieve ontwikkelingen

- Vergroten van inzicht in de drivers voor disruptieve ontwikkelingen in personenmobiliteit en logistiek binnen en buiten de sector en de impact van disruptieve ontwikkelingen, en ontwikkelen van handelingsperspectief voor overheden en bedrijven om via ontwikkeling en implementatie optimaal bij te dragen aan het realiseren van maatschappelijke doelen
 - Ontwikkelen van een impact assessment framework (o.a. scenariooverkenningen en ontwikkelen en toepassen van nieuwe modelmethodieken)
- Beslisisinformatie en modellen voor vraagstukken rond marktordening voor aanbieders van platformen: wordt het één grote (winner takes all) aanbieder, meerdere marktpartijen die concurreren, of een

overheidsplatform? Met als doel een optimale inrichting van het nieuwe mobiliteitslandschap gegeven maatschappelijke doelen.

Overige beleidsvraagstukken

- Economische modellen en beleidsondersteunende kennis voor verantwoorde / toekomstbestendige keuzes t.a.v. investeringen en vervangingsstrategieën voor digitale en fysieke infrastructuur
- Fiscale en financiële aspecten/ instrumenten van gebruik en bezit, incl. gebruik van de openbare ruimte door mobiliteitsaanbieders (o.a. gebruik curb space: stallen voertuigen in publieke ruimte), anders betalen van mobiliteit (ook als middel om nieuwe mobiliteitsdiensten naar rato van gebruik mee te laten betalen aan gebruik van publieke infrastructuur)

	Onderwerpen	Onderzoek	Ontwikkeling	Demonstratie	Implementatie
Technologie & concepten	Doorontwikkeling van effectieve applicaties van connected, coöperatief en geautomatiseerd rijden				
	Ontwikkeling en demonstratie van nieuwe mobiliteitsconcepten en -diensten voor personenvervoer (o.a. MaaS) en goederenvervoer (SOL)				
	Geavanceerde nieuwe vervoermiddelen / modaliteiten (o.a. micro-mobility concepten, drones, hyperloop) en alternatieven voor mobiliteit				
	Enablers op systeemniveau: o.a. ICT-platforms, AI, interoperabiliteit, cybersecurity en methoden om te sturen op maatschappelijke doelen				
	Gedragskennis voor realisatie van Smart Mobility op systeemniveau				
	Logistieke innovaties voor (ZE-)stadslogistiek				
	Overige maatregelen voor efficiënte, betrouwbare en betaalbare logistiek en supply chains				
	Geharmoniseerde testmethoden voor connected, coöperatief en geautomatiseerd rijden en nieuwe mobiliteitssystemen: o.a. real-world scenario's i.c.m. Hardware/Software/Driver-In-the-Loop.				
Beleidsondersteunende kennis en tools	Systeemkennis t.b.v. de vier Smart Mobility beleidslijnen en vraagstukken m.b.t. standaarden, wet- en regelgeving				
	Tools voor assessment en optimalisatie van smart mobility & logistics concepten m.b.t. maatschappelijke				
	Beleidsondersteunende kennis van menselijk gedrag				
	Duiden van disruptieve ontwikkelingen				
	Overige beleidsvraagstukken, o.a. economische modellen voor investeringen en fiscale en financiële aspecten van gebruik en bezit				

4.1.2 Efficiënt en veilig openbaar vervoer (en spoor)

Er spelen technische veiligheids- en digitaliseringsvraagstukken voor spoor, tram, metro. Met name voor spoor is aansluiting bij de Europese agenda belangrijk. Innovaties m.b.t. efficiënt en veilig vervoer over het spoor kunnen niet beperkt blijven tot personenvervoer, maar moeten ook worden bekeken in relatie tot de beoogde toename in goederenvervoer over het spoor en ontwikkelingen op het gebied van synchromodaliteit en self-organising logistics die kunnen leiden tot grotere variaties in de inzet van goederentreinen.

M.b.t. automatisering van de voertuigen en de infra voor autonoom rijden op het spoor is het doel vooral om meer capaciteit vrij te maken en ook om minder verstoringen op het spoor te hebben. ProRail werkt met verschillende partijen aan een programma tot 2030 (ATO roadmap). Naast technische ontwikkelingen behoeft dit traject ook sociale en systeeminnovaties. Hierbij kan worden voortgebouwd op smart mobility kennis en technologie die is / wordt ontwikkeld t.b.v. het wegverkeer.

Technologie & concepten

Het spoorstelsel speelt een belangrijke rol in de totaliteit van het mobiliteitssysteem in Nederland en in Europa. Daarbij was en is het vergroten van de relatieve aantrekkelijkheid van spoorvervoer ten opzichte van de andere modaliteiten een belangrijke doelstelling. De sturing op modal shift, alsmede de inpassing van openbaar vervoer en spoor in MaaS-concepten wordt elders behandeld. Hier gaat het vooral over het spoor zelf. Een voorwaarde voor het succes van het spoorvervoer is de vitaliteit en concurrentiekracht van de spoorsector zelf. Digitalisering is daarbij een troef. De spoorwereld heeft al veel technische stappen gezet op het vlak van data verzameling en uitwisseling. Echter, die data wordt nog maar beperkt met gebruikers en belanghebbenden gedeeld. Naast digitalisering blijft geavanceerde en integrale planning, met behulp van moderne tools en oplossingen, een belangrijke voorwaarde voor succes. Onderzoek naar de inzet van planningsmethoden voor onderhoud, inzet van materieel, personeelsplanning, contingency planning blijft van groot belang.

Naast de vervoersaantrekkelijkheid van het spoorvervoer is ook de veiligheid van het spoorvervoer een belangrijk aandachtspunt. Hierbij speelt de doorontwikkeling en uitrol van ERTMS in het (internationale) spoorvervoer een belangrijke rol. Het is van belang hierbij de aansluiting te blijven zoeken bij de Europese ontwikkel- en onderzoeksagenda.

Een belangrijk technische ontwikkeling loopt parallel met het wegvervoer: autonoom rijden. Dit kan leiden tot nieuwe concepten in het spoorvervoer die de aantrekkelijkheid en concurrentiekracht van het spoor zouden kunnen vergroten.

Generieke enablers voor systeeminnovatie in OV en op het spoor

- Link met de KIA Sleuteltechnologieën
- Veiligheidssystemen
- Digitalisering, incl. vraagstukken m.b.t. databeschikbaarheid, databetrouwbaarheid, privacy
- Technologie voor faciliteren van multi-/synchromodaliteit
- Eventuele onderzoeks- en innovatievragen t.b.v. de verdere ontwikkeling en toepassing van ERTMS.
- Onderzoeks- en innovatievragen m.b.t. de vervanging verouderd ICT software en hardware om de veranderingen in digitalisering en automatisering bij te houden (relatie met TKI ICT).

Automatisch rijden voor treinen en ander OV

- Automatisering en autonoom rijden voor treinen (long haul binnen Nederland en grensoverschrijdend, rangers op terminal). Ondersteunende onderzoeken:
 - Value analyse voor diverse scenario's
 - Onderzoeken hoe diverse groepen in de maatschappij kijken naar autonoom spoorvervoer en wat er voor nodig is om deze groepen mee te nemen in de ontwikkeling.
 - Rol van de bestuurder, rol van controle
 - Diverse field test, waarvoor een aantal testzones aangewezen moeten worden.
- Automatisering van bussen/trams/metro's;
- Automatische people movers, last mile oplossingen

Specifieke innovaties voor personenvervoer

- Integratie van OV / spoor in multimodale services op basis van beschikbare data (MaaS)
- Hoe innovaties m.b.t. smart meenemen in concessieverlening voor OV?
 - Vgl. recente ontwikkelingen om innovaties m.b.t. verduurzaming uit te vragen en te waarderen in concessies.
- Nieuwe vervoersmodaliteiten zoals hyperloop
- Last mile oplossingen

Specifieke innovaties voor goederenvervoer

- Integratie van OV / spoor in multimodale logistieke services op basis van beschikbare data (SOL)
- Impact van nieuwe mobiliteit en SOL op railgebruik

- Ontwerpen van toekomstig integraal mobiliteits- en logistiek systeem inclusief rail
 - Vinden van een goede balans tussen collectief, gedeeld en individueel vervoer (personen en goederen)
 - Ruimtelijke impact (incl. kansen) van ontwerp van het vervoerssysteem (hubs)
- Verkennen mogelijkheden voor spoorshuttles (kortere treinen) voor hoogfrequent vervoer van goederen over de belangrijkste corridors
- I.r.t. digitalisering onderzoeken wat er voor nodig is om informatie voor transacties (ordering, planning, levering, enz.) in de keten te bundelen.
 - Voor hinterlandtransport en last / first mile binnen Nederland en grensoverschrijdend.
 - Dit heeft potentie voor het optimaliseren van het operationele proces (waste elimination, bijv. wachttijden) en het verkrijgen van een betere concurrentiepositie t.o.v. andere modaliteiten.
 - Te denken valt aan mogelijke wetgeving, stimulering, awareness creëren, voordelen verduidelijken, stakeholder analyses, logistieke analyses, onderzoeken welke informatie en systemen gekoppeld dienen te worden, inschatting van kosten en baten.

Beleidsondersteunende kennis en tools

- Inzicht in de waarde van ATO (automatic train operation) en andere technologische innovaties en verbeteringen (op het gebied van informatie, betaling, services) voor diverse betrokken stakeholders (value case). Dit is nodig om het concept verder te brengen en acceptatie onder stakeholders te creëren. Ontwikkeling van roadmap voor kennisontwikkeling en toepassing in de tijd.
- Inventarisatie van relevante kennis in andere landen waar ook aan dit soort concepten gewerkt wordt op Europees niveau (o.a. via ERA/UIC/CER/EIM/ Shift2Rail).
- Onderzoek ter ondersteuning van de ontwikkeling van eenduidig beleid in Europees verband.
 - Interoperabiliteit en harmonisatie van uitrol van systemen en toepassingen in de EU is noodzakelijk om kosten te reduceren en concurrentievermogen van spoor te verbeteren.
- Onderzoek naar rollen van verschillende actoren, hoe ze handelen en hoe het systeem eenvoudiger kan worden gemaakt.
- Verkenningen / studies m.b.t.:
 - de plaats van rail/spoor/stedelijke railnetwerken in het mobiliteitssysteem van de toekomst
 - de integratie van spoor/railgebonden OV in de toekomstige integrale mobiliteitssystemen (waaronder MaaS)
 - wat is straks openbaar vervoer? Welk concept borgt de publieke belangen en zorgt voor betaalbaarheid, beschikbaarheid en toegankelijkheid?

	Onderwerpen	Onderzoek	Ontwikkeling	Demonstratie	Implementatie
Technologie & concepten	Doorontwikkeling van effectieve applicaties van connected, coöperatief en geautomatiseerd rijden				
	Ontwikkeling en demonstratie van nieuwe mobiliteitsconcepten en -diensten voor personenvervoer (o.a. MaaS) en goederenvervoer (SOL)				
	Geavanceerde nieuwe vervoermiddelen / modaliteiten (o.a. micro-mobility concepten, drones, hyperloop) en alternatieven voor mobiliteit				
	Enablers op systeemniveau: o.a. ICT-platforms, AI, interoperabiliteit, cybersecurity en methoden om te sturen op maatschappelijke doelen				
	Gedragskennis voor realisatie van Smart Mobility op systeemniveau				
	Logistieke innovaties voor (ZE-)stadslogistiek				
	Overige maatregelen voor efficiënte, betrouwbare en betaalbare logistiek en supply chains				
	Geharmoniseerde testmethoden voor connected, coöperatief en geautomatiseerd rijden en nieuwe mobiliteitssystemen: o.a. real-world scenario's i.c.m. Hardware/Software/Driver-In-the-Loop.				
Beleidsondersteunende kennis en tools	Systeemkennis t.b.v. de vier Smart Mobility beleidslijnen en vraagstukken m.b.t. standaarden, wet- en regelgeving				
	Tools voor assessment en optimalisatie van smart mobility & logistics concepten m.b.t. maatschappelijke				
	Beleidsondersteunende kennis van menselijk gedrag				
	Duiden van disruptieve ontwikkelingen				
	Overige beleidsvraagstukken, o.a. economische modellen voor investeringen en fiscale en financiële aspecten van gebruik en bezit				

4.2 Maritiem en luchtvaart

4.2.1 Slimme, betrouwbare en veilige scheepvaart

Scheepvaartveiligheid is essentieel voor de mensen (passagiers en bemanning) aan boord, het milieu (lekkage van gevaarlijke en vervuilende stoffen, overboord slaan van lading zoals containers) en de economie (verloren lading, blokkade van havens en vaarwegen). Door het internationale karakter van de scheepvaart, houdt deze verantwoordelijkheid niet op bij onze landsgrenzen.

De snelle ontwikkeling op het gebied van digitale en autonome technologie levert daarbij veel mogelijkheden voor verhoging van de efficiency, de veiligheid en de duurzaamheid van de scheepvaart. Door verhoging van de efficiency zijn de commerciële partners in de maritieme ketens in staat om concurrerend te blijven werken. De operationele kosten van de schepen van overheden kunnen met toepassing van deze technologie ook omlaag. Voor de havens kan de logistieke afhandeling versnellen waardoor een sterkere 'modal shift' van de weg naar het water mogelijk wordt. Binnen dit onderwerp wordt onderscheid gemaakt tussen safe shipping (scheepvaartveiligheid) en digital & autonomous shipping.

Safe shipping: scheepvaartveiligheid

Verhoging van de scheepvaartveiligheid door verbeterde en slimmere schepen en goed ondersteunde en voorbereide bemanningen is het doel van de onderzoeksagenda zoals die hieronder wordt weergegeven. Het doel is om bij een toenemende zeescheepvaart en binnenvaart en toenemende ruimtelijke ontwikkelingen op de Noordzee het veiligheidsniveau minimaal op hetzelfde niveau te handhaven en waar mogelijk te verbeteren.

Dit thema richt zich op de volgende innovatievraagstukken:

- Voorkomen extreme bewegingen en belastingen voor bemanning, passagiers, lading en schip
- Scheepsstabiliteit

- Aanvaringsrisico met schepen en constructies (kans/consequentie)
- Human factors en inzet virtual/augmented reality
- Veiligheid bij autonome schepen
- Inzet en advies systemen onshore & onboard

Digital and autonomous shipping

Binnen dit thema onderscheiden we vijf werkgebieden:

1. Kansrijke business cases
2. Veilige operaties
3. Technologie & standaardisatie
4. Rules & regulations
5. Human factors

Deze werkgebieden zijn sterk met elkaar verbonden en de gekozen demonstrator projecten dienen als een verbindend element tussen de thema's en als richtinggevend voor onderzoek & ontwikkeling en implementatie.

1. Kansrijke business cases

Bij het ontwikkelen van autonome scheepvaart dienen we vooraleerst helder te krijgen welke business cases het meest kansrijk zijn voor vergaande implementatie van digitalisering en autonome technologie. Dat zijn niet uitsluitend cases voor onbemande volledig autonome schepen. Veel van de technologieën en methoden op de weg naar volledige autonomie, zoals decision support systemen, remote monitoring en collision avoidance algoritmes kunnen ook op bemande schepen ingezet worden om de efficiëntie en veiligheid te verbeteren.

De maritieme sector wil op basis hiervan toewerken aan een zeegaande demonstrator en een binnenvaart-demonstrator. Ook wordt gekeken naar de impact van autonoom varen op de maritieme infrastructuur (havens en vaarwegen) met de daarbij horende ICT systemen.

Uit de meest kansrijke business cases vanuit perspectief van reders, die de basis vormen van de demonstrator-projecten, worden een aantal deel-cases geformuleerd die op een of meerdere deelgebieden van het onderzoek tot zelfstandig bruikbare producten of oplossingen leiden. De deel-cases zijn niet afhankelijk van de succesvolle en implementatie van volledige autonomie in de scheepvaart.

2. Veilige operaties

Om (deels) autonome schepen op een veilige manier te kunnen behandelen op Nederlandse wateren en in Nederlandse havens is het van belang dat in Nederland kennis op het gebied van veilig uitvoeren van activiteiten op zee, in havens en op binnenwateren wordt opgebouwd. Het onderzoek hoe autonome schepen veilig kunnen varen moet voorwaarden scheppen om de juiste technologie te ontwikkelen en passende regelgeving te kunnen formuleren.

Onderzoek en ontwikkeling zal zich richten met name op:

- Veilige operaties aan boord (systeemveiligheid met gereduceerde / niet aanwezige bemanning)
- Veilige nautische operaties (interactie van het schip met andere schepen, obstakels, de vaarweg en haven)
- Databeveiliging (communicatie beveiligd tegen zowel technische en moedwillige verstoringen)

De veiligheidsanalyses worden uitgevoerd met behulp van simulatie- en voorspellingsmodellen, van hardware-in-the-loop simulaties, en met full-scale demonstrators op zee, in de haven en op binnenwateren.

3. Technologie & standaardisatie

Ontwikkeling van technologie vindt verspreid over kennisinstellingen en industriële partners plaats. Binnen de technologieontwikkeling voor autonome schepen kan een indeling gebruikt worden die ruwweg overeenkomt met de logische systeemarchitectuur voor de indeling van de functionele systemen waaruit een autonoom schip is opgebouwd. Deze functionele systemen geven ook een globale onderverdeling van technische onderzoeksvelden op het gebied van het autonome schip.

Technische standaardisatie dient plaats te vinden op 2 niveaus:

- Binnen het schip (datastandaarden) – datastandaarden zijn zeer wenselijk om implementatie en koppeling van systemen beheersbaar en betrouwbaar te krijgen. De Nederlandse partners gaan samenwerking zoeken met internationale brancheleden om breed gedragen datastandaarden te creëren die implementatie van een geïntegreerde data-architectuur vergemakkelijken.
- Tussen schip en zijn omgeving (havens, vaarweg, andere schepen) – (internationale) datastandaarden zijn noodzakelijk om een veilige en robuuste datacommunicatie te garanderen.

Met name op het vlak van data-uitwisseling tussen verschillende stakeholders is samenwerking tussen de ketenpartners (vaarwegbeheerder, havens, eigenaren, technologie-ontwikkelaars, etc.) essentieel voor het welslagen van demonstrators en implementatie. De Nederlandse maritieme cluster is bij uitstek geschikt om hier een leidende rol te pakken.

4. Rules & regulations

Onderzoek en ontwikkeling is nodig om de overheid te kunnen adviseren omtrent noodzakelijke en wenselijke regelgeving om de veiligheid en legale toepassing van autonome technologie in de maritieme sector. Onderzoek zal in Nederland plaats moeten vinden, en aansluiting vinden bij internationale initiatieven op dit gebied. De volgende kernvragen worden behandeld in het onderzoek:

- Welke regels vormen drempels voor ontwikkeling van efficiënte, effectieve autonome schepen?
- Hoe tonen we equivalente veiligheid aan in een grote variëteit van mogelijke omstandigheden?
- Aansprakelijkheid: waar ligt die volgens de huidige regelgeving en hoe kan die geregeld worden voor autonome schepen?
- Hoe gaan we om met het eigendom van data?

Doelmatige wetgeving dient ontwikkeld te worden op basis van de veiligheidsanalyses en onderzoek op bovenstaande gebieden. De maritieme kennisinstituten en marktpartijen dragen bij aan zowel nationale als internationale wetgeving door dit onderzoek te vertalen naar aanbevelingen aan de overheid en de Nederlandse delegatie bij de IMO.

Een fundamentele kennisbasis op bovenstaande onderwerpen maakt het mogelijk dat Nederland binnen de IMO een invloedrijke rol neemt in besluitvorming over regelgeving voor autonome schepen, waar momenteel niet-EU-partijen als China, Korea, Japan, Singapore en Noorwegen de boventoon voeren.

5. Human factors

Om autonome schepen veilig en effectief te kunnen opereren is onderzoek naar de veranderende interactie tussen mens en machine essentieel.

Om shore control centres in te kunnen richten is onderzoek nodig om inzichtelijk te maken welke informatie de supervisors op de wal nodig hebben, hoe die gepresenteerd dient te worden voor een afdoende situational awareness en hoe deze supervisors communiceren met de andere partijen in de omgeving (andere schepen, loodsen, VTS). Dit onderzoek moet materiaal bieden voor onder meer het opstellen van competentie-profielen voor deze operators.

Belangrijke vragen hebben betrekking op de impact op de arbeidsmarkt en het onderwijs door de digitale transitie van het schip in de operationele omgeving (vervanging scheepsbemanningen door operators op de wal, technici en IT specialisten voor bouw en onderhoud autonome schepen en de daarbij behorende infrastructuur), maar ook de impact van veranderde businessmodellen op de arbeidsmarkt (andere samenstelling logistieke keten, mogelijk veranderde verantwoordelijkheden voor onderhoud, etc.).

	Onderwerpen	Onderzoek	Ontwikkeling	Demonstratie	Implementatie
Technologie & concepten	Safety: scheepvaartveiligheid				
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Voorkomen extreme bewegingen en belastingen 2. Scheepsstabiliteit 3. Aanvaringsrisico met schepen en constructies 4. Human factors en inzet VR/AR 5. Veiligheid bij autonome schepen 6. Inzet en advies systemen onshore & onboard 				
	Digital and autonomous shipping				
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kansrijke business cases 2. Veilige operaties 3. Technologie & standaardisatie 4. Rules & regulations 5. Human factors 				

4.2.2 Duurzame zeescheepvaart

De klimaatstrategie die in april 2018 in de Internationale Maritieme Organisatie (IMO) van de VN is vastgesteld, illustreert de behoefte van de zeescheepvaart om haar impact op het klimaat tot een minimum te beperken en een voorbeeldrol op zich te nemen. Op mondiaal niveau is overeengekomen dat de totale absolute CO₂-uitstoot van de zeescheepvaart in 2050 maximaal 50 procent mag bedragen van het niveau in 2008. Deze overeenkomst is in lijn met het Klimaatakkoord van Parijs. In oktober 2018 hebben ministers van Europese landen in het kader van de Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) de lat nog een stuk hoger gelegd. In de verklaring van Mannheim is de stip op de horizon voor de binnenvaart om tegen 2050 de broeikasgassen en andere verontreinigende stoffen nagenoeg uit te bannen. Om dit te bereiken moeten schepen steeds energie-efficiënter worden en dienen duurzame energiebronnen, zoals wind- en zonne-energie, in de nabije toekomst ook voor de scheepvaart benut te worden. Voor Nederland en de korte termijn is in 2019 het een en ander geoperationaliseerd in het Klimaatakkoord en de green deal zeevaart, binnenvaart en havens. De maritieme sector vult dit in via het onderwerp 'towards zero emission'.

Naast reductie van broeikasgassen zet de zeescheepvaart in op circulariteit. Ongeveer 95% van het materiaal in de scheepvaart wordt gerecycled. De zeescheepvaart is gebaat bij mondiaal geldende regelgeving. Dat geldt ook voor de recyclingindustrie en het veilig en milieuvriendelijk ontmantelen van schepen. Een spoedige inwerkingtreding van het Hongkongverdrag bewerkstelligt dit en draagt substantieel bij aan een mondiaal gelijk speelveld.

Circulaire scheepvaart

De doelstelling van het samenwerkingsthema circulaire scheepvaart is het ontwerpen, bouwen en recyclen van schepen en maritieme installaties in en op zee een belangrijk aandachtsgebied. De circulariteit van brandstofstoffen is niet opgenomen in deze paragraaf, maar is relevant en wordt later apart behandeld.

Het streven is om in de periode tot 2021 bewustzijn voor circulariteit in de maritieme sector in den brede te vergroten. In lijn met de IMO eisen dient een mapping van materialen voor circulariteit ontwikkeld te worden, waarbij een speciale focus komt te liggen op kort-cyclische materialen (ijzer, aluminium, e.d.), maar ook gevaarlijke materialen (lood, asbest, e.d.) alsmede zeldzame materialen (koper, nikkel, cadmium, e.d.). De economische, ecologische en technische haalbaarheid van deze grootschalig circulaire herbruikbaarheidsactiviteiten dient te worden aangetoond tussen nu en 2022 door gezamenlijk onderzoek, ontwikkeling en demonstratieprojecten op te zetten die de kennis op al die vlakken vergroten.

Belangrijke innovatiethema's zijn:

- Circulaire materialen en producten voor de scheepsbouw
- Circulaire operatie en onderhoud
- Circulaire recycling

Innovatieve componenten voor de voorstuwingstrein en hun integratie

Om tot een betrouwbare emissieloze voorstuwingstrein te komen, moet de hele keten worden onderzocht. Van de hydrodynamica en aerodynamica van de voortstuwing tot dragers en opslag van energie. Dit vraagt veel aandacht voor het systeemontwerp en de integratie van alle componenten.

- Weerstandsreductie en innovatieve voortstuwing
- Innovatieve energiedragers en energieopslag
- Elektrische voortstuwing en energievoorziening met brandstofcellen en uit duurzame bronnen geproduceerde energiedragers
- Systeemontwerp en systeemintegratie
- Geluidsreductie

Gebruik van alternatieve energiedragers aan boord van schepen

In lijn met de Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens is de reductie van CO₂-emissies aan boord van schepen en maritieme installaties een van de grootste uitdagingen.

Momenteel worden verschillende transitiepaden onderzocht. Hierbij wordt zowel onderzoek gedaan naar de energiedrager aan boord als de feedstock van deze energiedragers. Op het gebied van energiedragers zijn verschillende mogelijkheden (zoals diesel, methanol, ammonia, waterstof en batterijcontainers). Voor implementatie van deze brandstoffen is een geïntegreerd afwegingskader nodig, waarbij techniek (impact op de aandrijflijn, mogelijkheid voor retrofit), inpasbaarheid aan boord (ruimtegebruik, veiligheid) en operatie (aansluiting bij het operationeel profiel, kosten) van belang zijn. Hiervoor is verkennend onderzoek voor elk van de verschillende energiedragers noodzakelijk.

De herkomst van energiedragers kan ontstaan uit verschillende bronnen (feedstock). Het gaat hier om ontwikkeling van biobrandstoffen en synthetische brandstoffen (power-to-fuels) als alternatief voor fossiel.

Het bijmengen van biobrandstoffen kan op korte termijn de CO₂-voetafdruk verlagen. Helaas zijn biobrandstoffen voor de scheepvaart nog slechts beperkt beschikbaar tegen relatief hoge kosten. Voor langere termijn is daarnaast de vraag in welke mate biobrandstoffen grootschalig beschikbaar zijn. Voor ontwikkeling van synthetische brandstoffen is technologische ontwikkeling noodzakelijk (onder meer in het programma VOLTACHEM) en is grootschalige ontwikkeling van duurzame elektriciteit noodzakelijk. De ontwikkeling van de feedstock en de energiedrager voor de scheepvaart kan niet los worden gezien van de ontwikkeling in de andere modaliteiten en in de industrie. Een geïntegreerde ketenaanpak is noodzakelijk.

Naast ontwikkeling in energiedragers kan de directe toepassing van zonne-energie en vooral windenergie aan boord van schepen (middels zeilen, vliegers, flettner rotors e.d.) het energieverbruik aanzienlijk terugdringen. Deze alternatieve energiedragers worden in dit document beschouwd als innovatieve componenten in de voorstuwingstrein. Ook het maximaal gebruik van walstroom voor de scheepvaart om daarmee de CO₂-voetafdruk te verlagen is een belangrijk thema, waarbij de beschikbare netcapaciteit aan de wal een belangrijke parameter is. Ontwikkeling van nieuwe walstroomconcepten, zoals mobiele walstroom, is hierbij noodzakelijk.

Voor de daadwerkelijke vergelijking van de effecten van de verschillende maatregelen is het valideren van de aangeboden oplossingen in de demonstratiefase van groot belang. Daartoe is het objectief en transparant meten van het energieverbruik en de daarbij ontstane uitstoot zeer relevant. Hierbij kunnen de investeringen die nu worden gedaan in laboratoria om met verschillende chemicaliën brandstoffen te maken (bijv. TNO-ECN fuels-sectie te Petten) voor de maritieme sector worden ingezet om bij te dragen aan de vergroeningsambities.

Innovatiethema's zijn:

- Energiedragers
- Feedstock voor productie van brandstoffen
- Inzet walstroom

Nieuwe business- en governance-modellen voor scheepvaart

Het breed toepassen van nieuwe technische en operationele oplossingen vergt ontwikkeling van nieuwe businessmodellen. In navolging van samenwerking in de luchtvaartsector kan gedacht worden het verhogen van de beladingsgraad van schepen, inzet van data analytics op basis van data in de keten aangevuld met bijv. klimatologische data (stroming, golven en wind). Daarnaast zijn nieuwe financieringsconcepten nodig voor grootschalige investeringen in aandrijflijntechnologie, waarbij belangen van verschillende stakeholders (rederijen, verladers en overheden) in lijn moeten worden gebracht.

Maritieme zero emissie strekt zich in feite verder uit dan alleen brandstofgerelateerde emissies. Ook de geluidsproductie behoort daartoe. Vanuit zowel de aandrijflijn (schroef/propellor) en of afgestraald geluid wordt deze emissie veroorzaakt waarbij internationaal steeds strengere regelgeving wordt ontwikkeld (Marine Strategie). Op het gebied van scheepsbewegingen en gerelateerd geluidsemisietoelichting in het project JOMOPANS (Joint Monitoring Programme for Ambient Noise North Sea) wordt op Europees niveau een kader ontwikkeld voor een operationeel monitoringprogramma voor onderwatergeluid in de Noordzee. Met metingen en modellen wordt het onderwatergeluidlandschap in kaart gebracht. Vanuit een toenemend belang voor het ecosysteem en een toenemende scheepvaartbelasting op de Noordzee wordt invulling gegeven aan gerelateerd onderzoek en het ontwikkelen van innovaties. Hierbij is onderzoek voorzien t.b.v. de ontwikkeling van stillere schroeven/propellers uit composiet materiaal en een joint industrieproject op geluid- en trillingsemisietoelichting in de scheepvaart.

Vanwege het feit dat wereldwijd ca. 60% van de schepen onder een charter opereert, vindt de optimalisatie van brandstofverbruik vooral plaats gedurende de looptijd van de charter. Dit betekent dat er dus op de korte termijn wordt geoptimaliseerd (bijv. ten aanzien van onderhoud van motoren), terwijl dit op de lange termijn negatieve gevolgen kan hebben. Hier valt naar verwachting ook nog een aanzienlijke winst te behalen in het beperken van de uitstoot van schadelijke emissies. Als voorbeeld van een oplossingsrichting wordt vanuit de maritieme sector voor de lange termijn gedacht aan het oprichten van een platform dat zich tot doel stelt om duurzaam transport als een dienst te leveren. Dit platform kan bijvoorbeeld bestaan uit verladers, reders, brandstofleveranciers, scheepswerven en marine equipment leveranciers die samenwerken om bij te dragen aan een duurzame scheepvaart (naar analogie van bijv. een verladersinitiatief als Biceps).

Daarnaast is het van belang om de beschikbaarheid van alle bunkerbrandstoffen voor de scheepvaart te optimaliseren met betrekking tot met name type en prijs. Een wereldwijde bunkerinfrastructuur voor de verschillende scheepsbrandstoffen is noodzakelijk en vereist een gecoördineerde actie van betrokken stakeholders.

Innovatiethema's zijn:

- Beladingsgraad verhogen
- Delen van data
- Groen aanbesteden
- Brandstofoptimalisatie over charterperioden heen
- Ontwikkeling business- en governance-modellen voor duurzaamheidsinvesteringen
- Wereldwijde bunkerinfrastructuur

	Onderwerpen	Onderzoek	Ontwikkeling	Demonstratie	Implementatie
Technologie & concepten	Circulaire scheepsbouw en scheepvaart				
	Innovatieve componenten voor de voorstuwingsrein en hun integratie				
	Gebruik van alternatieve energiedragers aan boord van schepen				
	Nieuwe business- en governance-modellen voor duurzame scheepvaart				

4.2.3 Slimme en veilige luchtvaart

Vervoer door de lucht neemt in termen van maatschappelijk belang nog steeds toe. Zowel voor mensen als goederen is luchtvaart een belangrijke modaliteit voor het overbruggen van grote afstanden in relatief korte tijd. Nederland is een belangrijke kennis- en technologieleverancier voor de wereldwijde luchtvaartindustrie. Daarnaast heeft Nederland een aantal belangrijke knooppunten in het wereldwijde luchtvaartstelsel (Schiphol, Eindhoven, Rotterdam).

Op het vlak van technologie voor de verbetering van efficiency en veiligheid van luchtvaart speelt Nederlands onderzoek een belangrijke rol. Aandachtpunten in de Nederlandse onderzoeks- en innovatieagenda op het vlak van slimme en veilige luchtvaart zijn hieronder weergegeven.

Veel van deze ontwikkelingen zijn internationaal in karakter. Daarom dient op zijn minst aansluiting gezocht te worden/behouden te worden op de Europese innovatie-agenda ten aanzien van luchtvaart. Hieronder zal hier een aantal keren gerefereerd worden aan specifieke Europese programma's waarbij aansluiting belangrijk is.

Technologie & concepten

Veilige luchtvaart

Ontwikkelingen zijn gericht op alle stakeholders in de luchtvaart, zoals operators, de industrie, luchthavens, de luchtverkeersleiding. De sectorpartijen werken continu aan maatregelen om risico's, die gepaard gaan met groei, te mitigeren. De effectiviteit van deze mitigerende maatregelen moet bepaald worden en hierbij bestaat de wens om dit ook meer en meer op objectieve data te kunnen baseren. Verder zijn er specifieke ongevallen die wereldwijd veel voorkomen en die internationaal de aandacht blijven houden. Verder terugdringen van deze ongevallen kan alleen door gericht onderzoek, dat uiteindelijk kan leiden tot nieuwe technologie, nieuwe procedures of nieuwe regelgeving.

Een breed gevoelde zorg, maar tegelijkertijd ook een maatschappelijke wens, is de toename van het (professionele) gebruik van drones. Gerelateerd hieraan zijn verkenningen op het gebied van Urban Air Mobility (UAM), vliegverkeer in een stedelijke omgeving met kleinere elektrisch aangedreven voertuigen, gericht op het vervoer van passagiers of goederen. De uitdagingen die gepaard gaan met UAM, vragen om onderzoek naar automatisering, multi-modaliteit, publieke acceptatie en stedelijke inpassing. De met UAM gepaard gaande (en ook elders in de luchtvaart optredende) toename in automatisering leidt ook tot een toename in cybersecurity-risico's die gemitigeerd moeten worden.

- Ontwikkeling van op data gebaseerde instrumenten om de veiligheid van een grote luchthaven te monitoren en de effectiviteit van risico beperkende maatregelen te kunnen bepalen
- Ontwikkelen en valideren van capaciteit verhogende maatregelen en technologie luchtvaart en luchthavens
- Onderzoek gericht op het reduceren van specifieke ongevallen, m.n. runway excursions en aircraft upset/loss of control
- Verminderen van het risico als gevolg van een impact met vogels of drones

- Vergroten van de survivability in geval van een ongeval door het ontwikkelen van regelgeving, cabine technologie en airframe technologie
- Vergroten van de cyberveiligheid van het luchtvaartstelsel: vliegtuigen, luchthavens, luchtverkeersleiding, etc.

Slimme vliegtuigen

Nieuwe voortstuwingconcepten als hybride-elektrische aandrijving vergroten ook de ontwerpvrijheid van het gehele vliegtuig waardoor meer efficiencyvoordelen behaald kunnen worden. Digitalisering en automatisering maken innovatieve ontwerpmethoden mogelijk om tot multidisciplinair geoptimaliseerde vliegtuigconfiguraties te komen en geavanceerde materialen en productietechnologieën maken het mogelijk deze vliegtuigen kostenefficiënt te maken. Onderhoud kan gereduceerd worden door het vliegtuig te instrumenteren en continu te monitoren, en een Digital Twin kan voorspellen wat er wanneer moet gebeuren. Er kan gedacht worden aan onder anderen de volgende onderwerpen:

- Blended Wing-Body vliegtuig configuraties
- Nieuwe (elektrische) bedrading concepten
- Innovatieve cabin layouts en systemen
- (Hybride-)elektrische vliegtuigen, RPAS, UAVs, personalized air mobility
- Very low level ops/urban airspace
- Structural Health Monitoring (SHM) om de staat van het vliegtuig of subsystemen te monitoren en onderhoud en reparaties te voorspellen
- (Virtuele) Certificatie en kwalificatie om het proces te versnellen en betrouwbaarder te maken

Vernieuwende vliegtuigsystemen

Tenslotte is er veel aandacht voor vernieuwende vliegtuigsystemen. Hierbij valt te denken aan nieuwe aandrijfsystemen, maar ook verdergaande automatisering van vliegtuigbesturing en zelfs de introductie van volledige autonome systemen. Ook is het de verwachting dat de invoering van op afstand bestuurbare vliegtuigen (i.e. drones) en ook daar de automatisering/autonomie een grote vlucht gaat nemen. De uitdaging die hierbij steeds optreedt is de betrouwbaarheid van dergelijke nieuwe technologie. Er worden vele sensoren en sensortechnieken geïntroduceerd en de complexiteit van de systemen neemt toe. Daarnaast ontstaat er een steeds uitgebreidere afhankelijkheid van connectiviteit tussen systemen en de robuustheid van deze communicatie.

Vraagstukken die hierbij ontstaan is hoe men grip houdt op de hiervoor genoemde veiligheid van het luchtvaartstelsel als geheel (de luchtwaardigheid) maar ook op de betrouwbaarheid van dergelijke nieuwe technieken. Daarbij zal er op een nieuwe manier naar de certificering van deze systemen gekeken moeten worden. Daar waar in het verleden het ontworpen systeem uitvoerig werd getest en geanalyseerd, moet er straks veel meer een vertrouwen uitgesproken worden in de robuustheid, zelf-alertheid, en flexibiliteit van beslissingen die het systeem kan maken. Nederlandse partijen zijn actief op deze vlakken, mede vanwege de mogelijkheden om de technologie te analyseren en te testen in de praktijk.

Beleidsondersteunende kennis en tools

Beheerssystemen voor veilig en efficiënt luchtvaartgebruik

De overheid is in haar beleidsmatige en toezichthoudende taak op zoek naar instrumenten waarmee de veiligheid van de grote luchthaven gemonitord kan worden en waarmee tijdig (proactief) onveilige trends kunnen worden gedetecteerd. Voor de sectorpartijen is integraal risico management een aandachtspunt. Dit wil zeggen integratie over risicodomeinen, maar ook integratie van de verschillende stakeholders rond de luchthaven. Dergelijke beheerssystemen in de praktijk laten werken en ook het toezicht er op goed te organiseren zijn thema's van onderzoek. Uiteindelijk moet er ook in het toezicht en in de handhaving meer met minder: er is beperkt capaciteit beschikbaar om certificatie en toezicht te ondersteunen, maar de wens van de industrie en de markt is juist om nieuwe technologieën sneller toegang te verschaffen tot de markt. Hier ligt de behoefte om nieuwe certificatiemethodieken te ontwikkelen die zich baseren op simulatie. Hier ligt ook de behoefte om veiligheidsmanagement en toezicht op een zo efficiënt mogelijke manier te organiseren.

Efficiëntieverbeteringen zijn ook gewenst in de operatie en onderzoek is daarom gericht op het efficiënter maken van de operatie op de luchthaven en op het efficiënt gebruik van het beschikbare luchtruim. Hiervoor moet technologie ontwikkeld worden en moeten nieuwe concepten, technologie en procedures gevalideerd kunnen worden in een realistische setting.

- Versterken van de effectiviteit en efficiëntie van safety management, inclusief integraal risicomanagement, de ontwikkeling van organisatie-ontwerpen en instrumenten voor de veiligheidscultuur die gericht zijn op samenwerkende organisaties
- Versterken van de capaciteit op het gebied van inspectie m.n. op het gebied van performance based regelgeving
- Versterken van de rol van de mens in het systeem door focus op human performance management, mens-automatisering interactie, training
- Ontwikkeling van datamanagement tools en risico modellering om te komen tot een versterkte capaciteit om risico's te managen
- Methodieken die het mogelijk maken om nieuwe technologie snel en kosteneffectief te certificeren door toenemend gebruik te maken van simulatie , digital twins, virtual certification, waarbij ook verificatie en validatie van zelflerende systemen een focuspunt is.
- Om te komen tot seamless mobility (kosteneffectieve, optimale doorstroming van mensen en goederen) is kennis benodigd over:
 - Remote Tower Operations
 - Airport Operation Centres
 - passenger-centric operations
 - integratie van drones/ UAM (Urban Air Mobility) in het luchtruim middels Unmanned Traffic Management

Satellietnavigatie en aardobservatie

Vitale sectoren als transport, kritieke infrastructuren en openbare orde en veiligheid zijn in belangrijke mate afhankelijk geworden van Global Navigation Satellite Systems (GNSS). Niet alleen de functies voor positiebepaling en navigatie, maar zeker ook nauwkeurige tijdsbepaling worden gebruikt voor toepassingen die bij uitval mogelijk maatschappij-ontwrichtend kunnen zijn. Ter ondersteuning van overheid en industrie is het daarom van continu belang om een gedegen kennispositie te houden van GNSS-systemen, hun gebruik, hun kwetsbaarheden en tegenmaatregelen.

Doel van het programma is om kennis op te bouwen die een bijdrage kan leveren aan een veiliger en efficiënter gebruik van satelliet navigatie in Nederland, en waarmee de Nederlandse overheid ook geadviseerd kan worden over de volgende generatie (G2G) van de Europese satellietnavigatiesystemen Galileo en EGNOS.

Satellietwaarnemingen vormen ook een steeds bruikbaarere bron van gegevens voor het monitoren van het aardoppervlak bijvoorbeeld t.b.v. vervoersstromen. Deze ontwikkelingen leiden ertoe dat satellietwaarnemingen in snel tempo een omslag maken van het technisch/wetenschappelijke domein naar concrete toepassing in de maatschappij en daarmee ook in de beleidsvorming en -uitvoering van de overheid. Dit toenemend belang komt voort uit een sterke verbetering in de kwaliteit, beschikbaarheid en continuïteit van instrumenten, de gegenereerde data en hiervan afgeleide diensten. Hierdoor zijn betrouwbare nieuwe ontwikkelingen mogelijk die bijdragen aan verbetering van bestaande technieken en/of kostenefficiëntie. Kennis dient te worden opgebouwd hoe goed gebruik gemaakt kan worden van aardobservatiedata om invulling te geven aan informatiebehoefes en zo taken nu en in de toekomst beter en efficiënter te kunnen uitvoeren.

	Onderwerpen	Onderzoek	Ontwikkeling	Demonstratie	Implementatie
Technologie & concepten	Veilige luchtvaart				
	Slimme vliegtuigen				
	Vernieuwende vliegtuigsystemen				
Beleidsond. kennis en tools	Beheersystemen voor veilig en efficiënt luchtvaartgebruik				
	Satellietnavigatie en aardobservatie				

4.2.4 Duurzame luchtvaart

In het klimaatakkoord is de luchtvaart, mede door haar internationale karakter, niet opgenomen. Er zijn echter wel belangrijke ontwikkelingen richting een duurzamere luchtvaart, waar Nederland een rol in speelt, en wil blijven spelen. Naast de ontwikkeling van schonere vliegtuigen, biedt hier met name de vluchtleiding en het efficiënter inrichten van het luchtvaartstelsel mogelijkheden.

Technologie & concepten

Efficiënte luchtvaart

Met een nieuw operationeel concept en luchtruimindeling moet toegewerkt worden naar een samenhangend luchtverkeersstelsel, waarbij er op gebied van vluchtleiding planmatiger geopereerd gaat worden waardoor voorspelbare, stabiele, meer milieuvriendelijke en efficiënte verkeersstromen geïntroduceerd worden. Om dit te bereiken is het essentieel om kennis op te bouwen op het gebied van:

- Beter plannen:
 - Oprekken van de planningshorizon (AMAN, XMAN, DMAN)
 - Alternatieve wake turbulence categorieën (RECAT-EU en RECAT-Pairwise)
 - Time Base Separation en Trajectory Based Operations
 - Space-based ADS-B
 - Gate planning en taxiway planning
 - Outbound planning en runway planning
 - Multi-airport planning
- Vaste routes:
 - Vaste naderingsroutes met vast dalprofiel (Low altitude CDO's en Top of Descent CDO's)
 - Performance based navigation
 - Dynamische CDO's (ruimte voor user preferred profielen)
 - 3D vertrekroutes (inzetten realistische snelheid en hoogterestricties)
 - Dynamische toewijzing routes/ flexible use of airspace
- Managen verkeersstromen:
 - Rol van de mens (vak van verkeersleider zal wijzigen door minder individuele vliegtuigen te separeren en meer verkeersstromen te plannen en te de-conflicteren)
 - Interval management
 - Synchronisatie van nationale en internationale verkeersstromen
 - Dynamische prioritering van verkeersstromen

Technologieontwikkeling voor een nieuw operationeel concept en luchtruimindeling in Nederland moet niet alleen in Nederland maar eveneens in Europees verband plaats vinden. Om de efficiëntie van zowel het Nederlandse luchtruim als het Europese luchtruim te vergroten, wordt binnen Europa gewerkt aan een Single

European Sky (SES). In het SES ATM onderzoeksprogramma (SESAR) werken Europese luchtverkeersleiders (ANSP's) en luchthavens samen om concrete oplossingen te ontwikkelen en te implementeren. Deelname van Nederland aan SESAR is onderdeel van de kennisopbouw binnen deze deel-KIA.

Nieuwe duurzame vliegtuigen

Vele Nederlandse partijen zijn bezig met het ontwikkelen van duurzame alternatieven voor de voortstuwing van vliegtuigen. Dit heeft een nauwe relatie met verschillende vliegtuigsystemen. Daar waar in het verleden uitgegaan is van traditionele verbrandingsmotoren met bijbehorende brandstofvoorziening, is met de introductie van hybride of elektrisch vliegen een overgang te verwachten naar innovaties op gebied van energievoorziening in het vliegtuig en daaromheen. Te denken valt aan uitgebreide inzet van batterijen, brandstofcellen bij gebruik van waterstof, elektromotoren, vermogenshuishouding in het vliegtuig, en energievoorziening op de grond (i.e. de "laadpaal" voor vliegtuigen). Een belangrijk aspect hierbij is de optimalisatie van de energie-keten en de bijbehorende warmtehuishouding door middel van (thermodynamische) modellering en analyses.

Om in de toekomst emissieloos te kunnen vliegen, moeten we nu inzetten op radicale vernieuwing. Er worden drie onderzoeks- en ontwikkelingslijnen voorgesteld, welke de range van kleine Urban Air Mobility toepassingen, eVTOL, regionale en grote vliegtuigen afdekken:

- Technologische bouwstenen voor (hybride) elektrische vliegen
 - Geavanceerde materialen en systemen, zoals composieten, (metal) additive manufacturing, smart materials, voortstuwingssystemen, energieopslag (van brandstoffen als waterstof of synfuels en van elektriciteit) en geschikt voor hybride elektrische vliegtuigen
 - Geavanceerde engineering en fabricagetechnologieën voor kleine en grote (hybride) elektrische vliegtuigen, integratie van structuren en systemen, digitale ontwerp-, test- en certificatie methoden voor de constructie en voor de voortstuwingssystemen
 - Demonstrators op lab, mid en full scale
- Bouwstenen voor operationeel gebruik van, en infrastructuur voor (hybride) elektrische vliegtuigen
 - Benodigde logistieke infrastructuur op vliegvelden, van laadpalen plaatsen tot waterstofvoorraden, en voorzieningen voor kleinere toestellen
 - Gevalideerde business modellen voor luchttransport met kleinere vliegtuigen in samenwerking met operationele partijen, zoals luchthavens en luchtvaartmaatschappijen
 - Veilig en efficiënt gebruik van het luchtruim, in het bijzonder waar het gaat om specifieke procedures voor (hybride) elektrische vliegtuigen
- Klimaat- en milieu-impact van luchttransport:
 - Ontwikkelen van kennis en modellen om de impact van luchtvaart op het klimaat te begrijpen en te voorspellen. Naast de emissie van CO₂ en waterdamp, gaat het ook om geluid
 - De analyse van de klimaat- en milieu impact van de luchtvaart betreft de volledige levenscyclus

Verminderd energie verbruik

Zowel conventioneel voortgestuwde vliegtuigen als hybride-elektrische vliegtuigen kunnen profiteren van het verminderen van het energieverbruik. Dit betekent lichterere constructies en materialen maar ook weerstandsverminderende technologieën als ultraslanke vleugels en (hybride) laminaire stroming, die op hun beurt weer mogelijk gemaakt worden door innovatieve materialen en productieprocessen. In het energieverbruik en de klimaat-impact moet de totale levenscyclus van het vliegtuig beschouwd worden (circulaire luchtvaart). Relevante nieuwe ontwikkelingen in de vliegtuigconstructies en -fabricage betreffen:

- Materialen (composieten incl. thermoplastics en FML, nieuwe harsen, metalen voor additieve fabricage methoden)
- Geavanceerde fabricage van composietconstructies (o.a. thermoplasten) met verminderde milieubelasting
- Innovatieve slimme vleugels en staartvlakken zoals 'Ultra High Aspect Ratio' vleugels, natuurlijke of hybride laminaire stroming, active flow control, etc.
- Slimme, multifunctionele en lichte materialen en constructies

Deel-KIA Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen

- Virtueel testen om kosten van ontwikkeling en certificatie te reduceren
- Digitaliseren en automatiseren van fabricage processen
- Integratie van interieur en airframe
- Design for Maintenance/ontwerp voor minimale onderhoudskosten
- Circulaire luchtvaart: van ontwerp en fabricage tot onderhoud en end-of-life

Nieuwe ontwikkelingen in vliegtuigsystemen en componenten

Motoren zijn de belangrijkste systemen aan boord van vliegtuigen. Gasturbines kunnen nog altijd efficiënter gemaakt worden door geavanceerdere materialen en hogere bypass ratios. Niet alleen CO₂ speelt hierbij een rol, maar ook de uitstoot van NO_x, water, fijnstof en andere deeltjes. Nog hogere omloopverhoudingen kunnen gerealiseerd worden met Open Rotor motoren. Voor alternatieve brandstoffen als waterstof of LNG zijn cryogene systemen nodig. Biofuels of synthetische brandstoffen moeten ontwikkeld worden en vereisen kleine aanpassingen aan de motoren en systemen.

Niet alleen in de voortstuwing van het vliegtuig wordt energie verbruikt. Ook alle systemen aan boord verbruiken een niet onaanzienlijke hoeveelheid energie. In de meeste huidige vliegtuigen worden deze systemen gevoed door 'bleed air' en hydrauliek aangedreven door de gasturbine, maar dit vermindert de efficiency van de voortstuwing. De nieuwe generatie widebodies is 'More Electric' en deze trend kan nog verder doorgevoerd worden naar alle subsystemen, inclusief klimaatcontrole, anti-icing, besturingssysteem, landingsgestellen etc. Het optimaliseren van de energie en warmtehuishouding is hierbij essentieel.

- Nieuwe motorconcepten als de Geared Turbofan, Ultra High Bypass Ratio motoren en Open Rotor motoren
- Hoge temperatuur componenten voor efficiëntere verbrandingsmotoren die minder schadelijke stoffen uitstoten
- Lage temperatuur materialen voor waterstoftanks en supergeleidende systemen
- Direct manufacturing concepten en MRO concepten
- Nieuwe elektrische data, control en power systemen
- Nieuwe voortstuwingsconcepten als Boundary Layer Ingestion en Distributed Propulsion
- Power and thermal management om de energie- en warmtehuishouding van 'More Electric Aircraft' en (hybride-)elektrische vliegtuigen te optimaliseren
- Alternatieve brandstoffen zoals sustainable aviation fuels (SAF) en synthetische brandstoffen zonder zwavel en aromaten
- Blisks & seals voor efficiëntere gasturbine motoren
- Lichte materialen en constructies

Samenwerking in Europees verband is essentieel voor het creëren van een vliegwieleffect in de technologische ontwikkeling op het gebied van duurzame luchtvaart. Deelname aan Programma's binnen *Clean Sky* en *Horizon 2020/Europe* vormen een integraal onderdeel van dit meerjarige missiegedreven innovatieprogramma.

Beleidsondersteunende kennis en tools

Duurzame luchtvaart

De beleidsondersteunende kennis en tools die nodig zijn voor duurzame luchtvaart vallen uiteen in twee categorieën: tools die de overwegingen ten aanzien van de introductie van nieuwe luchtvaartconcepten ondersteunen en tools die de milieu-impact van luchtvaart betrouwbaar in kaart brengen. Daarnaast is generieke kennis nodig over de effectiviteit van beleidsmaatregelen om verduurzaming in de luchtvaart te bevorderen.

Nieuwe luchtvaartconcepten

- Voorspelling van marktpenetratie van nieuwe vliegtuigtypes
- Ontwikkelen van nieuwe businessmodellen voor hybride-elektrische luchtvaart

Klimaatimpact luchtvaart

- Inzicht in de klimaatimpact van vliegen en welke operationele maatregelen kunnen bijdragen aan duurzamere vluchtuivoering
- Gevolgen van alternatieve brandstoffen voor grondinfrastructuur (elektriciteit, waterstof, biofuels, synthetische brandstoffen)

Tools voor efficiënte luchtvaart

Nieuwe belangrijke benodigde tooling om te komen tot efficiënte luchtvaart betreft de geïntegreerde Air Traffic Management (ATM) faciliteit. Deze bestaat uit een luchtverkeersleiding en luchtverkeerstoren simulator (inclusief Remote Tower mogelijkheden), een vluchtsimulator van een transportvliegtuig, een helikopter en een militair gevechtsvliegtuig en een simulator van een Remotely Piloted Aircraft System (RPAS).

Deze tooling biedt de mogelijkheid te komen tot ontwikkelingen op gebied van ATM, o.a. op het gebied van nieuwe vliegprocedures, introductie van nieuwe technologie in het verkeersleiding systeem, civiel-militaire samenwerking, integratie van RPAS in het luchtruim en introductie van Remote Tower operaties. Dit alles voor Nederlandse en internationale situatie, waarbij onderzoek/ontwikkeling met verkeersleiders en vliegers in de loop kunnen worden uitgevoerd.

De geïntegreerde ATM-faciliteit is van belang voor het Nederlands bedrijfsleven en overheid. Met de geïntegreerde ATM-faciliteit kunnen alle korte- en lange termijn toepassingen en veranderingen in het Nederlandse en Europese luchtverkeersleidingssysteem worden onderzocht/ontwikkeld en gevalideerd. Omdat de faciliteit zowel grond- als luchtgebonden aspecten kan simuleren en testen, en zowel civiele als militaire, kunnen alle ATM concepten en ontwikkelingen veilig getest worden op hun voorziene waarde in de praktijk, alvorens deze daadwerkelijk worden geïntroduceerd. Hierbij worden nieuwe techniek, procedures en hun operators (verkeersleiders, vliegers) samengebracht, waardoor een realistisch beeld ontstaat van de toekomstige operatie. Behalve dat hiermee de techniek goed getest wordt, levert deze opzet ook acceptatie van de diverse eindgebruikers (en hun organisaties) op, belangrijk in verandertrajecten.

	Onderwerpen	Onderzoek	Ontwikkeling	Demonstratie	Implementatie
Technologie & concepten	Efficiënte luchtvaart				
	Nieuwe duurzame vliegtuigen				
	Verminderd energiegebruik				
	Nieuwe ontwikkelingen in vliegtuigsystemen en componenten				
Beleidsond. kennis en tools	Beleid voor nieuwe luchtvaartconcepten				
	Beleid voor klimaatimpact luchtvaart				
	Tools voor efficiënte luchtvaart				

4.3 Duurzaamheid, anders dan CO₂

4.3.1 Beperken hinder van transport (geluid, luchtverontreinigende emissies, trillingen)

Ter ondersteuning van nieuw luchtkwaliteitsbeleid (o.a. Actieplan Schone Lucht, toewerken naar het op termijn halen van de WHO-normen) en omgevingsbeleid van het Rijk, regio's en steden (gericht op het verminderen van impacts op gezondheid en milieu en het vergroten van de mogelijkheden voor gewenste ruimtelijke

ontwikkelingen), is enerzijds meer inzicht nodig in de (ontwikkeling van) transport-gerelateerde emissies van luchtverontreinigende stoffen, geluid en trillingen en hun schadelijkheid en impact, en is anderzijds ontwikkeling nodig van handelingsperspectief om middels technische en beleidsmaatregelen emissies te verlagen of blootstelling / hinder te verminderen.

Daarnaast is er een relatie te leggen met beleid ten aanzien van een gezonde leefomgeving (zie ook de Innovatiemissie Gezondheid en Zorg). Mobiliteit is daarbij niet de enige, maar wel een belangrijke factor.

Technologie & concepten

Technische ontwikkelingen voor reductie van luchtverontreinigende emissies, geluid en trillingen

Reductie van luchtverontreinigende emissies, geluid en trillingen bij de bron (vaak de verbrandingsmotor van voer-, vaar- en vliegtuigen en mobiele werktuigen of uit de interactie tussen voertuigen en weg- of spoorinfrastructuur) is de meest effectieve manier om de impact van mobiliteit via deze emissies op de leefomgeving te verminderen. Daarbij kan het gaan om het reduceren van emissies bij bestaande technologie, of het vervangen van bestaande voor nieuwe, inherent schonere en stiller technologie. Fijnstof emissies door slijtage van banden, remmen, wegdek / spoor en bovenleidingen blijven ook bij de introductie van zgn. zero emissietechnologie een aandachtspunt.

Daarmee heeft dit onderwerp een sterke relatie met de innovatieopgaven zoals geformuleerd in deelprogramma 9.1 (Zero Emissie aandrijftechnologie en voertuigen) en 9.5 (Zuinige voertuigen en motoren) van MMIP 9. In de context van deze deel-KIA gaat het met name om ontwikkeling van:

- Schone (en efficiënte) verbrandingsconcepten
- Systemen voor uitlaatgasnabehandeling, inclusief slimme regelstrategieën voor integraal management van motor en nabehandeling
- Veranderingen van brandstofsamenstellingen om emissies te reduceren
- Maatregelen om de emissie van slijtage-emissies (banden, remmen, wegdek, spoor en bovenleidingen, etc.) te reduceren
- Geluid reducerende / geluiddempende maatregelen aan verbrandingsmotoren en andere systemen van voer- en vaartuigen
- Maatregelen aan voertuigen en infrastructuur (wegdek, spoor, kunstwerken) om de opwekking en transmissie van geluid en trillingen te verminderen

Innovaties m.b.t. meten, monitoren en verminderen van voertuigemissies

Ontwikkeling van real-world monitoring van voertuigemissies is een belangrijke enabler voor de overgang van typekeuring en handhaving op basis van laboratorium- en werkplaatstesten naar voertuig- en vlootmonitoring in de praktijk. Dit biedt kansen voor ontwikkeling en ondersteuning van effectief en robuust post-Euro-6/VI bronbeleid na 2025 en bronbeleid voor non-road modaliteiten en machines.

- Ontwikkeling van technische methoden voor monitoring van praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen door voer- en vaartuigen
 - Ontwikkeling van on-board sensing en monitoring (incl. methoden voor verzamelen en normalisatie van real-world data voor vergelijking met wettelijke normen) voor meting van praktijkemissies aan boord van voer- en vaartuigen tijdens normaal gebruik
 - Ontwikkeling van sniffer car technologie (emissies meten tijdens volgen van auto's op de weg) en remote sensing (emissies meten vanaf de wegwijk)
 - Maakt effectieve handhaving mogelijk op slecht-functionerende nabehandelingssystemen en tampering
- Screeningsmethoden om te onderzoeken of voertuigen mogelijk niet aan praktijk-eisen (RDE/ISC) voldoen, als ondersteuning van de handhavingstaak en markttoezichtstaak van de overheid
- Ontwikkeling van technische methoden voor monitoring van praktijkemissies van geluid door voer- en vaartuigen, incl. bronsterktemeting en classificatie van geluid

Innovaties m.b.t. meten, monitoren en verbeteren van luchtkwaliteit

- Verbeteren van de monitoring van emissies en depositie van reactief stikstof (NO_x, NH₃ en reactieproducten) door verkeer
- Ontwikkeling van een methodiek om transportemissies te kunnen screenen op hun schadelijkheid. De huidige massaparameter voor fijn stof is niet toereikend om dit te kunnen beoordelen.

Innovaties m.b.t. meten, monitoren en verminderen van geluidemissies en geluidbelasting

- Ontwikkeling van dynamische geluidkaarten in een stedelijke omgeving door combinatie van monitoring en rekenmethode
- Ontwikkeling van stil en duurzaam asfalt
- Ontwikkelen technologie voor stillere banden en verlagen overig voertuiggeluid
- Ontwikkeling van automatische handhavingssystemen voor geluid
- Ontwikkelen van stillere spoorconstructies en compacte systemen voor demping en afscherming
- Ontwikkeling van stille technologie voor rail en light rail
- Innovatieve geluidsafscherming, combinatie/integratie met technieken die luchtkwaliteit verbeteren of duurzame energie leveren

Beleidsondersteunende kennis en tools

Beleidsondersteunende kennis m.b.t. emissie, geluid en trillingen is niet alleen relevant voor ontwikkeling van Nederlands beleid maar is ook van groot belang voor de inbreng van Nederland bij de ontwikkeling van Europees of mondiaal beleid. Zo is Nederland de afgelopen decennia een belangrijke speler geweest bij de totstandkoming van Europees bronbeleid voor wegvoertuigen (en bijbehorende testprocedures) en periodieke aanscherpingen daarvan.

- Verbeteren van inzichten in hoeveelheid, aard en effecten van fijnstof door slijtage van wegdek, banden en remmen (wegvoertuigen), bovenleidingen, rails en treinwielen (spoor), etc.
- Verbeteren van inzicht in de effecten van alternatieve brandstoffen op emissies
 - Mogelijkheden onderzoeken om eisen te stellen aan brandstoffen, in het bijzonder m.b.t. aromaten
- Verbeteren van inzicht in de relatie emissies – exposure – impact m.b.t. luchtkwaliteit, geluid en trillingen
 - Vergroten van inzicht in toxiciteit / carcinogeniteit van verschillende bronnen en componenten in de fijnstofemissies, in het kader van WHO-normen
 - Mogelijkheden onderzoeken om eisen te stellen aan banden, en remblokken, etc., in het bijzonder m.b.t. nanodeeltjes en metalen
 - Gezondheidskundig screenen van complexe blootstellingen
- Kennis en tools voor ondersteunen nieuw luchtkwaliteitsbeleid
 - Betere tools voor integrale modellering /berekening van luchtkwaliteit op lokaal niveau, mede gebruik makend van een veelheid aan beschikbare data m.b.t. verkeer en vlootsamenstellingen en sensordata
 - Inzicht in bijdrage van niet-verkeersgerelateerde bronnen (industrie / achtergronden)
 - Impact van mitigerende maatregelen, (zoals asfalt, schermen, aanpassen snelheid en verkeersdynamiek)
- Evt. methoden om op basis van real-time monitoring / sensordata en verkeersmanagementsystemen in te grijpen op verkeer om lokale emissies te verlagen
- Data en modellen m.b.t. ontwikkeling van de wegvoertuigenvloot, autonoom en in respons op beleid t.b.v. betere impact assessments van effecten van beleid op verkeersgerelateerde emissies en luchtkwaliteit.
- Kennis t.b.v. de aanscherping van geluidslimieten banden en voertuigen als instrument voor reductie verkeersgeluid in de praktijk
- Actualisering van bronsterktes voor wettelijke rekenmodellen verkeersgeluid

	Onderwerpen	Onderzoek	Ontwikkeling	Demonstratie	Implementatie
Technologie & concepten	Technische ontwikkelingen voor reductie van luchtverontreinigende emissies, geluid en trillingen door voertuigen en infrastructuur				
	Innovaties m.b.t. meten, monitoren en verminderen van voertuigemissies, incl.: - monitoring van praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen door voer- en vaartuigen en screeningsmethoden i.r.t. praktijkeisen - praktijkemissies van geluid door voer- en vaartuigen, incl. bronsterktemeting en classificatie van geluid				
	Innovaties m.b.t. meten, monitoren en verbeteren van luchtkwaliteit				
	Innovaties m.b.t. meten, monitoren en verminderen van geluidemissies en geluidbelasting				
	Technische ontwikkelingen voor geluidsreductie, o.a. stil en duurzaam asfalt, stillere banden, stille voertuigen en stillere spoorconstructies				
	Innovatieve geluidsafscherming, combinatie/integratie met technieken die luchtkwaliteit verbeteren of duurzame energie leveren				
Beleidsondersteunende kennis en tools	Vergroten inzicht in hoeveelheid, aard en effecten van fijnstof van mobiliteitsgerelateerde bronnen				
	Effecten van alternatieve brandstoffen op emissies				
	Verbeteren van inzicht in de relatie emissies → exposure → impact m.b.t. luchtkwaliteit, geluid en trilling				
	Kennis en tools voor ondersteunen nieuw luchtkwaliteitsbeleid				
	Data en modellen t.b.v. betere impact assessments van effecten van beleid op verkeersgerelateerde emissies en luchtkwaliteit				
	Kennis en rekenmodellen t.b.v. (bron)beleid voor geluid				

4.3.2 Beperken hinder van mainports (geluid, luchtverontreinigende emissies, trillingen)

Dit deelprogramma beschrijft innovatie-opgaven en kennisvragen gerelateerd aan het beperken en mitigeren van luchtverontreinigende emissies, geluidhinder, en trillingen en verkleining van de omvang van risicocontouren voor externe veiligheid voor de Mainports Schiphol en Rotterdam. Vermindering van deze impacts vergemakkelijkt de ruimtelijke inpassing en vergroot de mogelijkheden voor meervoudig ruimtegebruik. Dit kan o.a. door technische innovaties aan de bron (vaartuigen, vliegtuigen en wegvoertuigen die logistiek binnen en van/naar de mainports uitvoeren), maar ook door mitigerende maatregelen die de overdracht van / blootstelling aan emissies, geluid en trillingen verminderen.

Ontwikkelingen m.b.t. mobiliteit van personen en goederen in relatie tot mainports kunnen niet los gezien worden van de transitie die deze mainports zullen ondergaan, mede als gevolg van verduurzaming van de economie. Het Rotterdamse haven- en industrieel complex zal drastisch veranderen als gevolg van de overschakeling van fossiele brandstoffen op duurzame energie, en zal een belangrijke rol kunnen gaan spelen bij het aan land brengen van windenergie en de inzet daarvan voor productie van duurzame energiedragers en materialen. Dit zal ook drastische gevolgen hebben voor de personen- en goederenstromen die via verschillende modaliteiten naar en van de haven moeten worden vervoerd. Ontwikkelingen m.b.t. het beperken van de hinder van mainports dienen dus geplaatst te worden in een breder kader van de ontwikkeling van een visie op en handelingsperspectief voor de *(lucht)haven van de toekomst* en hebben een relatie met ontwikkelingen voor de mobiliteits-, energie- en industriesector zoals geprogrammeerd in bijv. MMIP 1, 6, 7, 8, 9, 10 en 13 van de KIA Energie en Klimaat.

Technologie & concepten

M.b.t. havens

- Modellen voor rekenen aan (reductie van) luchtverontreiniging, geluid en trillingen bij operaties in havens, boven en onder water.
- Ontwikkelen van (constructieve) technologie voor het reduceren van luchtverontreiniging, geluid en trillingen bij operaties in havens, boven en onder water
- Technische en logistieke maatregelen ter voorkoming van onnodige transportbewegingen

M.b.t. luchthavens

- Ontwikkeling van een automatisch en elektrisch taxiconcept voor vliegtuigen
 - Reductie van emissies en geluid van grondgebonden operaties
 - Optimalisatie van taxibewegingen, efficiënter, mogelijkheden voor additionele functionaliteiten door meer bewegingen
- Verduurzaming grondoperaties
 - Elektrificatie van grondvoertuigen
 - Ontwikkeling SMART / automated afhandelingsconcept
- Smart ground handling, digitalisering, SOL, e-dolly, connected transport
- Platformen en AI (autonome algoritmes, etc.)

Beleidsondersteunende kennis en tools

- Verbeteren van inzicht in de specifieke samenstelling van emissies van lucht- en scheepvaart en de impacts op lokale luchtkwaliteit en gezondheid
- Ontwikkeling en toepassing van sensornetwerken voor kwantificeren (accidentele) emissies van gereguleerde en zeer zorgwekkende stoffen alsmede geluid
- Voorspellingsmodellen voor de te verwachten (geluid)hinder gerelateerd aan weersomstandigheden
- Methoden voor correlatie van lokale hinder met monitoringdata
- Verbeteren van inzichten in hoeveelheid, aard en effecten van ultrafijnstof (UFP) van luchtvaart-gerelateerde activiteiten
- Ontwikkeling van (remote sensing) technieken om de SECA en NECA op de Noordzee te monitoren
- Impact assessment van nieuwe technologieën voor mainports m.b.t. gezondheid, klimaat en biodiversiteit
- Verkennen van impact van groei van lucht- en zeevaart op de verkeersbewegingen over weg en spoor van en naar mainports en de effecten daarvan op bereikbaarheid, milieu en hinder

	Onderwerpen	Onderzoek	Ontwikkeling	Demonstratie	Implementatie
Technologie & concepten	M.b.t. havens: - modellen m.b.t. luchtverontreiniging, geluid en trillingen - (constructieve) technologie voor reductie van impacts op omgeving - technische en logistieke maatregelen ter voorkoming van onnodige transportbewegingen				
	M.b.t. luchthavens: - automatisch en elektrisch taxiconcept voor vliegtuigen - reductie van emissies en geluid van grondgebonden operaties - optimalisatie van taxibewegingen - verduurzaming grondoperaties, incl. smart ground handling, digitalisering, SOL, e-dolly, connected transport				
Beleidsondersteunende kennis en tools	Verbeteren kennis van impacts van (lucht)havens op de leefomgeving				
	Sensornetwerken en voorspellingsmodellen				
	(Remote sensing) technieken om de SECA en NECA op de Noordzee te monitoren				
	Impact assessment van nieuwe technologieën voor mainports m.b.t. gezondheid / leefomgeving, klimaat en biodiversiteit				
	Verkennen impact van groei lucht- en zeevaart op verkeersbewegingen over weg en spoor en op bereikbaarheid, milieu en hinder				

4.4 Integrale gebiedsontwikkeling

Mobiliteit is niet alleen een verzameling vervoersconcepten, maar heeft ook een ruimtelijke dimensie. Mobiliteit vindt plaats in de gebouwde omgeving, of tussen urbane gebieden, draagt daardoor bij aan de ruimtelijke kwaliteit, in de vorm van bijvoorbeeld bereikbaarheid. Mobiliteit heeft echter ook minder positieve effecten, zoals allerlei vormen van hinder en beslag op de openbare ruimte. Ook zijn aan de infrastructuur grote onderhoud- en vervangingskosten verbonden voor de overheden. Er is dus een evenwichtig, en modern, afwegingskader nodig voor besluitvorming omtrent mobiliteit. Ook in dit afwegingskader is behoefte aan innovatie en vernieuwing.

Een belangrijke vernieuwing daarbij is het denken vanuit *waardecreatie* in plaats van alleen vanuit het verminderen van negatieve impacts en vermijden van externe kosten. Door de inzet van veilige, schone en duurzame mobiliteit te combineren met het slim ontwerpen van de stad kan sociale en economische waarde worden gecreëerd. Een andere insteek is *conditionerend ontwerpen*: Hoe kan ruimtelijke inrichting helpen bij het maken van duurzame mobiliteitskeuzes en het succesvol implementeren van nieuwe, slimme mobiliteitsoplossingen op een manier die optimaal bijdraagt aan het realiseren van maatschappelijke doelen? Hier ligt een belangrijke rol voor de Topsector Creatieve Industrie.

Integrale beïnvloeding van de impact van mobiliteit op de kwaliteit van de omgeving hangt zowel af van de hoedanigheid van mobiliteit (wat voor soort verplaatsingen, alternatieven voor de auto, vergroeningsprogramma's voor diverse soorten voertuigen), maar ook van de inrichting van de ruimtelijke omgeving waardoor groene mobiliteit gestimuleerd wordt, en ongewenste mobiliteit ontmoedigd.

4.4.1 Ruimtelijke inpassing van transport en mobiliteit (definitie ruimtelijke kwaliteit)

De uitdagingen in dit deelprogramma hebben in belangrijke mate betrekking op het innoveren/vernieuwen van het huidige instrumentarium voor beoordeling en vormgeving van de inpassing van verkeer / mobiliteit / logistiek in de ruimtelijke omgeving en het vormgeven van de transitie naar duurzame mobiliteit in de stedelijke context. Een uitdaging is om kosten-batenanalyses te verbreden door ook te kijken naar sociale en economische waardecreatie door ruimtelijke ontwikkelingen. Het gaat om nieuwe methoden voor een meer integrale beoordeling (o.a. relevant in relatie tot de Omgevingswet en het afwegingskader voor investeringen uit het Mobiliteitsfonds). In relatie tot andere deelprogramma's in deze deel KIA is het daarbij belangrijk om de

effecten van vaak disruptieve mobiliteitsontwikkelingen op het ruimtelijk domein goed in te kunnen schatten. En andersom om de invloed van ruimtelijke ordening op deze disruptieve ontwikkelingen in te schatten en evt. te benutten. Op basis van zo verkregen inzichten kunnen deze ontwikkelingen optimaal worden ingepast en inzetbaar worden gemaakt voor het oplossen van ruimtelijke uitdagingen en het creëren van economische waarde.

Voor een goede ruimtelijke inpassing van nieuwe mobiliteitsconcepten is het heel belangrijk om beter zicht te hebben op welke modaliteit bij welk stadsdeel/wijk/straat past. Dit is in toenemende mate afhankelijk van stedelijke morfologie en sociaal/economische status en structuren van de stad/wijk/straat. Het is dus belangrijk om de afhankelijkheden tussen mobiliteitssystemen en stedelijke planning / stedelijke ontwikkeling veel beter te begrijpen. Dit levert cruciale input voor beleids- en besluitvorming en daaruit volgende investeringen van publieke en private partijen.

Maar het gaat niet alleen om inpassingsvraagstukken voor nieuwe mobiliteit. Mobiliteit en logistiek zijn een afgeleide vraag van de economie. Het anders inrichten van de stad, inclusief de functies die er plaatsvinden, heeft direct invloed op de vraag naar mobiliteit en indirect dus op de impact van mobiliteit op leefbaarheid en de stedelijke functies en op de toepasbaarheid van mobiliteitsinnovaties.

Dit deelprogramma is ook een plek waar kennisvragen kunnen landen die volgen uit implementatie van de nieuwe omgevingswet / NOVI. Omdat het ontwikkelen van ruimtelijk beleid vooral bij de decentrale overheden ligt, dienen de te ontwikkelen kennis, methoden en modellen beschikbaar te komen voor gebruik voor / door gemeenten en regio's.

Binnen de hierboven beschreven context kunnen de volgende kennisvragen en innovatieopgaven worden geïdentificeerd:

Tools voor ex ante assessment van specifieke impacts

- Ontwikkelen / verbeteren van tools om de ruimtelijk impacts van veranderingen in verkeersinfrastructuur en mobiliteitssystemen integraal te verkennen, incl. effecten op luchtkwaliteit, geluid, leefbaarheid, bereikbaarheid, ruimtegebruik en ruimtelijke kwaliteit, energie-infrastructuur.
 - Dit kan deels worden bediend door het slim koppelen van bestaande economische modellen en methoden met milieu-, verkeers- en transportmodellen.
 - Daarnaast is er behoefte aan verbeteren van bestaande en ontwikkelen van nieuwe tools om hiaten in de assessment toolbox op te vullen, o.a.:
- Ontwikkeling van hindermodellen i.r.t. discontinue geluidbronnen (pieken, laagfrequent en tonaal geluid)
- Inzicht bieden in ruimtelijke consequenties van nieuwe mobiliteit (MaaS, micromobility, geautomatiseerde voertuigen)
- Verkennen van indirecte effecten van veranderingen in bereikbaarheid (via conventionele ingrepen en nieuwe mobiliteitssystemen) op locatiekeuzes van bedrijven en werknemers, grondprijzen, groei / krimp van gemeenten, etc.
- Verbeteren van data en modellen m.b.t. ontwikkeling van mobiliteitsgedrag, autonoom en in respons op prikkels en ruimtelijke / infrastructurele ingrepen.
- Ontwikkelen van tools voor visualisatie en simulatie, en aansluiting bij de ontwikkeling van Digital Twins voor steden.

Operationaliseren van begrippen en ontwikkelen methoden voor integrale assessment van (impacts op) ruimtelijke kwaliteit

- Definities ontwikkelen voor ruimtelijke kwaliteiten, incl. concrete indicatoren voor aspecten waar ruimtelijke kwaliteit uit bestaat
 - Operationaliseren van indicatoren voor o.a. milieukwaliteit (geluid, trillingen, emissies), landschap, leefbaarheid, sociale inclusie en barrièrewerking
 - Operationaliseren van indicatoren voor ruimtelijke kwaliteit in termen van gebruikswaarde, belevingswaarde en toekomstwaarde

Deel-KIA Toekomstbestendige Mobiliteitssystemen

- Waarderen ruimtelijke kwaliteiten in termen van relatieve mate van belang van verschillende indicatoren
- Kwantificeren/ moneteriseren van kosten, baten en breder economisch belang.

Methoden voor monitoring van ruimtelijke kwaliteit

- Ontwikkelen van tools voor het meten van ruimtelijke kwaliteit van bestaande gebieden en monitoren van de effecten van ruimtelijke ingrepen, in het bijzonder gerelateerd aan mobiliteit.
- Ontwikkeling van methoden en tools voor ex post monitoring en evaluatie in de context van adaptief programmeren, m.n. ook voor toepassing door decentrale overheden

Kennis voor optimale inpassing van (nieuwe) mobiliteitssystemen

- Verbeteren van de kennis over stedelijke morfologie en sociaal/economische status en structuren van de stad/wijk/straat en van de afhankelijkheden tussen mobiliteitssystemen en stedelijke planning / stedelijke ontwikkeling.

	Onderwerpen	Onderzoek	Ontwikkeling	Demonstratie	Implementatie
Beleidsondersteunende kennis en tools	Tools om impacts van veranderingen in verkeersinfrastructuur en mobiliteitssystemen integraal te verkennen				
	Ontwikkeling van hindermodellen i.r.t. discontinue geluidbronnen				
	Verkennen van indirecte effecten van veranderingen in bereikbaarheid op locatiekeuzes van bedrijven en werknemers, grondprijzen, groei / krimp van gemeenten, etc.				
	Operationaliseren van begrippen en ontwikkelen methoden voor integrale assessment van (impacts op) ruimtelijke kwaliteit				
	Methoden voor monitoring van ruimtelijke kwaliteit				
	Kennis voor optimale inpassing van (nieuwe) mobiliteitssystemen				

4.4.2 Integrale gebiedsgerichte aanpak voor mobiliteit

Waar deelprogramma 4.4.1 vooral betrekking had op innovatie in de kennis en tools om de impacts van mobiliteit en daarmee samenhangende ruimtelijke ingrepen beter en integraler te kunnen beoordelen, daar focust deelprogramma 4.4.2 op innovaties in de manier waarop besluitvorming over ruimtelijke ingrepen en transitieprocessen m.b.t. plaatsvindt. Het doel is om die besluitvorming meer in samenhang te bezien en uit te voeren met andere ontwikkelingen in o.a. verstedelijking, de energietransitie, klimaatadaptatie, en circulariteit. In dit deelprogramma ontwikkelde kennis en nieuwe vormen van besluitvorming kunnen worden toegepast in processen t.b.v. bijv. de MIRT en gebiedsgerichte programma's van de metropoolregio's.

Deze systeembenadering heeft raakvlakken met andere MMIPs binnen de IKIA Klimaat & Energie zoals MMIP 3 t/m 5 m.b.t. gebouwde omgeving, MMIP 9 en 10 m.b.t. duurzame innovaties (bijv. integratie elektrisch vervoer met energie-infrastructuur en ruimte in deelprogramma 9.2) in mobiliteit en MMIP 13 m.b.t. systeemintegratie.

Binnen de hierboven beschreven context kunnen de volgende kennisvragen en innovatieopgaven worden geïdentificeerd:

- Op landelijk, regionaal en gemeentelijk niveau gaat het om het ontwikkelen en uitproberen van (nieuwe vormen van) samenwerking tussen verschillende afdelingen en verschillende partijen die verantwoordelijk zijn voor verschillende beleidsterreinen met impact op mobiliteit en ruimtelijke ordening.
- Verkenning en ontwikkeling van handelingsperspectief voor het integreren van ruimtelijke opgaven m.b.t. bijv. stedelijke verdichting, waterberging en het tegengaan van hittestress door het vergroenen van de openbare ruimte

- Verkenning en ontwikkeling van nieuwe inrichtingsmogelijkheden voor de openbare ruimte, en de verkeersruimte die daar deel van uitmaakt, door vervlechting van het mobiliteitssysteem met het ICT-netwerk en het energiesysteem.
- Onderzoek naar hoe geïntegreerde ontwerpen kunnen worden uitgewerkt in beleidsmatige handelingsperspectieven en planontwikkeling en randvoorwaardelijke beleidskaders voor succesvolle opschaling.

	Onderwerpen	Onderzoek	Ontwikkeling	Demonstratie	Implementatie
Beleidsondersteunende kennis en tools	Ontwikkelen en uitproberen van (nieuwe vormen van) samenwerking tussen verschillende betrokken beleidsorganen				
	Verkenning en ontwikkeling van handelingsperspectief voor integratie van ruimtelijke opgaven m.b.t. bijv. stedelijke verdichting, waterberging en tegengaan van hittestress door vergroenen van de openbare ruimte				
	Verkenning en ontwikkeling van nieuwe inrichtingsmogelijkheden voor de openbare ruimte / verkeersruimte door vervlechting van mobiliteitssysteem / ICT-netwerk / energiesysteem				
	Methoden voor uitwerking hoe geïntegreerde ontwerpen in beleidsmatige handelingsperspectieven, planontwikkeling en randvoorwaardelijke beleidskaders voor succesvolle opschaling				

4.4.3 Innovatief onderhoud van infrastructuur

Om de komende decennia op een slimme en kosteneffectieve manier om te kunnen gaan met grote uitdagingen op het gebied van onderhoud, renovatie en vervanging van verouderende en steeds hoger belaste infrastructurele kunstwerken is er behoefte aan de ontwikkeling van kennis en methoden voor het “evidence-based” en “predictive” plannen van onderhoud, renovatie en vervanging van infrastructurele kunstwerken, gericht op onverminderd veilig functioneren bij optimale beschikbaarheid, verlaagde milieubelasting en optimale benutting van het geïnvesteerde kapitaal.

Technologie & concepten

- Remote sensing, sensor- en ICT-technologie voor monitoring van infrastructuur en optimalisatie van onderhoud en vervanging: conditie gebaseerd asset management (incl. monitoring van geluid en trillingen)
- Ontwikkeling van (probabilistische) modellen met minimale onzekerheid
- Ontwikkeling van technische concepten voor verlenging van levensduur van kunstwerken
- Digital twin-ontwikkeling van individuele kunstwerken en netwerken van kunstwerken ten behoeve van simulatie van gedrag onder nieuwe vormen van belasting en planning van onderhoud
- Ontwikkeling, modellering en beproeving van oplossingen voor stillere verkeersbruggen (bestaande en nieuwe)

Beleidsondersteunende kennis en tools

- Kennis en simulatietools ten behoeve van een veilige en kostenefficiënte uitvoering van de onderhouds- en vervangingsopgave vitale infrastructuur
- Nieuwe beleidsmatige en financiële arrangementen voor asset management
 - Betere koppeling tussen infrastructuurinvesteringen en onderhoudsbudgetten (meerjarig met weinig bestuurlijke flexibiliteit)
 - Politiek-bestuurlijke, organisatorische en boekhoudkundige incentives voor betere investeringsbeslissingen i.r.t. onderhoudslasten
- Integrale aanpak van vervangingsvraagstukken
 - Stedelijke infrastructuur beschouwen over domeinen heen. Uitlijning van werkzaamheden waardoor werkzaamheden maar één keer uitgevoerd hoeven worden.

- I.r.t. 4.4.1. en 4.4.2 het operationaliseren / meenemen van de meervoudige waarde van infrastructuur in beleidsbeslissingen en budgetten.
 - Denken vanuit gezonde, duurzame verstedelijking. Goed aangelegde infrastructuur kan energieopwekkende en waterbergende functie hebben. Kunnen deze waarden (kostenbesparingen in andere domeinen en bij andere partners) gemonetariseerd worden en omgezet worden in gezamenlijke initiële investeringen? Dit is heel complex maar vraagt komende jaren pilotruime.

	Onderwerpen	Onderzoek	Ontwikkeling	Demonstratie	Implementatie
Technologie & concepten	Remote sensing, sensor- en ICT-technologie voor monitoring van infrastructuur en conditie-gebaseerd asset management				
	Technische concepten voor verlenging van levensduur van kunstwerken				
	Digital twin-ontwikkeling van individuele kunstwerken en netwerken van kunstwerken ten behoeve van simulatie van gedrag onder nieuwe vormen van belasting en planning van onderhoud				
	Ontwikkeling, modellering en beproeving van oplossingen voor stillere verkeersbruggen				
Beleidsond. kennis en tools	Kennis en simulatietools ten behoeve van veilige en kostenefficiënte uitvoering van onderhouds- en vervangingsopgave vitale infrastructuur				
	Beleidsmatige en financiële arrangementen voor asset management				
	Kennis en tools t.b.v. integrale aanpak van vervangingsvraagstukken				
	Operationaliseren / meenemen van de meervoudige waarde van infrastructuur in beleidsbeslissingen en budgetten				

4.5 Doorlopende onderzoeklijnen en valorisatie

De ambitie is om binnen het thema mobiliteit een integraal innovatieprogramma te maken dat aan twee criteria voldoet. De eerste daarvan is dat er een doorlopende onderzoeklijn is van fundamenteel wetenschappelijk onderzoek, via toegepast onderzoek, naar demonstratieactiviteiten (experimentele ontwikkeling), en implementatie. Hiervoor is een centrale sturing en coördinatie nodig van de onderzoeks- en innovatieagenda, waarbij gerelateerde programma's, zoals de nationale wetenschapsagenda, samenwerkingsverbanden van hogescholen (lectorenplatforms), en de ontwikkeling van practoren in het MBO betrokken worden in het totaalbeeld. Continuïteit in financieringsinstrumenten is van cruciaal belang om investeringszekerheid te creëren voor bedrijven en om innovaties deze stappen richting grootschalige toepassing snel en succesvol te kunnen laten doorlopen.

Het tweede criterium is dat er expliciet aandacht in het programma is voor actieve valorisatie, en implementatieondersteuning na afloop van al het onderzoek. De mobiliteitswereld bestaat naast een aantal grote partijen, vooral uit heel veel kleine en middelgrote bedrijven, zowel in de logistiek, als in de binnenstedelijke transport. Ook op het gebied van personenvervoer Alle partijen hebben hulp nodig bij het effectief gebruiken van de ontwikkelde nieuwe kennis, en het implementeren van innovatieve oplossingen. Door hier expliciet aandacht aan te besteden als onderdeel van het totale programma zal ook de innovatie-activiteit een groter maatschappelijk rendement behalen.

Aandachtspunten in onderzoek

Het onderzoek is grotendeels technisch en beleidsgericht van aard, maar er zal ook aandacht zijn voor de wisselwerking van technologische ontwikkeling op de maatschappij, vanuit het expertiseveld van de geesteswetenschappen zoals dat aan de topsectoren verbonden is via de zogenaamde key enabling methodologies. Hierbij staat niet zozeer de wat-vraag centraal, maar de hoe-vraag ten aanzien van innovatie: Hoe werkt innovatie en op welke manier kan innovatie bijdragen aan het oplossen van maatschappelijke

vraagstukken? In dit kader speelt ook het zoeken naar nieuwe vormen van onderzoek, en experimenterend onderzoeken een belangrijke rol.

Testfaciliteiten en living labs

Deze ondersteuning omvat ook expliciet het ontwikkelen en uitvoeren van onderzoek in nieuwe, meer op de praktische toepassing gerichte werkvormen zoals living labs. Daarnaast zijn faciliteit voor het onder realistische condities testen van technologie en concepten noodzakelijk. Faciliteiten voor validatie/verificatie/assessment/keuring, en de bijbehorende kennisbasis m.b.t. technologie en testmethoden, vormen een belangrijke innovatiebasis in de leercyclus en effectieve implementatie voor zowel industrie (ontwikkeling van technologie en concepten) als overheden (typekeuring/toelating en beleidsondersteunende kennis). Idealiter worden testfaciliteiten gekoppeld aan ook voor kleinere bedrijven toegankelijke, inhoudelijke R&D-ondersteuning. Onderdeel van het programma omvat dus ook een beschrijving en strategische keuze voor testfaciliteiten.

Brede publiek-private samenwerking

Tenslotte is het belangrijk voor een effectieve valorisatie van resultaten dat het onderzoeksprogramma niet alleen leunt op de participatie van het private deel van de mobiliteitssector, maar ook op publieke en semi-publieke partijen die rechtstreeks betrokken zijn bij het verbeteren en moderniseren van ons mobiliteitssysteem. Dit zijn onder andere de partijen die betrokken zijn bij de mobiliteitsalliantie, de diverse brancheverenigingen, onderwijsinstellingen in de regio's, lagere overheden en regionale instanties.

6. Governance

Om te komen tot een robuust mobiliteitssysteem van de toekomst is het van belang om op systeemniveau te optimaliseren. Dit past ook in de structuur die binnen MMIP 9 en 10 wordt voorgesteld. Dit vereist de samenwerking tussen een groot aantal disciplines en de inbreng van een veelheid aan technische en niet-technische innovaties. Door hierin samen op te trekken in de pre-competitieve publiek private samenwerking benutten we de kracht van de diverse topsectoren met voorop Logistiek, HTSM, Energie, Chemie en Creatieve Industrie en wordt er gewerkt aan een robuust en toekomstbestendig mobiliteitssysteem.

Aansluiting op de innovatiemissieagenda zou moeten plaatsvinden door koppeling van dit programma aan Missie D (m.b.t. Emissieloze mobiliteit voor mensen en goederen in 2050) van de IKIA Energie en Klimaat onder het thema Energietransitie en Duurzaamheid. De governance zou in ieder geval samen moeten worden genomen met de voorgenoemde governance van MMIPs 9 en 10 van de IKIA Energie en Klimaat. Eventueel kunnen onderwerpen afgesplitst worden voor opname in de zesde KIA. Dit verdient echter niet de voorkeur.

Bijlagen

- Meerjarige maritieme innovatieprogramma's