Kennis- en Innovatie Agenda
Landbouw, Water, Voedsel

BIJLAGEN
(de MMIPs: Meerjarige Missiegedreven InnovatieProgramma's)

LWV. Duurzaam, veilig en gezond.

Versie: 3.0
Datum: 12 Juli 2019

Inhoudsopgave

A. Kringlooplandbouw 4

A.1 Verminderen gebruik meststoffen en water en betere benutting nutriënten 4

A.2 Gezonde, robuuste bodem en teeltsystemen gebaseerd op agro-ecologie en zonder schadelijke emissies naar grond- en oppervlaktewater 14

A.3 Hergebruik zij- en restromen 36

A.4 Eiwitvoorziening voor humane consumptie uit (nieuwe) plantaardige bronnen 47

A.5 Biodiversiteit in de kringlooplandbouw 58

B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie 69

B.1 E11A Emissiereductie lachgasemissie 69

B.2 E11B Emissiereductie methaan en lachgas 76

B.3 E12A Energiebesparing, -productie en -gebruik 84

B.4 E12B Duurzame glastuinbouw 90

B.5 E12C Land en Water ingericht op CO2 vastlegging en gebruik 102

B.6 E12D Biogrondstoffen uit de blauwe ruimte: Zeewier . 137

B.7 E12E Vaste biomassa als vastleggend medium wordt optimaal ingezet als constructiemateriaal 148

B.8 E12F Nieuwe koolstof is volledig biobased 155

C. Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied..... 159

C.1 Klimaatbestendig landelijk gebied: voorkomen van wateroverlast en watertekort 159

C.2 Klimaatadaptieve land- en tuinbouwproductiesystemen 168

C.3 Waterrobuust en klimaatbestendig stedelijk gebied ... 174

C.4 Verbeteren waterkwaliteit 185

D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel..... 195

D.1 Waardering van voedsel 195

D.2 Gezonde voeding een makkelijke keuze 205

D.3 Veilige en duurzame primaire productie 216

D.4 Duurzame en veilige verwerking 229

E. Duurzame en veilige Noordzee, oceanen en binnenwateren 237

E.1 Duurzame en veilige Noordzee 237

E.2 Natuur-inclusieve landbouw, visserij en waterbeheer in Caribisch Nederland 249

E.3 Duurzame rivieren, meren & intergetijdengebieden ... 258

E.4 Overige oceanen en zeeën 266

E.5 Visserij 275

F. Nederland is en blijft de best beschermde delta ter wereld, ook na 2100 286

F.1 Verduurzamen en kostenbeheersing uitvoeringsprojecten waterbeheer 286

F.2 Aanpassen aan versnelde zeespiegelstijging en toenemende weersextremen 296

F.3 Nederland Digitaal Waterland 303

F.4 Energie uit Water 307

S. Sleuteltechnologieën 313

S.1 Smart Technologies in Agri-Horti-Water-Food 313

S.2 Biotechnologie en veredeling 326

A. Kringlooplandbouw

A.1 Verminderen gebruik meststoffen en water en betere benutting nutriënten

Doel
Het MMIP beoogt het hergebruik van meststoffen en water en betere benutting van nutriënten uit dierlijke mest, afvalwater, en andere organische reststromen.
Dit MMIP focust daarom enerzijds op het winnen van nutriënten uit mest, afvalwater en andere organische reststromen teneinde deze in te zetten voor bemestings- of andere doeleinden. Anderzijds beoogt dit MMIP om binnen het totale agri-food productiesysteem efficiënter om te gaan met nutriënten op regionale schaal, waardoor de behoefte aan nutriënten via veevoer en kunstmest sterk zal dalen (P en K naar 95%, N naar 50%). Dit impliceert ook dat de Nederlandse veehouderij meer verbonden zal raken met de Nederlandse en Europese akkerbouw (uitwisseling van voer en mest). Verder impliceert dit het efficiënter inzetten van reststromen en andere biomassa, als bron voor zowel organische stof als nutriënten (op grotere schaal dan nu plaatsvindt).

Deelprogramma's
Dit MMIP is in twee deelprogrammalijnen ingedeeld:
- Winnen van nutriënten uit mest, reststromen en afvalwater
- Betere, circulaire, benutting van nutriënten en water

Prioriteiten
- Stalconcepten waarbij mest en urine zonder verlies van nutriënten worden afgevoerd, opgeslagen en zodanig verwerkt dat nutriënten maximaal worden benut;
- Het verder ontwikkelen van precisiebemesting;
- Het ontwikkelen van technologie om P en K te scheiden uit mest en afvalwater en geschikt te maken als groeimedium (met name meststof) en bodemverbeteraar;
- Het ontwikkelen van technologieën en concepten (ook via de inzet van micro-organismen, insecten) om N te scheiden uit mest en afvalwater en geschikt te maken voor hergebruik als meststof;
- Het zodanig inrichten van de voedselketen (land/tuinbouw, voedselverwerking, industriële en stedelijke afvalwaterzuivering en compost) dat nutriënten en organische stromen in herbruikbare

vorm beschikbaar komen en het water veilig kan worden gebruikt;
- Het ontwikkelen van landbouwsystemen waarbij de nutriën-ten-kringloop wordt verkleind en meer diervoeder lokaal geproduceerd wordt.

Voor de ontwikkeling van de programma's zal mede gebruik gemaakt worden van consortia en samenwerkingsverbanden die binnen POP3 zijn ontwikkeld rondom kringlooplandbouw.

Inleiding

De ambitie van de missie kringlooplandbouw is om in 2030 is in de land- en tuinbouw het gebruik van grondstoffen en hulpstoffen substantieel verminderd te hebben en alle eind- en restproducten zo hoog mogelijk te verwaarden. De emissies naar grond- en oppervlaktewater zijn tot nul gereduceerd. Ecologische omstandigheden en processen vormen samen met technologie het vertrekpunt voor voedselproductie waardoor biodiversiteit zich herstelt en de landbouw veerkrachtiger wordt. Dit MMIP richt zich binnen die missie op het hergebruik van meststoffen en water en betere benutting van nutriënten in dierlijke mest, afvalwater, en andere organische reststromen.

Wat beoogt het MMIP?

Inzet van dit MMIP is:
- Het gebruik van kunstmest is afgenomen (N met 50%, P en K met 95%) en er worden geen N-meststoffen gebruikt uit niet hernieuwbare bron (aardgas);
- Circulaire benutting van nutriënten uit dierlijke mest, afvalwater, en andere organische reststromen;
- Tot 2030 worden de nutriëntenkringlopen in de veehouderij verkleind, wordt substantieel minder water verbruikt en worden verliezen van voedsel en reststromen verkleind (missie D).

Het MMIP omvat de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk (van reeds bestaande technieken) voor:
- Het ontwikkelen van stalconcepten waarbij mest en urine dagvers en gescheiden worden afgevoerd, opgeslagen, eventueel verwerkt en de nutriënten maximaal benut.
- Het verder doorontwikkelen van precisielandbouw (bemesting, irrigatie)
- Het ontwikkelen van technologie om P en K te scheiden uit mest en afvalwater en geschikt te maken voor hergebruik als nutriënt

- Het ontwikkelen van technologieën en concepten (bijvoorbeeld ook via de inzet van micro-organismen, insecten) om N te scheiden uit mest, drainage- en afvalwater en geschikt te maken voor hergebruik
- Het ontwikkelen van concepten om eiwit (N) voor humane consumptie te produceren uit reststromen (via insecten, wormen, algen, micro-organismen, etc) teneinde verliezen te verkleinen
- Het zodanig inrichten van de voedselketen (land/tuinbouw, voedselverwerking, industriële en stedelijke afvalwaterzuivering) dat nutriënten en organische stromen in herbruikbare vorm kunnen worden teruggewonnen en dat het water veilig kan worden gebruikt.
- Het ontwikkelen van landbouwsystemen (technologie en strategie) waarbij de nutriëntenkringloop wordt verkleind, er meer gebruik wordt gemaakt van lokaal geproduceerd voer en reststromen worden ingezet als veevoer en als bron voor bemesting.
- Ontwikkelen van strategieën waarbij in voldoende mate in de organische stofbehoefte kan worden voorzien[1].

Deelprogramma's en fasering

Winnen van nutriënten uit mest, reststromen en afvalwater

- Winning van de nutriënten N, P, en K, uit mest, drainage- en afvalwater en organische reststromen;
- Mestvalorisatie, vragen rondom de inrichting van het systeem om mestvalorisatie beter uit te rollen, ontwikkelen van haalbare businesscases, en efficiënte nutriëntenrecovery opties;
- Veilige voeding en materialen uit mest; valorisatie anders dan in mestproducten.

Betere, circulaire, benutting van nutriënten, water en reststromen

- Open teelten, bemesting van bodem en gewassen, efficiënter omgaan met water, (her)gebruik van water uit meerdere bronnen, inclusief lokale wateropslag/berging;
- Veredelen van gewassen op efficiëntere benutting van nutriënten. Deze lijn sluit aan bij MMIP Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling;
- De combinatie open teelten/ akkerbouw en veehouderij, met name het versterken van de grondgebondenheid van de Nederlandse veehouderij, en de relatie tussen veehouderij, nutriën-

[1] Het inzetten van rest- en zijstromen met name voor de organische stof behoefte is ook onderdeel van MMIP A3.

ten(terugwinning) en duurzame teelt, de afweging tussen verschillende bestemmingen. De gewasresten en zij- en reststromen uit de voedselketen worden zoveel mogelijk hergebruikt in de voedselketen met inachtneming van de voedselveiligheid;
- De veehouderij[2], voor een belangrijk deel gericht op het verbeteren van de mineralen efficiëntie binnen de veehouderij.

Lopend of recent afgesloten projecten en programma's

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma: Winnen van nutriënten uit mest, reststromen en afvalwater				
Circulair N	KB-RUE (2015-2018) - Protein Transition (InsectParc+) KB34 C&CP (2019-2022) - 1-2B-1 Insects & novel production cycles	- DFI-AF-18011 Nitrocycle - AF-15220 (Insect safety)	Kunstmestvrije Achterhoek (ook aanleggen proefvelden), LTO, WEnR, ForFarmers etc.	Vruchtbare kringlopen in Noord Nederland , LTO, Agrifirm, NZO etc. (POP3)
Circulair P (en K)	KB26 en KB 30 (2015-2018) - Closing the P Cycle, 4 samenhangende projecten KB33- Total use (2018) - Fosfaat uit mest winnen KB34 C&CP (2019-2022) - 1-2A-2 P, N and C cycles	- AF-15204-Gebruik je Brijn - AF-16137b Meerwaarde mest en mineralen		
Circulaire nutriënten uit (industrieel) afvalwater en zuiveringsslib	Projecten van Wetsus op: - Waste water treatment and reuse - Sensoring of micro and nano pollutants - Reuse of components	- AF-15204-Gebruik je Brijn - TU-17003 Safe and Save water in productie en verwerking versgroentes		
Mestvalorisatie	KB34 C&CP (2019-2022) - Ontwikkeling van een evaluatiekader voor (de productie van) organische meststoffen	- AF-18047 Beter (dan) vergisten - AF-18136 NL Next Level mestverwaarden - AF-16137b Meerwaarde mest en mineralen	- H2020 SYSTEMIC – grootschalige demonstratie Groene Mineralen Centrale	Kringlooptoets 2.0

[2] Deze innovatielijn heeft een sterke verbinding met de programmeringsstudie duurzame veehouderij

		- AF-17052b Biobased opwaarderen mest en digestaat - AF-16196 - Mest als circulaire grondstof	- Monitoring toepassing groene mineralen Kunstmestvrije regio Achterhoek	
Veilige voeding en materialen uit mest.	KB34 C&CP (2019-2022) - 1-2C-1 Transmissie van antibiotica residuen via mest naar plantaardige productiesystemen NWO project gebruik mest voor insecten kweek (WU-ASG)			
Deelprogramma: Betere, circulaire, benutting van nutriënten en water				
Bemesting van bodem en gewassen	- AF-15261 Sturen bodemweerbaarheid door toediening van organische materialen	- AF-18054 Circulair inzetten digestaat ter bevordering van bodemleven en biodiversiteit - Proseaweed programma; bioactieve stoffen uit zeewier voor planten		
Open teelten in combinatie met veehouderij, grondgebondenheid		- Kernthema duurzame veehouderij/klimaatneutraal - AF-16156 Circulaire bio-economie		
Veehouderij		- PPS Feed4Foodure - EU FeedaGene - Proseaweed programma: bioactieve stoffen uit zeewier voor feed toepassingen		

Kennis en innovatieopgaven

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma: Winnen van nutriënten uit mest, reststromen en afvalwater				
Circulair N	Wat zijn duurzame bronnen en technieken voor de productie van N meststoffen Welke concepten voor N vastlegging in biomassa (o.a. insecten, wormen, algen) van-	Ontwikkelen van de nutriënten-recovery opties uit mest, drainage- en afvalwater en andere reststromen zoals vaste organische reststromen; vaststellen van de kwaliteit, evaluatie van de potentiele werking en milieukundige	Afstemming samenstelling en door-ontwikkeling van de technieken, inpasbaarheid minerale N producten in de keten. Pilots voor het testen van de nutriënten-recovery opties	Uitwerken haalbare businesscases en onderbouwen/inrichten economische prikkels LCA/duurzaamheidsanalyses, in aansluiting op internationale protocollen (e.g. PEFCR) Ruimte in regelgeving (beleidsinnovatie)

	uit mest, water en restromen zijn potentieel duurzaam Selectie van potentiele rendabele technieken om N in minerale vorm terug te winnen uit mest, afvalwater en andere reststromen.	aspecten en testen van perspectiefvolle bemestingsproducten Ontwikkelen en toetsen van kweeksystemen van biomassa (via o.a. insecten, wormen, algen) voor het winning van eiwit en andere N houdende materialen uit mest en andere afvalstromen	Demo's en opschaling, waar liggen belemmeringen, wat zijn de economische effecten, hoe is haalbaarheid te vergroten Demo's, waar liggen de prikkels voor boeren om circulair N toe te passen, distributie, inpassen in huidig systeem Ontwikkelen vermarktbare producten	Kwaliteitsborgingssysteem
Circulair P en K	Wat zijn duurzame bronnen en technieken voor de productie en recovery van P en K Selectie van potentiele rendabele technieken om P en K in minerale vorm terug te winnen uit mest, afvalwater en andere reststromen.	Ontwikkelen van concepten voor inzet van minerale P en K uit slib, mest etc in kunstmestindustrie, of in combinatie met (on)bewerkte mest(producten) Pilots voor het testen van de nutriënten-recovery opties uit mest, afvalwater en andere restromen zoals vaste organische reststromen; vaststellen van de kwaliteit, evaluatie van de potentiele werking en milieukundige aspecten en testen van de perspectiefvolle producten.	Afstemming samenstelling en zonodig door ontwikkelen van de technieken, inpasbaarheid minerale P en K producten in de keten. Demo's, waar liggen belemmeringen, wat zijn de economische effecten, hoe is haalbaarheid te vergroten Demo's, waar liggen de prikkels voor boeren om circulair P en K toe te passen, distributie, inpassen in huidig systeem Ontwikkelen vermarktbare producten	Uitwerken haalbare businesscases en onderbouwen/inrichten economische prikkels LCA/duurzaamheidsanalyses, in aansluiting op internationale protocollen (e.g. PEFCR) Ruimte in regelgeving (beleidsinnovatie) Kwaliteitsborgingssysteem
Circulaire nutriënten uit water	Waar in het circulaire systeem kunnen het beste componenten herwonnen / verwijderd worden (zowel waardevolle als vervuilende componenten), zowel landbouw/tuinbouw,industrie, retail, huishoudens als afvalverwerking. Mogelijkheden van biomassateelt op vervuilde stromen voor schoning en winning van waardevolle producten Selectie van potentiele rendabele technieken om N, P en K in minerale vorm terug te winnen uit rwzi rest- en deelstromen Ontwikkeling disruptieve technologieën	Beperking en/of hergebruik proceswater, katalysatoren, chemicaliën, enzymen en mineralen. Ontwikkelen bewerkingstechnieken van zuiveringsslib en andere rest- en deelstromen (bijv. rejectiewater) voor een veilig gebruik als meststof in de landbouw: Nutriënten terugwinning met acceptabele vervuiling Verwijdering van vervuiling, pathogenen en microverontreinigingen (o.a. zware metalen, medicijnresten, hormonen, vlamvertragers, pesticiden, persoonlijke verzorgingsproducten micro-organismen, nanodeeltjes, microplastic etc).	Testen van nieuwe mineralenproducten en bodemverbeteraars uit de afvalwaterketen Testen kweek van alternatieve biomassa op zuiveringsslib of effluenten (bijvoorbeeld kweek van insecten of wormen t.b.v. visvoer) Hergebruik van water op meerdere schaalniveaus en tussen meerdere watergebruikers Leren van analogie met consumptiewater (mag nu ook uit oppervlaktewater gemaakt worden) Testen van gebruik van rwzi effluenten voor irrigatiedoeleinden in de landbouw Agronomische effectiviteit van nieuwe mineralenproducten en bodemverbeteraars	Aanpassing regelgeving voor gebruik van struviet of andere recyclingproducten als grondstof voor de kunstmestindustrie of als directe meststof in de landbouw Borging van de voedselveiligheid bij gebruik recyclingproducten in de landbouw Aanpassing regelgeving voor gebruik rwzi effluent in de landbouw. Inzicht in of regelgeving nog steeds reëel is of aangepast kan worden, waarbij borging veiligheid essentieel is. Experimenteerruimte creëren om producten in de kringloop te houden , bv waterzuiveringsslib van agrofoodverwerkers terug

		Ontwikkeling van disruptieve technologische concepten voor rioolwaterzuivering, gericht op behoud van nutriënten en organisch koolstof Hoogwaardige toepassing zuiveringsslib eventueel inclusief thermische benutting	uit de afvalwaterketen, gedrag van eventuele microverontreinigingen Hergebruik en zuivering van water in de landbouwsectoren	naar land- en tuinbouw
Mestvalorisatie	Ontwikkelen theoretisch kader/model voor mestcirculariteit op basis van demoprojecten (kunstmestvrije achterhoek, groene mineralen centrale), leren en theoretiseren op basis van de praktijk	Ontwerp en innovaties aanzien van primaire scheiding (faeces en urine) en mogelijke verwaarding daarvan in de keten Ontwerp en ontwikkeling van nieuwe routes voor toepassing van mest en terugwinning van mineralen uit plantaardige en dierlijke reststromen. Toetsen organische stofbalans en mineralenbalans in biobased teelten en bedrijfsplannen. Ontwikkelen cascaderings-principes voor mest Ontwikkelen meetinstrumentarium voor snelle analyse	Vierkantsverwaarding mest Wat is nodig voor het afzetten van nutriënten naar het buitenland Afzetten nutriënten buiten de landbouw Uitrol concepten van KunstMest 4.0: onbewerkte organische mest, aangevuld met nutriënten op maat waarvan de oorsprong ook organisch kan zijn.	Uitwerken haalbare businesscases en onderbouwen/inrichten economische prikkels LCA/duurzaamheidsanalyses, in aansluiting op internationale protocollen (e.g. PEFCR) Ruimte in regelgeving (beleidsinnovatie) Beleidsinnovatie meststoffen Andere regelgeving en borgingssystemen
Veilige voeding en materialen uit mest.	Veiligheidsissues bij gebruik mest voor insectkweek, schimmels, bacteriën, micro-organismen en breder inzet mest i.r.t. circulatie contaminanten en pathogenen Directe omzetting (chemisch, biokatalytisch, microbiologisch) van NH_3 en organische zuren in eiwit en andere stikstofhoudende materialen	Verwijdering van pathogenen en microverontreinigingen (medicijnresten, hormonen, vlamvertragers, pesticiden, persoonlijke verzorgingsproducten, nanodeeltjes, microplastic etc.). Ontwikkelen van concepten voor inzet van mest met behulp van insecten schimmels, bacteriën, micro-organismen Ontwikkelen van substraatvervangers	Maatschappelijke acceptatie en juridische inbedding en borgingssystemen van hoogwaardige producten uit mest en andere reststromen zoals slib	
Deelprogramma: Betere, circulaire, benutting van nutriënten en water.				
Open teelten, bemesting van bodem en gewassen, verminderen watergebruik *Deze lijn sluit aan bij A2, maar is meer ingestoken vanuit nutriënten*	De samenstelling , de waarde en de effecten van de verschillende organische stof stromen op bodemvruchtbaarheid, bodemleven etc Hoe kunnen we open teelten inrichten zodat ze beter de concepten	Onderzoeken praktische toepassing en effecten circulaire minerale meststoffen en bodemverbeteraars/bewerkte of onbewerkte vaste organische reststromen, inclusief effecten op bodemorganische stof	Praktijktoepassingen precisiebemesting Field labs Maximaliseren plaatsing mest op eigen bedrijf, koppelen maximaal mestgebruik aan drainagewater.	Ondersteunen praktijknetwerken Verbeteren samenwerking veehouderij, akkerbouw en loonwerkers

Precisiebemesting sluit aan bij de MMIP sleuteltechnologie Slimme technologie en High tech	van de bedekte teelt kunnen toepassen? Voorkomen emissies uit de bodem Mogelijkheden precisiebemesting bij verschillende gewassen Inzicht in interactie/afwenteling emissies	Ontkoppelen N en P en K gift Ontwikkelen slow-release meststoffen en nitrificatieremmers Ontwikkelen concepten voor precisielandbouw op basis van lokale bodem- en gewasmetingen al dan niet in combinatie met modellen. Ontwikkelen concepten voor beperking watergebruik, zoals gebruik regenwater, hergebruik en water terugwinning Effecten van waterbeperking op de teelt Opvang, opslag, zuivering en inzet van regenwater in allerlei processen	Koppeling borging en monitoringssysteem oppervlaktewater Pilots voor hergebruik water (zuivering) op meerdere schaalniveau's (oa uit rwzi) Verwaarden slootmaaisel (zie ook A3) Testen precisiebemestingssystemen. Inrichtingsvraagstukken (vruchtwisseling/opvolging, strokenteelt, mengteelten, groenbemesters/vanggewassen etc. etc.)	
Veredelen op efficientere benutting van nutriënten. *Deze lijn sluit aan bij MMIP Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling*	Onderzoeken welke planteigenschappen en genen/pathways in verschillende gewassen bijdragen aan NUE.	Ontwikkelen van fenotyperings-methoden voor gewenste eigenschappen. Identificeren van QTL's.	Validatie van merkers door gebruik van verschillende populaties in het onderzoek.	Gebruik van merkers voor QTLs in veredelings-programma's door bedrijven. Inkruisen van eigenschappen in cultuurmateriaal.
Open teelten in combinatie met veehouderij, grondgebondenheid	Genomica en voeding van dieren gerelateerd aan mestsamenstelling Duurzaamheid van verschillende bestemmingen van nutriënten en afvalstromen	Ontwikkeling efficiente rassen/gewassen m.b.t. nutriëntenopname. Andere rassen Afweging tussen verschillende bestemmingen tussen akkerbouw en veehouderij. Bijvoorbeeld swill of slachtresten terug als bemestingsproduct of veevoer?	Field labs Inrichtingsvraagstukken, landbouwsystemen/beweiding, hoe hou je nutriënten in het systeem Effect van relatie tussen grondeigendom en grondgebruik Pilots voor hergebruik reststromen tussen akkerbouw en veehouderij	Verbeteren samenwerking veehouderij/akkerbouw voor betere inrichting grondgebondenheid. Opzetten kenniskringen
Veehouderij *Deze lijn sluit aan bij MMIP D3 Duurzame veehouderij, maar is hier meer vanuit de nutriënten en voedingsstoffen ingestoken, de lijn is hier slechts beperkt uitgewerkt*	Gezondheid van dieren en hun nutriënten behoefte Relatie voeding en mestkwaliteit	Verbeteren mineralen efficiëntie in de veehouderij Voeding van dieren op basis van grondstoffen die niet geschikt zijn voor humane consumptie. Inclusief de wisselwerking met gezondheid, welzijn en gedrag van dieren Feed safety van reststromen en co-producten Laag-eiwit voeding van dieren	Efficiënter voeren Stalsystemen, beweidingssystemen voor circulariteit Circulaire concepten en inrichtingsvraagstukken voor grondgebonden en voor niet-grondgebonden veehouderij	

		Ontwikkelen nieuwe grondstoffen voor veevoer		

Positionering MMIP
Dit MMIP heeft interactie met MMIP 11b. Emissiereductie methaan en lachgas veehouderij, waarbij de inzet van de laatste is om de emissies te minimaliseren terwijl de inzet van het onderhavige thema is om de nutriënten geschikt en beschikbaar te houden in het landbouwsysteem. De ambities raken verder aan de ambities van MMIP A2 rondom gezonde bodem, waarbij dit MMIP zich meer op de nutriënten richt en aan de ambities van MMIP A4 rondom de productie van duurzaam eiwit en aan de ambities van MMIP A3 rondom hergebruik van rest- en zijstromen. Daarnaast is er een sterke link met de MMIP D3 duurzame veehouderij. Als laatste is er een link met twee sleuteltechnologie MMIPs: Slimme technologie en High tech, en Biotechnologie en Veredeling

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven
Zwak: Bioraffinage uit dierlijke mest tot afzonderlijke of gecombineerde minerale N, P en K producten ter vervanging van kunstmestproducten staat nog in de kinderschoenen. De huidige verwerking van mest is meer gericht op een zo goedkoop mogelijke export van overtollige fosfaat en minder op specifieke bemestingsproducten die kunstmest vervangen. Technologiemarkt voor afvalwater is (veel) verder ontwikkeld dan die voor mest. Meer ervaring is er op het gebied van humane afvalstromen bij de RWZI's (o.a. P-terugwinning via struviet), echter de eigenschappen van beide grondstoffen zijn verschillend. Samenwerking over de gehele nutriëntenketen (agro-food-waste) kan nog veel beter. Veel MKB partijen actief in technologieontwikkeling, met vaak wel sterke innovatiewens maar met relatief weinig, versnipperde of gefractioneerde kennis en beperkt kapitaal voor ontwikkeling. Vooral market push, minder market pull.

Sterk: Er gebeurt veel aan ontwikkeling van technieken omdat het belang groot is (kosten voor verwerken mineralenoverschot uit dierlijke mest en zuiveringsslib zijn hoog) en de plaatsingsruimte van de organische uitgangsmaterialen zijn ontoereikend. Daarnaast zet het ministerie sterk in op kringlooplandbouw waarbij recycling van restromen en de nutriënten daarin een belangrijk onderdeel is. Een succes draagt bij aan het verbeteren van imago van de landbouw. Binnen de bedekte teelten is veel onderzoek en ontwikkeling gedaan naar het emissievrij maken van de teelt, de verwachting is dat ook de andere teelten kunnen profiteren van die kennis en ervaring.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's
Internationaal: Circulaire Economy Package / Action Plan (EU, Dec 2015)
Nationaal: Transitie – agenda biomassa & voedsel (jan 2018) waar reeds een aantal belangrijke ontwikkelingen benoemd worden.
Visie Landbouw, Natuur en Voedsel: Waardevol en Verbonden.
Klimaatakkoord.

Strategie internationaal
Het ministerie van LNV wil internationaal voorloper worden op gebied van kringlooplandbouw.
In NW-Europa zijn er vergelijkbare ontwikkelingen. Van belang gezamenlijk via Europese samenwerkingsprojecten op te trekken.

Innovatiesysteem en consortiumvorming
Partijen die relevant zijn voor dit MMIP zijn onder andere: Landbouworganisaties (o.a. LTO Noord, ZLTO, LLTB), Bedrijfsorganisaties Akkerbouw, NZO, Branche Vereniging Organische Reststoffen (BVOR), Belangenvereniging Composteerbare Producten Nederland (BCPN), Vereniging van Afvalbedrijven (GFT), Verwerking dode dieren en slachtafval (cat 1 en 2) (Rendac), Slibverwerkers, Mestverwerkers, Afvalwaterzuivering, waterschappen en STOWA, Drinkwaterbedrijven, Grondstoffenfabriek & Energiefabriek van de UvW, Overleggroep Producenten Natte Veevoeders (OPNV), Diervoedersector, Handel zoals Agrifirm, Transport en logistiek, kunstmestindustrie.

Problematiek rondom mest- en nutriëntenverwaarding en effectiever gebruik van nutriënten en water is deels een gezamenlijk gevoelde verantwoordelijkheid, waardoor een programmatische aanpak op verschillende onderdelen haalbaar moet zijn.

Een aantal van de essentiële hordes echter voor het meer circulair maken van de nutriënteninzet zijn het gebrek aan haalbare businesscases, belemmerende wet- en regelgeving, en te weinig prikkels voor inzet van circulaire nutriënten en het beschikbaar zijn van alternatieve producten in de markt. Deze hordes maken dat het de afgelopen jaren moeizaam is gebleken PPS-en op dit onderwerp op de zetten. Ondersteuning bij het bij elkaar brengen van potentiële

consortiapartners, en het aansturen op een programmatische aanpak, zoals ook al gebeurt bij de PPS Next Level mestverwaarding is een vereiste om een boost te geven aan de ontwikkelingen. Daarnaast is een markt ontwikkelen een kwestie van lange adem. Dus er is een valley of death waar men overheen moet. Er is ook scholing, demo nodig om de waarde van producten te doen blijken (of stimuleringen opzetten, financieel of via regelgeving). Wat ook kan helpen zijn (beleidsmatige) incentives, waardoor de nieuwe producten meer kans krijgen t.o.v. de bestaande die vervangen moeten worden.
Het Next Level mestverwaarding AF-18136 project is een sterk consortium. Dit wordt mogelijk nog uitgebouwd. Verder is een aantal consortia actief bezig ontwikkeling richting een toekomstbestendige en verantwoorde veehouderij vorm te geven: zoals Meststoffen Nederland, Kunstmest 4.0. De Groene Mineralen Centrale is eveneens een uitstekend voorbeeld van samenwerking voor het winnen en verwaarden van nutriënten. Er zijn ook verbanden als Agri.NL (met veel partijen akkerbouw en veehouderij) of Coviva (cie vitalisering varkenshouderij) Deze projecten kunnen als voorbeeld dienen voor het opzetten van nieuwe samenwerkingsverbanden.

Het verdient aanbeveling om actief te bouwen aan grotere consortia die de problematiek binnen dit MMIP gezamenlijk kunnen aanpakken, gezamenlijkheid is noodzakelijk om de grote stappen te zetten die noodzakelijk zijn.

A.2 Gezonde, robuuste bodem[3] en teeltsystemen gebaseerd op agro-ecologie en zonder schadelijke emissies naar grond- en oppervlaktewater

Doel van dit MMIP is om maximaal bij te dragen aan de ontwikkeling van weerbare (plantaardige) productiesystemen op een gezonde bodem of substraat, met optimale inputs waardoor nagenoeg geen schadelijke emissies van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten plaatsvinden. Het betreft productiesystemen voor alle sectoren met onderwerpen zoals duurzame bodem over alle sectoren heen. Weerbare productiesystemen maken gebruik van en dragen bij aan de ondergrondse en bovengrondse (agro)biodiversiteit en maken de land- en tuinbouw veerkrachtiger. Technologische inno-

[3] Met de term bodem wordt in dit gehele document ook impliciet substraat bedoeld.

vaties, data- en informatiemanagement en benutting van biologische principes kunnen sterk bijdragen in het vinden van een nieuwe balans tussen economisch rendabel en ecologisch duurzaam. In dit MMIP wordt met onderzoek, innovatie, demonstratie en implementatie gewerkt aan de kennisontwikkeling van robuuste teeltsystemen op een gezonde bodem op basis van agro-ecologische principes.

Dit MMIP omvat de volgende **deelprogramma's** die belangrijk zijn voor de genoemde doelen. Voor elk van deze doelen is stimuleren en faciliteren van innovatie- en leerprocessen in de vorm van onderzoek en ontwikkeling, praktijknetwerken, demonstratieactiviteiten, onderwijs en advies van essentieel belang:

1. Slim inrichten van weerbare plantaardige productie systemen;

a) Het ontwerp van het totale weerbare, robuuste, klimaatadaptieve[4] systeem, door slim benutten van bodem, robuuste rassen, functionele agrobiodiversiteit, gewasdiversiteit in ruimte en tijd, gewasbescherming, en bemesting, rekening houdend met plaatselijke omstandigheden en fytosanitaire randvoorwaarden;
b) Duurzaam bodembeheer;
c) Robuuste rassen[5], planten en gewassen;
d) Functionele agrobiodiversiteit[6];
e) Het ondersteunen van samenwerking tussen verschillende sectoren op het gebied van o.a. reststromen, bemesting, landgebruik

2. Slim bijsturen van plantaardige productie:

a) Monitoring- en detectie systemen tbv waarnemen ziekten, plagen, onkruiden en gewasgezondheid voor nauwkeurig bijsturen gewasbescherming en nutriënten;
b) Nieuwe gewasbeschermingstrategieën – zo mogelijk proefdiervrij - met inzet van biologische (zowel micro als macro), niet chemische en chemische maatregelen (laag risico middelen);
c) Nieuwe bemestingsstrategieën met inzet van precisiebemesting en slim beheer en inzet van organische stof;

Prioriteiten

[4] Er is een aparte MMIP Klimaatbestendig Landelijk gebied (Missie C1) waarin beoogt wordt om het landelijk gebied van Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust te maken.
[5] Er is een aparte MMIP Sleuteltechnologie: Uitgangsmaterialen waarin de technieken die nodig zijn om tot robuuste plantaardige rassen te kunnen komen staan beschreven.
[6] Er is een apart MMIP binnen Kringlooplandbouw: A4 Biodiversiteit en Kringlooplandbouw. In die MMIP A4 ligt de nadruk op herstel van biodiversiteit, in dit MMIP A2 betreft het de bijdrage van functionele agrobiodiversiteit aan de primaire productie.

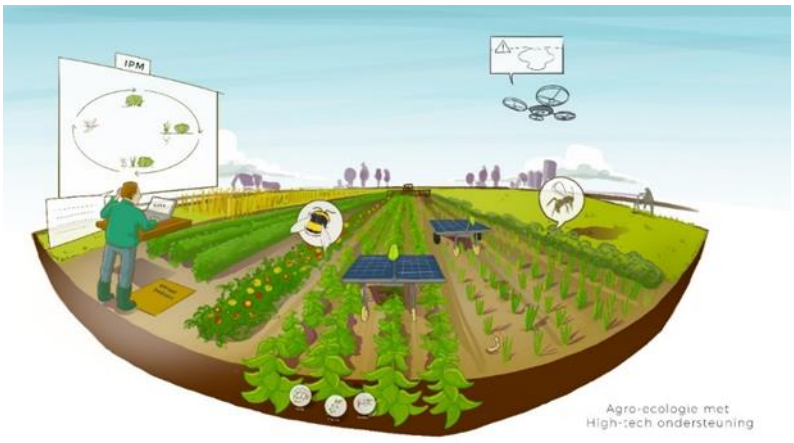
- **Integrale ontwikkeling van het totale weerbare, robuuste systeem** door slim benutten van bodem, robuuste rassen, gewasdiversiteit in ruimte en tijd (mengteelt, rotatie), functionele agrobiodiversiteit, gewasbeschermingstechnieken, en bemesting, rekening houdend met plaatselijke omstandigheden;
- **Ontwikkeling van robuuste rassen** passend in de nieuwe teeltsystemen (bestand tegen klimaatverandering en andere (a)biotische stress);
- Ontwikkeling van een **robuuste en weerbare bodem** tav organische stof, bodemvruchtbaarheid, bodemweerbaarheid, bodemleven, efficiënt gebruik van nutriënten, beperken van (ondergrond)verdichting en een goede waterbuffering;
- Ontwikkeling van (bouwstenen voor) **weerbare planten en teeltsystemen**, gebaseerd op preventie, gezond uitgangsmateriaal, en veerkracht. O.a. aandacht voor geïnduceerde plantweerbaarheid, microbioom, biostimulanten, microklimaat.
- Ontwikkeling van **nieuwe gewasbescherming** als oplossing voor knelpunten in de nieuwe teeltsystemen (monitoring & signalering (early warning), geïntegreerde groene gewasbescherming en biocontrol voor open teelten (zowel micro als macro), emissie-arme technieken;
- Ontwikkeling indicatoren voor **biodiversiteit** tbv agrarische productie en natuur op verschillende schalen;
- Inzicht in en oplossingen voor mogelijke **trade offs** tussen maatregelen gericht op klimaatadaptatie en maatregelen gericht op beperking van emissies (nutrienten en gewasbeschermingsmiddelen);
- Ontwikkeling van drempelwaardes, bestrijdingsdrempels en detectietechnieken ten behoeve van de precieze inzet van bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden;
- **Samenwerking** Plantaardige en Dierlijke productie: productie van ruwvoer van eigen bodem met efficiënt landgebruik, goede kwaliteit van ruwvoer en meststoffen.

Inleiding

De missie van dit MMIP is:
In 2030 is in de land- en tuinbouw het gebruik van grondstoffen en hulpstoffen substantieel verminderd en worden alle eind- en restproducten zo hoog mogelijk verwaard. De schadelijke emissies van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten naar de omgeving zijn tot nagenoeg nul gereduceerd. De productiesystemen dragen bij aan de reductie van broeikasgasemissies. Ecologische omstandigheden en processen vormen het vertrekpunt voor voedselproductie

waardoor biodiversiteit zich herstelt en de land- en tuinbouw robuust en veerkrachtiger wordt.

Wat beoogt het MMIP?
Inzet van dit MMIP is om maximaal bij te dragen aan de ontwikkeling van weerbare (plantaardige) productiesystemen op een gezonde bodem, met optimale inputs waardoor nagenoeg geen schadelijke emissies van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten plaatsvindt. Het betreft productiesystemen voor alle sectoren met onderwerpen zoals duurzame bodem over alle sectoren heen. Weerbare productiesystemen maken gebruik van en dragen bij aan de ondergrondse en bovengrondse (agro)biodiversiteit en maken de landbouw veerkrachtiger. In dit MMIP wordt met onderzoek, innovatie, demonstratie en implementatie gewerkt aan de kennisontwikkeling van robuuste teeltsystemen op een gezonde bodem op basis van agro-ecologische principes.



Sfeerbeeld voor akkerbouw in 2030: Gezonde, robuuste bodem en teeltsystemen gebaseerd op agro-ecologie

Doelstellingen MMIP
Inzet van dit MMIP is een land- en tuinbouw in Nederland in 2030 die bestaat uit een duurzame, economisch volhoudbare plantaardige productie met weerbare planten en teeltsystemen op een gezonde bodem, waardoor ziekten en plagen veel minder kansen krijgen en het gebruik van externe inputs (gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten) zo veel mogelijk kan worden voorkomen. Dit vraagt om een uitbreiding van denken uit productie maximalisatie op basis van inputs (gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen) met het denken vanuit weerbare planten en teeltsystemen die een bijdrage leveren aan onze leefomgeving waarbij productie van voldoende en gezond voedsel (food), voer (feed) en non-food producten voor de NL markt en daarbuiten, voorop staat.

Van productiemaximalisatie op basis van inputs (links), uitbreiding met denken in weerbare, robuuste agro-ecologische productiesystemen (rechts). Naar: Haan et al 2008, Acta horticulturae 852(852)en Erisman et al., 2016. AIMS Agriculture and Food Volume 1, Issue 2, 157-174

De slimme teeltsystemen gestoeld op ecologische processen (figuur 2, rechts) benutten en voeden de gezonde bodem en geven ziekten en plagen veel minder kansen. De nieuwe teeltsystemen maken optimaal gebruik van de (bio)diversiteit door intelligente bouwplannen, nieuwe gewasconfiguraties en –combinaties, en het gebruik van (natuurlijke) vegetatie. Hierdoor dragen ze bij aan het herstel van de biodiversiteit en zorgen voor een natuurlijke regulatie van ziekten, plagen en onkruiden (Functionele Agro Biodiversiteit). Landbouw en Natuur zijn met elkaar verbonden, evenals de huidige sectoren akkerbouw, veehouderij, tuinbouw, bomen, bollen, glas. Een gezonde bodem (substraat) vormt de basis van robuuste teeltsystemen. Een gezonde bodem draagt bij aan goede gewasopbrengsten, een hogere biodiversiteit en weerbaarheid van de systemen tegen (a)biotische stress, zoals extreme droogte, wateroverlast en ziekten en plagen. Daar waar gewasbeschermingsmiddelen worden gebruikt, is dit conform de principes van geïntegreerde gewasbescherming, nagenoeg zonder schadelijke emissies naar het milieu en nagenoeg zonder residuen. De inzet van resistente en tolerante rassen in combinatie met het gebruik van biologische plaagbestrijders, biostimulanten en inzet van laag risico middelen, zo selectief mogelijk ingezet in tijd en plaats, zijn belangrijke principes van geïntegreerde gewasbescherming. Ziekten, plagen en onkruiden worden net als gewasgezondheid via monitorings- en detectietechnieken waargenomen. Deze gegevens worden via (Big) Data systemen verwerkt tot praktische, handzame informatie voor de teler en adviseur waardoor deze kosteneffectief kunnen bijsturen. Gewasbeschermingsmiddelen en niet-chemische maatregelen worden via precisietechnieken toegepast. Hiermee wordt tegelijkertijd een blijvend economisch perspectief voor de land- en tuinbouw gerealiseerd.

Dit doel brengt een aantal subdoelen met zich mee:

- In 2030 zijn alle Nederlandse bodems duurzaam beheerd;
- In 2030 is Nederland toonaangevend op het gebied van duurzame gewasbescherming en is dit het business model waarmee Nederlandse telers en partijen in de keten zich onderscheiden op de internationale markt. De teeltsystemen zijn zo ingericht dat niet alleen de plant, maar ook de omgeving gezond blijft;
- In 2050 wordt geteeld in genetisch diverse en agro- biodiverse productiesystemen;
- In 2030 zijn teeltsystemen klimaatadaptief (bestand tegen grote (a)biotische schommelingen als gevolg van klimaatverandering);
- In 2030 volledig circulaire en gezonde teelt in glastuinbouw[7].

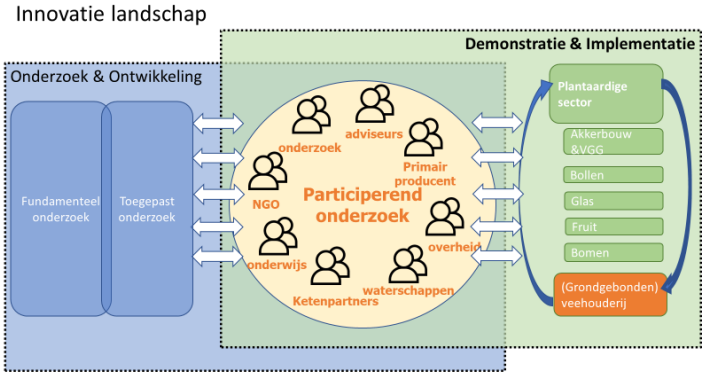
Het MMIP omvat

De ontwikkeling van kennis, innovatieve concepten, ondersteunende technologie en maximale ontwikkeling in de praktijk door samenwerkende stakeholders (van nieuwe en reeds bestaande technieken) voor nieuwe weerbare plantaardige productiesystemen die:

- zorgen voor een duurzaam beheer van de bodem met aandacht voor de chemische, fysische en biologische aspecten van de bodem, door optimaal beheer van organische stof, bodemvruchtbaarheid, bodemweerbaarheid, bodemleven, efficiënt gebruik van nutriënten, en een bodemstructuur die zorgt voor een goede waterbuffering;
- nagenoeg zonder schadelijke emissies van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten naar het milieu en nagenoeg zonder residuen op producten;
- maximaal gebruik maken van ecologische principes, weerbaar zijn tegen ziekten en plagen en optimaal gebruik maken van ondergronds en bovengrondse interacties;
- bijdragen aan de versterking van natuur en biodiversiteit in het landelijk gebied;
- bijdragen aan de koolstofvastlegging in de bodem;
- gebruik maken van circulaire (organische) meststoffen uit lokale en regionale kringlopen uit diverse bronnen;
- voldoen aan de (toekomstige) marktvraag, rekening houdend met nieuwe ontwikkelingen als vraag naar lokaal veevoer, eiwittransitie en biobased producten, als ook de bestaande vragen op het gebied van voedselveiligheid en fytosanitaire borging in de keten;
- economisch perspectief bieden voor de betrokken partijen en met name de primaire producenten.

[7] Er is een aparte MMIP glastuinbouw waarin de innovatieopgaven passend bij dit doel worden beschreven

Innovaties kunnen opgepakt worden in fundamentele onderzoeksprojecten (TRL1-3), in toegepast onderzoek in ontwikkelingsprojecten (TRL4-6), middels participerend onderzoek en demonstratie (TRL 7-9). Deze worden ondersteund door investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken en subsidies om te komen tot implementatie.



Een sterke wisselwerking tussen Onderzoek, Ontwikkeling, Demonstratie en Implementatie is voor dit MMIP van essentieel belang, evenals samenwerking tussen verschillende sectoren op het gebied van oa benutting meststoffen, landgebruik en het ontwikkelen van nieuwe verdienmodellen.

Deelprogramma's en fasering

Dit MMIP omvat de volgende deelprogramma's die belangrijk zijn voor genoemde doelstellingen. Voor elk van deze doelstellingen is stimuleren en faciliteren van innovatie- en leerprocessen in de vorm van onderzoek en ontwikkeling, praktijknetwerken, demonstratieactiviteiten, onderwijs en advies van essentieel belang.

1. Slim inrichten van weerbare plantaardige productie systemen;

A. Het ontwerp van het totale weerbare, robuuste systeem, door slim benutten van bodem, robuuste rassen, gewasdiversiteit in ruimte en tijd (mengteelt, rotatie) , functionele agrobiodiversiteit, gewasbeschermingstechnieken, en bemesting, rekening houdend met plaatselijke omstandigheden. Weerbare systemen zijn ook klimaatadaptief.
B. Duurzaam bodembeheer;
C. Robuuste rassen[8], planten en gewassen;
   - Resistente en tolerante gewassen tegen biotische aspecten als ziekten, plagen onkruiden;

[8] Er is een aparte MMIP Sleuteltechnologie: biotechnologie en veredeling waarin de technieken die nodig zijn om tot robuuste plantaardige rassen te kunnen komen staan beschreven.

- Weerbaar tegen fysische extremen en met optimale benutting van grondstoffen; Resource use efficiente gewassen (gereduceerde waterbehoefte, zouttolerant, verminderde nutrienten behoefte, etc)
- In aanvulling op de intrinsieke weerbaarheid (genetisch): geinduceeerde plantweerbaarheid via bijvoorbeeld fysiologische prikkels (bijv. licht), microbioom. Weerbaarheid van het gewas via bijv. sturing van het microklimaat rondom de plant / in het gewas (o.a. luchtvochtigheid) of beworteling;

D. Functionele agrobiodiversiteit[9]: ondergrondse, bovengrondse biodiversiteit en interacties daartussen. Van bodembiodiversiteit, via bovengrondse biodiversiteit op micro-, macro-, plant-, gewas-, bedrijf- en regioniveau.
E. Het ondersteunen van samenwerking tussen verschillende sectoren (akkerbouw, bollen, glastuinbouw, bomen, grondgebonden veehouderij) op het gebied van o.a. reststromen, bemesting, landgebruik, zowel regionaal als nationaal met inachtneming van de internationale setting van de Nederlandse land- en tuinbouw

2. Slim bijsturen van plantaardige productie;

a. Monitoring- en detectie systemen tbv waarnemen ziekten, plagen, onkruiden en gewasgezondheid voor nauwkeurig bijsturen gewasbescherming en nutriënten;
b. Nieuwe gewasbescherming strategieën met inzet van biologische (zowel micro als macro), niet chemische en chemische maatregelen (laag risico middelen);
c. Nieuwe bemestingsstrategieën met inzet van precisiebemesting en slim beheer en inzet van organische stof;

Een sterke wisselwerking tussen onderzoek, ontwikkeling, demonstratie en implementatie is voor dit MMIP van essentieel belang, evenals samenwerking tussen verschillende sectoren op het gebied van oa benutting meststoffen en landgebruik stimuleren en faciliteren van leerprocessen in de vorm van praktijknetwerken, demonstratieactiviteiten, onderwijs en advies gericht op alle betrokken stakeholders.

Lopend of recent afgesloten projecten en programma's

Onderwerp	Onderzoeks-fase TRL 1-3	Ontwikkelfase TRL 4-6	Demonstratie-fase TRL 7-9	Implementatie-fase

[9] Er is een apart MMIP binnen Kringlooplandbouw: A4 Biodiversiteit en Kringlooplandbouw. In die MMIP A4 ligt de nadruk op herstel van biodiversiteit, in dit MMIP A2 betreft het de bijdrage van functionele agrobiodiversiteit aan de primaire productie.

	(NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	**(toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**(MIT, POP, fieldlabs, etc.)**	**(subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma 1: *Slim inrichten* van weerbare plantaardige productie systemen				
A Het ontwerp van het totale weerbare, robuuste, klimaatadaptieve[10] systeem, door slim benutten van bodem, robuuste rassen, functionele agrobiodiversiteit, gewasdiversiteit in ruimte en tijd, gewasbescherming, en bemesting, rekening houdend met plaatselijke omstandigheden.	AF-EU-17028 | Agrilink (2017-2021) AF-EU-17035 | Plaid (2017-2019) EU 18019 Diverimpacts (2018-2022) KB-34-008-002 Living labs (2019)	BO-43-011.06 Verduurzamen Plantaardige productieketens	MIT-15005 | Voedselproductie op verzilte bodem (2016-2017) MITAF-14086 | Introductie van plant-specifieke resources-huishouding (2016-2017)	EU 18028 Nefertiti (2018-2021) POP Drenthe: Schone teelt op basis van druppelirrigatie (2018-2021) POP3 Groningen Vergroening Veenkoloniën POP3 Friesland: Stikstof Telen, vlinderbloemigen als basis voor een natuurinclusieve akkerbouw (2018-2020) POP3 Flevoland Flevoland Innovatieland (2018-2021)
B Duurzaam bodembeheer	NWO-15001 | Harnessing the soil microbiome for improved stress tolerance in crop plants (2016-2021) NWO-15005 | Vital soils for sustainable intensification of agriculture (2016-2020) NWO-14002 | Unravelling the mechanisms underlying health and productivity promoting agricultural practices by fine-mapping rhizosphere communities (2015-2019) NWO-14007 | Clever Cover	AF-15261 | Sturen op bodemweerbaarheid door toediening van organische materialen (2016-2019) AF-15252 | Systeemoplossing ziekten en plagen in bioglasgroenten (2016-2019) AF-16064 | Beter bodembeheer (2017-2020) AF-17065 | Belang van vastlegging van koolstof in de bodem voor mitigatie van broeikasgassen (2017-2018) AF-17003 |Effect van de bodem op	MTRLA-16118 | Ontwikkeling biologische oplossing ter bestrijding van vrijlevende- en plant parasitaire aaltjes in de akkerbouw (2016-2018) MTHLA-16260 | Haalbaarheidsstudie biologische bestrijdingsstrategie (2016-2017)	POP3 Drenthe: MAXUS POP3 Drenthe: Compost composities (2018-2021) POP3 Flevoland Voorjaarsploegen Winterbedekkende Groenbemesters (2018-2021) POP3 Flevoland Lasting Fields in de Praktijk (2018-2021) POP3 NoordHolland: BRIzonder: bodem resetten & inundatie POP3 Gelderland Verminderen on-

[10] Er is een aparte MMIP Klimaatbestendig Landelijk gebied (Missie C1) waarin beoogt wordt om het landelijk gebied van Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust te maken.

	Cropping: Synergistic Mixtures for Sustainable Soils (2015-2020) NWO-14009 | SQUASH: a Soil Quality Universally Applicable Soil Health assessment system (2016-2020) AF-EU-16011 | LANDMARK (2016-2018) AF-EU-15040 | iSQUAPER: Interactive Soil Quality Assessment in Europe and China (2015-2019) KB-34-008-001 Soil biology as basic element for resilient cropping systems and C-sequestration (2019) KB-34-008-005 SOILCARE (2019)	weerbaarheid van aardappelknollen tegen biotische stress (2018-2021) AF-18085 | TU18150 Groenbemesters in de praktijk (2019-2022) AF-18032 | Slimme bouwplannen voor bodemgezondheid (2019-2022)		dergrond-verdichting (2018-2020) POP3 Zuid Holland Hoeksche Waard Rond POP3 Zuid Holland Samen innoveren voor groene groei
C Robuuste Rassen *Deze lijn sluit aan bij de MMIP sleuteltechnologie uitgangsmaterialen en veredeling*	NWO-15001 | Regulation of glandular trichome formation in tomato (2016-2021) NWO-15003 | Unravelling Tsw-mediated resistance and the interplay with the innate immunity modulator NSs of Tomato spotted wilt virus, a plant-infecting bunyavirus (2016-2020) NWO-15004 | Master old resistance in new tomatoes: transcriptional control of metabolite production by small RNAs (2016-2020)	TU18002 Fijnkartering tulp resistenties en ontwikkeling nieuwe veredelingsmethoden (2019-) TU18003 Lasting Beauty/SciFi (2019-) TU18015 Counteracting Botrytis and Alternaria infection by interfering with plant susceptibility genes (2019-) TU18024 Finding the Achilles' heel of Brassica for Black Rot disease (2019-) TU18043 Resistance mechanisms against		POP3 Groningen Naar een rendabele sojateelt in de Veenkoloniën (2018-2020) POP3 Groningen Rassenveredeling zetmeelaardappelen: IDA (2016-2020) POP3 Groningen Ontwikkeling van duurzame en klimaatbestendige robuuste aardappelrassen door betere bewortteling (2017-2020)

	NWO-12001 | Nieuwe detectie-systemen van planten voor ziekteresistentie (2013-2017) EU 18011 New Plant Breeding Techniques; Chicory as a multipurpose crop for dietary fibre and medicinal terpenes (CHIC) (2018-2022) KB-34-005-003 Epigenetica	thrips in chrysantemum and its relatives (2019-) TU18048 COntrolling REcombination for fast, innovative breeding of resilient crops (CORE) (2019-) TU18073 Taking HDAC-Inhibitors to the Next Level in Doubled-Haploid Embryo Production (2019-) TU18075 A new method for potato breeding: the "Fixation-Restitution" approach (2019-) TU 18080 Resistance mechanisms against thrips in wild relatives of onion (2019-) TU18086 Novel tools to breed potato for resistance against obligate biotrophic pathogens (2019-) TU18100 Whitefly resistent Poinsettia to reduce insecticide use (2019-) TU18140 HeatYield - stabilising crop yield in a warming world TU18142 Weerbare rozen nu eindelijk in zicht! (2019-) TU18151 Strain instability in fungi as a model for the study of recombination and epigenetic regulation of meiosis (2019-) TU18152 Fenotypische plasticiteit in wortelarchitectuur: de sleutel		

		tot tolerantie voor parasitaire aaltjes in planten? (2019-) TU18155 Rebooting potato; enhancing the breeding of hybrid diploid potato using statistical genetics and computer simulations(2019-) TU18156 Transcriptional networks up- and downstream of the negative regulators of plant immunity DMR6 and DLO1(2019-) TU18153 Ouderdomsresistentie als een nieuwe manier om virusziekten en hun verspreiding te beheersen (2019-) 1605 – 118 Building the Green Hapmap (2017-2019) 1604 -046De Weerbare Plant: middelen en merkers voor de keten voor het sturen op plantafweer tegen ziekten en plagen (2017-2019) Koepelprogramma Better Plants for New Demands Koepelprogramma Groene Veredeling		
D Functionele agrobiodiversiteit *Deze lijn sluit aan bij A4, maar is meer gericht op productiedoeleinden*	NWO-14003 | The relative importance of wild pollinators as an agricultural input in seed production (2015-2019) NWO-12002 | Linking local and landscape scale trophic interactions for plant-induced biological	TU18088 FAB+: integratie van natuurlijke plaagbestrijding en doeltreffende diversificatie in plantaardige productiesystemen (2019-)		POP3 Limburg Biodivers Fruit Telen Limburg (2017-2020)

	control of insect pests (2013-2017)			
E Ondersteunen van samenwerking tussen de sectoren		AF-15284 | Ruwvoerproductie en bodemmanagement (2016-2019) AF-17106 | Regenerative Farming (2018-2022) AF-17021 |Verbeteren van de kringloopwijzer (2018-2021)		
Deelprogramma 2 Slim bijsturen van weerbare plantaardige productie systemen				
A Monitoring- en detectie systemen *Deze lijn sluit aan bij de MMIP sleuteltechnologie precisietechnieken*	AF-EU-16013 | Smart AKIS (2016-2018) EU 18046 VALITEST: Validation of diagnostic tests to support plant health (2018-2020) EU 18032 Optima (2018-2021)	TU18079 Standaardisatie diagnostiek met Next Generation Sequencing (2019-) TU18095 Fytosanitair Belangrijk voor Nederland BV(2019-) TU 18148 On-site plantpathogeen detectie en barcode sequencing voor verbetering van plantgezondheid en fytosanitaire controle (2019-) 1605-029 Optimale Diagnostiek door gebruik innovatieve detectiemethoden (2017-2020) KV1605 075 Visuele attractie van plaaginsecten: een fundamentele stap voor optimale monitoring en mass-trapping (2017-2020) 1605 – 082 Preventie van Ralstonia solanacearum uitbraken in de Nederlandse land- en tuinbouw (2017-2019)		POP3 Gelderland Voelhoorn duurzaamheid (2018-2019) POP3 Flevoland Data Boeren (2018-2021)

B Nieuwe gewasbescherming strategieën	NWO-15006 | Biological control of the new invasive pest species Spotted Wing Drosophila (2016-2020) NWO-15007 | Boosting the efficacy of biological control agents of citrus mealybugs through olfactory conditioning (2016-2020) NWO-14005 | A biodiversity approach to develop multi-species microbial inoculants for sustainable crop protection (2015-2019) AF-EU-17031 | IWMPRAISE (2017-2022)	BO-43.011.01 Duurzame gewasbescherming AF-16186 | Gewasbescherming Robuust Optimaal Economisch & Natuurlijk (GROEN) (2017-2020) TU18007 Natuurlijke weerbaarheid tegen echte meeldauw (2019-) TU18028 Strategische kennis voor de preventie van bacterieziekten in de pootaardappelteelt (2019-) TU18049 Virus- en vectorbeheersing in pootaardappelen (2019-) TU18115 De groene tulp; teelt strategieën met inzet van groene/low risk middelen(2019-) TU18123 Weerbaarheid(2019-) TU18126 Verlagen risico's voor het optreden van bacteriële ziekten(2019-) 1605-032 Ontwikkelen van preventiemaatregelen in de boomgaard om verliezen door zwartvruchtrot en bewaarrot in peer en appel te voorkomen (2017-2020) 1605-079 Masterplan Fusarium (2017-2020) 1604-022 Palifit (2017-2020) 1605-033 Integrale ketenaanpak voor beheersing van vruchtboomkanker (2017-2020) KV 1605-041 Versterking van	TU18143 Milieu indicator gewasbescherming (2019-)	POP3 Friesland Schone kisten en schoon oppervlaktewater (2018-2020) POP3 Friesland Agricorder TM DNA veldtest voor bacterieziekten in aardappelen (2017-2019) POP3 Flevoland Selectieve aanpak Phytophthora Pootgoed (2018-2021) POP 3 Flevoland Uitrol Duurzame teelt Uien en Peen (2018-2021) POP3 Noord Brabant Automatisch wieden praktijkrijp (2017-2020) POP3 Limburg Agricorder sneltest voor koprot in uien (2018-2020) POP3 Groningen; diverse investeringsre-gelingen voor biologische landbouw, waar-in o.a. machines voor NKG en machinaal wie-den zijn opge-nomen.

		plantweerbaarheid tegen ziekten en plagen door aanpassing van het plant microbioom (2017-2020) 1605-048 Naar een duurzame koolteelt (DKT) (2017-2020) KV 1605 – 106 Role of helper microbes enhancing downy mildew on leafy vegetables (2017-2020) 1605-028 Beheersing Stemphylium in bouwplanverband (2017-2019) Koepelprogramma Het Nieuwe Doen In Plantgezondheid		
C Nieuwe bemestingsstrategieën *Deze lijn sluit aan bij A1, maar is meer ingestoken vanuit de teelt*	KB-34-001-002 Ontwikkeling van een evaluatiekader voor (de productie van) organische meststoffen (2019-2022)			POP3 Overijssel Proeftuin Mineralen en bemesting (2016-2020) POP3 Gelderland: Biomassa in het Haarloseveld en Olden Eibergen: Organische stof tot nadenken (2016-2019) POP3 Zuid Holland Beter organisch bemesten voor beter water (2018) POP3 Zuid Holland Samen innoveren voor groene groei (2016-2020) POP3 Zuid Holland DeltaDrip: Efficiënter omgaan met water en nutriënten

Kennis en innovatieopgaven

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
***Deelprogramma 1: Slim inrichten* van weerbare plantaardige productie systemen**				
A. Het ontwerp van het totale weerbare, robuuste, klimaatadaptieve[11] systeem, door slim benutten van bodem, robuuste rassen, functionele agrobiodiversiteit, gewasdiversiteit in ruimte en tijd, gewasbescherming, en bemesting, rekening houdend met plaatselijke omstandigheden.	Mechanistisch inzicht in en kwantificering van weerbaarheid op systeemniveau, minimaal op bedrijfs- en omgevingsniveau. Mechanistisch inzicht in en kwantificering van ruimtelijke en temporele interacties van intra- en interspecifieke planteigenschappen en onder- en bovengrondse ziekte, plagen en onkruiden (bv mengteelten) Inzicht in relatie tussen onder- en bovengrondse planteigenschappen en de trade offs bij opschaling van individueel plantniveau naar gewasniveau. Inzicht in de rol van economische, mentale en sociologische factoren op het gedrag van boeren met betrekking tot systemen gebaseerd op mengteelten	Methodiek voor systeemontwerp van weerbare, robuuste teeltsystemen op verschillende schalen (perceel, bedrijf, gebied); Ontwikkeling van slimme gewasmengsels en rotaties die de NUE en de weerstand tegen ziekten, plagen en onkruiden maximaliseren; Kennis om feed, food en sierteelt (akkerbouw, tuinbouw, bosbouw, bloembollen, melkveehouderij) productie te integreren om emissies te beperken en agrobiodiversiteit te benutten tbv weerbaar systeem; Methodiek ter bepaling van systeemweerbaarheid op biologisch, fysische en chemisch vlak; Nieuwe mechanisatie en ontwikkeling precisietechnieken t.b.v. realisatie nieuwe agro ecologische teeltsystemen;	KPI's tav aanvullende (gebieds)eisen; weidevogelbeheer, grondwaterpeil (verhogen, verlagen, wisselend), natuur, reduceren emissies, waterkwaliteit; Optimalisatie en toetsing van teeltsystemen aan lokale omstandigheden; Bedrijfsdoelen invullen met gewassenkeuze en teeltmaatregelen; In pilots ontwikkelen concepten en verdienmodellen; Ontwikkelen onderwijsmateriaal en cursussen, producten, diensten ter ondersteuning implementatie Ontwikkelen en toetsen van adaptatiestrategieën in diverse regio's/grondsoorten. Strategieën zijn combinaties van teeltmaatregelen (bodem, gewas, mechanisatie), bedrijfsmanagement (risicospreiding, financieel management, planning), maatregelen in keten- en regioverband (rassenpakket, contractafspraken, waterbeheer, etc) financieel systeem (verzekeringen, etc.).	Bedrijfsplannen weerbare productiesystemen opstellen voor implementatie op praktijkbedrijven binnen samenwerkingsverbanden agrariers-onderzoek-advies Toepassing van weerbare productiesystemen door telers op het eigen bedrijf, ondersteund door experts middels praktijknetwerken Procesmatige integratie van feed, food en sierteelt (akkerbouw, tuinbouw, bosbouw, bloembollen, melkveehouderij) productie om emissies te beperken en agrobiodiversiteit te benutten tbv weerbaar systeem; Precisielandbouw technologie inpassen in weerbare productiesystemen; Aanbieden van services en producten aan farmers en erfbetreders voor het implementeren van smart farming concepten incl. trainingen; Breed in de praktijk implementeren van de kennis uit de pilots; Teelt opnemen van vlinderbloemigen in gewasrotatieschema's (stikstofbinding, eiwit gewassen); Formuleren maatregelen passend in GLB en GLMC; Borging van fytosanitaire eisen en veiligheidseisen voor uitgangsmateriaal, voedsel en veevoeder (zoals bijvoorbeeld mycotoxines) in verband met de internationale handel

[11] Er is een aparte MMIP Klimaatbestendig Landelijk gebied (Missie C1) waarin beoogt wordt om het landelijk gebied van Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust te maken.

	Inzicht in hoe veranderingen op het boerderij niveau afhangen van veranderingen in de bredere context (beleid, regelgeving) Inzicht in de systeemeigenschappen die bijdragen aan intrinsieke weerstand tegen extremere weersinvloeden als gevolg van klimaatverandering (droogte of waterovervloed) Ontwikkeling van een dynamisch bioeconomisch optimalisatie model ter bepaling van optimale gewasmengsels en rotaties op bedrijfsniveau; Klimaatscenario's en de te verwachten effecten op biotische factoren, oa ziekten, plagen, onkruiden (wat zijn fytosanitaire bedreigingen?) Klimaatscenario's en de te verwachten effecten op abiotische factoren: watertekort, overschot, verzilting, koolstofopslag	Ontwikkeling van multi-sensor fenotype-rings-technieken om gewas- en diereigenschappen, ziekten en plagen non-invasief en kwaliteit van voedsel geautomatiseerd kwantitatief te kunnen beoordelen. Ontwikkelen onderwijsmateriaal en cursussen, producten, diensten ter ondersteuning van implementatie; Inzicht in effect van klimaatadaptatie maatregelen (bv niet kerende grondbewerking, akkerranden en groenbemesters) op ziekten, plagen en onkruiden; Inzicht in risico's, kosten en baten van huidige en alternatieve bouwplannen waarin rust- en eiwitgewassen zijn opgenomen in de context van klimaatverandering en eiwittransitie; Maatregelen ter voorkoming van negatieve effecten van verzilting, bodemdaling, watertekort,- en overschot, als gevolg van klimaatverandering in het weerbare systeem; (Fytosanitaire) maatregelen ter preventie en beheersing van nieuwe ziekten, plagen en onkruiden in het		

		weerbare systemen als gevolg van klimaatverandering; Efficiëntere irrigatietechnieken		
B Duurzaam bodembeheer	Fundamenteel inzicht in de relatie tussen organische stof, bodemvruchtbaarheid, bodemweerbaarheid, bodemleven, bodemverdichting, waterbuffering en nutriënten, vastlegging van de kennis in een model; Integrale beschrijving (model) van bodem waarin cruciale eigenschappen (biologisch, chemische en fysisch) geïntegreerd beschreven staan, als middel om verbeteringen te modelleren en implementeren; Methodieken ter bepaling van de kwaliteit van de bodembiologie. Ontwikkeling van technieken als metagenomics, bioinformatics;	Kennisontwikkeling over relatie tussen maatregelen, bodemkwaliteit en ecosysteemdiensten integraal over alle bodemaspecten, met focus op maatregelen met effect op bodembiologie en effect van bodembiologie op ecosysteemdiensten Methodiek ter bepaling van bodemweerbaarheid Robuuste systematiek voor het meten van integrale bodemkwaliteit Kennis over de rol van organische stof uit verschillende bronnen op de weerbaarheid van het systeem Ontwikkeling van maatregelen om de juiste bodembiologische samenstelling te bevorderen: (organische) bemesting, compost, groenbemesters, grondbewerking, gewasresten	Toetsing van effectieve maatregelen gericht op bodemkwaliteit en ecosysteemdiensten op proefbedrijven Ontwikkeling van een robuuste eenduidige systematiek als basis voor verwaarding van goede bodemkwaliteit bij o.a. grondtransacties	Verkenning van de inpasbaarheid van een robuuste eenduidige systematiek als basis voor verwaarding van goede bodemkwaliteit bij o.a. grondtransacties Kennisoverdracht over effectieve maatregelen gericht op duurzaam bodembeheer middels praktijknetwerken, onderwijs; Opstellen van een bodemkwaliteitsplan voor bedrijfs- en perceelsniveau; Kennisoverdracht over effectieve maatregelen gericht op duurzaam bodembeheer middels praktijknetwerken, onderwijs; Maatregelen ter inbedding van pachtgronden in de bedrijfsvoering; Ketenafspraken over bodem - kwaliteit en vergoeding daarvoor;
C Robuuste Rassen *Deze lijn sluit aan bij de MMIP sleuteltechnologie biotechnologie*	Kennis van het pathogeen of plaagorganisme. Identificeren van kruisbare bronnen van	Ontwikkelen van fenotyperingsmethoden voor gewenste eigenschappen (resistentie tegen ziekten en plagen, tolerantie	Resistentiemanagement ontwikkelen om doorbreken resistenties te voorkomen; Toetsing robuuste rassen in weerbare, robuuste	Toepassing bij veredelingsbedrijven, zaadproducenten, zaadtechnologie bedrijven Inpasbaarheid van rassen op boerenbedrijven in weerbare productiesys-

en veredeling	resistentie/tolerantie. Ophelderen van onderliggende mechanismen of pathways. Onderzoeken welke onderliggende genen en pathways betrokken zijn bij NUE; Onderzoek naar de potentie van het zaadmicrobioom en biologicals voor gezond zaaizaad onafhankelijk van chemische gewasbescherming. Fundamenteel fysiologisch onderzoek gericht op dessicate-tolerantie, dormancy, en kieming.	tegen onkruiden, zoutstress e.d.) Identificeren van QTL's. Technieken zijn nodig om de (positieve) effecten van microbioom op de plant te meten en te optimaliseren Onderzoeken naar verbetering zaad-productie gericht op verkrijgen van hoge vigour en behoud ervan tijdens behandelingen en bewaring. Toepassen van fundamentele kennis in de ontwikkeling van methoden om zaadkwaliteit te optimaliseren. Ontwikkelen van methoden om de invloed van het zaadmicrobioom te bestuderen en te sturen. Ontwikkeling van methoden om zaad-overdraagbaarheid van ziekten te beperken en pathogenen te doden.	plantaardige productiesystemen in proeftuinen/integratie in gewasbeschermingsstrategieën; De potenties van het zaad- microbioom demonstreren en beschikbaar stellen van geselecteerde stammen als biologicals; Validatie van merkers door gebruik van verschillende populaties met resistentie/tolerantie in het onderzoek; Identificeren van gunstige microbiomen voor verschillende gewassen. Trainen van zaadtechnologen om methoden voor het meten van vigour en bewaarbaarheid te kunnen implementeren. Demonstreren van positieve effecten van microbioomcomponenten op zaadgezondheid en methoden om die te versterken.	temen, inclusief afspraken resistentiemanagement; Passende wet- en regelgeving en/of experimenteerruimte om nieuwe veredelingstechnieken (bijvoorbeeld CRISPR/Cas) te kunnen toepassen; Colleges, cursussen, workshops over robuuste rassen Gebruik van merkers voor QTLs in veredelingsprogramma's door bedrijven. Inkruisen van eigenschappen in cultuurmateriaal.
D Functionele agrobiodiversiteit *Deze lijn sluit aan bij A4, maar is meer gericht op productiedoeleinden*	Fundamenteel inzicht in de relatie tussen functionele groepen aan productie doeleinden op plant, perceels-, bedrijfs- en regionaal niveau; Inzicht in plant-eigenschap combinaties die de efficiëntie van natuurlijke vijanden maximaliseren;	Ontwerp van nieuwe teelten en teeltsystemen of bouwstenen daartoe gericht op de creatie en benutting van biodiversiteit voor de primaire productie; Ontwikkeling van maatregelen ter bevordering van functionele agrobiodiversiteit;	Toetsing van maatregelen ter bevordering van agrobiodiverse teeltsystemen op proefbedrijven; Inzicht in trade offs met onder- en bovengrondse ziekten, plagen en onkruiden;	Inzet van en stimuleren van maatregelen ter bevorderen van de functionele agrobiodiversiteit op praktijkbedrijven; Vertaling van maatregelen t.b.v. biodiversiteit van bedrijfs-naar gebiedsniveau.

E Ondersteunen van samenwerking tussen de sectoren	Kwantificering van de klimaateffecten door teelt van eiwit en rustgewassen Verkenning grondgebondenheid intensieve veehouderij (varkens, pluimvee) Verhoging van nutrientenefficientie in de teelt van ruwvoergewassen	Ontwikkelen maatregelen ter optimalisatie van ruwvoederproductie per oppervlakte eenheid		Akkerbouw-Veehouderij praktijknetwerken op het gebied van duurzaam bodembeheer, gezonde vruchtwisseling, duurzame bemesting, duurzame veevoerproductie GLB maatregelen ter bevordering van teelt van eiwit- en rustgewassen
Deelprogramma 2 Slim bijsturen van weerbare plantaardige productie systemen				
A Monitoring- en detectie systemen *Deze lijn sluit aan bij de MMIP sleuteltechnologie precisietechnieken*		Ontwikkeling van monitorings- en detectiemethodieken van insecten, schimmels, onkruiden, bacteriën, nematoden en hun vectoren; Inzicht in de schaderelaties tussen aantasting en gewasschade;	Toetsing van monitorings- en detectiemethodieken in weerbare teeltsystemen;	Colleges, cursussen, workshops, demonstraties over monitorings- en detectietechnieken;
B Nieuwe gewasbescherming strategieën	Inzicht in relatie tussen microbioom en intrinsieke/geïnduceerde weerbaarheid van de plant; Kennis over de levenscycli van bodempathogenen en -plagen ten bate van DSS;	Ontwikkeling van bestrijdingsmethoden op basis van biologie: slim inzetten insecten en microorganismen, bovenop het inzetten van vruchtwisseling, gewasdiversificatie en gebiedsbiodiversiteit; Ontwikkeling van biocontrol agents, zowel micro als macro; Inzicht in de mogelijke effecten van residuen van biocontrol agents in de keten voor volksgezondheid en fytosanitaire keten; Ontwikkeling van biostimulanten; Ontwikkeling van drempelwaardes	Toetsing van gewasbeschermingsstrategieen in weerbare teeltsystemen op proefbedrijven; Toetsing van geïntegreerde gewasbescherming, inclusief precisietechnieken; Toetsing biocontrol agents, biostimulanten en drempelwaardes ten behoeve van bestrijding op praktijkschaal; Maatregelen ter preventie van residuen van biocontrol agents in de keten voor volksgezondheid en fytosanitaire keten;	Opstellen van geïntegreerde gewasbeschermingstrategieen passend in weerbare productiesystemen door telers op het eigen bedrijf, ondersteund door experts middels samenwerkingsverbanden onderzoek-praktijk; Verzekering voor niet preventief inzetten gewasbeschermingsmiddelen tegen ziekten en plagen die incidenteel voorkomen (bv maïsstengelboorder); Advisering gericht op inrichten van teeltsysteem ter preventie van ziekten, plagen en onkruiden;

		en bestrijdingsdrempels ten behoeve van de precieze inzet van bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden; Ontwikkeling van maatregelen gericht op beheer (kwaliteit en kwantiteit) van organische stof tbv minimale emissies van gewasbeschermingsmiddelen;		
C Nieuwe bemestingsstrategieën *Deze lijn sluit aan bij A1, maar is meer ingestoken vanuit de teelt*		Welke organische meststoffen en welke beheersmaatregelen zorgen voor een verhoging van het organisch stofgehalte zonder emissie van nutriënten naar oppervlakte water en grondwater en via lachgas of ammoniakemissie naar de lucht Welke reststromen zijn inpasbaar in een weerbaar productiesysteem		Ontwikkeling van specifieke normen voor de verschillende regio's/grondsoorten GLMC: gebruik van het landbouwbedrijfsduurzaamheidsinstrument voor nutriënten

Positionering MMIP

Dit MMIP heeft interactie met Landbouw, Water, Voedsel, en sleuteltechnologieën Veredeling, Slimme technologie/High tech. De Nederlandse land- en tuinbouw is wereldwijd bekend om zijn kwalitatief hoogwaardige producten en levert een belangrijke bijdrage aan onze economie. Tegelijk staat Nederland voor grote maatschappelijke uitdagingen:

- Er zijn maatschappelijke zorgen over de mogelijke effecten van emissies van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten naar mens en milieu. De stand van de biodiversiteit in Nederland heeft volop publieke aandacht. Tegelijkertijd leiden nieuwe wetenschappelijke inzichten tot strengere beoordelingscriteria van

werkzame stoffen en een smaller pakket beschikbare gewasbeschermingsmiddelen. Voor telers wordt een afdoende bescherming van hun gewassen steeds complexer.
- Nederland heeft zich verbonden aan internationale sustainable development goals van de Verenigde naties, waaronder de aanpak van klimaatverandering en herstel en behoud van biodiversiteit. Nederland heeft zich verbonden aan het internationale klimaatakkoord. Daarin is afgesproken om de broeikasgasemissies, ook uit de landbouw, sterk terug te dringen en koolstof vast te leggen o.a. in landbouwbodems.
- Het belang van voldoende water van goede kwaliteit: Nederland zet in op het verbeteren van de waterkwaliteit van grondwater en oppervlakte water voor verbetering natuur en drinkwaterkwaliteit;
- Beter om te gaan met schaarse hulpbronnen als energie, water en fosfaat. Energiegebruik is ook gekoppeld aan beperken broeikasgasemissies. Efficiënter omgaan met water gaat om meer water vasthouden in landbouwbodems en efficiënte irrigatietechnieken. Gebruik maken van gewassen met minder waterbehoefte;
- Bijdragen in het voorkomen van wateroverlast (o.a. voortkomend uit klimaatverandering) door meer water vasthouden in landbouwbodems en robuustere gewassen;
- Voldoende en gezond voedsel (food), voer (feed) en non-food producten voor de NL markt en daarbuiten

Dit vraagt om een uitbreiding in denken; van voornamelijk productie maximalisatie door inzet van inputs (gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen) naar het denken vanuit weerbare planten en teeltsystemen die een bijdrage leveren aan onze leefomgeving.
Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven
De Nederlandse land- en tuinbouw is wereldwijd toonaangevend op het gebied van een efficiënte voedselproductie. Nederland is een internationaal marktleider en heeft een sterke innovatieve en hoogproductieve sector met een zeer efficiënte logistiek en verwerking. Onze kennisinstellingen voor onderzoek en onderwijs zijn van hoge kwaliteit, en we hebben een sterke traditie tot samenwerking tussen bedrijfsleven, overheid en kennisinstellingen.
De kennisinfrastructuur heeft echter aan volume ingeboet sinds de publieke bezuinigingen na 2008, waardoor in de hele kennisketen de verbindende lijnen dun zijn.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

- Onderzoeksagenda TKI A&F Klimaatneutraal (2018-2021)
- Onderzoeksagenda TKI T&U Duurzame Plantaardige Productie (2018-2021)
- Toekomstvisie gewasbescherming 2030, naar weerbare planten en teeltsystemen
- Ambitie Plantgezondheid 2030 LTO Nederland
- Actieplannen plantgezondheid BO Akkerbouw
- Nitraatrichtlijn / Kaderrichtlijn Water
- LNV bodemstrategie en –programma
- Kringlooplandbouw visie LNV: " Landbouw, Natuur en Voedsel: Waardevol en Verbonden"
- Nationale wetenschapsagenda: duurzame productie van gezond en veilig voedsel
- Deltaplan herstel biodiversiteit
- Klimaatagenda Akkerbouw van BO Akkerbouw
- visie "Grondgebondenheid als basis voor een toekomstbestendige melkveehouderij", https://edepot.wur.nl/446638
- Nationale bijenstrategie

Strategie internationaal
Nederland is internationaal goed ingebed in R&D netwerken. Er zijn goede contacten met DG agri waardoor een goede benutting van instrumenten als H2020, en EIP mogelijk is.

Innovatiesysteem en consortiumvorming
In dit MMIP wordt ingezet op een integrale aanpak, inclusief ontzuiling en stimulering van brede samenwerkingsvormen tussen partijen in de domeinen van AF, TU en water. De sterke publiek private samenwerkingsvormen binnen AF en TU vormen een uitstekende basis.

A.3 Hergebruik zij- en restromen

Doel
Doelstellingen van dit MMIP zijn om in 2030 organische rest- en zijstromen maximaal her te gebruiken als voedsel, diervoeder, of andere (non-food) producten. Ketens zijn optimaal ingericht en nieuwe verbindingen zijn gemaakt om eigen of elkaars zij- en reststromen te verwaarden. Milde technologieën zijn ontwikkeld om naast het produceren van het hoofdproduct ook waardevolle bijproducten te leveren die hoogwaardig verwaard kunnen worden. Dit maakt het optimaal hergebruik van biomassa voor nieuwe eiwitten of andere

producten mogelijk. Haalbare businesscases en slim ingerichte verbindingen maken het mogelijk voor alle partijen in de keten om rest- en zijstromen maximaal te verwaarden. Logistieke ketenregieconcepten zijn van belang voor optimale duurzame verbindingen. In 2050 kent het agri-food/tuinbouw systeem geen ongebruikte rest- en zijstromen meer. Waardevolle connecties met andere sectoren maken dat alle biomassa/land- en tuinbouwgewassen optimaal bijdragen aan de invulling van menselijke behoeften naar hoogwaardige voeding, duurzame non-food producten, medische toepassing, en waar mogelijk energie.

Deelprogramma's

Dit MMIP kent vijf deelprogramma's:

- Bioraffinage voor valorisatie van rest- en zijstromen
- Hergebruik zij- en reststromen binnen het teeltsysteem
- Valorisatie binnen de voedselketen, inclusief veevoer
- Valorisatie voor vervanging van fossiele grondstoffen
- Nieuwe technologieën en concepten

Prioriteiten

Organische rest- en zijstromen komen op alle plekken in de agrifood en tuinbouwketen vrij, van de primaire sector en de verwerkende industrie tot en met de retail, horeca, consumenten en steden. Hergebruik van de organische rest- en zijstromen op de verschillende plekken in de keten kan een andere insteek vragen. Daarom zijn verbindingen tussen de schakels, tussen sectoren en naar andere sectoren, noodzakelijk om hergebruik mogelijk te maken. Een integrale aanvliegroute met aandacht voor het bouwen van brede consortia, maar ook borging van kwaliteit en veiligheid, inpassen in bestaande productiesystemen, aandacht voor de logistiek, ondersteunen van cases en pilots en het aanpassen van wet- en regelgeving is noodzakelijk om de missie ten uitvoer te brengen. Daarnaast is het noodzakelijk de eigenschappen van reststromen via omzettingstechnologieën de juiste functionaliteit te geven voor de toepassing. Hiervoor zijn enzymatische en cleanlabel strategieën voor wat betreft de food en feed waardeketen noodzakelijk en enzymatische en/of (bio)chemische voor de non-food waarde keten.

Inleiding

De ambitie van de missie kringlooplandbouw is om in 2030 is in de land- en tuinbouw het gebruik van grondstoffen en hulpstoffen substantieel verminderd te hebben en alle eind- en restproducten zo

hoog mogelijk te verwaarden. De emissies naar grond- en oppervlaktewater zijn tot nul gereduceerd. Ecologische omstandigheden en processen vormen het vertrekpunt voor voedselproductie waardoor biodiversiteit zich herstelt en de landbouw veerkrachtiger wordt. Inzet van dit MMIP is om bij te dragen aan het maximaal gebruik van organische rest- en zijstomen als voedsel of diervoeder of non-foodproducten en optimaal hergebruik van biomassa voor nieuwe eiwitten of andere grondstoffen en producten.

Wat beoogt het MMIP?
Doelstellingen van dit MMIP zijn om in 2030 organische rest- en zijstromen maximaal her te gebruiken als voedsel, diervoeder, of andere (non-food) producten. Ketens zijn optimaal ingericht en nieuwe verbindingen zijn gemaakt om eigen of elkaars zij- en reststromen te verwaarden. Milde technologieën zijn ontwikkeld om naast het produceren van het hoofdproduct ook waardevolle bijproducten te leveren die hoogwaardig verwaard kunnen worden. Dit maakt het optimaal hergebruik van biomassa voor nieuwe eiwitten of andere producten mogelijk. Haalbare businesscases en slim ingerichte verbindingen maken het mogelijk voor alle partijen in de keten om rest- en zijstromen maximaal te verwaarden.
In 2050 kent het agri-food/tuinbouw systeem geen ongebruikte rest- en zijstromen meer. Waardevolle verbindingen met andere sectoren maken dat alle biomassa/land- en tuinbouwgewassen optimaal bijdragen aan de invulling van menselijke behoeften naar hoogwaardige voeding, duurzame non-food producten en waar mogelijk energie.

Het MMIP omvat de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk (van reeds bestaande technieken) voor:

- De ontwikkeling van (milde en schone) bioraffinageconcepten en technologie op verschillende schalen en verbonden met de verschillende waardenketens, die optimaal gebruik van gewassen en rest- en zijstromen voor voeding, veevoer en non-food mogelijk maken
- Ontwikkeling van nieuwe en aangepaste gewassen en grondstoffen die een meer optimale verwaarding mogelijk maken, binnen of buiten het teeltsysteem
- Ontwikkelen van concepten voor de "total use" van landbouwgewassen, rest- en zijstromen inclusief de toepassingsontwikkeling in de volgorde voedsel (zoals aantrekkelijke plantaardige eiwitalternatieven), diervoeder/non foodtoepassingen

- Ontwikkelen van technologieën en concepten die het verwaarden van organisch huishoudelijk en restaurant afval mogelijk maken.
- Ontwikkelen van concepten waarbij insecten, schimmels of micro-organismen worden benut bij omzetting van reststromen in hoogwaardige veilige voeding en/of andere producten, of waarbij schimmels of microorganismen bijdragen aan de milde bioraffinageconcepten
- Ontwikkelen van concepten die veilig benutten van diermeel en andere dierlijke reststromen als diervoeder of in andere producten mogelijk maken
- Ontwikkelen van concepten voor het verwaarden van recalcitrante biomassa zoals lignocellulose houdende zijstromen
- Ontwikkelen van nieuwe concepten en productietechnieken om organische moleculen voor voeding en non-food toepassingen te produceren, bij voorkeur uit reststromen die vrijkomen in de agri-food/tuinbouw productieketen.

Bij dit MMIP zijn biotechnologische technieken (sleuteltechnologie) van belang zoals bijvoorbeeld bij de cascadering van biomassafracties.

Deelprogramma's en fasering

Omdat de inzet van dit MMIP een breed gebied omvat is de MMIP onderverdeeld in vijf deelprogramma's:

- ***Bioraffinage voor valorisatie van rest- en zijstromen***
  - Ontwikkelen van flexibele bioraffinagetechnologieën die ook lokaal, bij het veld, kunnen worden ingezet
  - Het verbeteren van procesefficiëntie grondstofverwerking/duurzaam procesontwerp binnen de industrie
  - Het circulair inzetten van andere rest- en zijstromen binnen het agri-foodsysteem, zoals (bio)plastics teelthulpmiddelen en voedselverpakkingen.
- ***Hergebruik zij- en reststromen binnen het teeltsysteem***
  - Ontwikkelen van en inzetten op meer circulariteit binnen de teelt, ook voor onbedekte teelten[12], en het circulair inzetten van alle stromen, organische stromen, water, nutriënten[13], teelthulpmiddelen
- ***Valorisatie binnen de voedselketen, inclusief veevoer***
  - Technologie en concepten voor verwaarding rest- en zijstromen, het veilig inzetten binnen de voedselketen inclusief veevoer

[12] Er is een aparte MMIP glastuinbouw waar circulariteit binnen de glastuinbouw is uitgewerkt.

[13] Circulair inzetten van nutriënten en water is uitgebreid uitgewerkt in MMIP A1.

- Ontwikkeling technologie voor toepassing nieuwe grondstoffen/nieuwe en aangepaste gewassen voor meervoudige verwaarding, voor zowel food als non-food
- Valorisatie huishoudelijke reststromen en stromen uit retail, food-service en restaurants, waarbij de logistieke aspecten en veiligheid een belangrijke rol spelen

- ***Valorisatie voor vervanging van fossiele grondstoffen***
  - Ontwikkeling technologie toepassing groene grondstoffen/nieuwe en aangepaste gewassen voor meervoudige verwaarding, toepassen van recalcitrante biomassa reststromen.
- ***Nieuwe technologieën en concepten***
  - Ontwikkelen van cellular agriculture voor het produceren van hoogwaardige eiwitten en andere stoffen

De fasering is uitgewerkt in de tabel kennis en innovatie opgaven.

Lopend of recent afgesloten projecten en programma's

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma ***Bioraffinage voor valorisatie van rest- en zijstromen***				
	KB34 C&CP (2019-2022) - 1-3A-4 Lignocellulose composition; consequences for plants, fungi and downstream products - 1-3A-1 Biorefinery for cascading and valorisation of side streams	- AF Kleinschalige bioraffinage (niet goed van de grond gekomen) - TEBE116198 Coproductie van monochloorazijnzuur en energiedragers uit biomassa zijstromen - TEBE117013 Biopulping: Selectieve Lignocellulose Ontsluiting met Witrotschimmels - DFI AF 19008 Biorefinery	Grassa, verschillende projecten. TNO/WUR eiwitten uit suikerbietenloof TNO/Twence Voltachem productie van mierenzuur uit CO2 uit biomassa	
Deelprogramma ***Hergebruik zij- en reststromen binnen het teeltsysteem***				
	KB34 C&CP (2019-2022) subthema 2	- AF-17010 Bio-based, biodegradable nets for horti- and agriculture - AF-16165 Bio-based, biodegradable and sprayable cover material for horti- and agriculture - EU-BBI (AF cofi) UrBioFin, Valorisation	Tomatenstengels en loof voor verpakkingsdozen en trays	

		of municipal solid waste		
Deelprogramma ***Valorisatie binnen de voedselketen, inclusief veevoer***				
	KB34 C&CP (2019-2022), subthema 2 NWO-CCC	- AF-18050 Protein valorisation from brewers spent grain - AF-16072 Environmentally benign process for starch derivatisation - AF-16156 Circulaire bio-economie - WOT4 veiligheidsissues gebruik reststromen in diervoeding		
Deelprogramma ***Valorisatie voor vervanging van fossiele grondstoffen*** ….				
	KB34 C&CP (2019-2022) - 1-3B-1 Biobased materials and chemicals for relieving and replacing the fossil feedstock system NOW-CCC	- AF-18003 From sugar beet 'waste' to environmentally enhanced detergents - AF-18030 Processing of pectin and chitosan from side streams into functional and high-value ingredients - AF-17024 Non-food toepassingen van koolhydraten uit suikerbietenraffinage - AF-18015 Waste-to-Aromatics - AF-18062 Bio-gebaseerde formuleringen voor ingebedde railsystemen - AF-17029 Production and evaluation of furanic intermediates and aromatic derivatives from biomass - Onderzoeksactiviteiten van ECN/TNO	BBI flagships EU-Star4BBI WUR binderless boards en lignine in asfalt TNO/ECN/WUR Biorizon projecten. Bioaromaten	
Deelprogramma ***Nieuwe technologieën en concepten***				
	KB30-RUE (2015-2018) - Bio-alcoholen als platform voor de productie van biobased chemicaliën en advanced biofuels - Rubberpaardenbloem als multi-purpose gewas voor rubber en furan-based polymeren	- AF-16156 Microbial fatty acid PPP - AF15263-Harness bacterial platform for mono- and diterpene production		

	KB34 C&CP (2019-2022) - 1-3C-1 Recycling and end-of-life strategies for sustainability and climate			

Kennis en innovatieopgaven

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma ***Bioraffinage voor valorisatie van rest- en zijstromen***				
Flexibele bioraffinage	Oogsten en verwerken van diverse types biomassa tot stabiel (tussen)product. Effect op verdere verwerking biomassastroom. Ontwerpen unit of operation/scheidingsmechanismen die *compliant* zijn met kleine schaal	Ontwikkelen en ontwerpen totaalconcept op basis van grondstofmogelijkheden, technologische concepten, en eisen vanuit eindtoepassing. Ontwerpen scheidingstechnologie die op kleine schaal (bij het land) inpasbaar is. Ontwerpen van scheidingsconcepten die bij het land uitvoerbaar zijn en rekening houden met de water cirkel en terugbrengen van nutriënten	Ontwerpen lokale valorisatieroutes Ontwerpen van concepten om eerder te scheiden (bijvoorbeeld mobiele persen zoals bij fruit) Opzetten van lokale bioraffinage-faciliteiten voor producten en/of afvalstromen van telers Kwaliteitsborging van producten	Inpassing in lokale productiesystemen Uitwerken haalbare businesscases en onderbouwen/inrichten economische prikkels LCA/duurzaamheidsanalyses Ruimte in regelgeving (beleidsinnovatie) Kwaliteitsborgingssysteem
Biorafinage, procesefficiëntie grondstofverwerking/duurzaam procesontwerp industrie	In kaart brengen van degradatieprocessen (na oogsten), effect op verder processing en uiteindelijke producteigenschappen Ontwikkeling van nieuwe selectieve scheidingstechnologieën gekoppeld aan biomassa fysiologie en structuur. Vaststellen relatie lokale verwerking en terugvoeren reststromen en organische stofbalans bodem. Ontwerpen kringloopconcepten binnen de sector en tussen sectoren. Uitwerken total use concepten	Ontwikkelen en ontwerpen totaalconcept op basis van grondstofmogelijkheden, technologische concepten, en eisen vanuit eindtoepassing. Efficiënte voorbehandeling integreren met ontsluiting en raffinage Risicoanalyse voor voedsel- en voederveiligheid per processtap toegepast om reststromen voor bioraffinage te valoriseren/cascaderen Concepten waarbij insecten, schimmels en micro-organismen worden benut bij omzetting van	Techno-economische analyse van totaalconcept. Demo en pilot-faciliteiten. Experimenteerruimte voor combinatie/integratie biomassateelt en verwerken reststromen Ruimtelijke inpassing concepten voor dagverse verwerking	Bouwen van ketenbrede industriële consortia, via programmatische aanpak. Verbinden grotere en kleiner partijen Inpassing binnen en uitbouw vanuit bestaande agri-food industrie. Verwezenlijking aansluiting met andere sectoren inclusief chemie en materialen sector LCA/duurzaamheidsanalyses

		reststromen in hoogwaardige veilige voeding		
Bioplastics voor recycling	Sturen van biodegradeerbaarheid, chemische afbreekbaarheid, of inzetten van micro-organismen	Chemische/biologische recycling, biodegradatie van (bio)plastics w.o. voedselverpakkingen, actieve verpakkingen, teelt- en tuinbouwhulpmiddelen Innovatieve end-of-life concepten voor (bio)plastics	Proeftuin, demofaciliteiten Nieuwe concepten in toepassingen binnen de agri-food keten	Uitwerken haalbare businesscases en onderbouwen/inrichten economische prikkels
Deelprogramma ***Hergebruik zij- en reststromen binnen het teeltsysteem***				
Circulaire teelten *Deze lijn sluit op details aan bij A2, maar is meer ingestoken vanuit het verwaarden van de rest- en zijstromen*	Herontwerpen van teeltsystemen tot circulaire multimodale productiesystemen met verwaarding van zijstromen en gesloten kringlopen van productiemiddelen als randvoorwaarde.	Sluiten van kringlopen van productiemiddelen als water, nutriënten, substraten, plastics e.d. Kringlopen kunnen op bedrijfsniveau, in de keten, of in de regio (b.v. cascadering) gesloten worden. Verbeteren bruikbaarheid te verwaarden gewasresten door voorkomen ongewenste residuen op gewasresten en/of nabehandeling (ontwateren, ontzouten, verwijderen ongewenste stoffen, opmengen, co-composteren) Veilig hergebruik substraat, en verbetering (biologische) kwaliteit Inzetten zijstromen en mest voor bodem organische stof	Aansluiting op kringloopvraagstukken (ontzorging) van andere sectoren met betrekking tot o.a. energie, water, organische meststoffen Bijdragen aan ecosysteemdiensten en circulariteit door opslag en levering water aan derden	Wettelijke obstakels bij circulaire inzet Ondersteuning cases via kringloopdeals
Deelprogramma ***Valorisatie binnen de voedselketen, inclusief veevoer***				
Technologie en concepten voor verwaarding rest- en zijstromen	Analyse inhoudsstoffen en complexen van componenten (biociden, functional food ingredients, kleurstoffen, farmaceutica, etc.). Analyse en borging veiligheid bij gebruik van zij- en reststromen in diervoeding Nieuwe technieken voor zuivering en scheiding van waardevolle componenent (natuurlijke	Meervoudige verwaarding relatief natte biomassazijstromen, zoals gras, loof, etc, inclusief effecten van tijd op kwaliteit Inzet van insecten, algen en zeewier , en neervoudige verwaarding van deze grondstoffen, richting humane voeding, veevoer en non-food	Opschaling concepten Pilots, ondersteunen en inrichten nieuwe consortia Reststromen uit de agri-verwerking terug naar voeding demo's, exoerimenteerruimte, ten behoeve van aanpassen regelgeving Reststromen uit agri-verwerking terug naar het land, demo's	Wettelijke obstakels bij circulaire inzet Regelgeving voor terugbrengen stromen uit agriverwerking naar voeding Regelgeving voor gebruik reststromen agriverwerking terug naar land Ondersteuning cases via kringloopdeals Uitwerken haalbare businesscases en

	Deep Eutectic Solvents), superkritische extractie, superheated steam.) Electrochemie, biochemie en micro-organisen voor de valorisatie van broeikasgassen/afvalgassen en recalcitrante reststromen uit de agri-foodketen	Concepten die veilig benutten van diermeel als diervoeder mogelijk maken Opwaarderen van grondstofstromen (eiwitten, polysacchariden), die inzet voor voeding mogelijk maakt Verwijdering van pathogenen en microverontreinigingen (medicijnresten, hormonen, vlamvertragers, pesticiden, persoonlijke verzorgingsproducten, nanodeeltjes, microplastic etc.).		onderbouwen/inrichten economische prikkels LCA/duurzaamheidsanalyses
Ontwikkeling technologie voor toepassing nieuwe grondstoffen/nieuwe en aangepaste gewassen voor meervoudige verwaarding	Structuuranalyse. Structuur-eigenschappen- relaties. Veredeling voor specifieke toepassingen w.o. biobased en medisch Omzetting van hout/lignine naar food/food ingredients/feed Chemische en biokatalytische omzetting van CO_2 (naar methanol en mierezuur)	Concepten voor inzet van andere stromen, beplanting openbare ruimten binnen en buiten steden, slootmaaisel etc Meervoudige verwaarding bestaande en nieuwe gewassen incl biobased en medische toepassing Omzetting CO_2 of CH_4 uit de agri-verwerking in waardevolle componenten via bacteriën/microorganismen	Proeftuinen geteelde biomassa voor non-food toepassingen, regionaal ingebed Pilots hoogwaardiger toepassen gasvormige agri-reststromen	Ondersteuning cases via kringloopdeals Uitwerken haalbare businesscases en onderbouwen/inrichten economische prikkels LCA/duurzaamheidsanalyses
Valorisatie huishoudelijke reststromen en stromen uit retail, food-service en restaurants	Omzetting organische fractie in food(ingredients) en non-food componenten Technologieën om organische stof en inhoudsstoffen uit huishoudelijk afval te scheiden en benutten	Verwaarding retail, foodservice en restaurant afval Voedelveiligheidsaspecten Gebruik GFT als fermentatiegrondstof Terugwinning nutrienten Verwijdering van pathogenen en microverontreinigingen (medicijnresten, hormonen, vlamvertragers, pesticiden, persoonlijke verzorgingsproducten, nanodeeltjes, microplastic etc.).	Organisatie van techniek en logistiek om hoogwaardiger verwaarding mogelijk te maken Logistieke aspecten van inzameling, sortering en opslag Experimenteerruimte ook om veiligheid te borgen	Wettelijke obstakels bij circulaire inzet Ondersteuning cases via kringloopdeals Haalbare busnesscases en economische prikkels
Deelprogramma ***Valorisatie voor vervanging van fossiele grondstoffen***				
Ontwikkeling technologie toepassing groene grondstoffen/nieuwe en aangepaste gewassen voor meervoudige verwaarding	Ontwikkeling microorganismes, enzymen en katalysatoren voor biotechnologische en katalytisch-chemische conversie (bijv C5 en C6	Ontwikkelen energie- en resource efficiente technologieën voor ontsluiting lignocellulose Ontwikkelen concepten voor valorisatie	Economisch rendabele business cases	Leggen van verbindingen tussen sectoren LCA/duurzame concepten

	suikers, CO_2, CH_4, plantaardige oliën). Lignocellulose-complexen, chemie en fysica ontrafelen. Opbouwen van inzicht in en ontwikkeling van basis concepten ((electro)chemisch/biochemisch) voor ontsluiting en omzetting van alle componenten uit lignocellullose zijstromen en andere recalcitrante biomassa Nieuwe efficiënte processen en katalysatoren ((electro)chemisch/biologisch).	van zijstromen die niet neer geschikt zijn voor voeding of veevoer. Aansluiting met volgende omzettingsstappen en tussenproducten verwezenlijken Valorisatie van alle waardevolle componenten en daarmee uitstellen van de optie "inzetten voor energie"		
Deelprogramma ***Nieuwe technologieën en concepten*** …				
Cellular agriculture	Productie van melk/casein vanuit fermentatie/recombinante microorganismen	Cellular agriculture voor eiwitproductie voor food en feed.	pilots	Regelgeving / novel food

Positionering MMIP

Dit MMIP heeft interactie met missie A1 en A2 met name op het gebied van circulaire teelten en met het thema duurzame veehouderij (D3). Daarnaast is er een sterke interactie met de KIA Energie en Klimaat, waar bioraffinage, valorisatie van biomassa en het vervangen van fossiele grondstoffen door producten uit biomassa belangrijke speerpunten zijn.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

Sterkte: Het agrobedrijfsleven speelt een belangrijke rol in de ontwikkeling van technologie voor het valoriseren van rest- en zijstromen. Betere valorisatie van reststomen binnen de agri-food industrie is interessant voor veel bedrijven. In het huidige topsectorportfolio zijn verschillende bedrijven actief die hun zijstromen (willen) opwaarderen. Voorbeelden zijn aardappelverwerkende industrie, suikerverwerkers met valorisatieroutes voor suikerbietenpulp, en meer specifiek valorisatieroutes voor pectines en valorisatieroutes voor bierbostel.
Zwakte: de meer kleinschalige processen komen moeizaam op gang. Er zijn wel enkele voorbeelden van eerste verwerkingsstappen bij de boer (bijvoorbeeld fruitsappen) die een haalbare businesscase opleveren, maar dit zijn er slechts enkele. Dit is een probleem dat speelt in heel Europa en gaat over een belangrijk deel

van de agrofoodsector. Goede voorbeelden uit Nederland zouden EU breed kunnen helpen.
Grote agrofoodbedrijven en coöperaties zijn wel bekend, en spelen een belangrijke rol in de topsector en de innovatieve ontwikkelingen, maar is er ook voldoende ruimte voor de kleinere bedrijven?

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's
Internationaal: Circular Economy Package / Action Plan (EU, 12-15)
EU Bioeconomy Strategy
Nationaal: Transitie – agenda biomassa & voedsel (jan 2018) waar reeds een aantal belangrijke ontwikkelingen benoemd worden.
Visie Landbouw, Natuur en Voedsel: Waardevol en Verbonden
Programma voedselverspilling

Strategie internationaal
Het ministerie van LNV wil internationaal voorloper worden op gebied van kringlooplandbouw.
In NW-Europa zijn er vergelijkbare ontwikkelingen, waarbij bijvoorbeeld Noord-Frankrijk een proeftuin is voor nieuwe circulaire concepten en het verwaarden van de biomassagrondstoffen naar zowel voeding en veevoer als andere hoogwaardige non-food producten. Het is van belang gezamenlijk via Europese samenwerkingsprojecten op te trekken. Ook voor het verder uitrollen van de meer kleinschalige activiteiten is internationale samenwerking noodzakelijk.

Innovatiesysteem en consortiumvorming
Partijen die relevant zijn voor dit MMIP zijn onder andere: Landbouworganisaties (o.a. LTO Noord, ZLTO, LLTB), en individuele landbouwbedrijven, Agrofoodbedrijven en coöperaties (Cosun, Avebe, Unilever, Friesland Campina, Heineken, etc), de retail en food services, bedrijven uit de Topsector Chemie, technologieproviders, Transport en logistiek, Branche Vereniging Organische Reststoffen (BVOR), Belangenvereniging Composteerbare Producten Nederland (BCPN), Verwerking dode dieren en slachtafval (cat 1 en 2) (Rendac), Instanties zoals waterschappen, Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten etc. die reststromen produceren uit beheerstaken. Verder is aansluiting met de NWO/NWA agenda noodzakelijk.

Kenmerk van veel van de lopende ontwikkelingsprojecten is dat er in de projecten een samenwerking is tussen de bedrijven die hun reststromen willen valoriseren en bedrijven die verderop in de keten

actief zijn en de ontwikkelde producten verder kunnen vermarkten. Een dergelijke inrichting van de projecten garandeert tevens dat bij technologisch succes er al een stuk van de keten staat. Dit vereenvoudigt het verder trekken van de innovaties naar de markt.
Partijen verderop in de keten zijn echter wel vaak in de minderheid waardoor er vaak vooral een push is vanuit de aanbiedende partij. Als de marktvraag duidelijker is lopen dit soort trajecten beter.
Om de innovaties van deze missie vorm te geven en te komen tot haalbare businesscases is multidisciplinaire samenwerking essentieel. Oplossingen bestaan uit een verbonden waaier aan technologieën en spelers en zullen alleen van de grond komen als over de hele breedte wordt samengewerkt. Mogelijkheden om consortia te vormen die over sectoren heen gaan is dus essentieel.

A.4 Eiwitvoorziening voor humane consumptie uit (nieuwe) plantaardige bronnen

Doel
Doelstelling van dit MMIP is om in 2030 de verhouding dierlijke/plantaardige eiwitten in het humane dieet te veranderen in de richting van 40/60, en de het aandeel regionaal geproduceerd eiwit voor melkvee te verhogen door de ontwikkeling en verbetering van plantaardige en nieuwe eiwitbronnen en het ontwikkelen van duurzame, gezonde en door de consument geaccepteerde plantaardige producten.

Deelprogramma's
Plantaardige eiwitbronnen: verbeteren, verhogen en diversificatie van agrarische productie van eiwitrijke gewassen. Begrip is nodig over welke gewassen geschikt zijn om in Nederland te telen, met voldoende opbrengst, en met de gewenste functionaliteit voor verwerking tot diervoeding en consumentenproducten.
Nieuwe eiwitbronnen zoals algen, zeewier, zoetwaterplanten en insecten: deze nieuwe eiwitbronnen kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan het verhogen van het aandeel plantaardig eiwit, evenals het gebruik van bacteriële processen. Productie, verwerking, toepassing, veiligheid en consumentenacceptatie zijn belangrijke onderwerpen, waarbij de duurzaamheid en de economische aspecten belangrijk zijn.
Circulaire aanpak voor eiwitten: gebruik biomassa voor (nieuwe) eiwitten, duurzaamheid, mobilisatie en samenwerking. Hiervoor is het

noodzakelijk dat een afwegingskader ontwikkeld wordt voor optimaal gebruik van eiwit en andere componenten uit zij- en reststromen in voedsel, diervoeder, materialen en energie keten.
Procesketen van gewas tot product: voor het bevorderen van de consumptie van plantaardige producten, is het belangrijk dat er goede processen en producten ontwikkeld voor na-oogstbehandelingen, fractioneren en verwerken van verschillende eiwitbronnen en –fracties tot producten met optimale kwaliteit (smaak, textuur, gezondheid, veiligheid) waarbij consumentenacceptie en duurzaamheid essentieel zijn.
Consumentengedrag en gezondheid: consumentenwaardering van (nieuwe) eiwitbronnen en plantaardige eiwitalternatieven is belangrijk om de gewenste verschuiving in het voedselpatroon te bereiken. Kennis van consumentengedrag (o.a. acceptatie, voorkeuren) en nutritionele waarde en gezondheidseffecten is nodig ten aanzien van nieuwe eiwitbronnen en de gewenste producteigenschappen.

Prioriteiten

- Diversificatie en aanpassen bestaande (en nieuwe) gewassen
- Teelt, productie en verwerking nieuwe eiwitbronnen (zeewier, algen, zoetwaterplanten, blad, insecten, fermentatie, microbiële eiwitten)
- Borging veiligheid nieuwe eiwitbronnen, gebruik van reststromen en biomassa
- Gebruik van reststromen en food waste als eiwitbron
- Assessment van duurzaamheid van eiwitbronnen, verwerking en circulaire aanpak
- Innovaties in na-oogst behandeling, fractionering en verwerking
- Productkennis en verbetering eiwitalternatieven
- Consumentenacceptatie van (nieuwe) eiwitbronnen en plantaardige eiwitproducten
- Gezondheid (eiwitbron, impact verwerking): nutritionele waarde, vertering en opname.

Inleiding

In 2030 bestaat de eiwitvoorziening voor humane consumptie voor een belangrijk deel uit (nieuwe) plantaardige bronnen en komt het eiwit voor melkvee voor 65% van het eigen bedrijf.
Inzet van dit MMIP is om maximaal bij te dragen aan het verhogen van het aandeel plantaardig eiwit in het humane voedselpatroon. Het streven is om de verhouding dierlijke/plantaardige eiwitten in het humane dieet te veranderen in de richting van 40/60. Het uitgangspunt is een gezonde balans tussen dierlijke en plantaardige

eiwitten conform de aanbevelingen van de Gezondheidsraad, die voor de burger praktisch terug te vinden zijn in de Schijf van Vijf. De betere balans biedt bovendien veel kansen voor een meer duurzame landbouw en draagt bij aan het vergroten van het aandeel eiwit van het eigen bedrijf/uit Europa voor melkvee.

Hiervoor zal dit MMIP ingedeeld worden in de volgende lijnen:
- Plantaardige eiwitbronnen: verbeteren, verhogen en diversificatie van agrarische productie
- Nieuwe eiwitbronnen zoals algen, zeewier, zoetwaterplanten en insecten
- Circulaire aanpak voor eiwitten: gebruik biomassa voor (nieuwe) eiwitten, duurzaamheid, mobilisatie en samenwerking
- Procesketen van gewas tot product
- Consumentengedrag en gezondheid

Plantaardige eiwitbronnen: verbeteren, verhogen en diversificatie van agrarische productie van eiwitrijke gewassen zoals peulvruchten is nodig om de ambitie te bereiken. Begrip is nodig over welke gewassen geschikt zijn om in Nederland te telen, met voldoende opbrengst, en met de gewenste functionaliteit voor verwerking tot diervoeding en consumentenproducten. Hierbij is veredeling en diversificatie belangrijk. Verwerking van deze gewassen is een integraal onderdeel om te zorgen voor een ontwikkelde supply chain waarmee de eiwitbronnen duurzaam beschikbaar komen.

Nieuwe eiwitbronnen zoals algen, zeewier, zoetwaterplanten en insecten: deze nieuwe eiwitbronnen kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan het verhogen van het aandeel plantaardig eiwit. Meer recent zijn er ook ontwikkelingen om eiwitten via bacteriële processen te produceren. Productie, verwerking en toepassing zijn belangrijke onderwerpen, waarbij de duurzaamheid en de economische aspecten belangrijk zijn. Daarnaast is borging van de veiligheid essentieel en consumentenacceptatie van deze nieuwe eiwitbronnen.

Circulaire aanpak voor eiwitten: gebruik biomassa voor (nieuwe) eiwitten, duurzaamheid, mobilisatie en samenwerking. Hiervoor is het noodzakelijk dat een afwegingskader ontwikkeld wordt voor optimaal gebruik van eiwit en andere componenten uit zij- en reststromen in voedsel, diervoeder, materialen en energie keten. Waarbij klimaateffecten en andere duurzaamheidseffecten van biomassa ketens gebruikt voor eiwitverwaarding essentieel zijn.

Procesketen van gewas tot product: voor het bevorderen van de consumptie van plantaardige producten, is het belangrijk dat er goede processen en producten ontwikkeld worden met de gewenste eigenschappen. Innovaties zijn nodig ten aanzien van na-oogst behandelingen (fractionering, winning, stabilisatie/houdbaarheid), nieuwe verwerkingsprocessen (o.a. structureren, gebruik verschillende eiwitbronnen en –fracties, verbeteren productkwaliteit), waarbij consumentenacceptie en duurzaamheid essentieel zijn.
Consumentengedrag en gezondheid: consumentenwaardering van (nieuwe) eiwitbronnen en plantaardige eiwitalternatieven is belangrijk om de gewenste verschuiving in het voedselpatroon te bereiken. Kennis van consumentengedrag (o.a. acceptatie, voorkeuren) is nodig ten aanzien van nieuwe eiwitbronnen en de gewenste producteigenschappen. Belangrijk is dat de gezondheid van de plantaardige eiwitalternatieven onderzocht wordt.
Dit MMIP heeft directe verbanden met de MMIP Zeewier.

Wat beoogt het MMIP?
Doelstelling van dit MMIP is om in 2030 de verhouding dierlijke/plantaardige eiwitten in het humane dieet te veranderen in de richting van 40/60, en de het aandeel regionaal geproduceerd eiwit voor melkvee te verhogen door de ontwikkeling en verbetering van plantaardige en nieuwe eiwitbronnen en het ontwikkelen van duurzame, gezonde en door de consument geaccepteerde plantaardige producten.

Inzet van dit MMIP is:
- Het voedselaanbod aan consumenten is substantieel duurzamer & gezonder (verbeterde balans plantaardig/dierlijk etc.).
- De verhouding dierlijke/ plantaardige eiwitten in het dieet verandert in de richting van 40/60.
- Het eiwit voor melkvee komt voor 65% van het eigen bedrijf.
- Minimaal 50% van eiwitrijke grondstoffen komt uit Europa
- Eiwitrijke grondstoffen van buiten Europa zijn gegarandeerd duurzaam;
- Optimaal gebruik van biomassa voor nieuwe eiwitten en andere grond- en bouwstoffen.

Het MMIP omvat de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie, kennisverspreiding en maximale implementatie in de praktijk voor:

- Diversificatie in plantaardige eiwitten zodat een betere en grotere variëteit van gewassen beschikbaar komt voor teelt in Nederland, die eiwitten leveren met de juiste functionaliteit, met voldoende opbrengst
- Nieuwe, duurzame eiwitbronnen, geschikt voor humane consumptie
- Innovaties in nieuwe plantaardige producten die het gebruik van dierlijke eiwitten zoals vlees-, vis-, melk- en ei-eiwitten verminderen
- In kaart brengen van de gevolgen voor de voedselketen van de voorziene eiwittransitie (landbouw, industrie en consumenten)
- Kwantificering van effecten op duurzaamheid in gehele keten (grondstoffen, halffabricaten, consumentenproducten)
- Verhogen van inzicht in de nutritionele waarde en voedselveiligheidsaspecten van plantaardige en nieuwe eiwitalternatieven.

Deelprogramma's en fasering

Lopend of recent afgesloten projecten en programma's

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma 1: Plantaardige eiwitbronnen				
	KB-26-008-001 - Aquatic biomass for the circulair & biobased economy	AF-18037 Sorghum als derde gewas in de melkveehouderij	Soja-projecten Agrifirm (teeltonder-steuning, onder andere in Noord Nederland	
Deelprogramma 2: Nieuwe eiwitbronnen				
	AF-EU-16002 Micro Algae Biorefinery KB1-2B.1 Role of insects in novel production cycles NWA Insects as sustainable feed for a circular economy: interdisciplinary approach to value chain development (INSECTFEED)	AF-15220 Borgen veiligheid insecten AF-16178 Insectenproducten als innovatieve veevoerconcepten: functionele eigenschappen en voedselveiligheid KB-30-003-011 - Protein Transition (InsectParc+)Trends towards 2050 predict an increased demand for animal-derived protein sources for human foods KB-34-006-001 Insects & novel production cycles		
Deelprogramma 3: Circulaire aanpak voor eiwitten				
	AF-EU-16005 NoAW	AF18017 Protein Compass		

		AF-18050 Protein valorisation from brewers' spent grain		
Deelprogramma 4: Procesketen van gewas tot product				
		AF16011 Plant Meat Matters AF17002 Plant4Texture AF18057 Replacing dairy protein in cheese KB-26-008-002 Improvement of maize biomass for a circular and Biobased Economy		
Deelprogramma 5: Consumentengedrag en gezondheid				
	AF15269 Future Proteins	AF-16504 Plant protein & muscle AF 18012 Protein processing, digestion and immunogenicity		

Kennis en innovatieopgaven

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma 1: Plantaardige eiwitbronnen				
Diversificatie en aanpassen bestaande (en nieuwe) gewassen	- veredelen, selectie van rassen en sturen via agronomie op: (1) functionaliteit en eigenschappen eiwitten (voor processing, nutritionele waarde, functionaliteit in producten; (2)verhogen opbrengst, (3) verhogen eiwitgehalte - exotische gewassen aanpassen aan teelt in NL en Europa - N fixatie - bebruik maken van genetische modificatie (zoals CRISPR-Cas) voor bovenstaande doelen - Synthetische biologie (en plant 'bouwen') - Impact op het microbioom van de mens en van de bodem (teelt) - Interactie tussen veredelingsdoelen en processesingswensen in een vroeg stadium - koppeling van teelt met bodemgezondheid,	- opbrengst en eiwitkwaliteit in Nederlandse omstandigheden - productkwaliteit en off-flavours -gewassen met betere eiwit extractie en processing - food-feed interactie - financiering voor 'field-labs' en uitbreiding 'Green Deals' om MKB ook te ondersteunen bij de ontwikkelingen. - fermentatie van eiwitextracten om ANFs en off-flavours kwijt te raken - meerdere eiwitgewassen in relatie tot biodiversiteit en bodemgezondheid (no tilage) - (Biologische) gewasbeschermingsonderzoek synchroon laten lopen met veredeling eiwitgewassen	- praktijk experimenten opbrengst, kwaliteit - verdienmodel - waardecreatie in de keten is belangrijk - stikstofbinding omzetten naar hoogwaardig eiwit -eiwitproductie moet in de KRINGLOOP passen: bv nutriënten uit mest/ urine omzetten in kroos of algen -praktijkproeven en grootschalige teelt om de extractie op grote schaal te kunnen uitvoeren	- bevorderen teelt plantaardige eiwitrijke rassen

	-vruchtbaarheid en biodiversiteit			
Deelprogramma 2: Nieuwe eiwitbronnen				
Nieuwe eiwitbronnen: zeewier, algen, zoetwaterplanten (eendenkroos, Azolla), blad, insecten	- teelt, kweek en veredeling van nieuwe eiwitgewassen - focus selectie en veredeling op opbrengst verhoging en duurzame teelt - focus op P (fosfaat) en systemen waar herwinbaarheid mogelijk is (aquatische teelt) - eiwit via bacteriële processen (fermentatie) - eiwitproductie via biotechnologie - swill (dierlijke eiwitten)	-ontwikkeling robuuste teelt/productie systemen voor nieuwe eiwitbronnen - consumenten acceptatie en randvoorwaarden - circulaire landbouwconcepten (teelt op verdunde mest/ afvalwater) - onderzoek van downstream processen van bacterieel eiwit	-praktijk experimenten opbrengst en kwaliteit -ketenintegratie (grondstoffen, meervoudig gebruik) -duurzaamheid nieuwe eiwitbronnen (LCAs, link met circulariteit, kosten-baten) -communicatie met maatschappij/ consumenten over duurzaamheid. -scenario ontwikkeling voor inpassing/opschaling nieuwe eiwitbronnen en doorrekening van effecten op duurzaamheid (m.n. klimaat, landgebruik, inkomen)	- hoe zorgen we er voor dat er meer betaald wordt voor nieuwe eiwitten? - economische opbrengst/ ha is bepalend voor wat de boer zal telen - primaire productie stimuleren (verdienmodel voor de boer)
Verwerking nieuwe eiwitbronnen	-inzicht in verbetermogelijkheden verwerking nieuwe eiwitbronnen: efficiëntie, duurzaamheid, productkwaliteit. -openbreken van algen onder mildere, niet toxische condities	-fractionering en eiwitwinning -kleur, geur, smaak nieuwe eiwitten - productkwaliteit en off-flavours na verwerking -ontwikkeling efficiënte verwerkingsmethoden (functionaliteit, zuiverheid)	- optimaliseren verwerking en transport: ontwateren, houdbaarheid, (levende) insecten.	-wet- en regelgeving voor gebruik nieuwe eiwitbronnen
Borging veiligheid nieuwe eiwitbronnen	- toxische stoffen, antinutritionele factoren, contaminanten -kennisontwikkeling metabole componenten en potentiële toxiciteit -bodempathogenen en bederfmicroorganismen en nieuwe eiwitbronnen - insecten: veiligheid/overdracht van ziektekiemen, toxische stoffen en pathogenen - insecten: dierenwelzijn insecten teelt i.r.t. EU wetgeving	- veiligheid reststromen als kweekmedium - verwerking en veiligheid eiwitfracties - afwegingskader en kennis EFSA dossier	- demonstratie in praktijk	- protocollen en richtlijnen - wet- en regelgeving tav veiligheid nieuwe eiwitbronnen
Deelprogramma 3: Circulaire aanpak voor eiwitten				
Reststromen, food waste en eiwitten	-eiwitten in reststromen (welke, hoeveel?) - ontzouten - eiwit extractie en verwerking (groot- en kleinschalig) - fermentatie als methode om restromen op te waarderen	- in vitro en in vivo verteerbaarheid/ conversie nieuwe eiwitbronnen bij landbouwhuisdieren en insecten. - non-food toepassingen - benutting N en mineralen (P, K)	-evaluatie kansrijke concepten met stakeholders -consumenten-acceptatie in binnen- en buitenland	- adviezen voor nieuwe circulaire voedselsystemen

	- fractionering tot deel geschikt voor humane en deel voor diervoeding - inzicht in methodiek van bepalen (eiwit-) conversie bij insecten	- volledige verwaarding (bioraffinage), welke functionaliteit is economisch te maken?		
Assessment van duurzaamheid	- ecologische winst duurzaam geproduceerde eiwitten in de voedselketen - analyse CO2 footprint van winning uit reststromen t.o.v. andere mogelijke grondstoffen - hoe verhoudt de duurzaamheid van de alternatieve verwaarding zich t.o.v. de gangbare verwaarding? - vergelijking duurzaamheid productie via biotechnologie vs landbouw	- data integratie, vergelijkende scenario studies - duurzaamheids-analyses (m.n. effecten/ trade-offs klimaat, landgebruik, inkomen)	-evaluatie duurzaamheid in (regionale) praktijkconcepten (m.n. trade-offs klimaateffecten, kostenbaten, landgebruik, biodiversiteitseffecten)	
Borging veiligheid en wetgeving	- toxische stoffen, antinutritionele factoren, contaminanten, allergenen - risicoanalyse pathogenen (o.a. varkenspest)	- veiligheid reststromen - houdbaarheid en productveiligheid - wat moet er veranderen in wetgeving om reststromen hoogwaardiger te kunnen verwaarden? Leidt dit tot een veilige keten? Wat zijn bij-effecten? Wat is mogelijke effectiviteit?	- demonstratie veilige diervoeders op basis van swill - remmende wetgeving: verstoring door SDE+ - experimenteerruimte (buiten wettelijke beperkingen om; wel aantoonbaar veilig)	- protocollen en richtlijnen
Ketenanalyse	- afweging van extractie opgezuiverde ingrediënten vs. totaal product. - afweging grootschalig gecentraliseerd (met intensieve processing) en kleinschalig decentraal (low-tech) - valorisatie van nevenstromen. -kosteneffectieve methoden - balans eiwitproductie en –verbruik per regio	- efficiënte logistieke systemen (verzamelen reststromen, extractie centraal-decentraal) - voedselsystemen voor duurzame eiwitten - regionale concepten - valorisatie swill voor diervoeders - opzetten van living-labs	- praktijkconcepten: fieldlabs (boer/mkb/onderwijs met verdienmodel) - praktijkconcepten: microschaal (boerderij) en macroschaal (ketenniveau) - consortia met diervoeder bedrijven - praktijkexperimenten	
Deelprogramma 4: Procesketen van gewas tot product				
Na-oogst behandeling en fractionering	- scheidingsmethoden eiwitten - na-oogst behandeling en eiwitgehalte en -kwaliteit - functioneel fractioneren: Technische functionaliteit, aminozuursamenstelling	-- mildere en energiezuinige scheidingstechnologieën -evaluatie van niet-zuivere fracties -hergebruik water (rest mineralen, veiligheid) -behoud van functionaliteit bij processing (voorkomen van denaturatie)	-demonstratie in praktijk op pilotschaal (100 kg schaal, 1000 kg schaal, food grade) - kleinschalige methoden voor lokale verwerking: deelverwerking, ontwateren, wat kan terug naar het land - fieldlabs	- wet- en regelgeving voor lokale verwerking - steun voor rol MKB in fieldlabs

		- minimal processing met behoud van functionaliteit -verdienmodellen, ook in relatie tot wereldmarkt -natuurlijke conservering van eiwitfracties		
Nieuwe verwerkingsmethoden	- eiwitfunctionaliteit en processing - grondstofkwaliteit, processing, producteigenschappen - nieuwe functionaliteit eiwitten door processing of enzymatische behandeling	- innovatieve verwerkingstechnieken - ingrediënten en processing i.r.t. gezondheid, veiligheid en productkwaliteit - niet/weinig geraffineerde grondstoffen - enzymen en fermentatie -textureerbaarheid van verschillende plantaardige eiwitten	-keten experimenten op realistische schaal -duurzaamheid -integratie met dierlijke eiwitketen (kwaliteit, toepassingen op boerderij) - field labs, kleinschalige verwerking, lokale verwerking - demonstratie in praktijk op pilotschaal (100 kg schaal, 1000 kg schaal, food grade, baby grade)	- stimuleren start ups en bedrijven tot ontwikkeling goede consumenten-producten - steun voor rol MKB in fieldlabs
Productkennis en verbetering eiwitalternatieven	- interactie ingrediënten - smaak en off-flavour - functionaliteit ingredienten en combinaties -heterogeniteit plantaardige eiwitten m.b.t. functionaliteit	- interactie ingrediënten en voorspellen functionaliteit - nieuwe ingrediënten, additieven, enzymen, fermentatie - producteigenschappen: smaak, textuur , off flavour - houdbaarheid en productveiligheid - weinig gefractioneerde eiwitfracties -producteigenschappen combinaties dierlijke en plantaardige eiwitten	- modelconcepten voor plantaardige eiwitproducten - verwerking en gebruik eiwitalternatieven bij consument en out-of-home - kosteneffectieve methoden: waardecreatie en verdienmodellen - food grade verwerkingsmogelijkheden	- stimuleren start ups en bedrijven tot ontwikkeling goede consumenten-producten -richtlijnen voor houdbaarheid en voedselveiligheid
Deelprogramma 5: Consumentengedrag en gezondheid				
Consumentenwaardering	- consumenten acceptatie van alternatieve eiwitbronnen en plantaardige eiwitalternatieven	- consumenten-wensen ten aanzien van productkwaliteit en verwerking - concepten en methoden ter bevordering van consumptie, ook via scholen - vraag creëren met aantrekkelijke producten	- demonstratie en toetsen van modelconcepten en consumentengedrag - inschakelen multimedia	- adviezen ter bevordering consumptie plantaardige eiwitten - nationale, science-based, campagne - stimulering duurzame consumptie van bijv. fiscale maatregelen
Gezondheid	- vertering en nutritionele waarde nieuwe eiwitten - fysiologische effecten, w.o. immunologische effecten en allergeniciteit - perspectief van totale (over)consumptie van eiwit, dus niet alleen verhouding dierlijk/plantaardig	- impact verwerking en processing op nutritionele waarde en fysiologische effecten van nieuwe eiwitten - anti-nutritionele componenten, ook t.a.v. darmfunctioneren en –immuniteit - effecten van de voedingsmatrix consumptie	- positie van plantaardige eiwitalternatieven in een gezond voedingspatroon - integratie wet- en regelgevingseisen in productontwikkeling: 'reversed thinking'	- adviezen gezondheid en plantaardige eiwitalternatieven -richtlijnen voor voedselveiligheid

		- kwantificeren nutritionele impact bijv. via PDCAAS/DIAAS - koppeling aan personalised nutrition - anabole potentie van niet-dierlijk eiwit - aandacht voor micronutriënten		

Positionering MMIP

Dit MMIP heeft interactie met de sectoren Landbouw, Tuinbouw, Voedingsindustrie en Water en Gebouwde omgeving en beoogt een verschuiving van het voedingspatroon naar een groter aandeel plantaardig eiwit, waarbij de eiwitten bij voorkeur regionaal geteeld worden. Zo'n verandering kan ook bijdragen aan een grotere mate van zelfvoorziening, wat in de huidige instabiele wereld van groot belang kan worden. Nederland wordt bij een verschuiving minder afhankelijk van eiwitimporten, met als gevolg minder grote mestoverschotten. Een verschuiving in dieet is een voorwaarde voor een meer duurzame landbouw.

De gewenste verandering is alleen mogelijk als een ketenbrede aanpak gekozen wordt waarin alle betrokken sectoren samenwerken zodat eiwitgewassen duurzaam geteeld worden, met de juiste eiwitfunctionaliteit voor verwerking en toepassing in plantaardige eiwitalternatieven en deze alternatieven geaccepteerd worden door de consument en passen in een gezond voedselpatroon. Op deze manier kunnen de gewenste ambities bereikt worden en innovaties daadwerkelijk geïmplementeerd worden.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

Momenteel worden plantaardige eiwitalternatieven voor een groot deel geproduceerd met (geïmporteerde) soja, die gefractioneerd wordt tot eiwitisolaat en –concentraat. Deze eiwittransitie biedt een kans voor de Nederlandse agrifoodsector om lokale en regionale eiwitbronnen te ontwikkelen en met een integrale bioraffinage-aanpak duurzaam te verwerken tot gezonde, duurzame en lekkere producten. Nederland is internationaal marktleider en heeft een sterke, innovatieve en hoogproductieve sector met een zeer efficiente logistiek en verwerking. Onze kennisinstellingen zijn world class en de publiek-private samenwerking tussen bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheden werkt goed. De ambitie in dit MMIP is om deze kennispositie en de positie van het bedrijfsleven te verbeteren en in te zetten voor een verhoging van het aandeel plantaardig eiwit in het voedingspatroon.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

- Missie Landbouw, Water, Voedsel
- LNV visie
- NWA
- Nationaal Preventieakoord
- KIA's Topsectoren A&F, T&U, W&M en LSH
- HighTech2FeedtheWorld

Strategie internationaal

Nederland is internationaal goed ingebed in R&D netwerken (ETP's, JPI's en onderliggende instrumenten via zowel DG RTD als DG Agri in de EU. Hiermee is er een goede en uit te bouwen basis voor kennisontwikkeling en kennisdeling in internationaal perspectief. Inzet op verduurzaming en gezondheid moet leiden tot een betere concurrentiepositie.

Innovatiesysteem en consortiumvorming

Publiek-Private Samenwerking is een kernbegrip in het Agridomein, in en met een wereldwijd leidende kennisinfrastructuur, een actief MKB, en een fors aantal R&D locaties van grote bedrijven. In dit MMIP wordt ingezet op stimulering van brede samenwerkingsvormen tussen partijen, kennisdisseminatie van de ontwikkelde kennis en toepassing van de resultaten.
Verschillende bedrijven zijn actief in dit domein, in de verschillende onderdelen van de keten (teelt, verwerking, ingrediënten, technologie, consumentenproducten. De Green Protein Alliance is een samenwerkingsverband van 25 bedrijven die zich richt op het bevorderen van de eiwittransitie.

Kennisinstellingen (TO2-instituten, universiteiten, KNAW-instituten, Hogescholen) dragen bij in de vorm van (nieuwe) kennis die nodig is om innovaties te realiseren me name in het meer fundamentele en toegepaste onderzoek. Fundamentele onderzoekprogramma's worden gefinancierd door NWO en/of middelen voor kennisbasisonderzoek van de TO2-instituten. Het meer toegepaste en praktijkonderzoek wordt o.a. gefinancierd in de vorm van publiek-private samenwerking waarbij o.a. TKI-Agri & Food en TKI- BBE een faciliterende rol vervullen. Een van de investeringsthema's van Wageningen University & Research is eiwit transitie, wat direct aansluit bij het onderwerp van deze programmeringsstudie.

Van belang is ook samenwerking op nationaal niveau met betrokkenheid van de provincies. Zo is de provincie Flevoland een programma gestard 'Growing Green proteins'[1] wat moet resulteren

in nieuwe kennis, innovaties en verdienmodellen die binnen de provincie, nationaal en internationaal toepasbaar zijn. Ook de provincies Gelderland en Overijssel zijn het zogenaamde 'Protein Cluster'[2] gestart. De bedoeling is dat dit Cluster de export van in Nederland ontwikkelde 'groene eiwit' ingrediënten, producten, concepten, kennis en technieken profileert en ook zorgt voor bekendheid hiervan internationaal. Hiervoor wordt het internationale netwerk van Food-valley NL ingezet. Wageningen is al intensief betrokken bij dit Protein Cluster en Food Vallei en kan daardoor goede samenwerking realiseren met de bedrijven die hierbij betrokken zijn. Dit geldt overigens ook voor meer kennisinstellingen in Nederland

Ook zijn er op EU niveau al veel mogelijkheden voor samenwerking. De EC heeft in 2018 een rapport gepubliceerd (COM (2018) 575 final))[3] waarin ze haar ambities uiteen zet om de productie van plantaardige eiwitten in Europa te laten toenemen. Ook onderzoekgelden in de huidige H2020 programma zijn op kennisontwikkeling voor deze ambities gericht en dit zal ook zeker voortzetting krijgen in het volgende Framework Programma Horizon Europe. Nederlandse kennis en innovatie wordt al uitgebreid ingebracht in lopende H2020 projecten op nieuwe eiwitbronnen en zal zeker vanuit de EC verder ge-cofinancierd kunnen worden.

A.5 Biodiversiteit in de kringlooplandbouw

Samenvatting

Het **doel** van dit MMIP is aan de ontwikkeling, verspreiding en doorwerking van kennis en innovatie voor het herstel en benutting van biodiversiteit in de kringlooplandbouw. Dit wordt gerealiseerd door de volle breedte van het onderwerp te beslaan: zowel wat betreft het begrip biodiversiteit, als de uiteenlopende typen kennis en innovatie die nodig zijn voor de realisatie van het doel.

Het MMIP omvat drie **deelprogramma's:**

1. Ontwikkelen van indicatoren voor integrale sturing, monitoring en als basis voor KPI's en beloningssystematiek voor prestaties voor biodiversiteitsherstel.
2. Meer inzicht in de causale relaties tussen landbouw en biodiversiteit, het gaat dan om de diversiteit aan relaties en om biodiversiteit zowel op landbouwgrond, in sloten als in natuurgebieden en betreft zowel negatieve als positieve relaties.
3. Ontwikkelen en kwantificeren van handelingsperspectief voor de boer en zijn omgeving voor benutten en herstel van biodiversiteit binnen de brede doelstelling Kringlooplandbouw.

Missie

Wereldwijd, ook in Nederland, gaat de biodiversiteit zo sterk achteruit dat de fundering van onze economie wordt bedreigd, evenals voedselzekerheid en kwaliteit van leven (IPBES 2019[14]). Landbouw is een van de oorzaken van het verlies van biodiversiteit, maar ook een belangrijke oplossing voor het herstel ervan (FAO 2019[15]). Dit wordt ook onderschreven in de visie van minister Schouten op kringlooplandbouw en tevens in het Deltaplan biodiversiteitsherstel. De ambities van de missie Kringlooplandbouw met betrekking tot biodiversiteit zijn dan ook:

- De landbouw benut biodiversiteit en ecologische processen voor de productie.
- Herstel van de biodiversiteit van de landbouwgronden, agrarische cultuurlandschappen en lokale en regionale wateren, door het terugdringen van emissies en tegelijkertijd het creëren van leefgebieden voor diverse soorten.

Wat beoogt het MMIP?

De inzet van dit MMIP is om maximaal bij te dragen aan de ontwikkeling, verspreiding en doorwerking van kennis en innovatie voor het herstel en benutting van biodiversiteit in de kringlooplandbouw. De impact van kennis en innovatie staat voorop. Dit wordt gerealiseerd door de volle breedte van het onderwerp te beslaan: zowel wat betreft (a) het begrip biodiversiteit, als (b) de verschillende soorten kennis en innovatie die nodig zijn voor de realisatie van benutting en herstel van biodiversiteit. Dit MMIP is sector-overstijgend (zowel binnen als buiten de landbouw) en richt zich met name op een integrale aanpak en samenwerking op gebiedsniveau.

Biodiversiteit gaat over de totale variëteit van leven op aarde….

Ad a) Biodiversiteit in de landbouw heeft betrekking op verschillende niveaus: van de genetische diversiteit binnen soorten (varieteiten, rassen) de diversiteit in soorten en de diversiteit in (agro)-ecosystemen. Het omvat dus de diversiteit van soorten die de productie ondersteunen (ecosysteemdiensten: bodemorganismen, plaagbestrijders, bestuivers), maar ook de diversiteit in soorten die landbouwgebieden als leefgebied hebben (bv. boerenlandvogels). Daarnaast gaat biodiversiteit dus niet alleen over de individuele

[14] IPBES 2019 The global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services

[15] www.fao.org/state-of-biodiversity-for-food-agriculture/en/

soorten, maar ook de diversiteit van (agro)-ecosystemen en de samenhang daartussen: het landschap en de onderlinge koppeling van ecosystemen en landschappen (bijvoorbeeld door groen- blauwe dooradering).

...en er is een breed spectrum aan kennis en innovatie nodig voor herstel en benutting van biodiversiteit in de landbouw.

Ad b) De kennis en innovatie opgaven gaan over meer inzicht in de causale relaties tussen landbouw-praktijk en biodiversiteit, om monitoring van biodiversiteit en het ontwikkelen van kritische prestatie indicatoren (KPI's). Dit alles met de optiek om tegelijkertijd winst in klimaat, milieu- en natuurkwaliteit te bevorderen waarvoor ook kennis en innovatie nodig zijn op het gebied van bedrijfssystemen, teelten en technologieën. Hetzelfde geldt voor de ontwikkeling van nieuwe organisatievormen, waarden oriëntaties en waarderingswijzen én verdienmodellen. Kennis over de interne samenhang van bedrijfsprocessen, verschillende typen ondernemerschap, samenwerking en kennisdeling is vereist voor het ondersteunen van gebiedsgerichte samenwerking.

Doelstellingen MMIP

Het MMIP richt zich op de kennis en innovatie om de transitie naar een kringlooplandbouw die biodiversiteit benut en herstelt (natuurinclusieve landbouw) te ondersteunen. Waarbij het gaat om impact te realiseren, daarom is de werkwijze van het MMIP, diergeneesmiddelen en andere stoffenP van belang door bijvoorbeeld interactieve aanpak met boeren en andere partijen. Binnen het kader van de kringlooplandbouw is het algemene doel van dit MMIP het benutten en herstellen van biodiversiteit door het optimaliseren van het bedrijfsrendement van het boerenbedrijf in brede zin: ecologisch, economisch èn sociaal-maatschappelijk. Meer concrete doelstellingen die leidend zijn voor dit MMIP zijn:

- Het ontwikkelen van kennis en innovatie dat leidt tot betere benutting van biodiversiteit in de kringlooplandbouw voor veerkrachtige agro-ecosystemen door diversiteit in (vee)rassen, gewassen en bodemleven, en inzet van ecosysteemdiensten (zoals natuurlijke plaagbestrijding, bestuiving).
- Het ontwikkelen van kennis en innovatie dat leidt tot herstel van biodiversiteit in de kringlooplandbouw met als resultaat:
    - Duurzame ecologische basiskwaliteit (t.a.v. bodem- en waterkwaliteit) voor biodiversiteitsherstel.
    - Het herstel van de groen-blauwe dooradering in het landelijk gebied (landschapselementen en watersysteem in agrarisch gebied).

- Herstel van bedreigde populaties en leefgebieden (gebiedsspecifiek)
- Versterking van de onderlinge samenhang van bovenstaande elementen op bedrijfs-en gebiedsniveau en versterking van de vitaliteit van de (agro) ecosystemen in haar totaliteit.

Het MMIP omvat drie kennis en innovatie opgaven die urgent en belangrijk zijn voor bovengenoemde doelstellingen, voor de landbouwpraktijk, voor samenwerking in regio's en ketens en voor ondersteuning door de overheid:

1. Ontwikkelen van **indicatoren voor integrale sturing**, monitoring en als basis voor KPI's en beloningssystematiek voor prestaties voor biodiversiteitsherstel.
   a. Integrale monitoringsystemen voor biodiversiteit, ontwikkeling van Kritische Prestatie indicatoren in aanvulling op of complementair aan de indicatoren die in ontwikkeling zijn/ worden in het kader van de Biodiversiteitsmonitor Melkveehouderij, Akkerbouw, het Deltaplan Biodiversiteitsherstel en de WINK.
   b. Ontwikkelen van slimme meetmethoden en -technieken voor de monitoring.
   c. Testen en doorontwikkeling in de praktijk
2. Meer inzicht in de **causale relaties tussen landbouw en biodiversiteit**, het gaat dan om de diversiteit aan relaties en om biodiversiteit zowel op landbouwgrond, als in natuurgebieden en betreft zowel negatieve als positieve relaties. Deze kennisopgave wordt onderverdeeld in:
   a. drukfactoren (vermesting, verzuring, verdroging, versnippering, vervuiling door gewasbeschermingsmiddelen, diergeneesmiddelen en andere stoffen) en effecten op biodiversiteit.
   b. maatregelen voor benutting en herstel van biodiversiteit, de effectiviteit daarvan en de effecten op bedrijfsmatige en economische aspecten.
3. Ontwikkelen en kwantificeren van **handelingsperspectief voor de boer** en zijn omgeving voor benutten en herstel van biodiversiteit binnen de brede doelstelling Kringlooplandbouw:
   a. Bijdragen aan de ontwikkeling van prototypes van nieuwe innovatieve bedrijfssystemen vanuit de kwaliteit van bodem, biodiversiteit en landschap, bijvoorbeeld agroforestry, voedselbossen, precisie-landbouw
   b. Nieuwe teelten & technologieontwikkeling waarbij functionele agrobiodiversiteit de basis van het systeem vormt, bijvoorbeeld optimalisatie van functionele agro-biodiversiteit (zowel

in onder- als bovengronds, zowel langs als in percelen), inzet van verschillende technologie vormen (high tech en andere ondersteunende technologie) voor diverse teelten, landschappen en zorg voor specifieke soorten.

c. Bijdragen aan de ontwikkeling van diverse waarderingswijzen, verdienmodellen (incl. kosten/baten analyses) en nieuwe ketens (ook irt a. en b.) vanuit perspectief biodiversiteitsherstel maar in de brede context van kringlooplandbouw, bijvoorbeeld via een systeem van gestapelde beloningen.
d. Kennis en inzicht in subsidiemogelijkheden en belemmerende wet- en regelgeving.

Aan deze opgaven kan worden gewerkt in de vorm van onderzoek waarin onderzoekers het voortouw hebben, maar ook in de vorm van participerend onderzoek dat direct bijdraagt aan de ondersteuning van gebiedsgerichte samenwerking en lerende netwerken. De inzet van dit MMIP is dat beide vormen van onderzoek elkaar versterken. Om deze versterking vorm te geven zijn twee additionele doorsnijdende opgaven geformuleerd:

4. Het ondersteunen van **gebiedsgerichte aanpak** en innovatieve samenwerking (incl. organisatie- en financieringsvormen) gericht op herstel van biodiversiteit en tegelijk aandacht voor bedrijfsinkomsten en de kwaliteit van landschap en openbare ruimte, in samenhang en met inzicht in wet- en regelgeving.
5. Het stimuleren en faciliteren van **leerprocessen** in de kringlooplandbouw in de vorm van het faciliteren van praktijk- en leernetwerken, demonstratieactiviteiten, reflexieve en lerende monitoring, onderwijssysteem, coaching en advisering. Praktijkkennis en wetenschappelijke kennis worden met verbonden ten behoeve van innovatie op het boerenerf. Daarbij kan ook worden geleerd van de internationale praktijk.

Projecten kunnen vallen binnen één over meerdere kennisopgaven en tevens binnen één of beide dwarsdoorsnijdende opgaven. Ook zijn verbindingen mogelijk met andere MMIP's zoals bodem en klimaat. Bij de projecten wordt gestreefd naar integrale benadering van kennis en innovatie. Ook is het van belang om naar het agrosysteem in zijn geheel te kijken om na te gaan welke factoren de transitie naar kringlooplandbouw, en daarbinnen van het herstel en de benutting van biodiversiteit in het bijzonder, tegen werken. Een systeemanalyse kan daar inzicht in geven. Dit zou op themaniveau uitgevoerd kunnen worden, maar ook voor dit subthema.

Lopend of recent afgesloten projecten en programma's

Deel programma	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 toegepast onderzoek (beleidsondersteunend, veel PPS-en, EU)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, sommige PPS-en	Implementatiefase regelgeving, kennisverspreiding, netwerken
1. Ontwikkeling van monitoringsmethoden voor integrale sturing & kritische prestatie indicatoren				
		BO Natuurinclusieve landbouw		
	Monitorinsopzet het Deltaplan Biodiversiteitsherstel[16]	WINK[17].	Biodiversiteits monitor Melkveehouderij (PPS)[18]:	
	KB programme Nature inclusive	Uitvoering lerende monitoring experimenten SBB natuurinclusieve landbouw.		
	Ontwikkeling monitoringsmethoden insecten (losse projecten in KB & BO)			
		Monitoringskader Kringloop-landbouw		
2. Meer inzicht in causale relaties tussen landbouw en biodiversiteit				
	KB Nature inclusive	BO Ecologische basiskwaliteit land, BO natuurinclusieve landbouw		
	NWO Biodiversiteit werkt	Proeftuin Agro-ecologie	St. Veldleeuwerik	
		FP7 Liberation project LInking farmland Biodiversity to Ecosystem seRvices for effective ecological intensification		
3. Ontwikkeling van handelingsperspectief voor de boer voor herstel en benutting van biodiversiteit				
	KB Nature inclusive	proeftuin agro-ecologie en initiatieven op de Dairy Campus)		

Kennis en innovatieopgaven per deelprogramma en fasering innovatietraject MMIP

Deel programma	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 toegepast onderzoek (beleidsondersteunend, veel PPS-en, EU)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, sommige PPS-en	Implementatiefase subsidies, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken
1. Ontwikkeling van monitoringsmethoden voor integrale sturing & kritische prestatie indicatoren				
a. KPI's	Onderzoek en ontwikkeling van Kritische prestatie indicatoren (KPI's) voor biodiversiteit op gebiedsniveau complementair aan de indicatoren die in ontwikkeling zijn ikv de Biodiversiteitsmonitor MVH en akkerbouw, het Deltaplan Biodiversiteitsherstel[19] en de WINK[20].		Testen in de praktijk en verbeteren Biodiversiteitsmonitor Melkveehouderij[21]: wisselwerking tussen KPI's, maatregelen & impact biodiversiteit en implementatie.	

[16] https://www.samenvoorbiodiversiteit.nl/
[17] https://www.natuurgedreven.nl/
[18] http://biodiversiteitsmonitormelkveehouderij.nl/
[19] https://www.samenvoorbiodiversiteit.nl/
[20] https://www.natuurgedreven.nl/
[21] http://biodiversiteitsmonitormelkveehouderij.nl/

	Ontwikkelen van de combinatie van Artificial Intelligence technieken, beeld herkenning en citizen science voor de interactieve ontsluiting van biodiversiteitsprestaties (van de landbouw)	Ontwikkelen Biodiversiteitsmonitor Akkerbouw en overige sectoren: identificeren van KPI's, testen en verbeteren.		
b. IIntegrale bedrijfs-monitoring		Bedrijfsinformatie voor natuur-inclusieve bedrijven m.b.t. prijzen, saldi, rekentools en kwalitatieve informatie over bedrijfssystemen, complementair aan de WINK, Biodiversiteitsmonitor Melkveehouderij, Akkerbouw, het Deltaplan Biodiversiteitsherstel.		
c. Insecten	Inzicht in trends in biomassa / popuatieaantallen van insecten in Nederlands agrarisch gebied (inclusief soorten-rijkdom, functionele groepen: terrestrisch en aquatisch)			
		(Door)ontwikkelen en testen van methoden voor monitoring van insecten (soortenrijkdom, biomassa, verspreiding en populatie) die efficiënt kunnen worden toegepast in monitoring Kringlooplandbouw en Deltaplan biodiversiteitsherstel		
d. IInnovatieve methoden & technieken	onderzoeken van mogelijkheden inzet innovatieve methoden: ontwikkelen methodiek voor automatische detectie en tellingen van indicator soorten, bv high-tec (RS, drones) of *citizen science*		Door ontwikkelen & testen laagdrempelige monitoringsmethoden bodembiodiversiteit die efficiënt kunnen worden toegepast in Kringlooplandbouw en Deltaplan (in afstemming met Bodemprogramma) e-DNA, soil carbon indicator,	
	Ontwikkelen van methoden voor datafusie van in situ en verschillende remote sensing databronnen (Sentinel 1, Sentinel 2, Landsat) voor biodiversiteitsmonitoring			
2. Meer inzicht in causale relaties tussen landbouw en biodiversiteit				
a. Druk factoren	Integrale analyse van teruggang van biodiversiteit in de landbouw en de rol van de landbouw in biodiversiteitsverlies in natuurgebieden: - effecten van landbouw op biodiversiteit in aangrenzende natuurgebieden (verdroging, vermesting etc), - effecten v externe inputs (gewasbeschermingsmiddelen, veterinaire geneesmiddelen en (kunst)mest) op onder- en bovengrondse biodiversiteit, ook vergelijkende studies met alternatieven (bv mechanische maatregelen) (ism MMIP 2) - Cumulatieve effecten van gewasbeschermingsmiddelen op biodiversiteit, inclusief mogelijke impact op landschapsniveau - effecten van grondbewerking (bv graslandvernieuwing, ploegen) op onder- en bovengrondse biodiversiteit.			
b. Maat regelen t.b.v. biodiversiteit		Testen in de praktijk en meten van: - Effectiviteit van maatregelen op ecosysteemdiensten en vice versa: - bijdrage van ecosysteemdiensten aan productie (bv bodemleven dat verdichting tegengaat)		
		Welke combinatie van maatregelen leidt tot positieve	Best practices: Specifieke kennis over NIL maatregelen in bepaalde regio's/grondsoorten en bewijs dat maatregelen zich in praktijk hebben bewezen, aansluiten op	

		trends in bv.biomassa en soortenrijk-dom van insecten- en amfibiepopulaties?	praktijkwijzer/handboek Natuurinclusieve landbouw.	
c. Trade-offs	Trade-offs tussen maatregelen tbv klimaatdoelen & maatregelen tbv biodiversiteit.			
3. Ontwikkeling van handelingsperspectief voor de boer voor herstel en benutting van biodiversiteit				
a. Bedrijfssystemen		Ontwikkeling bedrijfssystemen die passen bij hoog waterpeil in veenweidegebieden	Actie-onderzoek: praktisch toepasbare kennis waren boeren mee aan de gang kunnen in interactie met onderzoek omdat de ervaringen van de boeren nieuwe onderzoeksvragen leveren	
		Onderzoek, ontwikkeling en toepassing van kleinere en lichtere machines om op in divers kleinschalig landschap te kunnen werken en bodem zo weinig mogelijk te belasten (aansluiten bij proeftuin agro-ecologie en initiatieven op de Dairy Campus)		Proefbedrijven, praktijknetwerken en pilotgebieden voor natuurinclusieve landbouw
		Toegespitste kennis over inpasbaarheid van NIL maatregelen voor eigen unieke bedrijfsomstandigheden en bedrijfseconomische doorrekening van NIL maatregelen (Kosten/Baten).		
	Scenario onderzoek naar land sparing /sharing strategie: wat levert welke strategie op, welk ruimtelijk schaalniveau?	Ontwikkelen van agro-forestry systemen in melkveehouderij en akkerbouw, in beeld brengen van kosten en baten en effecten in termen van agro ecologie (veerkracht, ziekten, plagen, bodemkwaliteit en biodiversiteit)		
b. **Teelten en technologie**	Analyse naar synergie en trade-offs tussen inzet van nieuwe technologie en biodiversiteitsherstel	Onderzoek of en hoe nieuwe technologie, (precisielandbouw-en precisieveredeling, bv CRISP/Cas v weerbare gewassen) dienstbaar kan zijn aan robuuste agro-ecologische systemen. (Raakvlak MMIP A2 1. Slim inrichten, voor plantaardige bedrijfssystemen, MMIP A2 gaat van plant-perceel-bedrijf-bedrijfsinteracties, niet op landschap.)		Praktijkwijzer / handboek natuurinclusieve landbouw
		Mechanismen achter maatregelen als FA-branden, minimale grondbewerking, strokenteelt, mixed cropping -> Optimaliseren naar opbrengst en kwaliteit (.i.s.m. MMIP 2)		Actieplan boerenlandvogels
		Ontwikkelen nieuwe methoden voor verbeteren mestkwaliteit t.b.v. biodiversiteit.	Ervaring met precisielandbouw in de akkerbouw inzetten voor biodiversiteitsherstel in de melkveehouderij	
	Verbetering van methoden voor bewaring van gene-tische diversiteit in (ex-situ planten) genenbanken, waar-door genetische achteruitgang trager gaat.	Onderzoek naar de fases in de vermeerdering, oogst en opslag die de bewaarbaarheid beïnvloeden.	Ontwikkelen van protocollen om de meest kritische fases te verbeteren.	Demonstraties en publicatie gericht op internationale (planten) genenbanken, workshops, cursussen.
c. Verdienvermogen	Onderzoeken en bijdragen aan ontwikkeling van een systeem van gestapelde beloning (blended finance) waarbij een mix van publieke en private betalingen een boer in staat-stelt om natuurinclusief te gaan produceren.		Innovatieve vormen van financiering (in navolging van systemen als carbon credits / habitat banking) voor biodiversiteit.	

	Doorrekenen scenario's voor Natuurinclusieve landbouw + MKBA (zowel op landelijk als regionaal nivo)	Kwantificeren van het inzetten van de natuur (ecosysteemdiensten) in termen van financiële baten? Meer verdienen met minder input, plus inpassing verdienmodel?		

Dwarsdoorsnijdende opgaven:

4. Gebiedsgerichte aanpak en innovatieve samenwerking			
	Onderzoek naar de wisselwerking tussen de verschillende transities in gebieden (energie / klimaat/biodiversiteit / landbouw), op verschillende nivo's: - Quick wins - Systeem thema's (bv mestkwaliteit) - Lange termijn implementatie	Ontwikkelen van een *toolbox* voor gebiedsgerichte samenwerking (complementair aan lopende gebiedsprocessen, bv GLB-pilots, Living Labs): - ruimtelijke schaalniveau - afwegingskader voor integrale opgaven grondarrangementen - procesaanpak	Governance: van triple -> pentahelix: vormgeven samenwerking boer–burger-bank-overheid-kennis -> best practices en leren in gebieden
	Onderzoek naar versterken biodiversiteit en rendement (economisch en sociaal-maatschappelijk) op regio-/gebiedsniveau en ontwikkeling van instrumenten die ondersteunen bijv. gebiedskartering en organisatie en samenwerkingsvormen.		Inzicht in belemmerende wet- en regelgeving.
5. Lerende netwerken en kennisdeling			
	Systeemanalyse: Welke rol kunnen kennisontwikkeling en kennisverspreiding in agrosysteem spelen bij transitie. Waar zitten knelpunten en kansen voor natuurinclusieve landbouw?	Ontwikkelen en implementeren van on- en offline faciliteiten om leren in natuurinclusieve landbouw te stimuleren en begeleiden	Opzetten & bevorderen kenniskringen / praktijknetwerken voor natuurinclusieve landbouw / boeren met biodiversiteit

Prioriteiten

- (Door)ontwikkelen & testen van integrale monitoringsmethoden van bedrijfssystemen en KPI's op bedrijfsniveau, die efficiënt kunnen worden toegepast in Kringlooplandbouw en Deltaplan.
- Best practices: Specifieke kennis over NIL maatregelen in bepaalde regio's/grondsoorten en bewijs dat maatregelen zich in praktijk hebben bewezen, aansluiten op praktijkwijzer/handboek Natuurinclusieve landbouw.
- Toegespitste kennis over inpasbaarheid van NIL maatregelen eigen bedrijfsomstandigheden en bedrijfseconomische doorrekening van NIL maatregelen (Kosten/Baten).
- Onderzoeken en bijdragen aan ontwikkeling van een systeem van gestapelde beloning (blended finance) waarbij een mix van publieke en private betalingen een boer in staat stelt om natuurinclusief te gaan produceren.

- Ontwikkelen van een integrale aanpak voor gebiedsgerichte samenwerking (complementair aan lopende gebiedsprocessen, bv GLB-pilots, Living Labs) met aandacht voor ruimtelijk schaalniveau, integraal afwegingskader en procesaanpak.
- Opzetten & bevorderen kenniskringen/praktijknetwerken voor natuurinclusieve landbouw en ontwikkelen en implementeren van on- en offline faciliteiten om leren in natuurinclusieve landbouw te stimuleren.
- Systeemanalyse: Waar zitten knelpunten en kansen? En welke rol kunnen kennisontwikkeling en kennisverspreiding in agrosysteem spelen bij transitie naar kringlooplandbouw en herstel en benutting biodiversiteit?

Positionering MMIP

Sector(en): Dit MMIP is essentieel voor de realisatie van de doelen van kringlooplandbouw. Er is een grote behoefte om de verschillende facetten en doelen van het concept kringlooplandbouw zoals bedoeld door de minister van LNV zoals bodem-, klimaat-, biodiversiteitsherstel, circulaire economie e.a. in het onderzoek meer integraal te organiseren . Dit kan binnen de landbouwsectoren, maar juist ook sector overstijgend en in samenwerking met partijen buiten de landbouw. Uitgangspunt is de kwaliteit van de publieke waarde en de rol van landbouw en ketenorganisaties om hier aan bij te dragen. Het MMIP Biodiversiteit in de kringlooplandbouw richt zich op landbouwsystemen die bijdragen aan het doel van herstel en benutting van biodiversiteit. Dit kan deels samenvallen met klimaatdoelen, maar kan ook verschillen. Dit MMIP heeft interactie met MMIP A2 Gezonde, robuuste bodem en teeltsystemen gebaseerd op agro-ecologie wat zich met name richt op de benutting van functionele biodiversiteit in plantaardige systemen op perceels- en bedrijfsnivo. Bij de uitvoering moet daarom worden afgestemd op het niveau van concrete projecten zodat geen overlap ontstaat, maar juist versterking door samenwerking.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

Kennis en innovatie voor agri-food wordt steeds meer gericht op bredere doelstellingen dan alleen productiemaximalisatie. Kennis over effecten op biodiversiteit en toepassen van biodiversiteit als productiefactor in de landbouw staat recentelijk meer en meer in de belangstelling. Daarbij blijkt dat een integrale aanpak cruciaal is maar vaak onderbelicht blijft. Wel veel onderzoek is gedaan naar achteruitgang en bescherming van boerenlandvogels, maar naar biodiversiteit als integraal onderdeel van het landbouw bedrijf veel

minder, en hoe daarop verdienmodellen gebaseerd kunnen worden nog minder.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

Dit MMIP heeft een sterke link met het Deltaplan Biodiversiteitsherstel22. Binnen dit Deltaplan werkt een brede coalitie van maatschappelijke organisaties aan herstel van biodiversiteit in Nederland, waarin onder andere landbouw- èn natuurorganisaties, boeren, wetenschappers en ketenpartijen mee doen. Het doel is o.a. vanuit een gebiedsgerichte aanpak natuur en verdienvermogen voor boeren onlosmakelijk met elkaar te verbinden. Ook in de visie van minister Schouten op landbouw, natuur en voedsel, Waardevol en verbonden 23 wordt de ambities uitgesproken om landbouw en natuur meer met elkaar te verbinden. Daarnaast lopen in vrijwel alle provincies actieplannen voor natuurinclusieve landbouw, een vorm van kringlooplandbouw die is gestoeld op de landbouw in de bredere context van de kwaliteit van haar omgeving.

Strategie internationaal

Het belang van biodiversiteit in de landbouw is recentelijk benadrukt door gezaghebbende organisaties als de FAO (2019)24 het IPBES (2019) en het IPES FOOD (201625). De Europese Commissie geeft in haar voorstellen voor de toekomst van haar gemeenschappelijk landbouwbeleid aan dat de bijdrage aan doelen op het gebied van klimaat en biodiversiteit substantieel omhoog moeten. Monitoring van inspanningen en resultaten zullen een belangrijke rol gaan spelen bij de betaling van prestaties ten aanzien van biodiversiteit, welke deels in de plaats van de directe inkomensondersteuning (EC 201826). Ook het doel van de Kaderrichtlijn Water, een goede ecologische toestand van waterlichamen is een belangrijke drijfveer voor inzet op herstel van biodiversiteit. De ambities, en deelprogramma's van dit MMIP sluiten heel goed aan deze plannen voor resultaat gerichte betalingen voor biodiversiteit in de landbouw.

Innovatiesysteem en consortiumvorming

Publiek-private samenwerking in het onderzoek gericht op biodiversiteit in de kringlooplandbouw is nog geen gemeengoed . Vanuit het

[22] https://www.samenvoorbiodiversiteit.nl/
[23] https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnota-s/2018/09/08/visie-landbouw-natuur-en-voedsel-waardevol-en-verbonden
[24] http://www.fao.org/state-of-biodiversity-for-food-agriculture/en/
[25] http://www.ipes-food.org/_img/upload/files/UniformityToDiversity_FULL.pdf
[26] https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/future-cap_en

bedrijfsleven met het Louis Bolk Instituut is gewerkt aan een conceptueel kader biodiversiteit dat als basis dient voor de biodiversiteitsmonitor. In het kader van de ontwikkeling van de Biodiversiteitsmonitor is er een PPS constructie met de Duurzame Zuivel Keten en WLR Ook op provinciaal niveau zijn er al dan niet in het kader van POP3 projecten die gericht zijn op biodiversiteit, natuurinclusiviteit en natuur-landbouw relaties. Het onderzoek door/via de Topsector Agri & Food en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen is de ontwikkeling hier tot nu niet op gericht geweest vanwege de focus op productie en economie. Recentelijk is beweging bij de sector te zien naar meer aandacht voor biodiversiteit in de landbouw, door initiatieven als WeideWeelde (Noorderlandmelk), PlanetProof, Biodiversiteit in de aardappelteelt i.s.m. AH. Ook bij het Deltaplan Biodiversiteitsherstel zijn een groot aantal organisaties, en bedrijven aangesloten. Er zijn dan ook veel mogelijkheden om kansrijke consortia samen te stellen.

B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie[27]

B.1 E11A Emissiereductie lachgasemissie

Samenvatting
De lachgasemissie is nog een relatief onbekend gebied. De focus zou daarom moeten liggen op het wegnemen van de grootste kennisleemtes:

- fundamenteel inzicht van de dynamiek in de bodem t.a.v. stikstofgebruik en de productie van lachgas in relatie tot omgevingsfactoren, zoals het weer, grondsoort, gewas en meststoftype,
- -Vaststellen van emissies van lachgas bij bemesting met verschillende typen meststoffen en bemestingstrategieën.

Dit leent zich met name voor publieke financiering.

Daarnaast kan er voor de kortere termijn al gewerkt worden aan maatregelen. De volgende kennisacties zijn hiervoor het belangrijkste:

- Een nieuwe generatie bemestingsproducten (zowel kunstmest als producten uit mestbewerking),
- Kennisverspreiding rondom betere bemesting (4R strategie, right time, right place, right quantity and right type).

Deze acties lenen zich voor publiek-private samenwerking.

[27] Missie B van de KIA LWV is dezelfde als missie E van het Klimaatakkoord. MMIPs hebben daarom een dubbele nummering.

Inleiding

Doelstelling van MMIP B1 E11A is om de broeikasgasemissies in de sector landbouw en landgebruik maximaal te verminderen. De algemene doelstellingen zoals geformuleerd in KIA is een (reductie van 49% in 2030 en 80% tot 95% in 2050) worden daarbij ook voor deze sector gehanteerd. In dit MMIP is het doel om de emissie van lachgas (N2O uit de bodem te beperken. Lachgas is een sterk broeikasgas; de Global Warming Potential (GWP) van N2O is 265 hoger dan die van CO2 op een tijdschaal van 100 jaar (IPCC 2013). De concentratie van N2O is echter veel lager (ongeveer een factor 1000) dan CO2, waardoor het totale broeikaseffect van CO2 groter is (64% van het broeikasgaseffect) dan van N2O (6% van totaal).

Wat beoogt het MMIP

Doelstelling MMIP

In het klimaatakkoord is een reductiedoelstelling van lachgasemissie aangegeven van 0,3 Mton reductie in lachgasemissie in 2050.

Stand van zaken

Nederland hanteert een methode met landenspecifieke emissiefactoren om de N2O-emissie uit de landbouwgronden te berekenen; deze methode is opgenomen in het NEMA-model (National Emission Model Agriculture; (Bruggen et al. 2018[28]; Lagerwerf et al. 2019[29]). De N2O-emissie uit de landbouw heeft aandeel van 3,1% van de totale broeikasgasemissie in Nederland (Coenen et al. 2017[30]); hiervan is 90% afkomstig van landbouwgronden.

[28] Bruggen, Cv, Bannink, A, Groenestein, CM, Huijsmans, JFM, Luesink, HH, Sluis, SMvd, Velthof, GL, Vonk, J (2018) 'Emissies naar lucht uit de landbouw in 2016 : berekeningen met het model NEMA.' (Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu: Wageningen)

[29] Lagerwerf, L.A., A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J.W.H. van der Kolk, H.H.
Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2019). Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands. Calculations of CH4, NH3, N2O, NOx, NMVOC, PM10, PM2.5 and CO2 with the
National Emission Model for Agriculture (NEMA) – update 2019. Wageningen, The Statutory Research Tasks
Unit for Nature and the Environment. WOt-technical report 148. 215 p.

[30] Coenen, P, van der Maas, CWM, Zijlema, PJ, Arets, E, Baas, K, van den Berghe, A, van Huis, EP, Geilenkirchen, G, Hoogsteen, M, Spijker, J, te Molder, R, Dröge, R, Montfoort, JA, Peek, CJ, Vonk, J, Oude Voshaar, S, Dellaert, S, 2017. Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2015 : National Inventory Report 2017. Emissies van broeikasgassen tussen 1990 en 2015.

Er is veel inzicht in de factoren die een rol spelen bij N2O-emissie, zie bijvoorbeeld de literatuurstudie van Velthof en Rietra (2018).[31] De zogenaamde 4R-strategie om de benutting van nutriënten uit meststoffen te verhogen, kan ook leiden tot een lagere N2O-emissie, namelijk N-toediening met het juiste type, juiste hoeveelheid, juiste tijdstip en juiste plaats (right type, right amount, right time, and right place).

Het is belangrijk om meer inzicht te hebben in de effecten van organische stof in landbouwgronden op N2O-emissie, omdat N2O-emissie de effectiviteit van koolstofopslag als mitigatieoptie kan verlagen of op langere termijn mogelijk zelfs teniet doen. Twee mechanismen spelen hierbij een rol: i) gemakkelijke afbreekbare organische stof is een energiebron voor denitrificerende (lachgas producerende) bacteriën en ii) afbraak van organische stof leidt tot verhoogde zuurstofconsumptie en daardoor kan de N2O-productie bij nitrificatie en denitrificatie toenemen. Sommige organische meststoffen, met name dierlijke mest, bevatten gemakkelijk afbreekbare organische stof die tijdelijk kan leiden tot een hoge N2O-emissie. Nederlandse landbouwgronden hebben een relatief hoog gehalte aan organische stof ten opzichte van veel andere landen, door de hoge toediening van dierlijke mest en de hoge gewasopbrengsten. Het is niet bekend wat het effect is van extra toevoer van organische stof aan landbouwgronden in Nederland op N2O-emissie.

Er is onderzoek nodig om de effecten van maatregelen op lachgasemissie te kwantificeren onder verschillende omstandigheden (gewas, bodem etc.) en de resultaten (“emissiefactoren”) te implementeren in de Nederlandse monitoringsmethodiek NEMA. Dit laatste is belangrijk om de reductie in lachgasemissies te kunnen rapporteren aan de UNFCCC.

Lachgas is een stikstofverbinding en daardoor zijn er raakvlakken met het mest-, ammoniak-, nitraat- en fosfaatbeleid. Maatregelen in deze beleidsterreinen kunnen de reductie van lachgasemissie versterken, maar er kunnen ook maatregelen worden genomen in dit beleid die leiden tot verhoging lachgasemissie. De lachgasemissie uit landbouwgronden is sinds 1995 met 33% gedaald, omdat de

[31] G.L. Velthof and R.P.J.J. Rietra, 2018. Nitrous oxide emission from agricultural soils Wageningen, Wageningen Environmental Research, Report 2921.

stikstofaanvoer via meststoffen is gedaald onder invloed van het mestbeleid (Velthof et al., 2017[32]).
Deze trend is gestagneerd. Op dit moment worden er geen maatregelen genomen in de landbouw in Nederland die zich specifiek richten op vermindering lachgasemissie.

Deelprogramma's en fasering

Lopend of recent afgesloten projecten en programma's

Er is geen lopend of recent (na 2010) afgesloten onderzoek naar lachgasemissie uit minerale landbouwgronden. Recentelijk is wel onderzoek gestart naar effecten onderwaterdrainage op lachgasemissie uit veengronden. Verder ligt er op dit moment (eind mei 2019) een voorstel bij LNV op tafel om in het kader van het programma Slim Landgebruik (Klimaatenveloppe) de effecten op lachgasemissie van maatregelen om koolstof in bodem op te slaan experimenteel vast te stellen (o.a in pilots en proeven). Het gaat hierbij onder andere om beheer van gewasresten, scheuren van grasland, leeftijd van grasland, grondbwerking en type meststof (oa. kunstmest versus soorten (bewerkte) dierlijke mest). Hierbij zal deels worden aangesloten bij het onderzoek 6e ActieProgramma Nitraatrichtlijn, gefinancierd uit de enveloppe Natuur en Waterkwaliteit. Het is nog niet bekend welke project door LNV gegund gaan worden. Met budget uit de Klimaatenveloppe 2018 is door Wageningen Research nieuwe meetapparatuur gekocht om lachgasemissie te bepalen. Deze wordt momenteel getest in labproeven en het hierboven genoemde onderzoek naar onderwaterdrainage.

Kennis en innovatieopgaven

Deelprogramma	**Onderzoeksfase**	**Ontwikkelfase**	**Demonstratiefase**	**Implementatiefase**
Emissiereductie in bodem en landgebruik in de landbouw				
Vermindering N_2O emissies landbouwbodem en bemesting	- **fundamenteel inzicht van de dynamiek in de bodem t.a.v. stikstofgebruik en de productie van lachgas in relatie tot omgevingsfactoren, zoals het weer, grondsoort, gewas en meststoftype**	- Technieken voor precisielandbouw gericht op adequate bemesting (type meststoffen, eventueel met remstoffen) - Onderzoek naar de relatie tussen organische stof en lachgasemissie en strategieën om	-Toepassing precisiebemesting - Toepassing verbeterde en/of meer geschikte meststoffen **- Kennisverspreiding rondom betere bemesting (4R strategie, right time, right**	-Gebruik meststoffenwet om maatregelen om lachgasemissies te beperken te stimuleren -Bemestingsadviezen voor strategieën voor bemesting met minimale lachgasemissie. De LTO- commissies bemesting akkerbouw en grasland zouden

[32] Velthof, G.L.; Koeijer, T.; Schröder, J.J.; Timmerman, M.; Hooijboer, A.; Rozemeijer, J.; Bruggen, C. van; Groenendijk, P. Effecten van het mestbeleid op landbouw en milieu : Beantwoording van de ecpostvragen in het kader van de evaluatie van de meststoffenwet. Wageningen Environmental Research (Wageningen Environmental Research rapport 2782)

	- **een nieuwe generatie bemestingsproducten (zowel kunstmest als producten uit mestbewerking)** - Ontkoppelen C, N zodat hogere bodem-C niet leidt tot hogere N emissie	koolstofopslag te stimuleren zonder toename lachgas-emissie **- Vaststellen van emissies van lachgas bij bemesting met verschillende typen meststoffen en bemestingstrategieën**	**place, right quantity and right type**	hierbij een rol kunnen spelen -Advisering aan erfbetreders die voorlichting over meststoffen/bemestingsadviezen geven over reductie lachgasemissie -Registratie van maatregelen (bijvoorbeeld in de Landbouwtelling) zodat de effecten op lachgas kunnen worden gekwantificeerd in NEMA en gerapporteerd aan UNFCC

Positionering MMIP

Randvoorwaarden/beleid

Veel van de maatregelen om lachgasemissie te beperken zijn bemestingsmaatregelen, waarbij de 4R strategie belangrijk is. Een belangrijke randvoorwaarde is daarom het mest- en ammoniakbeleid met bemestingsnormen en middelvoorschriften met betrekking tot bemesting. Hierbij kan het mest- en ammoniakbeleid ook worden gebruikt om bepaalde maatregelen om lachgasemissie te beperken te stimuleren, omdat veel van de maatregelen die leiden tot minder lachgasemissie ook leiden tot minder nitraatuitspoeling en/of ammoniakemissie.

Samenhang van de deelprogramma's binnen het MMIP

De reductie van lachgasemissie uit bodems en landgebruik is onderdeel van MMIP 11. Dit MMIP is ingedeeld in twee lijnen:
emissiereductie in bodem en landgebruik (lachgas en veenweide)
emissiereductie veehouderij (pensfermentatie en mestopslagen)
Er ligt een link met de emissiereductie in de veehouderij, omdat rantsoensamenstelling en type mestopslag (dit zijn maatregelen om methaanemissie te beperken) een effect hebben op de mestsamenstelling en daarmee op de emissie van lachgas en de potentie om koolstof op te slaan. Anderzijds kunnen maatregelen om N2O-emissie te beperken (zoals bemestingsmaatregelen), ook een effect hebben op de samenstelling van het voer en daarmee de emissies uit veehouderij.

Samenwerking en samenhang

Zoals hierboven aangegeven is er samenwerking nodig is met de activiteiten om emissies uit de veehouderij te reduceren, omdat

rantsoensamenstelling en type mestopslag (dit zijn maatregelen om methaanemissie te beperken) een effect hebben op de mestsamenstelling en daarmee op de emissie van lachgas en de potentie om koolstof op te slaan. Anderzijds kunnen maatregelen om N2O-emissie te beperken (zoals bemestingsmaatregelen), ook een effect hebben op de samenstelling van het voer en daarmee de emissies uit veehouderij. De trajecten voor emissiereductie veehouderij en bodem en landgebruik moeten daarom integraal worden beschouwd – zoals ook verwoord in het Klimaatakkoord.

De nationale monitoring van de niet-CO2-broeikasgasemissies (N2O en CH4) vindt plaats met behulp van het model NEMA. Hierin vindt een integratie plaats van de emissies uit verschillende landbouwsectoren (akkerbouw, melkveehouderij, varkenshouderij etc.). Er moet wel aandacht worden besteed aan de onderbouwing van emissiefactoren bij het nemen van nieuwe maatregelen en relaties tussen verschillende onderdelen van het landbouwsysteem (stallen, mestopslagen, mesttoediening, gewasopbrengst- en kwaliteit).

Stakeholders/actoren - samenwerking

Belangrijke partners zijn vertegenwoordigers van de landbouwsector (LTO, NMV, NAV, etc.) en landbouwvoorlichting, omdat veel van de maatregelen zijn gericht op nutriëntenmanagement (efficiënter bemesten).
Partners uit de kunstmestindustrie (bijvoorbeeld OCI, Yara, …), landbouwtechnologie (precisiebemesting, sensoren; bv. John Deere, Veenhuis, Vlastuin, Eijkelkamp), en mestverwerking (bijvoorbeeld Groot Zevert) zijn actoren die een rol spelen bij onderdelen van het onderzoek. Ook loonwerkers (CUMULA) kunnen een rol spelen.
Zowel de nationale overheid als regionale overheden (waterschappen en provincies) zijn belangrijk gezien de raakvlakken met het mest-, water, en natuurbeleid.

Beschrijving van de deelprogramma's[33]

Programmatische aanpak

In de eerste fase (3-5 jaar) worden veldexperimenten uitgevoerd waarin effecten van bekende perspectiefvolle maatregelen op lachgasemissie worden gekwantificeerd. Dit moeten leiden tot emissiefactoren die gebruikt kunnen worden in NEMA. Daarnaast moeten er

[33] Indien deelprogramma's op elkaar lijken of in elkaars verlengde liggen, kan ervoor gekozen worden om deze beschrijving op deelprogrammaniveau naar MMIP-niveau te verplaatsen om herhalingen te vermijden.

in deze fase experimenten worden uitgevoerd naar de effecten van organische stof op lachgasemissie en het ontwikkelen van strategieën om koolstofopslag te stimuleren zonder dat de lachgasemissie toeneemt. Dit onderzoek bestaat zowel uit fundamenteel onderzoek als praktijkgericht onderzoek.
De volgende periode 5-10 jaar richt zich op de implementatie van de maatregelen in de praktijk door middel van voorlichting en demonstratie en stimuleringsmaatregelen. Ook moet dan de data-verzameling voor de monitoring worden opgezet, omdat er naast emissiefactoren ook zogenaamde activiteiten data nodig zijn in NEMA (bv. de implementatiegraad van een maatregel).
Er wordt verwacht dat de komende jaren nieuwe precisielandbouwtechnieken worden ontwikkeld (bijvoorbeeld sensoren, toedieningstechnieken). Door middel van zowel fundamenteel als praktijkgericht onderzoek moet worden gekwantificeerd wat de effecten zijn van toepassing van deze nieuwe technieken op lachgasemissie.

Omgevingsanalyse en omgevingsfactoren

Financiering

Monitoring en evaluatie
De werkgroep NEMA van de Commissie Deskundigen Meststoffenwet zou een rol kunnen krijgen in de monitoring en evaluatie. Deze werkgroep beoordeelt of onderzoek voldoende is om de methode van berekening van emissie aan te passen, in dit geval: is een maatregel om lachgas te verminderen voldoende onderbouwd om te worden opgenomen in de rekenmethodiek. NEMA kan ook identificeren of er voldoende informatie is of implementatie van maatregelen en kan berekenen welke emissiereductie inmiddels is gerealiseerd en hoe groot het gat nog is met de doelstelling 2050. De CDM-werkgroep NEMA is momenteel ook verantwoordelijk voor de monitoring van de emissiereductie door generieke maatregelen om ammoniakemissie te beperken in het kader van PAS[34]:

Communicatie, leren en disseminatie
De maatregelen moeten worden gekwantificeerd en emissiefactoren moeten worden afgeleid en toegepast in NEMA. Het onderzoek dat wordt gebruikt om emissiefactoren af te leiden moet daarvoor worden gepubliceerd in wetenschappelijke tijdschriften.

[34] CDM-advies "Tussentijdse analyse effecten PAS maatregelen'; https://www.wur.nl/upload_mm/f/c/5/64b02d63-1e49-47c9-885f-7c46d83f5490_1910363_CDM-advies.pdf

Maatregelen die experimenteel getoetst zijn, moeten door middel van voorlichting en demonstratieproeven worden gedemonstreerd aan de landbouwsector. Resultaten moeten worden gecommuniceerd via vakbladen en websites.

B.2 E11B Emissiereductie methaan en lachgas

Doel
Inzet van dit MMIP is om maximaal bij te dragen aan het realiseren van de reductie broeikasgasemissies vanuit de veehouderij. Op hoofdlijn zijn er twee manieren om de emissie vanuit dieren te verlagen, zorgen dat de dieren minder methaan uitstoten en zorgen dat de emissie uit de mest wordt verlaagd.

Deelprogramma's
- Reductie methaanemissie door pens- en darmfermentatie
- Reductie methaan- en lachgasemissies uit stal en mestopslag

Prioritering
Prioriteit heeft de ontwikkeling van een nationaal onderzoeksprogramma Methaanemissie uit de veehouderij met de volgende onderdelen:
- Pilots en demo's waar onderzoekers, ondernemers en ondernemersorganisaties gezamenlijk onderzoeken waar oplossingen liggen en hoe implementatie van de oplossingen zijn te verwezenlijken
- De pilots en demo's behelsen zoveel mogelijk de bedrijfsketen waar zowel naar enterische als naar mestemissies wordt gekeken en in samenhang. Dus gaat het van diereigenschappen (incl fokkerij), voeropname (met of zonder additieven), fysiologie in de pens (o.a. microbioom), mestproductie tot en met de omstandigheden gedurende mestopslagen.
- Nieuwe marktconcepten en beprijzingsmechanismen, met oog voor de internationale positie van onze veehouderij
- Communicatie is nodig voor draagvlak, zowel binnen de veehouderijsector t.b.v. implementatie, als maatschappelijk.
- Onderzoeksprioriteiten:
    - Hoe kan methaanvorming in pens en darm voorkomen worden. Hierbij is oog voor fysiologische aspecten, microbioom, voeradditieven, fokkerij
    - Hoe kan emissiereductie in open stallen gerealiseerd worden. De prioriteit is methaan, maar tegelijkertijd zijn er wettelijke

normen voor ammoniak, moet afwenteling naar lachgas vermeden worden en dierenwelzijn geborgd blijven.
    - Eerste focus om methaanemissiereductie te bereiken is op het snel verwijderen van mest uit de stal, al dan niet gecombineerd met primaire scheiding en mestbewerking (vergisten, drogen, korrelen, etc).
    - Hoe kunnen we de nutrienten uit het voer die niet direct ten goede komen aan het dier, via de mest weer benutten. Dit circulaire denken heeft vooral betrekking op C, N, P en K.
    - Nieuwe emissie-arme stalontwerpen als ook oplossingen voor bestaande stallen en een routekaart naar succesvolle implementatie.

Inleiding

De agrarische sector draagt bij aan drie ambities die in de IKIA Klimaat en Energie zijn opgenomen:

- Reductie van 49% in 2030 en 80 tot 95% in 2050 van emissies van broeikasgassen in Nederland en de bijdrage van de primaire productie daarin;
- Sterke reductie van emissies op het niveau van de gehele agrofoodketen, zowel binnen als buiten Nederland;
- Optimalisatie van productie en gebruik van biomassa, te beoordelen aan de hand van: versterking van biodiversiteit in agrarisch gebied, verbetering bodemkwaliteit en -vitaliteit, optimaal landgebruik inclusief klimaatadaptatie, minimale emissies en minimale verspilling.

In de KIA Klimaat, Landbouw en Landgebruik is dit vervolgens voor de veehouderij verwoord als emissiereductie van methaan en lachgas:

- Voor 2030 betekent dit dat alle huidige technische mogelijkheden zijn geïmplementeerd.
- Voor 2050 betekent dat technisch potentieel beschikbaar is om de pensfermentatie met 95% te reduceren en dat uit stal en opslag geen methaanemissie meer komt.

Lopend onderzoek

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Veehouderij: emissiereductie methaan en lachgas				
Reductie methaanemissie door pens- en darmfermentatie	- KB-34-005-003 Epigenetica - KB-Big data for methande emission	- BO-53-003-010 Enterisch methaan: emissievariatie rassen en beweidingssystemen - BO-53-003-011 Enterische methaanemissie in de Nederlandse melkveestapel		

	- EU Horizon 2020 Grazing for carbon Scheiden urine en feces (melkveefonds)	BO-53-003-012 Stand van zaken kennis mbt voeradditieven		
Reductie emissies uit stal en mestopslag		- BO-53-003-004 Methaanoxidatie; drie verschillende technieken getoetst op reductie potentieel bij externe mestopslagen - BO-53-003-005 Effect van het frequent mixen van mest op de emissie van broeikasgassen uit de stal - BO-53-003-006 Effect van dichte vloeren op de emissie van broeikasgassen uit de melkveestal - BO-53-003-007 Verlagen van methaanemissie uit varkenstallen door dagontmesting (KDV) BO-53-003-008 Verlagen van methaanemissie uit vleesvarkensstallen door een innovatieve techniek van mestverwijdering en –behandeling -PPS AF 17066 Effect mestvergisting op emissies broeikasgassen.	- BO-53-003-001 Bedrijfsmonitoringsysteem met sensoren samen met CLM en Monteny Milieuadvies - BO-53-003-002 Demonstratie en monitoren van methaanemissie uit varkens- en kalverstallen - BO-53-003-003 Demonstratie en monitoring van BKG emissie en variatie uit melkveestallen en geitenstallen - BO-53-003-009 Monitoring parameters methaanemissie en demonstratie praktijkgebruik mestsilo - Routekaart klimaatslimme melkveehouderij (zuivelNL)	- SBIR-projecten vermindering ammoniakuitstoot

Om het relevante onderzoek te inventariseren is in Bijlage 1 een toekomstbeeld van 2050 geschetst. Om dit te realiseren is onderzoek nodig zoals die in onderstaand schema voor MMIP 11b is gegeven.

Onderzoeksprogramma Emissiereductie methaan en lachgas veehouderij

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Veehouderij: emissiereductie methaan en lachgas				
Reductie methaanemissie door pens- en darmfermentatie	- Onderzoek naar microbiomen met een fermentatie waarbij minder methaanvorming optreedt in de pens en dikke darm (eerst herkauwers en daarna eenmagigen). -Onderzoek naar alternatieve methoden en combinaties daarvan om methanogenese in de pens op	-Onderzoek naar effecten van nieuwe additieven en kruiden (ikv natuurinclusief grasland) op de methanogenese processen in de pens -Onderzoek naar effect op methanogenese van nieuwe kandidaat-gewassen of veredelde gewassen voor de productie van ruwvoer en eiwit- of zetmeelrijke gewassen op het eigen bedrijf	- State of the art study naar mogelijkheden en effect voeradditieven en het testen van kansrijke producten met oog voor dier en voedselveiligheid - Ontwikkelen van tools ter kwantificering van de reductie	- implementatie van goedgekeurde voeradditieven met oog voor de perceptie van sector en maatschappij - wat zijn de beste methoden om de huidige mogelijkheden geaccepteerd te krijgen?

	procesniveau te remmen (beinvloeden acetogenese, slimme additieven, vetten, industriele bijproducten, antilichamen). - Modellen voor/kwantificering van interacties tussen additieven onderling, additieven en rantsoen, van de variatie in de effectiviteit van additieven, en van de persistentie van/adaptatie aan additieven - Het effect van reststromen op de methaanemissie - Verkennen van mogelijkheden voor gewasveredeling om tot lagere methaanemissies te komen.	of in de omgeving, zowel voor herkauwers als eenmagigen (bv sorghum). -Onderzoek naar optimalisatie van huidig ruwvoer om lage methaanemissie te bewerkstelligen. -Onderzoek naar erfelijkheid van methaanvorming/voerefficientie in dikke darm van herkauwers en eenmagigen (paarden, varkens). -onderzoek naar effect van huidige praktijk en toekomstig natuurinclusief grasland op methanogenese.	in methaan ni combinatie met participatie van bedrijfsleven - Inpassing van het effect van additieven in NEMA en daarmee de nationale Emissie Registratie - inventarisatie van voorkomend microbioom in de huidige praktijk en het gebruik maken van de variatie in microbioom die gerelateerd is aan waterstofvorming in de pens en methaanemissie - inventarisatie van mogelijkheden om genetisch te selecteren op dieren met lage methaanuitstoot - Beprijzingsconcepten in economische zin ontwikkelen	- advisering en implementatie van integraal optimaal natuurinclusief grasland - Opfok/management-historie tbv een lagere methaanemissie, en selectie van dieren met een lagere methaanemissie
Reductie emissies uit stal en mestopslag	- onderzoek naar mogelijkheden om methaan in stallucht te concentreren - Ontwikkeling hybride en modulaire stallen voor melkvee: open, maar met deels gesloten ligboxen om gecontroleerd lucht af te kunnen zuigen (geconcentreerd), met sensoren voor dierfuncties en luchtkwaliteit om op behoefte stalklimaat te reguleren en afgevoerde lucht te zuiveren. Aanpasbaar om in te spelen op eisen van de tijd. - Systemen ontwikkelen om snel C en N stromen (en P, K) te meten op bedrijfsniveau, online te volgen, C verliezen en N-verliezen te detecteren a.d.h.v. verhoudng met niet vluchtige componenten P en K - Onderzoek om op basis van sensortechnologie te komen tot het formuleren van doelvoorschriften ipv middelvoorschriften.	- Doorrekenen en vaststellen voor- en nadelen stalsystemen en nageschakelde technieken (vloertypes, aanzuren, koelen, bellenmixen, methaanoxidatie) of bij mestopslagen. -Onderzoek naar open stalsystemen met modulair ontwerp zodat snelle aanpassingen gedaan kunnen worden op basis van maatschappelijke wensen zoals milieu-eisen en dierenwelzijn (integraal duurzaam). -Ontwikkeling van stalsystemen gericht op intensieve diermonitoring van metabolisme en input-/output-/excretie-stromen, waarmee via verzorging en voeding optimaal op individuele diervariatie kan worden ingespeeld t.b.v. individuele gezondheid (productieve levensduur), welzijn, efficiëntie en op nutrientenstromen -Onderzoek naar het toepassen van het kweken van insecten op mest in de praktijk om stalemissies te reduceren. -Onderzoek naar mestverwaarding van verschillende meststromen, mestproducten en mestnutrienten (NPKC, maar ook ureum,	- Ombouw bestaande conventionele melkvee stallen naar stallen met lekdichte beloopbare vloeren en directe/frequente mestverwijdering naar gesloten mestopslag (onder stalvloer of extern) - Minimalisering van methaanvorming in opslag (door bv. grondkoeling /mechanische koeling, omzetting van resterende methaan-productie in headspace mestopslag naar CO2 via affakkelen/oxidatie) - maatregelen ter vermindering emissies potstallen en andere strooiselsystemen - Voorspellen van N en C verliezen op basis van verhoudingen tussen nutrienten in de mest (N/K, N/P, C/K, C/P) - Ontwikkelen van tools in samenwerking met bedrijfsleven (o.b.v. berekende en/of gemeten mestwaarden) waar-	- Welke maatregelen zijn nodig om bestaande stallen met drijfmestkelders om te laten bouwen naar stallen met dagontmesting en mestscheiding? -Implementatie van integraal duurzame stalconcepten of modules van deze stalconcepten. -Implementatie van insectenkweekmodules op stalniveau - Implementatie van methaanreducerende en/of methaanoxiderende technieken bij stallen en/of mestopslagen. -Wat is nodig om mestproducten toe te passen i.p.v. kunstmest?

		humuszuren, micronutrienten) met oog voor bodem, natuur, vastlegging C – Toepassen van methode om datastromen op bedrijven te genereren en op te slaan voor datagedreven onderzoek (Big data, FAIR principe, arduino) in aanvulling op hypothese-gedreven onderzoek.	mee C- en N-verliezen in beeld komen en te nemen maatregelen om deze verliezen te voorkomen.	

Positionering MMIP

Sector(en): Dit MMIP heeft interactie met de Topsector Agri & Food. Het sluit in zijn geheel aan bij MMIP11a (Emissiereductie in bodem- en landgebruik) en Duurzame veehouderij. Het deelt doelstellingen met Missie A (Kringlooplandbouw, Circulaire voedselsystemen (PS1), zie ook Bijlage 1; Robuuste teeltsystemen en biodiversiteit). Tevens interacteert het met Klimaatadaptieve landbouwsystemen (PS10a).

Stand van zaken

Ten aanzien van de vijf actoren van die noodzakelijk zijn in het innovatiesysteemmodel kan gesteld worden dat die binnen het lopende onderzoek al vertegenwoordigd zijn: bedrijven met nieuwe technologieën, kennisinstellingen, overheden, financiele instellingen en intermediairs. Op dit moment is vooral de overheid degene die de financiele middelen levert voor de ontwikkeling en in mindere mate de bedrijven met innovaties.
De laatste jaren is de innovatiedrive in het bedrijfsleven weer iets toegenomen. De noodzaak wordt versterkt door het onlangs verworpen PAS-beleid van de overheid en de noodzaak van transitie in de veehouderij om duurzame productie te realiseren in een kringlooplandbouw die de overheid voor ogen heeft.
Internationaal heeft Nederland en Wageningen op het gebied van emissieonderzoek (in eerste instantie vanuit ammoniak en de NEC Directive) een voorlopersrol en is een gevraagde partner voor internationale samenwerking (TFRN, INMS, GRA, COST actions), ook op

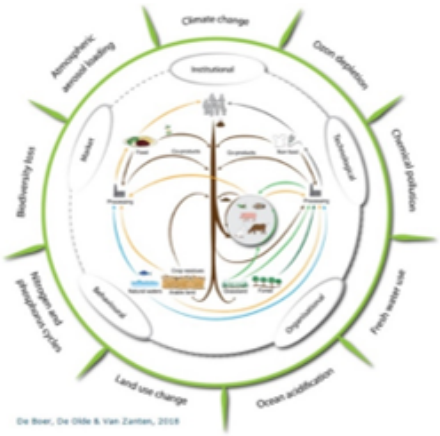
het gebied van methaan (FACCE ERA-GAS). Wat betreft de broeikasgassen is de NL positie minder leidend, maar lopen we wel in de voorhoede. Zeker als het gaat om monitoring van stalemissies en enterische methaanemissie, waaronder modellering.

Programmering
Aanpassen van wat is, lijkt niet voldoende gezien de taakstelling tav het klimaat, natuur en volksgezondheid. De voorlopers moeten hier een belangrijke rol gaan spelen. De relatie met de sector is, vanuit eerdere monitoringsprogramma's van ammoniak en fijnstof en nu met methaan, bestendig, ook via het doorlopende onderzoek in het project Koeien en Kansen. De samenhang tussen de lopende projecten is er wel, maar niet genoeg. Dit dient versterkt te worden tot een programma zodat iedereen zicht heeft en oog heeft voor wat gedaan moet worden, wiens rol dat is en dat voor iedereen duidelijk is waar we uit willen komen.
In werkpakketten kunnen de resultaten uit de onderzoeksfase ontwikkeld en verder uitgewerkt in pilots en demonstratieprojecten waar tevens door de diverse partijen gezocht wordt naar implementatiemogelijkheden en uiteindelijk implementaties. De interacties tussen de werkpakketten en de verschillende stakeholders zal leiden tot een iteratief proces, die nodig is voor systeeminnovaties. In een vroegtijdig stadium zal hiervoor samenwerking gezocht worden in een consortium.
De insteek van het programma is het reduceren van broeikasgassen, maar integraal duurzaam vraagt aandacht voor People, Planet en Profit, zodat ook economische en maatschappelijke aspecten goed in beeld komen (zoals dierenwelzijn, volksgezondheid, bedrijfszekerheid). Expliciet is hierbij aandacht voor gelijktijdig reduceren van NH3 emissies in het licht van de Europese NEC-richtlijn en Habitatrichtlijn.

Bijlage 1. Context in 2050 ten behoeve van het formuleren van onderzoek

Circulaire landbouw: Figuur 1 laat een verbeelding zien van een circulaire voedselsysteem binnen een circulaire economie. Dit MMIP 11 vindt de ingang via "Climate Change" omdat het de broeikasgasemissies methaan (CH4) en lachgas (N2O) terugdringt vanuit de veehouderij. Een tweede ingang is die van de "Nitrogen cycles" omdat N2O een van de broeikasgassen is en NH3 een voorloper is van dit gas en zo indirect bijdraagt aan het broeikasgaseffect. Deze gassen lekken uit de stikstofcyclus en worden derhalve voorkomen, dan

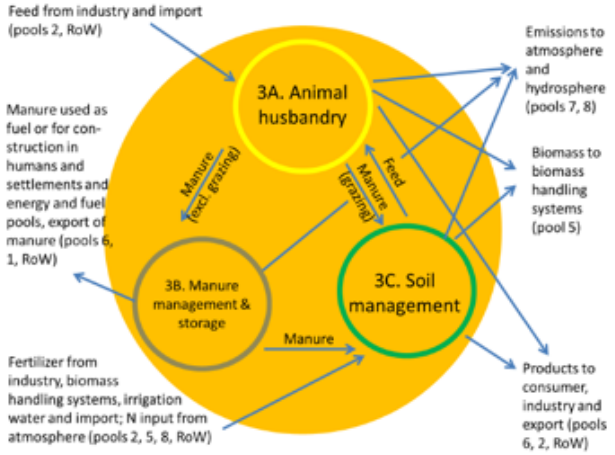
wel opgevangen en hergebruikt in een circulaire landbouw (Dit geldt overigens ook voor NO3-, NO en N2, waarvan de laatste weliswaar niet reactief, maar wel een verlies van nutrienten is). In termen van lekkage dient ook gedacht te worden aan de "Carbon cycle" of koolstofcyclus waar het broeikasgas CH4 uit lekt (en CO2, maar geen broeikasgas, want onderdeel van de kleine kringloop en dus weer opgenomen door planten). Dat de landbouw een onderdeel is van een groter systeem laat ook Figuur 2 zien waarin de stikstofstromen in een land de verschillende domeinen 'verbinden'.



Figuur1 een circulaire economie met daarbinnen het voedselsysteem

Figuur 2 Stikstofstromen op nationaal niveau zoals beschreven door Winiwarter et al, 2013) in de Guidance Document on National Nitrogen Budgets en de Agricultural Annex (Leip etal., 2016).

Binnen het domein van de landbouw zijn drie sub-domeinen te benoemen (Figuur 3).



Figuur 3. Interne structuur van het landbouwdomein uit Figuur 2 met drie sub-domeinen: stal (3a), management en opslag (3b) en bodem (3c) (Leip et al., 2016)

In 2050 is de onderlinge samenhang binnen de nationale context, maar ook naar buiten (RoW, Rest of World) beschreven en geoptmialiseerd, zodat, ten behoeve van de circulaire economie, de NPK- en C-stromen binnen en tussen de domeinen optimaal verbonden zijn, met minimale lekkages naar lucht, bodem en water.

Stal en dier in 2050

In 2050 hebben landbouwhuisdieren in Nederland zekere morele rechten als subject, en de jurisprudentie over die rechten ontwikkelt zich nog steeds. Tegelijkertijd spelen ze een vitale rol in de circulaire economie, omdat ze biomassa en reststromen opwaarderen tot voedsel, en zijn ze een belangrijk onderdeel van de biodiverse cultuur-natuur in ons landschap. Net als in de akkerbouw dragen meerdere (dier)soorten op één locatie bij aan de robuustheid en veerkracht van het bedrijf. De huisvesting voor landbouwhuisdieren is zo ontworpen, dat dieren in stabiele sociale groepen in hoge mate controle kunnen hebben over hun omgeving en positieve ervaringen kunnen opdoen. Die huisvesting is in hoge mate geïntegreerd met de omgeving, op basis van biobased bouwmaterialen. Een deel daarvan gaat slechts een paar jaar mee, omdat ze benut of afgebroken worden, onder andere door de dieren zelf. De huisvesting groeit zo organisch mee met de veranderende behoefte van het bedrijf, de dieren of de maatschappij. Een ander deel is juist hoogtechnologisch en individueel. Door middel van sensoren en ICT 'praten' we met dieren, waardoor individuele monitoring van hun welzijn & gezondheid mogelijk zijn, en hebben we ook de groepsdynamiek in de gaten. Data gedreven analyse van de (big) data kunnen gecombineerd met het hypothese-gedreven onderzoek aanvullende inzichten leveren. Klimaatsystemen passen zich gemakkelijk aan veranderend groepsgedrag en een veranderende huisvestingsstructuur. Autonome keuzes van dieren in voeders worden gemonitord en waar nodig aangevuld met essentiële voederbestanddelen. Het microbioom in pens en darmen is ontrafeld en de enterische methanogenese processen zijn minimaal via interventies in de fokkerij, voermanagement en met voeradditieven.

Omdat mest en urine een belangrijke grondstof zijn geworden in het circulaire voedselsysteem zijn deze huisvestingssystemen evengoed zo ontworpen dat mest en urine dagvers en gescheiden worden afgevoerd, opgeslagen, eventueel verwerkt en de nutriënten maximaal benut, zodat kunstmest bijna overbodig is. Voor N zal altijd enige aanvulling nodig zijn, hetzij via vlinderbloemigen, hetzij via kunstmest. Robots verzamelen de mest, terwijl de urine via drainerende vloeren snel wordt afgevoerd of via organische bodems wordt vastgelegd voor later gebruik. De mest wordt vervolgens emissievrij opgeslagen, dagvers vergist en vervolgens opgeslagen of direct

aangewend, in de plantaardige productie maar ook in de eiwitproductie door algen of insecten. De emissies van methaan, lachgas, ammoniak, geur en fijnstof uit mest zijn daardoor minimaal.

De daken van huisvestingssystemen zijn mobiel en modulair, produceren energie of zijn ecologische hotspots in zichzelf. Ze bieden beschutting aan de dieren tegen regen, en bieden koelte tegen de hitte van een veranderd klimaat. De primaire ventilatie vindt op natuurlijke wijze plaats, waar nodig aangevuld met mechanische ondersteuning en indien nodig, afvang van methaan en ammoniak.

B.3 E12A Energiebesparing, -productie en -gebruik

De **doelstelling** van dit MMIP is om in 2030 energieneutraliteit in het rurale gebied te bereiken en 100 PJ energie op te wekken in 2050 en hierbij de maatschappelijke kosten van de energietransitie te verminderen via een integrale gebiedsgerichte aanpak van de energietransitie. Dit wordt bereikt via een ketenaanpak, inclusief na-oogst opslag, transport en verwerking van landbouwproducten tot levensmiddelen. Een goede business case en draagvlak bij omwonenden is hierbij essentieel.

Deelprogramma's

- **Een integrale gebiedsgerichte aanpak van de energietransitie** draagt bij aan verkleinen van de kosten voor aanpassing van het energienet. Het gaat daarbij om het zo optimaal mogelijk afstemmen van energievraag & aanbod. Met als uitdaging om landbouwproductie en de verwerking van agrifood te integreren in de energieproductie en energiediensten die nodig zijn om de RES opgaven op gebiedsniveau te realiseren.
- **Fossielvrije landbouwproductie**: Dieselverbruik is een fors aandeel van het energieverbruik in de landbouw. Fossiel vrije varianten zijn o.a. blauwe diesel, CNG/LNG, elektrisch of waterstof. Het is belangrijk om integrale concepten te ontwikkelen voor het gebruik van alternatieven voor diesel die passen in een gebiedsgerichte aanpak.
- **Energiebesparing in na-oogst fase**: opslag en transport van en verwerking van agrarische grondstoffen tot levensmiddelen is belangrijk voor een gevarieerd, gezond en duurzaam voedselaanbod dat ook jaarrond verkrijgbaar is, en het minimaliseren van verliezen in de keten. Energiebesparing en –hergebruik is ook in deze fase belangrijk. Tegelijkertijd is een kwaliteitsge-

stuurde keten essentieel. Kennis is nodig ten aanzien van ontwikkeling van energiezuinige processen, transport- en opslagcondities en gebruik van nieuwe energiebronnen, waarbij een lokale, bij voorkeur circulaire, aanpak essentieel is.

Prioriteiten

- Gebiedsgericht integreren van landbouwproductie/verwerking van agrifood in de energieproductie en energiediensten. Voor het realiseren van RES opgaven.
- Fossielvrije teelten en graslandbeheer
- Reductie na-oogst energiegebruik in transport en opslag, met behoud van kwaliteit en veiligheid van producten
- inzicht en voorspelling energie en kwaliteitsverlies in ketens op basis van slimme technologie en ketenregie.
- Energiereductie in verwerking agrarische materialen: milde processing, verbeteren en vermijden droogprocessen, electrificatie

Inleiding

In 2030 is er energieneutraliteit in het rurale gebied en in 2050 is er klimaatneutrale productie van food en 100 PJ opwek.

Wat beoogt het MMIP?

De doelstelling van dit MMIP is om in 2030 energieneutraliteit in het rurale gebied te bereiken en 100 PJ energie op te wekken in 2050 en hierbij de maatschappelijke kosten van de energietransitie te verminderen via een integrale gebiedsgerichte aanpak van de energietransitie. Dit wordt bereikt via een ketenaanpak, inclusief na-oogst opslag, transport en verwerking van landbouwproducten tot levensmiddelen. Een goede business case en draagvlak bij omwonenden is hierbij essentieel.

Inzet van dit MMIP is om de impact van de energietransitie op het landelijk – waar landbouw de grootste grondgebruiker is - te verkleinen. Integratie van energietransitie in de bedrijfsvoering van landbouw en de verwerking van landproductie biedt kansen om deze impact te verkleinen. Zeker bij een gebiedsgerichte aanpak die ook bij kan dragen aan het wegnemen of zelfs voorkomen van weerstand van direct omwonenden.

Het MMIP omvat de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk voor:

- Fossielvrije teelten en graslandbeheer.

- Nieuwe energiezuinige processen in na-oogst opslag, transport en verwerking
- Regionale oplossingen voor het afstemmen van energievraag & aanbod via het slim combineren van (verschillende vormen van) energieproductie met energiebesparing, -opslag, en - gebruik
- Optimaal integreren van de energieopwekking in de verdere verduurzaming van de bedrijfsvoering
- Nieuwe business modellen voor de landbouw als (lokale) energieproducent en leverancier van netstabiliteit die de energietransitie ondersteunen en versnellen

Deelprogramma's en fasering

Een integrale gebiedsgerichte aanpak van de energietransitie draagt bij aan verkleinen van de kosten voor aanpassing van het energienet. Het gaat daarbij om het zo optimaal mogelijk afstemmen van energievraag & aanbod. Met als uitdaging om landbouwproductie en de verwerking van agrifood te integreren in de energieproductie en energiediensten die nodig zijn om de RES opgaven op gebiedsniveau te realiseren.

Fossielvrije landbouwproductie: Dieselverbruik is een fors aandeel van het energieverbruik in de landbouw. Fossiel vrije varianten zijn o.a. blauwe diesel, CNG/LNG, elektrisch of waterstof. Het is belangrijk om integrale concepten te ontwikkelen voor het gebruik van alternatieven voor diesel die passen in een gebiedsgerichte aanpak.

Energiebesparing in na-oogst fase: opslag en transport van en verwerking van agrarische grondstoffen tot levensmiddelen is belangrijk voor een gevarieerd, gezond en duurzaam voedselaanbod dat ook jaarrond verkrijgbaar is, en het minimaliseren van verliezen in de keten. Energiebesparing en –hergebruik is ook in deze fase belangrijk. Kennis is nodig ten aanzien van ontwikkeling van energiezuinige processen en opslagcondities en gebruik van nieuwe energiebronnen, waarbij een lokale, bij voorkeur circulaire, aanpak essentieel is.

Lopend of recent afgesloten projecten en programma's

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma 1: ***Integrale gebiedsgerichte aanpak van de energietransitie***				

		AF-17013 Landbouw als vliegwiel voor de energie transitie		POP3 - Groningen: In JOLA en in algemene investerings-regelingen ruimte voor kleine windmolens bij boerderijen. Deze zijn bijvoorbeeld ook geschikt voor energievoorziening aan naastliggende dorpen.
Deelprogramma 2: *Fossielvrije landbouw*				
Deelprogramma 3: *Energiebesparing in transport, opslag en verwerking van agrifood*				
	AF-EU-16005 NoAW AF-EU-19019 Food Processing in a Box	AF15235 Duurzaam ingevroren en smaakvol AF15240 Interactieve bewaarsystemen voor aardappels		

Kennis en innovatieopgaven

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma 1: *Integrale gebiedsgerichte aanpak van de energietransitie*				
Gebiedsgerichte rol van landbouw in energietransitie	-scenario's uitwerken van combinaties van energieproductie & buffering die zowel voor (samenwerkende) landbouwbedrijven, omwonenden als nutsbedrijven interessant zijn.	-**ontwikkelen tool die per gebied de maximale rol in kaart brengt: productie-buffering-type diensten - besparing maatschappelijk kosten.** **-ontwikkelen aanpak die uitrol mogelijk maakt** - verbruik/productie profielen vertalen naar prijsprikkels.	-praktijkexperimenten gekoppeld aan concrete RES opgaven.	-verdienmodellen -demonstratie
	- gebiedsgericht (via samenwerkende agrariërs en omwonenden) omzetten van overtollige elektriciteit in met name de zomer naar andere energiedragers als warmte en groengas rendabel maken.	-**ontwikkelen en optimaliseren van een lokale integrale businesscase waarin alle kosten zijn meegenomen en waarin financiële** (nu nog niet toegestane) **prikkels zitten die er voor zorgen dat de totale maatschappelijke kosten lager zijn** (bijvoorbeeld door het voorkomen van netverzwaringen). - in kaart brengen hindernissen in wet- en regelgeving. Suggesties voor oplossingen.	-**praktijkexperimenten gekoppeld aan concrete RES opgaven**	-verdienmodellen -demonstratie

Integreren energie opwek met andere duurzaamheidsdoelen	-onderzoek zoals meerwaarde koelen mest voor reductie methaan- en ammoniakemissie	-opwaarderen warmte uit mest voor warmtenet (combineren van meerdere bedrijven) -**bepalen meerwaarde drogen gras voor DZK doelen (% blijvend grasland & aandeel eiwit van eigen land)**	-praktijkonderzoek voor test met meerdere bedrijven van koelen mest. -opnemen als maatregel PAS* -praktijktoets drogen gras als instrument voor netstabiliteit. - idem mest koelen	-demonstratie -opnemen in kringloopwijzer
	Meervoudig grondgebruik: onderzoek naar het combineren van zonnepanelen met landbouwproductie	**In kaart brengen welke mogelijkheden er zijn om zonnepanelen te combineren met volwaardige agrarische productie** (b.v. strokenteelt en rechtopstaande zonnepanelen oost/west, gecombineerd met teeltondersteunende maatregelen, pluimvee onder zonnepanelen irt wetgeving vrije uitloop etc.) -MKBA studies	Praktijkexperimenten	-Demonstratie -Verdienmodellen
Deelprogramma 2: *Fossielvrije landbouw*				
Fossielvrije teelten en graslandbeheer.	-onderzoek nieuwe technologieën (o.a. in automotive / trucks die voor landbouw beschikbaar kunnen komen)-	-**ontwikkelen regionale concepten van productie van LNG/CNG, waterstof of blauwe diesel die ook bij kunnen dragen aan regionale netstabiliteit**	- praktijkonderzoek om de technieken te ontwikkelen en testen op het schaalniveau van een agrarische collectief.	- verdienmodellen
	-onderzoek potentie nieuwe vormen van mechanisatie en teeltsystemen om dieselgebruik te reduceren in de open teelten en de veehouderij	- In beeld brengen hoe hernieuwbare energie te kunnen benutten op momenten van piekproductie - **Concrete praktijkgerichte strategieën ontwikkelen per landbouwsector / teelt** - Economische haalbaarheid	Praktijk experimenten	- Verdienmodellen - Demonstratie
Deelprogramma 3: *Energiebesparing in transport, opslag en verwerking van agrifood*				
Na-oogst energiegebruik in transport en opslag	-**onderzoek grenswaarden opslagcondities en impact op kwaliteit en houdbaarheid** -onderzoek mogelijke fluctuaties in opslagcondities	- bepalen optimale waarden voor opslagcondities (minimaal productverlies) - ontwikkeling van concepten voor energie buffering en opslag -ontwikkeling nieuwe methoden opslag en transport	- praktijkexperimenten voor realistische inschatting opslagcondities, energiebuffering en – besparing	-verdienmodellen -regionale integratie -demonstratie
Energiereductie in verwerking agrarische materialen	-onderzoek nieuwe technologieën voor lage temperatuur verwerking en conservering -onderzoek verbeteren en vermijden droogprocessen	-**ontwikkeling nieuwe technologieën voor milde processing en fractionering** **- ontwikkeling realistische concepten voor elektrificatie**	-praktijkonderzoek om technieken te ontwikkelen en testen op realistische schaal -nieuwe specificaties voor ingrediënten gemaakt met mildere processen	- verdienmodellen - ketenintegratie -technologische feasibility 'nieuwe' ingrediënten

	-elektrificatie van na-oogst behandelingen en voedselprocessing			
Kleinschalige en regionale aanpak voor energiebesparing na-oogst		-**ontwikkeling regionale concepten voor energiereductie en hergebruik** -ontwikkeling kleinschalige naoogstbehandelingen en voedselverwerking - ontwikkeling nieuwe aanpak ontwateren	-**praktijk-experimenten op regionale en lokale schaal, kleinschalige verwerking, koppeling verschillende ketenpartners, fieldlabs** -evaluatie duurzaamheid en economische impact van regionale verwerking	-modelconcepten voor kleinschalige regionale aanpak

*PAS = Programmatische Aanpak Stikstof

Positionering MMIP

Dit MMIP heeft interactie met de sectoren Landbouw, Tuinbouw, Voedingsindustrie, Water en Gebouwde omgeving, Energie en beoogt een duurzame en klimaatneutrale productie van agrarische producten en levensmiddelen te bevorderen. Hiervoor is het noodzakelijk dat een ketenbrede aanpak gekozen wordt waarin alle betrokken sectoren samenwerken en verdienmodellen en draagvlak voor omwonenden van af het begin meegenomen worden.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

De Nederlandse agrifoodsector is mondiaal toonaangevend op het gebied van een efficiënte agrarische productie. Deze hoge efficiënte productie brengt met zich mee dat per oppervlakte land grote hoeveelheden fossiele energie gebruikt worden. Nederland is internationaal marktleider en heeft een sterke, innovatieve en hoogproductieve sector met een zeer efficiënte logistiek en verwerking. Onze kennisinstellingen zijn world class en de publiek-private samenwerking tussen bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheden werkt goed. De ambitie in dit MMIP is om deze kennispositie en de positie van het bedrijfsleven te verbeteren en in te zetten voor een volledig klimaatneutrale agrarische productie in 2050.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

- Missie Landbouw, Water, Voedsel
- Integrale kennis- en innovatieagenda voor klimaat en energie
- LNV visie
- NWA
- Nationaal Preventieakoord
- KIA's Topsectoren A&F, T&U, W&M en LSH

Strategie internationaal
Nederland is internationaal goed ingebed in R&D netwerken (ETP's, JPI's en onderliggende instrumenten via zowel DG RTD als DG Agri in de EU. Hiermee is er een goede en uit te bouwen basis voor kennisontwikkeling en kennisdeling in internationaal perspectief. Inzet op verduurzaming en gezondheid moet leiden tot een betere concurrentiepositie.

Innovatiesysteem en consortiumvorming
Publiek-Private Samenwerking is een kernbegrip in het Agridomein, in en met een wereldwijd leidende kennisinfrastructuur, een aktief MKB, en een fors aantal R&D locaties van grote bedrijven. In dit MMIP wordt ingezet op stimulering van brede samenwerkingsvormen tussen partijen, kennisdisseminatie van de ontwikkelde kennis en toepassing van de resultaten.

B.4 E12B Duurzame glastuinbouw

Samenvatting
Het programma Duurzame Glastuinbouw heeft als langere termijn ambitie een duurzame (en dus ook rendabele) glastuinbouw sector, die klimaat-neutraal is, volledig circulair en gezond, en waarin klimaatbestendig en duurzaam gebruik wordt gemaakt van water. Daarmee draagt de sector bij aan de gezondheid en het welzijn van consumenten in Europa en daarbuiten.
Het MMIP omvat de volgende deelprogramma's
- Kas als Energiebron
- Glastuinbouw Waterproof
- Het Nieuwe Doen in Plantgezondheid

Met het MMIP wordt gestreefd naar:
- Klimaatneutrale productie in 2050 (2040 onder voorbehoud van inzet van partijen buiten de sector). Dit wordt bereikt door energiebesparing via Het Nieuwe Telen, energiezuinige belichting (LED) en nieuwe kasconcepten/materialen en het vervangen van de resterende vraag van aardgas door aardwarmte, (duurzame) elektriciteit uit het net en warmte uit biomassa, industrie en kasomgeving. Voor de gewasgroei in daarbij essentieel dat voldoende externe CO2 bronnen ontwikkeld worden.
- Een emissieloze kas in 2027 voor zowel grondteelten als substraatteelten door recirculatie, zuiveren van restromen en vol-

doende goed gietwater. Een water-efficiënte productie en klimaatbestendig glastuinbouw-gebied in 2050 door innovatieve ontzouting en mineralenterugwinning en waterberging
- Weerbare gewassen en robuuste en weerbare teeltsystemen moeten verder ontwikkeld worden inclusief slimme en innovatieve technologieën. Er moet een effectief en duurzaam middelen pakket (biologisch en chemisch) beschikbaar komen met een minimale milieubelasting waarmee Nederland op wereldschaal concurrerend kan blijven.

Tevens wordt gewerkt aan een integrale samenhang van bovengenoemde innovatie sporen, waarbij inzicht komt in negatieve en positieve interacties. Binnen dit MMIP wordt ingezet op de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie, en daarnaast ook aan maximale implementatie in de praktijk (van reeds bestaande technieken) op de genoemde sporen.

Inleiding

In het hoofdstuk Energie van de KIA Klimaat, Landbouw en Landgebruik is als doel omschreven de CO2- emissie uit gebruik van fossiele brandstoffen in de landbouw tot nul terug te brengen en in het landelijk gebied 100 PJ aan energie op te wekken uit niet-fossiele brandstoffen. Hier wordt gewerkt aan de kennis en innovatie die daar voor nodig is in de glastuinbouw als onderdeel van de opgave in het klimaatakkoord de CO2-emissie in 2030 met 1 Mton Co2-eq te verminderen, met 1,8 Mton als ambitie.
Binnen het Visiedocument Landbouw, Water en Voedsel zijn behalve de klimaatopgave (Missie B Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie) ook missies geformuleerd waarin de glastuinbouw op het gebied van water en plantgezondheid een opgave heeft. Dit zijn missie A kringlooplandbouw (Subthema 2) en Missie C Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied (Subthema 1 en2).

Wat beoogt het MMIP?

Doelstellingen MMIP

Inzet van dit MMIP is een duurzame – en dus ook rendabele- glastuinbouw die klimaat-neutraal is, volledig circulair en gezond, en waarin klimaatbestendig een duurzaam gebruik gemaakt wordt van water.
Het MMIP Duurzame Glastuinbouw omvat de kennis en innovatiesporen Kas als Energiebron, Glastuinbouw Waterproof, Het Nieuwe Doen in Plantgezondheid. Tevens wordt in dit MMIP gewerkt aan

een integrale samenhang van deze innovatie sporen, waarbij inzicht komt in negatieve en positieve interacties.
Binnen dit MMIP wordt gewerkt aan de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie, en daarnaast ook aan maximale implementatie in de praktijk (van reeds bestaande technieken) op de genoemde sporen.

Energie: klimaatneutraal
De ambitie van de sector is dat de teelt van groenten, bloemen en planten in Nederlandse kassen in 2050 klimaatneutraal is. Dit wordt bereikt door energiebesparing via Het Nieuwe Telen en energiezuinige belichting zoals LED en het vervangen van de resterende vraag van aardgas door aardwarmte, elektriciteit uit het net en warmte uit biomassa en van de industrie. Doordat in de glastuinbouw zelf geen productie van CO2 meer plaatsvindt, moet CO2 van elders aangevoerd worden voor de gewasgroei. Bij de juiste randvoorwaarden en samenwerking met de overheid is de glastuinbouw al in 2040 klimaatneutraal. Met name de volgende ontwikkelingen zijn essentieel:

- Doorontwikkeling en implementatie van energiebesparing in kassen
- Beschikbaarheid van voldoende externe CO2 voor alle bedrijven uiterlijk in 2030
- Realisatie van warmtenetten in alle glastuinbouwclusters uiterlijk in 2030
- Doorontwikkeling van aardwarmte met 2 tot 3 nieuwe bronnen per jaar
- Herstructurering en nieuwbouw van het areaal met minimaal 300 ha per jaar

Water: In 2027 nagenoeg vrij van emissies naar de omgeving; Waterefficiënte emissieloze kas 2050
Het eindbeeld is dat er nagenoeg geen gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen vanuit de kas in het milieu komen. Dat bereiken we door hergebruik van al het water dat binnen het bedrijf wordt gebruikt en het zuiveren van reststromen voordat ze worden afgevoerd. Voldoende goed gietwater is daarbij een voorwaarde waarbij innovatie naar het geschikt maken van verschillende stromen en aanpassing van regelgeving noodzakelijk is. Daarbij moet rekening gehouden worden met de klimaatverandering (langere droogte, meer neerslag in korte tijd), waarmee tevens een bijdrage kan worden geleverd om wateroverlast in de (directe) omgeving te voorko-

men door extra opslagcapaciteit. Met het schaarse water moet uiteraard verantwoord omgegaan worden. Tevens dient de waterfootprint zoveel mogelijk te worden verminderd.
Deze ambitie resulteert in de drie hoofddoelstellingen van het spoor Glastuinbouw Waterproof:

- (Bijdragen aan) de emissieloze kas in 2027 voor zowel grondteelten als substraatteelten.
- (Bijdragen aan) een water-efficiënte glastuinbouwproductie in 2050.
- (Bijdragen aan) een klimaatbestendig glastuinbouw-gebied in 2050

Plantgezondheid: Gezond gewas als basis voor nagenoeg emissie- en residuvrij telen in 2040
De Nederlandse glastuinbouwsector heeft de ambitie om nagenoeg zonder emissie naar de omgeving en residu op de producten te telen met een ver doorgevoerd systeem van Integrated Pest/Plant Management (IPM) voor glasgroenten, bloemen en planten. Producten dienen van hoogwaardige geborgde fytosanitaire kwaliteit te blijven. Op de lange termijn willen naar robuuste systemen met een sterk verminderde afhankelijkheid van chemische gewasbeschermingsmiddelen. Hiervoor moeten weerbare gewassen en robuuste en weerbare teeltsystemen verder ontwikkeld worden inclusief slimme en innovatieve technologieën. Er moet een effectief en duurzaam middelen pakket (biologisch en chemisch) beschikbaar komen met een minimale milieubelasting waarmee Nederland op wereldschaal concurrerend kan blijven. Nederland is en blijft daarmee wereldwijd gidsland in verdere verduurzaming van de glastuinbouw op basis van een gezond gewas.

Deelprogramma's en fasering innovatietraject MMIP
Lopend of recent afgesloten projecten en programma's
Op onderstaande websites zijn de resultaten gepubliceerd van de projecten en programma's in het kader van de drie thema's energie, water en emissie, plantgezondheid.

- Voor energie betreft dit met name het Topsector T&U programma Energie en CO_2 (jaarlijks), waarbinnen tientallen projecten zijn uitgevoerd op het gebied van energiezuinig telen en toepas-sing/winning van duurzame energie. Daarnaast enkele specifiek PPS'n: Winterlichtkas, Fotosynthesesensoren, Lichtkleuren t.b.v ge-wasontwikkeling, LED-toepassing.

- Voor water en milieu betreft het het jaarlijkse Topsector T&U programma Glastuinbouw Waterproof en projecten in dat verband, waaronder emissie-arme teeltsystemen en recirculatie voor diverse gewassen (substraat- en grondteelten), bodemsensoren voor emissiemanagement grondteelten, ion-specifieke sensoren, waterzuivering, microbieel gezond water in de glastuinbouw.
- Voor plantgezondheid betreft dit het jaarlijkse Topsector T&U gewasoverstijgende programma Plantgezondheid. In dat verband vele pro-jecten uitgevoerd voor Het Nieuwe doen in Plantgezondheid m.b.t. onder meer precisietuinbouw, onderzoek aan meerdere ziekte- en plaagorganismen, biologische bestrijding, detectiemethoden, residuonderzoek, systeemaanpak grondgebonden teelten, plantweerbaarheid.

www.kasalsenergiebron.nl/onderzoek/, www.glastuinbouwwaterproof.nl/onderzoek/, https://www.glastuinbouwnederland.nl/thema/plantgezondheid/projecten-detail/ evenals op https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/plant-research/glastuinbouw.htm en https://topsectortu.nl/nl/publicaties

Kennis- en innovatieopgaven

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma 1: Kas als Energiebron				
Het Nieuwe Telen; Energiebesparing	Plantfysiologie m.b.t. fotosynthese, lichtbenutting , lichtspectrum, gewasflexibiliteit i.r.t. warmte, CO2 dosering, water, voeding en plantweerbaarheid, -gezondheid. Kasdek- en schermmaterialen voor spectrumselectie, vochtdoorlatendheid i.c.m. hoge isolatiewaarde	Sturing op gewasarchitectuur, assimilatenbalans, LED: lichtspectrum, gemis warmtestraling Veredelen op planteigenschappen/QTL's voor teelt onder energiezuinige condities. Integrale duurzaamheid van energie, water en plantgezondheid. Techniek: Ontvochtiging en terugwinning latente warmte, nieuwe schermmaterialen, lagere piekvraag e.d.; Energiezuinige kasconcepten in combinatie met nieuwe materialen	Optimale inzet LED en lichtspectrum, sensoren en big data technieken. Interacties energie, water, plantgezondheid, veredeling Teeltconcepten met 50% CO2 reductie in bestaande kassen Verlagen winterpiek door isolatie en teeltstrategieën Beste manier om onderscheid in de consumentenmarkt te scheppen	Kennisuitwisseling, -opbouw en ondersteuning telers, adviseurs toeleveranciers, veredelaars via cursussen, e-learning, monitoren en demo praktijktoepassingen Campagne best practices Integreren in onderwijsprogramma's: lesmateriaal, stages, afstudeerprojecten, bijscholing docenten Monitoring energiegebruik en CO2-emissie glastuinbouw, penetratiegraad opties, besparing

		ICT: big data, (licht)sensoren, algoritmes/modellen Houding en gedrag telers, toeleveranciers, adviseurs; ontwikkeling beleids-interventies		Bevorderen marktinitiatieven productpositionering duurza(a)m(er) geteeld Kennisinzet t.b.v. verbetering subsidie instrumenten energiebesparing
Duurzame energie inzet (aardwarmte, bio-energie, zonne-energie/aquathermie, all-electric)	Kasdek- en schermmaterialen voor hernieuwbare warmte- en elektraproductie.	Klimaatneutrale teeltconcepten met inzet van duurzame bronnen (incl. benutting WKO, warmtepompen e.d.) i.r.t. energiebesparing. Aardwarmte: mogelijkheden van (on)diepere aardwarmte, nieuwe materialen en (boor-)technieken; professionalisering sector	Klimaatneutrale bedrijfs- en gebiedsconcepten (basis-middenpieklast), incl. aandacht voor solitaire bedrijven en extensieve teelten	Roadshow Fossielvrij t.b.v. strategisch denken over energietransitie op eigen bedrijf. Ontwikkelen hulpmiddelen (factsheets over opties, rekentools, gebiedsplannen etc.) Communicatie over kennis en resultaten o.m. via website, EnergiekEvent, roadshow fossielvrij, gewasbijeenkomsten, studiegroep bio-energie Makel- en schakelrol gebiedsgerichte aanpak, verbinding met bestaande of potentiële energiebronnen, en input op RES Aardwarmte: implementatie industriestandaarden en professionalisering Bevorderen marktinitiatieven productpositionering duurza(a)m(er) geteeld Kennisinzet t.b.v. verbetering subsidie instrumenten duurzaam
CO2 voorziening		Benutten CO2 uit buitenlucht; Direct Air Capture (DAC) CCU met industrie- en afvalsector incl. CO2 seizoensbuffering (lege gasvelden e.d.)	DAC op praktijkschaal resp. in de praktijk/regio Praktijkdemo's CCU met industrie en afvalsector	Uitrol CCU
Deelprogramma 2: Glastuinbouw Waterproof				
Sluiten waterkringloop /voorkomen emissies substraatteelten	Energiezuinige, goedkope technieken voor optimale gietwaterkwaliteit Technieken /strategieën voor monitoring /sturing nutriënten, water, microbiologie	Preventieve / curatieve oplossingen waterkwaliteitsproblemen. Sluiten waterkringloop verschillende substraattypen/ teeltsystemen/regio's/situaties van beperkende waterkwaliteit Monitorings- en beslissingsondersteunende systemen waterkwaliteit/ waterbehandeling Optimalisatie nutriënten en water; microbieel gezonde systemen	Proefkassen; integratie oplossingen Demo's praktijkbedrijven	Stimuleringsregeling netwerken en technische innovaties. Onderwijsprogramma Praktijknetwerk Cursus emissieloos telen (telers en erfbetreders) Kennisverspreiding via glastuinbouwwaterproof.nl, (gebieds)bijeenkomsten, webinars, Events.

Voorkomen emissie grondteelten: optimale irrigatie- , hergebruik en bemestingsstrategieën	Technieken i.r.t. voorkoming over-irrigatie en overbemesting en optimalisatie teelt. Robuuste, effectieve goedkope, energiezuinige technieken hergebruik drainagewater. Oplossing kwel – en inzijgingsprobleem Voorkomen emissies naar grondwater op hoge (zand)gronden.	Optimale irrigatie, bemesting en emissiebeperking (div gewasgroepen, regio's en bodemtypen). Kennis water-efficiënt grondteelt met nagenoeg nul-emissie. Verbetering teeltrendement i.r.t. kennisontwikkeling bodem, meststoffen & water.	Testen op demobedrijven (diverse regio's/gewassen). Implementatieonderzoek; aansluiten kennis praktijk	Stimuleringsregeling voor netwerken en technische innovatie. Campagne vertrouwen (technische) oplossingen Praktijknetwerken/kennisdeling/oplossen knelpunten Bijeenkomsten, nieuwsberichten, digitaal platform (glastuinbouwwaterproof.nl) Tools /stimuleren gebruik tools Opnemen onderwijsprogramma Cursus waterbewust telen (telers /erfbetreders)
Duurzame teeltsystemen: Innovatieve emissiearme en waterefficiënte teeltsystemen	Innovatieve teeltsystemen los van de ondergrond (i.p.v. grondteelt/ bij substraatteelten met knelpunten sluiten waterketen). Innovatieve circulaire en resource-efficiënte systemen	Door ontwikkelen innovatieve teeltsystemen Bemestingsschema nieuwe teeltsystemen; doel 100% recirculatie.	Nieuwe teeltsystemen op demobedrijven. Implementatiestrategieën.	Subsidieregeling innovatie / begeleiding nieuwe teeltsysteem Communicatie via website en bijeenkomsten Cursusmodule binnen emissieloos telen
0-emissie van gewasbeschermingsmiddel(en meststoffen); zuivering van reststromen op bedrijfs- en gebiedsniveau		Kosteneffectieve zuiveringsconcepten met terugwinning grondstoffen Waterkwaliteitsanalysemethoden microverontreinigingen (bijv. gewasbeschermingsmiddelen, metabolieten)		Website en bijeenkomsten Stimulering zuiveringsconcepten
Klimaatbestendigheid	Duurzame opslagmogelijkheden voor buffering Duurzame energiezuinige technieken ontzouting.	Methoden regionaal waterbeheer/klimaatbestendige glastuinbouw Voorkoming hinder klimaatverandering waterover-last/droogte/verzilting) op bedrijfsniveau Systeem cascadering (drain)water Technische en organisatorische oplossingen ondergrondse waterbergingen	Demobedrijven div glastuinbouwregio's. Rekentools ontwikkelen irt optimaal inzetten beschikbare alternatieve waterbronnen	Stimuleringsregeling m.n. regionaal website en bijeenkomsten Cursus module emissieloos telen
Verkleinen waterfoot-	Energiezuinig ontvochtigen	Terugwinning mineralen, eiwitten, e.d. uit water	Proefkas demo onderzoeksresultaten	website/ bijeenkomsten Stimuleringsregeling minder waterverbruik

print. Bijdrage kringlooplandbouw		Efficiënter gebruik regenval. Ondergrond efficiënt benutten. Verzilting tegengaan door toevoer water naar ondergrond. Hergebruik water-gerelateerde reststromen en afval		Cursus module emissieloos telen
Deelprogramma 3: Het Nieuwe Doen in Plantgezondheid				
Weerbaar gewas	Resistentieverdeling met nieuwe methodieken. Ontrafelen natuurlijke afweersystemen van planten. Sturing afweersystemen van planten door diverse factoren (ziekten/plaag, externe chemische of fysische prikkels of door microbioom en/of endofyten). Potentie zaadmicrobioom/ biologicals toepassing uitgangsmateriaal voor gezond zaaizaad en jonge planten.	Invloed onder- en bovengrondse factoren, teeltmaatregelen, toevoegingen als biostimulanten en biologische organismen (Biological Control Agents = BCA) op de plantweerbaarheid alsmede hun interacties. Invloed plant/gewas specifieke eigenschappen en stoffen (oa plantmetabolieten) op ziekte- en plaaggevoeligheid en hoe deze te beïnvloeden. Methoden om zaadkwaliteit te optimaliseren, bestuderen/sturen microbioom zaad en jonge planten. Ontwikkeling meetmethodieken plantweerbaarheid.	Meetmethode om kwaliteit en kwantiteit van teelthandelingen, biostimulanten, plantversterkers etc. in praktijksituaties vast te leggen. Toepassing van diverse weerbaarheid verbeterende producten en maatregelen op plantweerbaarheid. Positieve effecten/versterking van microbioom-componenten op zaad en jonge planten.	Communicatie en implementatie resultaten
Robuuste en weerbare teeltsystemen		Principes en mechanismen robuuste weerbare teeltsystemen voor borging plantgezondheid. Ontwerp van systemen waarbij ziekten/plagen minder/geen kansen krijgen dan wel met een gering risico op schade door ziekten, plagen. Breed inzetbare biologische bestrijders van ziekten en plagen (gewas overschrijdend) als basis voor een Standing Army.	Effecten van toepassing functionele biodiversiteit in de praktijk. Ontwikkeling gebiedsgerichte vegetatie voor versterking functionele biodiversiteit in glastuinbouwgebieden.	Communicatie en implementatie resultaten. Inrichting glastuinbouwgebieden met maatschappelijk draagvlak samen met gemeenten, provincies en waterschappen.
Slimme en innovatieve technologieën	Ontwikkeling moleculaire detectie technieken (op soort).	Snelle opsporings- en detectietechnieken van ziekten en plagen in de kas. Ontwikkeling nieuwe sensortechnieken. Monitoringssystemen voor ziekten, plagen, plantweerbaarheid en	Demonstratie nieuwe monitoringssystemen. Demonstratie nieuwe verfijnde toedieningstechnieken. Demonstratie- en proeflocatie Precisie Gewasbescherming Glastuinbouw.	Communicatie en implementatie resultaten in samenwerking met industrie.

		de effecten van de toegepaste maatregelen. Verfijnde toedienings- en bewerkingstechnieken (Precisie Tuinbouw), gebaseerd op precisie monitoring en precisie toepassing chemische en biologische middelen.	ICT en Big Data verwerking.	
Effectief en duurzaam (biologische en chemisch) middelen- en maatregelenpakket	Ontwikkeling innovatieve duurzame maatregelen. Aanpak van bacteriën (bv met fagen). Mogelijkheden vaccinatie tegen virussen. Feromoonverwarringstechnieken tegen meerdere plagen. Toepassing steriele insectenmethode in de kas. Rol microbioom en endofyten op plantweerbaarheid	Systeemaanpak ziekten en plagen vanuit meerdere disciplines en combinatie van biologische/chemische middelen en maatregelen. Opstellen criteria voor systeemaanpak ziekten en plagen. Ontwikkeling geïntegreerde gewasbescherming (IPM) gericht op ziekten. Duurzame (biologische en chemische) middelen en maatregelen voor verlaging milieulast gewasbescherming. Mechanische bestrijding van ziekten en plagen. Mogelijkheden afdoding ziekten en plagen in plantmateriaal en/of eindproducten voor exportborging.	Demonstratie diverse IPM systemen met correctiemogelijkheden voor een robuuste plaag- en ziektebeheersing.	Communicatie en implementatie resultaten.
Fytosanitair fundament	Nieuwe ziekten en plagen. Prioritering middels EPPO Alert list in afstemming met NVWA.	Voorkomen c.q. elimineren Q-organismen. Ontwikkelen diverse (on-site) detectie methodieken van ziekten en plagen. Effectiviteit biociden als eerste stap in IPM. Nieuwe methodieken voor ziekte- en plaagvrije export van tuinbouwproducten.	Opstellen hygiëne protocollen. Ketenprojecten gericht op clean corridor voor importproducten en nieuwe methodieken voor ziekte- en plaagvrije export van tuinbouwproducten.	Communicatie en implementatie resultaten. Communicatie in afstemming met TuinbouwAlert en Fytocompass.
Systeemintegratie om te komen tot een ecosysteem in de circulaire kas	Systeemintegratie tegen substraat- en grondgebonden ziekten zoals schimmels en bacteriën. Invloed bodem-, substraatweerbaarheid op systeemweerbaarheid.	Ontwikkeling robuust weerbare systemen met optimale benutting interacties bovengronds- ondergronds, verschillende maatregelen, disciplines en biologische bestrijders. Kritische punten voor behoud ecosysteem in de kas. Parameters aantasting en verspreiding ziekten en plagen en mate van stuurbaarheid (weren en lokale eliminatie). Rol insecten bij virusoverdracht.	Demonstraties combinatie van IPM en weerbaarheidsverhogende maatregelen. Demonstraties weerbaar telen. Demonstratie diverse ecosystemen gericht op gezonde planten in de circulaire kas. Opstellen onderwijs module over gezonde planten op MBO en HBO niveau. Integratie nieuwste kennis IPM en weerbaar telen in onderwijsprogramma's.	Communicatie en implementatie resultaten. IPM bijeenkomsten en leergroepen. Leergangen Weerbaar Telen. Integraal leerprogramma: Ecosystemen in de circulaire kas. Website 'HND in Plantgezondheid', Fytocompass. Plantgezondheid-Events, ketendialogen, gewasgerichte dagen op landelijke en regionaal niveau.

		Stimulatie bodemweerbaarheidsfactoren of BCA's op beheersing ziekten in grondgebonden teelten. Opstellen ecosystemen aanpak ziekten en plagen in circulaire kas.		

Positionering MMIP

De glastuinbouwondernemers hebben in hun dagelijkse praktijk met zowel de doelstellingen op CO2 en energie, water, en gewasgezondheid te maken. Belangrijk is daarom om de vraagstukken in samenhang te bezien en inzicht te krijgen in eventuele negatieve of positieve interacties, om zo tot een integrale duurzame glastuinbouw te komen. Het programma duurzame glastuinbouw omvat daarom naast Kas als Energiebron ook de deelprogramma's Glastuinbouw Waterproof en Het Nieuwe Doen in Plantgezondheid.
Dit MMIP heeft interactie met c.q. is onderdeel van missie A kringlooplandbouw en Missie C Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied. Verder zijn er crossovers naar MMIP's op het gebied van hernieuwbare elektriciteit (voldoende groene stroom), duurzame warmte en koude (netwerken, restwarmte, geothermie), sluiting van industriële kringlopen (CCS/CCU), en robuust en maatschappelijk gedragen energiesysteem (integratie gas/elektra/warmte, ruimtelijk inpassing).

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

De glastuinbouw heeft zijn goede concurrentiepositie weten te bereiken door een uitmuntende open ontwikkeling (en uitwisseling) van kennis. Om de stevige ambities voor een Duurzame Glastuinbouw te kunnen bereiken blijft onderzoek en innovatie op het gebied van energie, plantgezondheid en water onverminderd van belang. Dit kan de sector niet alleen. Er zijn goede kennisinstellingen nodig voor hoogstaand onderzoek en innovatie en het verspreiden hiervan. Een goede en sterke toeleverende industrie is nodig om innovatie te ontwikkelen en te vermarkten. Ook is een meewerkende overheid nodig voor bijvoorbeeld goede wet- en regelgeving en continuïteit in beleid, cofinanciering van het onderzoek en bevordering van implementatie.
Daarnaast is de sector voor het halen van de doelen en ambities ook afhankelijk van externe factoren, zoals de ontwikkeling van de markt. Een duurzame glastuinbouw betekent ook dat de bedrijven economisch rendabel blijven. De ondernemers moeten hun personeel kunnen blijven betalen én moeten financiële slagkracht houden

om te kunnen investeren om te kunnen (blijven) voldoen aan de wensen en eisen van markt en maatschappij.
De onderzoeks- en innovatievraagstukken zijn gebaseerd op de bestaande programma's Kas als Energiebron, Het Nieuwe Doen in Plantgezondheid en Glastuinbouw Waterproof die in nauwe samenspraak met tuinbouwondernemers worden bepaald en uitgevoerd. Glastuinbouw Nederland heeft een onderzoek- en innovatieprogramma voor de periode van 2019 tot 2020, en streeft naar voortzetting in de nieuwe GLB periode vanaf 2021, op de thema's plantgezondheid, water en energie. De Brancheorganisaties Sierteeltproducten en G&F Nederland en hun leden zijn steeds actief betrokken geweest bij de voorbereiding en hebben vervolgens in oktober ingestemd met het indienen van de aanvraag verbindend verklaring van het Programma KijK en de bijbehorende formele regelingen m.b.t. registratie en financiële bijdrage door glastuinbouwbedrijven.
Het onderzoek, incl. de implementatieactiviteiten, wordt zeer goed besproken en afgestemd in het ondernemersnetwerk van Glastuinbouw Nederland. Daarin hebben de 3 Ondernemersgroepen Kas als Energiebron, Glastuinbouw Waterproof en Plantgezondheid op genoemde thema's een centrale rol. Deze ondernemersgroepen bestaan uit ondernemers met kennis en affiniteit op het betreffende thema en goede verbinding met en aansluiting op de gewascommissies, regio's en afzetorganisaties. Op deze wijze worden de kennisvragen in nauwe relatie tot de praktijk bepaald.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

- Visie LNV Kringlooplandbouw, actieprogramma klimaatadaptie
- Tuinbouwakkoord/-agenda: Een brede missie en samenwerking van alle tuinbouwsectoren, overheden, kennisinstellingen etc. gericht op het voeden en vergroenen van de groeiende steden in de wereld, door in te zetten op een circulaire duurzame tuinbouw en verdere versterking van de internationale concurrentiepositie. Dit MMIP Duurzame Glastuinbouw is een van de instrumenten in de tuinbouwagenda, met name voor de thema's energie resp. gezonde planten/gezonde mensen.
- Hoofdlijnenakkoord / Ontwerp Klimaatakkoord / Klimaatakkoord: MMIP is 1 op 1 onderdeel van de afspraken in het Klimaatakkoord m.b.t de glastuinbouw en van de Innovatieagenda van het Klimaatakkoord
- Jaarplan Platform Duurzame Glastuinbouw
- Deltaplan Zoetwater/DAW, Deltaplan Waterkwaliteit (versnellingstafels), Kaderrichtlijn Water (KRW), Nitraatrichtlijn

- Toekomstvisie gewasbescherming 2030, naar weerbare planten en teeltsystemen
- Onderzoeksagenda TKI A&F Klimaatneutraal (2018-2021)
- Onderzoeksagenda TKI T&U Duurzame Plantaardige Productie (2018-2021)

Strategie internationaal
Waar mogelijk wordt aangesloten op de programma's H2020 en EIP.

Innovatiesysteem en consortiumvorming
In dit MMIP wordt ingezet op een integrale aanpak voor een duurzame glastuinbouw. Het bereiken van de doelstellingen kan alleen door een intensieve samenwerking tussen glastuinbouw-ondernemers, kennisinstellingen, adviesorganisaties, ketenpartners en overheden.
Er zijn brede samenwerkingsverbanden tussen de Topsectoren Tuinbouw & Uitgangsmaterialen, Water & Maritiem en Agri & Food. Kennis en innovatie wordt ontwikkeld door verschillende kennisinstellingen (WUR, KWR, Demokwekerij Zwaagdijk, SCFF) Binnen het consortium wordt samengewerkt met lokale, regionale en landelijke overheden bij zowel onderzoek en innovatie als ook bij de implementatie voor met name cofinanciering van onderzoek- en innovatieprojecten. Tevens wordt er kennis gedeeld en waar mogelijk samengewerkt met andere sectoren. In het consortium wordt onderwijs meegenomen. Het bedrijfsleven bestaat naast de glastuinbouwondernemers ook uit de toeleverende industrie. Zonder sterke en betrokken toeleverende industrie immers geen goede nieuwe technieken of gewasbeschermingsmiddelen.
De sector wordt goed betrokken bij dit programma. De Programmaraad Kennis in je Kas (KijK) bewaakt de voortgang van de programma, zorgt voor borging van het commitment van ondernemers, adresseert knelpunten richting stakeholders. Ondernemersgroepen Kas als Energiebron, HND in Plantgezondheid, Glastuinbouw Waterproof zorgen voor de betrokkenheid van ondernemers en geven sturing aan het programma o.a. door te adviseren over de inhoud van onderzoekcalls en beoordeling van projectindicaties en -voorstellen. De projecten worden begeleid door begeleidingscommissies (BCO's) met betrokken telers.

B.5 E12C Land en Water ingericht op CO2 vastlegging en gebruik

Samenvatting
Dit MMIP draagt bij aan de missie 'In 2050 is het systeem van landbouw en natuur klimaatneutraal'. Bij deze stijgende vraag naar voedsel en biomassa voor materialen en energie zijn de innovatiesopgaven voor vermindering van de CO2 -uitstoot en vastlegging in de Nederlandse agri-food sector en landgebruik in breder perspectief uitermate groot. Dit MMIP schets de kennis en innovatie opgaven die gekoppeld zijn aan het inrichten van land en water ten behoeve van het verhogen van de CO2 vastlegging via bodem en via optimale productie en gebruik van biogrondstoffen. Dit MMIP is in 3 deelthema's ingedeeld welke weer in deelprogramma's zijn opgedeeld:

1. Biomassateelt met verdubbelde fotosynthese in 2050.
2. Klimaatbehendige natuur legt jaarlijks meer CO2 vast, met behoud van biodiversiteit, en grotere biomassa oogst in 2050. Broeikasgasemissies uit natuurgebieden, moerassen en waterbodems zijn significant gedaald.
3. Koolstof vastlegging in de bodem en de uitdaging om dit te combineren met de toenemende vraag naar biomassa voor de biobased economy en bioenergie.

De grootste kennis en innovatieopgaven voor het bereiken van verdubbelde fotosynthese richten zich vooral op het gebied van genomica, bioinformatica, digital phenotyping en modeling, en richt zich via deze methoden het complexe fotosyntheseproces in zijn onderliggende deelprocessen te bestuderen en de genetische basis van deze deelprocessen te ontrafelen.
Voor het thema klimaatbehendige natuur met vastlegging van CO2, behoud van biodiversiteit en grotere biomassa oogst zijn de K&I uitdaging in te delen in de vier deelaspecten: 1) beheer natuurgebieden, bossen en landschap (incl. landelijk en stedelijk groen) voor biodiversiteit met winning van biomassa voor niet-voedseltoepassingen, 2) Gewascombinatie opties en productiesystemen die goed voor biodiversiteitbehoud zijn op (landbouw)grond geschikt voor food en non-food toepassingen (inclusief agroforestry systemen, coulissenlandschap), gebruik niet landbouwgronden voor biomassa productie; en 3) beheer ecologische systemen in schelpdierproductie in Waddenzee en Zeeuwse wateren met winning biomassa, en 4) Vastleggen van CO_2 in de kustzone (Blue Carbon): kwelders, slik-

ken, zeegrasvelden, getijdemoerassen, mangroves, zijn zeer effectief in het vastleggen van CO_2 en kunnen tegelijkertijd dienst doen als (onderdeel van) de kustbescherming. Wereldwijd komt er steeds meer aandacht voor combinaties van duurzame landbouw/visteelt, kustbescherming, natuurherstel en CO_2 vastlegging (Blue Carbon Solutions).
Het derde deelthema gaat over koolstofvastlegging in bodems en de uitdaging om dit te combineren met de toenemende vraag naar biomassa voor de biobased economy en bioenergie. Vanuit klimaat oogpunt en het streven naar klimaatneutraliteit in 2050, moet landgebruik netto CO2 vastleggen, een sink zijn, om resterende emissies uit de landbouw te kunnen compenseren. CO2-vastlegging is mogelijk via verbetering in teelten, effecten van (diep wortelende) gewassen, mechanisatie, strategisch om te gaan met bodemlagen. Op korte termijn voor de 2030 doelstelling is onderzoek vooral nodig naar: 1) gevalideerde technieken om CO2-vastlegging in bodems te monitoren en toe te wijzen aan maatregelen; 2) kennisopbouw t.a.v. CO2-vastlegging in grotere teelten, het effect van bijvoorbeeld diep wortelende gewassen, hout onder en boven de grond en hoe om strategisch om te gaan met bodemlagen; 3) de effecten van koolstofvastlegging op bodemkwaliteit zoals biodiversiteit en bodemleven, waterkwaliteit, omvang voedselproductie en vochtleverend en waterbergend vermogen; de mogelijkheden om minerale processen betreffende C (koolstof), N (stikstof) (en P (fosfaat)) te ontkoppelen, zodat een hogere bodem-C niet gepaard gaat met mineraalverliezen; 4) eigenschappen in planten en ook paddenstoelen die zorgen dat alle componenten van de geoogste biomassa nuttig en hoogwaardig gebruikt kunnen worden.

Inleiding

De mondiale uitdagingen waar we momenteel voor staan zijn uitermate groot. Zo wordt verwacht dat de voedselvraag mondiaal blijft groeien en moeten we 10 miljard mensen in 2050 voeden. Bij Naast voldoen aan deze groeiende vraag moeten we ook de transitie van een fossiele economie naar een circulaire bioeconomie maken vorm geven en voorkomen ervoor zorgen dat de wereldwijde temperatuurstijging onder de 1,5 / 2 graden blijft. De ondertekenaars van het klimaatverdrag van Parijs hebben uitgesproken dat ze de opwarming van de aarde tot ruim onder de 2 graden Celsius zullen beperken met als ambitie te streven naar maximale opwarming van 1,5 graad Celsius. De Europese Unie heeft harde toezeggingen gedaan om de uitstoot van broeikasgassen in 2030 met minstens 40% te verminderen ten opzichte van 1990. Het kabinet Rutte III legt de

lat hoger met ambities voor een reductie van 49% in 2030, en op 80% tot 95% in 2050. De reductie van broeikasgassen is een enorme opgave bij een stijgende vraag naar voedsel en diervoer en naar biomassa als grondstof voor materialen en biobrandstoffen. De oplossing voor deze problemen ligt deels in het verhogen van de biomassaproductie in de landbouw, het efficiënter omgaan met onze grondstoffen, het gebruik van fossiele grondstoffen aanzienlijk verkleinen en rekening houden met de grenzen van onze natuurlijke systemen.

Bij deze stijgende vraag naar voedsel en biomassa voor materialen en energie zijn de innovatiesopgaven voor vermindering van de CO2 -uitstoot en vastlegging in de Nederlandse agri-food sector en landgebruik in breder perspectief uitermate groot. In de onderzoeks- en innovatieagenda klimaatneutrale voedselproductie is door stakeholders al aangegeven dat door het energie- en klimaatbeleid in Nederland het landschap op weg naar 2050 ingrijpend gaat veranderen en dat in de land- en tuinbouw en landgebruik zal worden ingezet op CO2-vastlegging in landbouwbodems, inclusief veenweiden, en houtopstanden. Door de Werkgroep Innovatie Klimaattafel Landbouw & Landgebruik is in de Kennis- en Innovatieagenda Klimaat, Landbouw en Landgebruik is aangegeven dat een belangrijke bijdrage moet worden geleverd aan de ambities voor landgebruik. Deze is als volgt geformuleerd 'Optimalisatie van productie en gebruik van biomassa, te beoordelen aan de hand van: versterking van biodiversiteit in agrarisch gebied, verbetering bodemkwaliteit en -vitaliteit, optimaal landgebruik inclusief klimaatadaptatie, minimale emissies en minimale verspilling'.

Rekening houdend met het hiervoor geschetste kader van ambities zal dit MMIP de kennis en innovatie opgaven beschrijven die gekoppeld zijn aan het inrichten van land en water ten behoeve van het verhogen van de CO2 vastlegging via bodem en via optimale productie en gebruik van biogrondstoffen.

Wat beoogt het MMIP?

De belangrijkste doelstellingen waar dit MMIP aan bijdraagt zijn:

1. het bereiken van een sterke reductie van emissies op het niveau van de gehele agrifood keten zowel binnen als buiten Nederland;
2. een optimalisatie van productie en gebruik van biomassa, te beoordelen aan de hand van: versterking van biodiversiteit in agrarisch gebied, verbetering bodemkwaliteit en -vitaliteit, optimaal

landgebruik inclusief klimaatadaptatie, minimale emissies en minimale verspilling, inclusief veranderingen die nodig zijn in consumentengedrag.

Deelprogramma's en fasering

Dit MMIP is in 3 deelthema's ingedeeld welke weer in deelprogramma's zijn opgedeeld:

1. Biomassateelt met verdubbelde fotosynthese in 2050.
2. Klimaatbehendige natuur legt jaarlijks meer CO2 vast, met behoud van biodiversiteit, en grotere biomassa oogst in 2050.
3. Koolstof vastlegging in de bodem.

Deze deelthema's dragen elk op een andere manier bij aan het realiseren van de verschillende ambities voor 2030 en 2050 zoals die al zijn geformuleerd in strategische documenten als het Klimaatakkoord, de KIA Klimaat, Landbouw en Landgebruik, de Transitie-Agenda Circulaire economie (2018) Biomassa en Voedsel, Transitieagenda Nederland Circulair 2050 (met grondstoffenakkoord) en de TKI Onderzoeks en Innovatieagenda Klimaatneutrale Voedselproductie.

Tabel 2.1 Bijdragen van deelthema's aan doelstellingen in 2030 en 2050*

Deelprogramma	Bijdrage doelstellingen 2030 en 2050*
1. Biomassateelt met verdubbelde fotosynthese in 2050	• Biomassateelt met verdubbelde fotosynthese in 2050 (zoet en zout) • In 2050 100% Land en water ingericht op CO2 vastlegging en -gebruik • In 2030 optimaal gebruik van biomassa voor nieuwe eiwitten en andere grond- en bouwstoffen. • In 2030 430-600 PJ uit biomassa • Verhogen van productie met betere rassen (o.a. hoge fotosynthese). • Optimaal gebruik van biomassa voor grond- en bouwstoffen. • Kennisopbouw t.a.v. CO2 vastlegging in grotere teelten. Beter benutten van natuurlijk licht. • In 2050 zijn grondstoffen, productie en processen in de industrie netto klimaatneutraal en voor tenminste 80% circulair; Biobased grondstoffen en producten. • Emissieloze mobiliteit voor mensen en goederen in 2050; Innovatieve hernieuwbare brandstoffen (biobrandstoffen). • In 2050 is het systeem van landbouw en natuur netto klimaatneutraal; ook via koolstofvastlegging in de bodem
2. Klimaatbehendige natuur legt jaarlijks meer CO2 vast, met behoud van biodiversiteit, en grotere biomassa oogst in 2050	• In 2030 is de biodiversiteit van de landbouwgronden, agrarische cultuurlandschappen en regionale wateren hersteld. • In 2030 benut de landbouw biodiversiteit en ecologische processen en creëert tegelijkertijd leefgebied voor allerlei soorten en dieren. • In 2030 430-600 PJ uit biomassa • In 2050 opwekking van 100 PJ in ruraal gebied

Deelprogramma	Bijdrage doelstellingen 2030 en 2050*
	• Klimaatbehendige natuur legt jaarlijks meer CO2 vast, met behoud van biodiversiteit, en grotere biomassa oogst in 2050
3. Koolstof vastlegging in de bodem	• In 2030 een extra koolstofvastlegging van 0,5 Mton/jaar (t.o.v. 1990) in landbouwgrond • In 2050 extra vastlegging van ca. 2,0 Mton CO2/jaar • In 2030 worden alle landbouwbodems in Nederland (1,8 miljoen hectare) duurzaam beheerd • In 2030 430-600 PJ uit biomassa

*Zoals geformuleerd in het Klimaatakkoord de KIA Klimaat, Landbouw en Landgebruik, de Transitie-Agenda Circulaire economie (2018) Biomassa en Voedsel, Transitieagenda Nederland Circulair 2050 (met grondstoffenakkoord) en de TKI Onderzoeks en Innovatieagenda Klimaatneutrale Voedselproductie.

Fotosynthese is cruciaal voor het oplossen van de mondiale uitdagingen waar we momenteel voor staan: Hoe voeden we 10 miljard mensen in 2050? Hoe maken we de transitie van een Hoe? De oplossing voor de uitdaging van voorkomen we dat de wereldwijde temperatuurstijging onder de 2 graden blijft, het voeden van 10 miljard mensen in 2050 en de transities van een fossiele economie naar een circulaire bioeconomie, ligt deels in het verhogen van de biomassaproductie in de landbouw. Een instrument hiernaartoe is een verbetering van de fotosynthese. Meer specifiek moet deze verdubbelde fotosynthese leiden naar een verbetering van de benutbaarheid van planten voor food en non-food en de verdeling van assimilaten over oogstbare delen en het wortelstelsel. De huidige efficiëntie waarmee zonlicht wordt omgezet in plantmateriaal (<1 % van de invallende energie) moet ten minste worden verdubbeld, hetgeen fundamenteel onderzoek vereist. Een gerichte veredeling op benutbaarheid van planten is om twee redenen belangrijk. Ten eerste de nieuwe toepassingen van biomassa en de vermindering van dierlijke producten in het humane dieet, ten tweede zal de inzet van plantaardige materialen als grondstof voor veel producten (chemie en materialen) nodig zijn, met eisen aan bijvoorbeeld de kwaliteit van vezels of het mineraalgehalte. Tenslotte kan een deel van de verbeterde fotosynthese worden gebruikt voor een groter aandeel van het wortelstelsel, waarmee weerbaarheid en de bijdrage aan organische stof in de bodem kunnen worden verhoogd. Tevens zal het verdubbelen van de biomassaproductie in de landbouw wereldwijd kunnen zorgen voor het additioneel vastleggen van een geschatte 5 Gigaton CO2 per jaar.
In het klimaatbehendige natuur ligt de nadruk op de kennis- en innovatieopgaven voor het vastleggen van CO2 in natuur, bos, landschap en stedelijk groen via goed beheer en oogst en efficiënt gebruik van biomassa met behoud en verbetering van biodiversiteit.

De 2030 en 2050 doelstellingen zijn gericht op meer CO2 vastlegging met behoud van biodiversiteit, en grotere biomassa oogst in 2050. Maatregelen in bos- en natuurterreinen moeten bijdragen aan klimaatdoelstellingen. Slim bos- en natuurbeheer is belangrijk voor de biodiversiteit, grondstoffen voor de bio-economie, en waterberging. Dit moet zich richten op mitigatie door de hele keten: Bos-hout-materialen-bio-energie-, en dit combineren met adaptatie aan klimaatverandering. Voorwaarde is uitgaan van de lokale omstandigheden en de maatregelen daarop aanpassen. Daarnaast kan ook via K&I opgaven bijgedragen worden aan terugdringing van de CO2- emissie uit gebruik van fossiele brandstoffen in de landbouw via energie opwekking uit biogrondstoffen uit natuur en landschap. Bij het derde deelthema koolstofvastlegging in bodems is één van de bijdrages aan de missiedoelstelling dat de food- en non-foodproductie bijdraagt aan de emissiereductie met 80% - 95% in 2050 en de specifieke doelstellingen voor 2030 en 2050 (zie Tabel 2.1). Daarnaast draagt dit onderwerp bij aan de Bodemstrategie van LNV die als doelstelling heeft dat in 2030 alle Nederlandse bodems duurzaam beheerd worden (t.a.v. organische stof, bodemvruchtbaarheid, weerbaarheid, bodemleven, nutriënten, verdichting, waterbuffering).

Kennis- en innovatieopgaven per deelthema en deelprogramma

Hieronder wordt per deelthema een overzicht gegeven van de al lopend en recent afgesloten kennis en Innovatie projecten en daar op voortbouwend worden vervolgens witte vlekken geïdentificeerd. Deze vlekken vormen de basis voor de nieuwe kennis en innovatie (K&I) opgaven voor de komende 3-5 jaar die nodig zijn in de transitie naar het bereiken van de 2030 en 2050 doelstellingen.

Biomassateelt met verdubbelde fotosynthese in 2050

Fotosynthese is een zeer complex proces waarbij honderden verschillende genen betrokken zijn. Hierdoor is in de landbouw nooit actief veredeld op verbeterde fotosynthese, simpelweg omdat deze eigenschap genetisch te complex werd bevonden. Door de grote doorbraken die de afgelopen jaren in de plantenwetenschap zijn gemaakt, met name op het gebied van genomica, bioinformatica, digital phenotyping en modeling, is het nu mogelijk geworden het complexe fotosyntheseproces in zijn onderliggende deelprocessen te bestuderen en de genetische basis van deze deelprocessen te ontrafelen. Ook lopend en afsloten onderzoek benoemd in Table 3.1 heeft

hier aan bijgedragen. Dit brengt nu tevens voor het eerst de mogelijkheid binnen handbereik om op verbeterde fotosynthese te veredelen.
Doordat er momenteel al zeer veel fundamentele kennis omtrent het fotosyntheseproces beschikbaar is, zijn de modellen waarmee dit proces gesimuleerd kan worden ook steeds beter en nauwkeuriger geworden. Uit deze modellen blijkt dat de huidige efficiëntie van circa 0.5% waarmee in de landbouw het invallende zonlicht wordt omgezet in biomassa in theorie circa 8 keer hoger zou kunnen zijn, dus circa 4%. Dit zou in theorie tot een evenredig grote verhoging van de biomassaopbrengst per hectare zorgen van eveneens een factor 8.

Lopend of recent afgesloten projecten/programma's verdubbelde fotosynthese

Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9**	**Implementatiefase**
Verdubbelde fotosynthese			
BioSolar Cells: - System-level integration of the process of photosynthesis in vivo. Application to various C3 plants - Genetic variation in Arabidopsis thaliana of photosynthesis parameters in response to abiotic stress - Mutant analysis for photosynthetic cold-responses in Arabidopsis thaliana - Comparing nonphotochemical quencing in diatoms and plants - Combined physiological and genetic analysis of photosynthetic regulation and plasticity in response to fluctuating environments and abiotic stress - Phenotypic engineering of higher plants: Developing a new paradigm for improving photosynthetic efficiency			
	Biosolar Cells: - Dynamic LED lighting in greenhouse horticulture: controlling and monitoring photosynthesis, morphology and growth - Increase crop photosynthesis by allowing more 'natural' light - Photosynthesis as predictor for crop yield -		
	BioSolar Cells/ TKI-BBE: Opbrengstverhoging van aardappel door veredeling op fotosynthese en stress		
BioSolar Cells / NWO: Expanding society's toolbox to harvest solar energy: Creating multi-scale computational models to optimize oxygenic photosynthesis			
EU H2020-ITN: - CropBooster-P			

- Probing functional (re)organization in photosynthesis by time-resolved fluorescence spectroscopy			
BioSolar Cells / TKI-BBE - Towards improved crop photosynthesis efficiency: elucidation and validation of genes underlying Arabidopsis photosynthesis QTLs			
NWO (-ARF/ Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur): - Squeezing light into nanometric gaps: A live view of protein diffusion in the photosynthetic membrane - Visualizing the native architecture and dynamics of plants' photosynthetic machinery - Exploring the unexplored: Unravelling genetic variation for the cyto-nuclear interaction in Arabidopsis thaliana - Improving and breeding the C4 photosynthesis orphan crop Cleome gynandra - The Netherlands Plant Eco-Phenotyping Centre (NPEC)	NWO Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur: - The Netherlands Plant Eco-Phenotyping Centre (NPEC)		
Third Parties: - What makes Hirschfeldia incana a photosynthesis champion amongst higher plants?	Third Parties: - Systematic analysis of epistatic interations in photosynthesis use efficiency in Arabidopsis and Cucumbe	Third parties: - The Netherlands Plant Eco-Phenotyping Centre (NPEC)	

Het theoretische gegeven dat een sterke verhoging van de fotosynthese-efficiëntie mogelijk is wordt ondersteund door recente doorbraken in het fotosyntheseonderzoek waarbij Amerikaanse groepen hebben aangetoond dat het verbeteren van bepaalde deelprocessen van de fotosynthese via genetische modificatie (GMO) leidt tot spectaculaire verhoging van de biomassaproductie onder veldcondities van meer dan 40%. In principe kunnen de verschillende verbeterde deelprocessen in één enkele plant worden gecombineerd waardoor momenteel al de beoogde opbrengstverhoging van 100% in het vizier komt, zij het dat dit momenteel nog alleen via genetische modificatie zou kunnen.
Voor toepassing in het bedrijfsleven in de Nederlandse en Europese context is het gebruik van genetische modificatie echter geen optie waardoor het nodig is om alternatieve methoden te ontwikkelen die zijn gebaseerd op natuurlijke variatie en biodiversiteit (zie hiervoor de K&I opgaven in Tabel 3.2). In deze aanpak worden superieure genen voor deelprocessen van de fotosynthese bestudeerd in planten die een van nature extreme hoge fotosyntheseactiviteit verto-

nen. Vervolgens wordt gezocht naar soortgelijke genen in wilde verwanten en populaties van cultuurgewassen om genetische diversiteit in kaart te brengen waarna vervolgens de beste allelen via moderne verdelingstechnieken in de huidige elite gewassen worden geintroduceerd.

Nieuwe Kennis en Innovatieopgaven i.r.t. verdubbelde fotosynthese

Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma 1: Verdubbelde fotosynthese			
- Fundamenteel begrip verder ontwikkelen van fotosynthese. Het ontrafelen van de genetische basis van biochemische en biofysische processen, en van plantenarchitectuur die een rol spelen in de verhoging van de fotosynthese. - Verder inzicht krijgen in verdeling assimilaten over oogstbare delen en wortelstelsel en sturing daarop e.g. "carbon partitioning" transport, en source-sink relationship. De carbon partitioning op cellulair niveau, op de verdeling van de koolstof over verschillende organen in de plant en op het proces van wortelontwikkeling en vastleggen van koolstof in de bodem via de wortel. – Begrijpen hoe planten koolstof verdelen in de verschillende plantaardige componenten (lipiden, eiwitkoolhydraten) en hoe dit proces op maat kan worden gemaakt -Basiskennis ontwikkelen over de mechanismen waarmee planten efficiënt water en voedingsstoffen gebruiken -Fundamentele kennis over het verbeteren van de efficientie van fotosynthese en het elimineren van knelpunten onder suboptimale omstandigheden	- Selectie van planten in verschillende biotopen die een van nature extreme hoge fotosyntheseactiviteit vertonen. - Identificatie en analyse van de genen die verantwoordelijk zijn voor deze hoge fotosyntheseactiviteit. - Opsporen van analoge genen die deelprocessen van fotosynthese aansturen in wilde verwanten en populaties van cultuurgewassen. - In kaart brengen van de genetische diversiteit van de betreffende genen in wilde verwanten en populaties van cultuurgewassen. - Introduceren van de beste allelen voor verbeterde fotosynthese via moderne verdelingstechnieken in modern veredelingsmateriaal (prebreeding) van de cultuurgewassen. - Introduceren van de beste allelen voor verbeterde assimilatie van voedingsstoffen en water via moderne verdelingstechnieken in modern veredelingsmateriaal (pre-breeding) van de cultuurgewassen. - Optimalisatie van "carbon partitioning" per gewas door introductie van gewas-specifieke, optimale allelen -Pre-breeding materiaal met een hogere fotosynthese-efficiëntie, hogere	- Evaluatie in kassen van prestaties van verbeterde gewassen met een hogere efficiëntie van fotosynthese, water en voedingsstoffengebruik onder optimale en suboptimale condities. -Evaluatie in kassen van "carbon partitioning" van de verbeterde gewassen onder optimale en suboptimale condities. - Evaluatie in het veld van prestaties van verbeterde gewassen met een hogere efficiëntie van fotosynthese, water en voedingsstoffengebruik in verschillende productiesystemen. - Evaluatie in het veld "carbon partitioning" van de verbeterde gewassen in verschillende productiesystemen.	-Ontwikkeling van nieuwe rassen op basis van het verkregen prebreeding materiaal. -Evaluatie van deze nieuwe gewassen in verschillende productiesystemen onder diverse klimatologische omstandigheden. - In samenwerking met de agrarische sector integratie en evaluatie van deze verbeterde gewassen in gewasrotaties.

	efficiëntie in het opnemen van water en voedingsstoffen, en een gewas -specifieke extra opslag van koolstof in geselecteerde plantenorganen.		

Uit de tabel blijkt dat al fundamenteel en ook toegepast nationaal en internationaal onderzoek loopt. Echter, het blijkt ook dat er nog veel additionele Kennis en Innovatieopgaven liggen om het inzicht verder te ontrafelen in de genetische basis van de processen en van de plantenarchitectuur.

Uiteraard is het essentieel dat de extra gebonden koolstof in het fotosyntheseproces op de juiste plaats in de plant terechtkomt, afhankelijk van het gewas dat wordt geteeld en het specifieke gebruik van het gewas. Voor voedselgewassen kan je stellen dat de meeste koolstof terecht moet komen in de organen die daadwerkelijk als voedsel dienen, zoals in vruchten, zaden en knollen.

In het geval van gewassen die specifiek voor grondstoffen voor de industrie worden geteeld kan het noodzakelijk zijn de extra koolstof bijvoorbeeld op te slaan in vezels, in suikers of in oliehoudende zaden. Maar voor zowel voedselgewassen en industriële gewassen kan het ook nodig zijn een deel van de extra koolstof naar het wortelstelsel te leiden om daar voor extra opname van water en voedingsstoffen te zorgen. Daarnaast zal het opslaan van extra koolstof in de wortels kunnen bijdragen tot het vastleggen van CO2 uit de atmosfeer in de bodem.

Het benodigde onderzoek naar "carbon partitioning" transport, en source-sink relationship zal een essentieel deel uitmaken van het onderzoek in dit deelprogramma naar verbeterde fotosynthese.

Alhoewel al het beschreven onderzoek in principe fundamenteel van aard is (TRL 1 – 3) zal er in nauwe samenwerking met het bedrijfsleven zo snel mogelijk worden begonnen met het toepasbaar maken van de deel-resultaten door middel van het tijdig opstarten van strategisch/toegepast onderzoek op hogere TRL-niveaus.

Klimaatbehendige natuur legt jaarlijks meer CO2 vast, met behoud van biodiversiteit, en grotere biomassa oogst in 2050

Gebruik van houtige en andere lignocellulose biomassa als een hernieuwbare grondstof kan een belangrijke bijdrage leveren aan verduurzamen van producten en energie-processen. Vervangen van grondstoffen in bijvoorbeeld de bouw die veel (fossiele) energie vragen of een hoge emissie van broeikasgassen hebben door hout kan potentieel klimaatwinst betekenen.
Er is echter een gebrekkige kennis van de keten van bronnen van hout en andere lignocellulose biomassa uit landschap, natuur en stedelijk groen enerzijds en de toepassingen anderzijds. We weten bijvoorbeeld niet goed hoe en waar de biomassa wordt gebruikt die uit bos, landschap en (stedelijk en landelijk) groen wordt geoogst. Omgekeerd weten we niet wat de precieze oorsprong is van biomassa dat in de houtindustrie en andere industrieën wordt gebruikt. In het geval van de houtketen en het gebruik van bewerkt hout weten we ook niet welke boomfractie (top, tak, stam) de bron is. Voor andere typen biomassa uit landschap en (stedelijk en landelijk) groen weten we dit nog minder goed.
Naast dat deze onduidelijkheid voer blijft voor maatschappelijke discussie met uitgesproken voor- en tegenstanders van het gebruik van hout als bio-grondstof en energiebron is verbeterde informatie ook gewenst voor verschillende internationale rapportage verplichtingen, zoals de jaarlijkse rapportages van nationale cijfers aan de FAO, en de klimaatrapportages (UNFCCC, Kyoto Protocol, EU LULUCF verordening).
Er is meer kennis nodig over de binnenlandse biomassaketen. Waar komt biomassa vandaan (bos, landschapsonderhoud, stedelijk en landelijk groen), hoe zijn de ketens georganiseerd (rol beheerder, uitvoerder onderhoud [bosaannemer, groenvoorziener, hovenier, ANV, etc], afnemers van houtige biomassa) en waar worden de verschillende biomassastromen nu voor gebruikt en hoe kan gebruik geoptimaliseerd worden vanuit duurzaamheidsperspectief. De huidige aannames voldoen niet meer en moeten met cijfers worden onderbouwd. Hiervoor moet een nieuwe methode met monitoring en eventueel registratie worden ontwikkeld en vervolgens zal de effectiviteit hiervan moeten worden onderzocht.
Afwegingskaders dienen degelijk ontwikkeld te worden voor het beheer van bos en landschap in termen van kosten en welke beheer, oogstsystemen en gebruik de grootste CO2 vastlegging opleveren. Hierbij moeten inzichten zoveel mogelijk in de context van de gehele keten bekeken worden.
Vanuit het hier voorgaande overzicht is het logisch de K&I opgaven in te delen in de volgende deelaspecten:

1. Beheer natuurgebieden, bossen en landschap (incl. landelijk en stedelijk groen) voor biodiversiteit met winning van biomassa voor niet-voedseltoepassingen (opties voor gebruik, verdienmodellen, effecten op biodiversiteit);
2. Gewascombinatie opties en productiesystemen die goed voor biodiversiteitbehoud zijn op (landbouw)grond geschikt voor food en non-food toepassingen (inclusief agroforestry systemen, coulissenlandschap), gebruik niet landbouwgronden voor biomassa productie;
3. Beheer ecologische systemen in schelpdierproductie in Waddenzee en Zeeuwse wateren met winning biomassa

Natuurlijk is er in de laatste jaren al relevant onderzoek gedaan en een overzicht daarvan wordt in Tabel 3.3 gepresenteerd. Vervolgens zijn uit het overzicht in deze tabel de witte vlekken naar voren gekomen en die worden gepresenteerd in tabel 3.4.

Lopend en afgerond onderzoek t.a.v. vastleggen van CO2 in natuur, bos, landschap en stedelijk groen via goed beheer en oogst en efficiënt gebruik van biomassa met behoud en verbetering van biodiversiteit

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma: Beheer natuurgebieden, bossen en landschap (incl. landelijk en stedelijk blauw en groen) voor biodiversiteit met winning van biomassa voor voedsel en niet-voedseltoepassingen				
Nutriëntenbalans bossen arme zandgronden	Adviessysteem oogstniveau irt nutriëntenbeschikbaarheid: Ca, K, Mg en P). Eerste versie 1.1 is afgerond in 2018. Lopend onderzoek naar verbeteren onderbouwing (KB)	Mitigerende maatregelen om oogstniveau te verhogen, en tegelijk beschikbaarheid nutrientenvoorraden op peil te houden (lopend 2019-2022)	Brochure uitgebracht voor stakeholders; Voorbeeldbedrijven (projectidee)	
Gemeentelijk groenbeheer		Eerste doorrekeningen van vastlegging C in gemeentelijk openbaar groen (als onderdeel van Benchmark Gemeentelijk Groen)	Brochure uitgebracht voor stakeholders over vastlegging CO2;	
Biomassa uit beheer bos, natuur en landschap	KB-30-003014 Rubberpaardenbloem als multi-purpose gewas voor rubber en furan-based polymeren	Veel verkennend onderzoek naar potenties (biomassa uit bos en natuur, en biomassa uit landschap) en naar voorbeeldprojecten. Ook onderzoek naar toepassingsmogelijkheden van berm- en natuurgras (voor LNV, diverse projecten voor Rijkswaterstaat en in EU-TKI projecten Biomass Policies & S2BIOM)	Het project ALTERFOR onderzoekt momenteel gebruikte bosbeheermodellen (FMM) en het potentieel om deze te optimaliseren voor gebruik in verschillende Europese landen. Het werk wordt uitgevoerd in case studies waaronder Nederland	

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
		DRIVE4EU gestart, een demonstratieproject dat gericht is op de ontwikkeling van de productieketen van natuurrubber en inuline uit Russische paardenbloem		
Klimaatenvelop Bos, Natuur, Hout	Promotieonderzoek naar de ecologische draagkracht voor duurzame oogst van biomassa in productiebossen (WUR). Hoewel niet direct gericht op klimaatmitigatie kan dit nuttige inzichten bieden in de effecten van specifieke bosbeheermaatregelen.	LNV Klimaatakkoord gelden: onderzoek en pilots op het gebied van Klimaat slim bos en natuur beheer. Gericht op testen van pilots voor het versterken van de mitigatie functies, en tevens de adaptatie van het Nederlandse bos en natuur. Klimaatcijfers voor natuur, verkennend (BO) onderzoek waarin indicatieve cijfers voor koolstofopslag en –vastlegging in Nederlandse natuur worden gegeven, inclusief aanbevelingen voor meer fundamenteel onderzoek (https://edepot.wur.nl/468244) Klimaatenveloppe onderzoek naar de effecten van verschillende natuurherstelmaatregelen in verschillende natuurtypen op koolstofemissies en –vastlegging. Blue Carbon in Nederlandse kwelders. Analyse van oppervlakte en mogelijke mitigatie potentie in Nederlandse kwelders (Waardenburg voor Natuurmonumenten)	LNV Klimaatakkoord gelden: tevens field-labs gericht op demo en communicatie. Gereedschapskist gericht op informatie voor praktijk: https://vbne.nl/klimaatslimbosennatuurbeheer/	Pilots binnen de klimaatenveloppe bos en natuur
Afwegingskader duurzaamheid	-Adviessysteem oogstniveau irt nutriëntenbeschikbaarheid: Ca, K, Mg en P). Eerste versie 1.1 is afgerond in 2018. Lopend onderzoek naar verbeteren onderbouwing (KB) VERIFY: EU H2020 project: verbetering van inzichten in de huidige GHG balans van het landgebruik in Europa,	- Jaarlijkse rapportage naar de VN van de broeikasgasrapportage van het landgebruik in Nederland: bos, landbouw. - LULUCF rapportage (jaarlijks) - EU project MOTIVE onderzoekt de effecten met betrekking tot de verstoringsregimes die de bosdynamiek bepalen. Strategieën worden ontwikkeld en gee-	EU- Forclimit bestudeerd/presenteert stimuleringsstelsels voor het aanmoedigen van koolstofvriendelijke acties van boseigenaren en consumenten van geoogste houtproducten	

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	incl ontwikkeling onafhankelijk systeem voor verificatie	valueerd die bosbeheerpraktijken kunnen aanpassen om meerdere doelen in evenwicht te brengen onder veranderende omgevingscondities (klimaatverandering). - EU-Forclimit project bestudeert strategieën in bos beheer die optimaal aan CO2		
VERIFY	EU H2020 project: verbetering van inzichten in de huidige GHG balans van het landgebruik in Europa, incl ontwikkeling onafhankelijk systeem vor verificatie			
Deelprogramma: Beheer ecologische systemen in schelpdierproductie in Waddenzee en Zeeuwse wateren met winning biomassa				
KOMPRO – Kennis en Onderzoek Mossel Productie		Onderzoek en advisering ten behoeve van duurzame kweek van mosselen in Nature 2000 natuurgebieden (Waddenzee, Oosterschede). Focus op kwantificering van impacts van kweek maar ook specifiek de kansen voor natuurontwikkeling (ecosysteem diensten) gekoppeld aan biomassa productie.		
PRODUS - Project onderzoek duurzame schelpdiercultuur		Onderzoek naar de effecten van visserij en kweek op natuurwaarden in schelpdierkweekgebieden.		
KB NGH emission and Carbon fixation through new biobased products	Eerste aanzet om de potentie van C-fixatie door productie en winning van schelpdieren te bepalen en gestandaardiseerde methodes te ontwikkelen voor evaluatie van C-fixatie potentieel			
Haalbaarheid offshore productie mosselteelt	KB-30-002-011- Developing ecological modelling tools to determine production potential for aquaculture and fisheries in offshore wind farms	Blauwdruk: ecologische, economische en technische overwegingen MARIBE: Economische haalbaarheid, model studie. Ook combinatie met andere maritieme sectoren geëvalueerd		

Vanuit het overzicht van lopend en recent onderzoek zijn de witte vlekken voor kennis en innovatie opgaven geformuleerd. Over het algemeen kan geconstateerd worden dat bij beheer van bos en landschap er al wel beginnend onderzoek loopt naar effecten van biomassaoogst op bodem en nutrienten huishouding. Ook wordt er aan monitoring van de broeikasgasemissie en CO2 opslag gewerkt volgens bestaande systemen in LULUCF kader. De nieuwe K&I opgaven kunnen hier op voortbouwen, maar er is ook vooral nieuwe kennisopbouw nodig ten aanzien van ontwikkeling van nieuwe landgebruiks en beheer systemen die CO2 helpen vastleggen, zoals multifunctioneel bosbeheer en ook agrobossystemen. Daarbij is met name inzicht in de trade-offs nodig ten aanzien van CO2 vastlegging en verbetering van de biodiversiteit. Dit moet geplaatst in de context van de gehele keten, dus met inbegrip van verwerking en toepassing van de biomassa geoogst uit verschillende landschappen. Allen in deze context kan bepaald worden welke meerwaarde nieuwe beheer systemen opleveren in termen van verbetering van CO2 opslag, verbetering biodiversiteit en opleveren van nieuwe verdienmodellen.

Nieuwe K&I opgaven (witte vlekken) t.a.v. vastleggen van CO2 in natuur, bos, landschap en stedelijk groen via goed beheer en oogst en efficiënt gebruik van biomassa met behoud en verbetering van biodiversiteit

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma: Beheer natuurgebieden, bossen en landschap (incl. landelijk en stedelijk groen) voor biodiversiteit met winning van biomassa voor voedsel en niet-voedseltoepassingen				
Ontwerp en inpassing van nieuwe landgebruik-systemen voor biomassa winning en versterking ecosysteemdiensten (natuur & C-opslag)	Onderzoek naar boomsoorten en planten die aangepast zijn aan veranderend klimaat met maximale koolstofvastlegging en hoge biodiversiteit Onderzoek naar specifieke boom-natuur-combinaties, passend bij bodem Inpassing van biomassaproductie activiteiten in NL landschap die biodiversiteit en ecosysteemdiensten versterken (win-win)	Overzicht van gebieden en (water-) bodems in NL met grootste potenties voor opslag CO2 (natuur en bossen, landschappelijke beplantingen) / reductie broeikasgasemissies en mogelijkheden voor optimaler beheer. - Voedselbossen: Systeem met zwaartepunt op verduurzaming voedselproductie NL Ontwerp agro-bomen (agroforestry) systemen die beter aangepast zijn aan klimaatverandering, goed voor biodiversiteit en	Hoe in de stad functiecombinaties te realiseren met bomen/groen die bijdragen aan opslag C in bodem /wateropvang/ infiltratie water in bodem/ /tegengaan hittestress/ biodiversiteit en gezondheid, en tevens bron is van biogrondstoffen Inzicht in maatregelen die ontwikkeld kunnen worden om bos, natuur, recreatiegebieden te beschermen, herstellen en reactiveren.	

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	Opties voor beheer van dijken, waterwingebieden, grondwaterbeschermingsgebieden, overloopgebieden met winning biomassa en versterking koolstofvastlegging Onderzoek naar relatie bodembiodiversiteit en productievermogen bossen (in aanvulling op lopend nutriéntenonderzoek) Systeemonderzoek naar productiesysteem bos met als doel goede functievervulling in combinatie met hogere productie en goede vastlegging C Vastlegging CO2 in waterbodems en moerassen – systeembegrip en beheersmogelijkheden	CO2 vastlegging met productie van food en non-food Onderzoek naar nieuwe oogstsystemen en -machines voor gebruik inlands hout (bossen en landschappelijke beplantingen in stedelijk en landelijk groen) Beheer bossen gericht op kwaliteitshout Systeem: hoe kunnen landschappelijke beplantingen teruggebracht worden in landschap (cultuurhistorie (landschap) en wat is de meerwaarde voor biodiversiteit, landbouw (schaduw voor vee, additionele inkomsten); oogstbaarheid. Bottom-up inventarisatie beschikbare gronden voor biogrondstoffen productie (gemeenten, vliegvelden, provincies, waterschappen etc.) Ontwikkelen van een systeem van zonering van gronden naar functiecombinaties die wel en niet duurzaam gecombineerd kunnen worden. Ontwerp en inpassing landbouw-bos systeem(agroforestry) bomen op kippenuitloop, varkens in bos, strokenverbouw gewas-bomen combinaties etc.	Praktijkonderzoek inzet en beheer van landschapselementen voor verbetering biodiversiteit en mitigatie van broeikasgassystemen (win-win toepassingen) Praktijkonderzoek/demo projecten inzet agro-bossystemen (agroforestry) Inventarisatie typen ongebruikte gronden en opties voor gebruik voor biogrondstoffen productie Pilots dijkenbeheer met biomassaproductie/oogst Pilots overloopgebieden met biomassaoogst Pilots beheer gronden rond Schiphol en andere vliegvelden, militaire oefenterreinen Pilots bos-klimaat: Voedselbossen	
Ketenontwikkeling en toepassingen	Biothermische en biochemische toepassingen van diverse en gemengde biomassa stromen uit landschap	Analyse van biomassa samenstelling in waardevolle componenten van biomassa uit bos en landschap en ontwerp optimale bioraffinage toepassingen	Voorbeeldbedrijven: ervaring opdoen o.a. technische en economische haalbaarheid; dit ten behoeve van grotere uitrol komende jaren	Proeftuinen met bos, landschaps-beherende organisaties en biomassa verwerkende industrie

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
		Ontwerp van logistieke ketens & principes voor verzameling en economisch haalbaar gebruik van biomassa uit landschap, (inclusief biomass yards) Optimalisering van huidige composteringstoepassingen waarbij alle waardevolle componenten in biomassa nuttig worden aangewend Voorbewerkingen ontwikkelen van biomassa die sterk gemend en vervuild is (hoge as niveau's)	Demonstratieprojecten biomassaverwaarding uit landschap&bos/ ontwikkelen van intermediates & commodities die marktontwikkeling helpt Nieuwe businessmodellen voor biomassa uit landschap die vraag en aanbod bij elkaar brengen en security of supply garanderen BO-44-001-013 - BECOOLHet BECOOL project draagt bij aan: i) decarbonisatie van de transportsector in Europa en Brazilië via de mobilisatie van lignocellulose bio massa	Voorbeeeld-projecten beheer gronden met biomassa oogst (e.g. vliegvelden, dijken, overloopgebieden etc.) en andere functies
Afwegingskader duurzaamheid en trade-offs biomassa winning-natuur en landschap-klimaat	Onderzoek aan nutriëntenbalans van bestaande en nieuwe beheersystemen: rol van bodemleven (opname nutriënten)/ aanvullende data uitspoeling/ gehalten in bodem en biomassa) Effecten op biodiversiteit van oogst en beheeractiviteiten in bossen en landschap gericht op biomassa productie en oogst. Landschappelijke beplantingen en wateropvang : hoe kunnen beplantingen in (nood)overloopgebieden bijdragen aan C-vastlegging, productie biomassa en biodiversiteit;	Nutriëntenbalans: mitigerende maatregelen testen in praktijk in Klimaatslim bosbeheer Optimaliseren bijgroei en C-opslag in bos en landschapselementen Ontwerp en BKG en economische evaluatie van logistieke ketens voor verzameling en gebruik van biomassa uit landschap, (inclusief biomassa yards) Meenemen van effecten op bodem C opslag en broeikasgasemissies in levenscyclus analyses bij nieuwe landschapsbeheer en biomassa oogstsystemen Bijdrage aan UNECE Timber committee outlook studies voor de bos en hout sector,	Testen van toolbox afwegingskader in de praktijk	

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	kan dit met oude concepten (grienden) of kunnen er nieuwe concepten worden ontwikkeld Ontwerp en evaluatie landbouwsysteem e.g. gewascombinatie en landbouw (olifants- en switchgrass); b.v. bomen op kippenuitloop, varkens in bos, strokenverbouw gewas-bomen combinaties etc.	ook gericht op biodiversiteit, CO2 vastlegging en klimaat. Monitoringskader ontwikkeling voor meten van effecten op natuur, landschap en CO2 vastlegging in nieuwe en bestaande landbouwsystemen Ontwikkeling toolbox voor economisch, milieutechnisch en maatschappelijk afwegingskaders voor producenten en gebruikers van biomassa uit natuur en landschap		
Deelprogramma: Beheer ecologische systemen in schelpdierproductie in Waddenzee en Zeeuwse wateren met winning biomassa				
Evaluatie van productie scenario's (soorten, productie methodes en gebieden) voor mariene biomassa winning en versterking ecosysteemdiensten (natuur & C-opslag)	Onderzoek naar de relatie tussen koolstofvastlegging (biomassa productie) en biodiversiteit voor verschillende management strategieën, productiemethodes en soorten. Onderzoek of en hoe ecosysteem diensten (biodiversiteit) verder versterkt kan worden door productie van mariene biomassa (win-win) Onderzoek naar de effecten van klimaatsverandering (temp, verzuring, zeespiegelstijging) op de productie van mariene biomassa en gerelateerde ecosysteem diensten		Inzicht in maatregelen die ontwikkeld kunnen worden om duurzame productie in natuurgebieden beter te integreren met beleid van deze kustgebieden. Demo-projecten waarbij de effceten van verschillende management beslissingen getest worden op C-fixatie en biodiversiteits-doelstellingen Inzicht in maatregelen (beleid) die nodig zijn om mariene productie en gerelateerde ecosysteem diensten bestendig te maken voor toekomstige klimaatsveranderingen.	
Afwegingskader duurzaamheid en trade-offs mariene biomassa winning-natuur en		Overzicht genereren van de trade-offs van mariene biomassa productie in huidige (oos-	Integraal framework ontwikkelen om cumulatieve effecten (positief en negatief)	

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
klimaatdoelstellingen		terschelde en Waddenzee) en toekomstige productiegebieden	van biomassa productie op natuurwaarden te evalueren	

Biogrondstoffenwinning gecombineerd met CO2 vastlegging

Dit deelthema gaat over koolstofvastlegging in bodems en de uitdaging om dit te combineren met de toenemende vraag naar biomassa voor de biobased economy en bioenergie.

Vanuit klimaat oogpunt en het streven naar klimaatneutraliteit in 2050, moet landgebruik netto CO2 vastleggen, een sink zijn, om resterende emissies uit de landbouw te kunnen compenseren. C vastlegging in bodems draagt daar aan bij, naast C vastlegging in vegetatie, met name bossen. In landbouwbodems kan met goed bodembeheer extra organische stof worden opgebouwd, met name door verhogen van de aanvoer vanuit gewasresten, en het tegengaan van de afbraak van organische stof. Verhogen van organische stof in de bodem draagt daarnaast bij aan een betere bodemkwaliteit en door een betere bodemstructuur ook aan klimaatadaptatie (betere watervasthoudend vermogen).

Binnen een circulaire economie zouden de reststromen die overblijven weer terug moeten gaan naar de bodem, maar vanuit de behoefte aan voedsel, bioenergie en biomaterialen kunnen deze reststromen ook voor food en non-food doeleinden worden ingezet. Echter niet alle restmaterialen zijn nodig om de bodemvruchtbaarheid en koolstof opslag in de bodem op peil te houden, b.v. door de rol van de verspreiding van pathogenen. De uitdaging is om het evenwicht te vinden tussen het voeden van de bodem met organische stof en andere nutriënten, waarbij behoud van de huidige koolstof voorraad de minimum voorwaarde is, en het voldoen aan de vraag naar biomassa.

CO2-vastlegging in teelten, effecten van (diep wortelende) gewassen, mechanisatie, hoe strategisch om te gaan met bodemlagen: veel is nog onbekend. Op korte termijn voor de 2030 doelstelling is onderzoek nodig naar:

a. gevalideerde technieken om CO2-vastlegging in bodems te monitoren en toe te wijzen aan maatregelen. Daarbij dient nagegaan te worden of er mogelijkheden bestaan deze systemen zodanig te ontwerpen dat eventuele verwaarding (o.a. carbon credits) tot de mogelijkheden zouden kunnen horen.

b. Er is kennisopbouw nodig t.a.v. CO2-vastlegging in grotere teelten, het effect van bijvoorbeeld diep wortelende gewassen, hout onder en boven de grond en hoe om strategisch om te gaan met bodemlagen. Tevens is inzicht nodig over de effecten van rotatie en bouwlandplanning en verschillende soorten mechanisatie t.a.v. de langere termijneffecten op CO2-vastlegging.
c. de effecten van koolstofvastlegging op bodemkwaliteit zoals biodiversiteit en bodemleven, waterkwaliteit, omvang voedselproductie en vochtleverend en waterbergend vermogen.
d. de mogelijkheden om minerale processen betreffende C (koolstof), N (stikstof) (en P (fosfaat)) te ontkoppelen, zodat een hogere bodem-C niet gepaard gaat met mineraalverliezen.
e. eigenschappen in planten die zorgen dat alle componenten van de geoogste biomassa nuttig en hoogwaardig gebruikt kunnen worden. Hierbij gaat het dus niet alleen om het verhogen van het rendement via verdubbelde fotosynthese, maar het gaat vooral ook om het verbeteren van bepaalde eigenschappen van plantencomponenten die verwerking ervan in eindproducten optimaler maakt, e.g. celwandkwaliteit, verdeling van de droge stof, aangepaste bloeitijd, tolerantie voor droogte en zoutgehalte, kwaliteit van de zaadolie, fotosynthese en verdeling van de droge stof tussen product, scheut en wortel wat vastlegging van C bepaalt.

Verhoging van de koolstofvastlegging in biomassa en in de bodem is van groot belang. Echter, additionele biomassaproductie ten behoeve van emissiereductie van andere sectoren vergroot de emissie in de landbouw. Logischerwijs wentelt dit af op de landbouwambitie, waardoor de 2,0 Mton CO2 vastleggingsambitie ter discussie komt te staan. De ambitie van extra vastleggen kan plaatsvinden middels vormen die flexibiliteit in landgebruik mogelijk maken, en die voorbij de huidige potenties gaan, middels:

a. Manipuleren van de C-N-dynamiek in landbouwsystemen; het gaat om het verkrijgen van fundamentele kennis over opbouw en afbraak van C en N in plant, dier, mest en bodem. Dat betreft ook kennis over de processen van lachgasvorming (invloed van bodembiologie, -fysica en -chemie).
b. Kennis over de ontkoppeling van C, N (en P), zodat hogere bodem-C niet gepaard gaat met hogere N emissies en mogelijke verliezen van bodemvoorraden van P.
c. Het zoeken naar mogelijkheden om de relatie tussen landgebruik en koolstofvastlegging te veranderen en mogelijk nieuwe gewascombinaties en ontwerp van nieuwe landgebruikssystemen te ontwikkelen.

Dit deelprogramma heeft K&I opgaven in de verschillende deelprogramma's:

1. Ontwikkeling van hoogrenderende gewassen die in staat zijn om grote hoeveelheden CO2 te fixeren, zowel in de plantaardige producten als in de bodem
2. Hogere koolstofvastlegging in landbouwbodems en gebruik van gewasresiduen bij instandhouding C en nutriënten in bodem

In onderstaande tabel worden eerst de lopende of recent afgesloten onderzoekprojecten gepresenteerd. Vanuit dit overzicht en de missiedoelstellingen zijn vervolgens de witte vlekken in K&I opgaven uitgewerkt in de daaropvolgende tabel.

K&I uit lopend en recent onderzoek t.a.v. koolstofvastlegging in bodems en planten te combineren met voldoen aan de toenemende vraag naar biomassa voor de biobased economy en bioenergie

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9**	**Implementatiefase**
Deelprogramma: Ontwikkeling van hoogrenderende gewassen die in staat zijn om grote hoeveelheden CO2 te fixeren, zowel in de plantaardige producten als in de bodem				
Opwaarderen & verbeteren van gewassen voor volledig gebruik biomassa, zowel voor voedsel als voor niet-voedingsdoeleinden	In the past there has been a project on maize within CCC focusing on "the use on the whole maize biomass for food, feed and bioethanol". KB-26-008-002 - Improvement of maize biomass for a circular and Biobased Economy			
Ontwikkeling van hoogrenderende gewassen die in staat zijn om grote hoeveelheden CO2 te fixeren	There has been a few EU projects focusing on the testing and development of high yielding crops including miscanthus (SUNLIBB, OPTIMISC) and hemp (Multi-Hemp and FIBRA) KB-34-006-004 – BECOOL KB-30-002-007 - Development of Resource use efficient chains	There are breeding programs running at WUR Plant Breeding for high yielding crops in collaboration with several breeding companies. That include miscanthus and hemp		
Ontwikkeling van gewassen en gewasproductie-systemen met een verbeterde totale gewasrotatie C-fixatie	KB-34-005-001 - Peatlands in the new circulair an climate positive productions systems KB-34-008-001 - Soil biology as basic element for resilient cropping systems and C-sequestration KB-26-008-001 - Aquatic biomass for the circulair & biobased economyT			
Gewassen geschikt voor marginale omstandigheden	There are two EU projects running at the moment: MAGIC and GRACE that aim to develop multiple crops for marginal soils.			
Deelprogramma: Hogere koolstofvastlegging in landbouwbodems en gebruik van gewasresiduen bij instandhouding C & nutriënten in bodem				
Reststromen uit biobased econ	KB-34-012-002 - Closing the technocycle & circular houshould	H2020 Nutri2Cycle, (verbeteren van CNP kringlopen)	H2020 Systemic	

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9	Implementatiefase
Reststromen uit biobased economy naar de bodem	- sustainable lignocellulosic biomass supply for the circular bio-based economy with the international setting considering the local possibilities and traded lignocellulosic biomass.		(biobased fertilizers) AF14263 - Non Food toepassingen van pectine uit suikerbietenpulp	
Hogere koolstofvastlegging in landbouwbodems	KB-34-008-001 - Soil biology as basic element for resilient cropping systems and C-sequestration	BO landbouwbodems (kennis ontwikkeling maatregelen C vastlegging), Slim landgebruik programma (model-ontwikkeling, monitoring, metingen)	Slim landgebruik programma (pilots, incentives, onderwijs)	Carbon Valley, Koolstofboeren, Interreg Carbon farming
Nieuwe gewassen in veenweidegebieden die veenoxidatie tegengaan	KB-34-005-001 – Veenweiden in nieuwe circulaire en klimaatpositieve productiesystemen	KB-34-005-001 - Veengebieden in de nieuwe circulaire en klimaatpositieve productiesystemen	Innovatieprogramma Veen; CINDERELLA – De kansen van vernatting van veengebieden op het gebied van paludicultuur en Ecosysteemdiensten (ERANET)	

Nieuwe K&I opgaven (witte vlekken) t.a.v. koolstofvastlegging in bodems en planten te combineren met voldoen aan de toenemende vraag naar biomassa voor de biobased economy en bioenergie

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma: Ontwikkeling van hoogrenderende gewassen die in staat zijn om grote hoeveelheden CO2 te fixeren, zowel in de plantaardige producten als in de bodem				
Opwaarderen & verbeteren van gewassen voor volledig gebruik biomassa, zowel	-Kenmerk in kaart brengen van de verschillende componenten van biomassa uit verschillende gewassen,	-Identificeren van de belangrijkste kenmerken om door te stromen naar ge-	-Evalueren prestaties van gewassen voor volledige biomassa in veldproeven	- Identificeer de grote stappen naar acceptatie door de consument

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
voor voedsel als voor niet-voedingsdoeleinden	met focus op de zijstromen -Inzicht ontwikkelen wat de belangrijkste knelpunten zijn in het gebruik van volledige biomassa -Fundamentele kennis verbeteren van biomassafunctionaliteiten en extraheerbaarheid van componenten. Afwegingen van het afstemmen van verschillende plantcomponenten in het *partitioning* process - Begrijpen wat de beste gewassen zijn om de verschillende nuttig te gebruiken plantcomponenten te produceren (koolhydraten, eiwitten, lipiden)	wassen voor volledige biomassa, met name voor de extractie van de verschillende componenten -Identificeren van belangrijkste knelpunten in de opwaardering/ aanpassing van gewassen voor het gebruik van gehele (bovengrondse)biomassa, met name gevolgen voor de architectuur van de plant en robuustheid / veerkracht. -Kosten-baten en broeikasgas –analyse (LCA) van gehele keten gebaseerd op nieuwe gewassen die volledig nuttig gebruikt worden	-Evalueren van de opties voor verwerking van biomassa op een demonstratieschaal, inclusief oogstsystemen -Evalueer de veiligheid van de verschillende componenten voor voedseltoepassingen	
Ontwikkeling van hoogrenderende gewassen die in staat zijn om grote hoeveelheden CO2 te fixeren	Hoog efficiënte biomassagewassen / meerjarige planten; Eenjarigen .....: oliegewassen voor oleochemie: verbeterde opbrengst, hogere fractie van product tot oogstrestanten energiegewassen voor C-neutrale bio-energie	Identificeren sleuteleigenschappen om de productiviteit van planten te verbeteren (koppeling met dubbele fotosynthese) Identificeer sleuteleigenschappen in planten die de petitionering naar eindproducten beïnvloeden (bijvoorbeeld om een hoger oliegehalte te bereiken) Identificeer factoren die de verhoogde opslag van C in de bodem bepalen (bijvoorbeeld lagere mineralisatino-snelheid van gewasresten) Gebruik nieuwe technieken voor het kweken van planten om verbeterde CO2-	Evalueer verbeterde variëteiten / genotypen in het veld om de opbrengst van product en C-sequestering in de bodem te bepalen	Praktische demonstraties opzetten met boeren en eindgebruikers

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
		fixatie in producten en in de bodem te creëren		
Ontwikkeling van gewassen en gewasproductie-systemen met een verbeterde totale gewasrotatie C-fixatie	ontwikkelen van methoden om vruchtwisselingssystemen te evalueren in termen van productiviteit en C- en N-dynamiek	Analyseer de C- en N-dynamica van de bodem Ontwikkel gewasrotaties "Klimaatverandering bestendig" Studie-effect van bredere rotaties inclusief gewassen voor C-fixatie en bio-obased producten op biodiversiteit / natuur.	Demonstreer de prestaties van nieuwe gewassen en hun rotaties in de praktijk om de economische en ecologische duurzaamheid te bepalen	Praktische implementatie om met systemen te experimenteren met gemotiveerde ondernemers om nieuwe productiesystemen te adopteren en de producten te gebruiken
Gewassen geschikt voor marginale omstandigheden	Ontwikkelen van verbeterde veredelingstechnologie voor de ontwikkeling van nieuwe gewassen voor marginale gronden - genetische hulpmiddelen voor DNA-markerselectie - kennis van eigenschappenbepalende genen (bijvoorbeeld celwandkwaliteit, verdeling van de droge stof, aangepaste bloeitijd, tolerantie voor droogte en zoutgehalte, kwaliteit van de zaadolie, fotosynthese en verdeling van de droge stof tussen product, scheut en wortel) -technolologie om eigenschappen te verbeteren (bijvoorbeeld CRISP-CAS9, mutatiefokkerij)	Ontwikkeling oliehoudende gewassen voor oleochemie: verbeterde opbrengst, hogere fractie van product tot oogstrestanten energiegewassen voor C-neutrale bioenergie; veengronden biodiversiteit / natuur / landschap Ontwikkel nieuwe gewassen met betere prestaties op marginale gronden (bijvoorbeeld grassen, oliegewassen, peulvruchten die tolerant zijn voor marginale omstandigheden zoals hoog zoutgehalte, zandige bodems met beperkt waterhoudend vermogen / droogte), ondiepe bodems.	Evalueren verbeterde rassen in het veld om de geschiktheid en prestaties in verschillende omgevingen (marginaal en niet-marginaal land) te laten zien	Een praktische demonstratie opzetten met boeren en eindgebruikers
Veredelen van gewassen en paddestoelen voor hoogwaardige toepassingen voor productie van specifieke eiwitten, veevoer, polymeren voor de	Fundamenteel onderzoek aan 'nieuwe' gewassen en in kaart brengen van potentieel voor veredeling. Identificeren van key traits voor specifieke toepassingen (b.v. eiwitten, polymeren) en	Zoeken naar genetische variatie in de bewuste eigenschappen. Identificeren van QTL's voor key traits. Identificeren van nieuwe materialen en/of chemische	Aantonen dat het mogelijk en rendabel is om op dubbeldoel-gewassen te veredelen in enkele pilotprojecten in een representatief gewas.	Toepassing bij veredelingsbedrijven in nauwe samenwerking met andere ketenpartners (verwerkende industrie, diervoederindustrie, enz.).

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
chemie, en verwerken van reststromen voor energie-toe-passingen.	identificatie van onderliggende genen. Onderzoek naar omzetting ligno-cellulose door diverse paddestoel vormende schimmels.	bouwstenen (lignine derivaten, gemodificeerd cellulose, schimmels componenten zoals chitine en glucanen).	Testen toepasbaarheid nieuwe materialen en/of chemische bouwstenen.	Productie materialen/ chemische bouwstenen d.m.v. paddenstoel vormende schimmels. Verbetering van processen d.m.v. veredeling.
Deelprogramma: Hogere koolstofvastlegging in landbouwbodems en gebruik van gewasresiduen bij instandhouding C & nutriënten in bodem				
Reststromen uit biobased economy naar de bodem	Inzicht in effecten op bodemleven en bodemstructuur bij terugbrengen restproducten uit biobased economy (digestaat, mestverwerkingsproducten, biochar, …)	Oogst van gewasresten zonder negatieve effecten op bodem C voorraad Circulaire ketenontwerp voor gewasrestengebruik met behoud van nutriënten in bodem	Optimaal gebruik van gewasresten in de praktijk, logistiek en passend bij duurzaam bodembeheer	
Hogere koolstofvastlegging in landbouwbodems	Manipuleren C-N dynamiek in landbouwsystemen: fundamentele kennis opbouw over opbouw en afbraak van C en N in plant, mest en bodem Veredeling gericht op gewassen met meer (ondergrondse) biomassa voor C vastlegging	Kennisopbouw CO2 vastlegging in grotere teelten (optimalisatie bouwplan, dieper wortelende gewassen) Zoeken naar mogelijkheden om de relatie tussen landgebruik en koolstofvastlegging te veranderen en mogelijk ontwikkeling nieuwe combinaties landgebruik (b.v. agroforestry)	Ontwikkeling gevalideerde technieken voor monitoring CO2 vastlegging in bodems Welke concrete maatregelen (effectief en efficiënt) zijn nodig om de CO2 vastlegging in de bovenste bouwvoor van landbouwbodems te vergroten	Wat is nodig om meer blijvend grasland en/of landschapselementen te realiseren voor vastlegging C vanuit perspectief stakeholders
Nieuwe gewassen in veenweidegebieden die veenoxidatie tegengaan	Fundamentele kennis over broeikasgas- en nutriëntenemissies en mogelijke afwenteling bij omschakeling naar natte landbouw (paludicultuur) in veenweidegebieden	Ontwikkeling oogstmethoden om nieuwe gewassen met minimale bodemverstoring te oogsten Kansenkaart voor nieuwe gewassen op basis van lokale omstandigheden (bodem, ontwatering), waterbeschikbaarheid, marktpotentie, etc. Verbetering en ontwikkeling van methoden om emissies uit bodems te meten	Pilots voor testen en demonstreren van de nieuwe gewassen en oogsttechnieken	Opzetten keten en verdienmodellen voor nieuwe gewassen in veenweide

Samenwerking en samenhang
Dit MMIP heeft interacties met de twee klimaattafels Industrie, en Landbouw & Landgebruik; de zeven Topsectoren Energie, Agri & Food, Water & Maritiem, Logistiek, Life Sciences & Health, Chemie, en High Tech Systemen en Materialen; en de drie Sleuteltechnologieën ICT, Geavanceerde Fabricageprocessen, en Meet- en Detectietechnologie. Het moet aansluiten bij een selectie van sub-thema's horende bij de missies A (Kringlooplandbouw) and Missie B (Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie). De sub-thema's gesuggereerd in het missie document (Februari 2019) zijn: A4: Meer lokale/regionale productie van eiwitrijke grondstoffen en biomassa en B4: Energieopwekking: biogrondstoffenproductie.

Dit MMIP heeft grote raakvlakken met een aantal andere MMIPs . Vooral met MMIP Klimaatneutrale productie van food en non-food (B1), Klimaat adaptieve landbouwsystemen (C2) en ook Groen in de stad (C3). Omdat het ook om CO2 vastlegging in aquatische systemen gaat in dit MMIP zijn er ook raakvlakken met de MMIPs 11 (Noordzee, oceanenen en binnenwateren). Er heeft dan ook veel afstemming plaats gevonden om de inhoud van dit MMIP zoveel mogelijk complementair te maken met de inhoud in de andere MMIPs hier benoemd.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven
Biomassateelt voor food en non-food toepassingen is een kerncompetentie van Nederland. Bovendien heeft Nederland een sterke kennispositie op het gebied van biochemie, met een relatief grote traditie in vierkantsverwaarding en cascadering. Tevens heeft Nederland een redelijke uitgangspositie op het gebied van gedragswetenschappen, gevoed door het NWO pakket "Transities de menselijke maat". Rondom de inzet van biomassa voor non-food doeleinden loopt een stevig debat, met name in relatie tot inzet van houtige biomassa voor energie, dat een nadere duurzaamheidsduiding en maatschappelijke discussie vereist die in het Klimaatakkoord is voorzien in de Routekaart Biomassa.
Voor de 3 deelthema's in dit MMIP zijn er verder ook specifieke sterktes en zwaktes in de kennispositie aan te geven die hieronder benoemd worden.
Institutioneel: Nederland heeft een uitstekende nationale kennisbasis op het gebied van fotosynthese-onderzoek en plantenveredeling. Voor fotosynthese is die onder andere tot stand gekomen is in het door EZK medegefinancierde programma BioSolar Cells (2011 –

2016). In dit programma werkten 9 nationale universiteiten en onderzoeksinstellingen samen met 38 bedrijven bij de uitvoering van een breed, multidisciplinair onderzoeksprogramma op het gebied van het begrijpen, optimaliseren en toepassen van het fotosynthese proces. Vanuit deze nationale kennisbasis heeft Nederland zich de afgelopen jaren een voortrekkersrol verworven in Europa door onder andere het initiatief te nemen tot de vorming van het Europese onderzoeksconsortium Photosynthesis 2.0 waarin 51 kennisinstellingen uit 17 EU Lidstaten vertegenwoordigd zijn. Tevens is Nederland (Wageningen UR) momenteel de Coordinator van het Horizon 2020 project CropBooster-P, waarin een Roadmap wordt ontwikkeld om de opbrengst van de (Europese) landbouw te verdubbelen door de fotosynthese in gewassen op te voeren.

Verder wordt er in H2020 ook veel aandacht besteed aan ontwikkeling van kennis omtrent selectie en veredeling van planten en bomen, met eigenschappen die ze bestand maken om onder marginale omstandigheden te groeien en die ook biomassa kunnen leveren voor non-food toepassingen in de biobased economy zonder dat concurrentie met voedselgewassen (om grond en andere inputs) optreedt. Aandacht is er in H2020 programma's ook voor inpassing van nieuwe gewassen en landgebruikssystemen die vastlegging van C in bodem vergroten en productie van biomassa voor zowel food en non-food toepassingen leveren. Dit moet vooral in de context van veranderende klimatologische omstandigheden bekeken worden.

Momenteel worden in Brussel de contouren opgezet voor het volgende Framework Program "Horizon Europe". Een van de hoekstenen van dit programma worden de "Missions" waarin grootschalige onderzoeksprogramma's zullen worden gestart rondom grote maatschappelijke thema's. Vanuit het Photosynthesis 2.0 Consortium en met steun van het College van Bestuur van Wageningen UR is het onderwerp "fotosynthese" bij de Europese Commissie onder de aandacht gebracht en, alhoewel er rondom de Missions nog geen concrete besluiten genomen zijn, lijkt het er nu op dat fotosyntheseonderzoek deel kan gaan uitmaken van een voorgestelde Mission in het agro-food domein: "Soil Health and Food".

Maatschappelijk: Het verhogen van de globale biomassaproductie zal een essentieel onderdeel kunnen zijn bij het oplossen van de drie grootste vraagstukken waarmee de wereld momenteel kampt: Hoe kunnen we een toekomstige bevolking van 10 miljard mensen

voeden? Hoe maken we de transitie van een fossiele economie naar een duurzame bio-economie? En hoe zorgen we ervoor dat de globale temperatuurstijging onder de 2 graden blijft? Deze vragen resoneren in de Sustainable Development Goals van de Verenigde Naties, met name "Geen Honger", "Geen Armoede" en "Klimaatactie" en zijn tevens onderdeel van een groot aantal Europese en Internationale policies waarvan het Parijse Klimaatakkoord wel de meest aansprekende is.
Met het voorgestelde onderzoek zal Nederland een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan het vinden van duurzame oplossingen voor deze urgente maatschappelijke uitdagingen.

Echter een uitdaging blijft er ook in de maatschappelijke discussie met uitgesproken voor- en tegenstanders van het gebruik van biomassa, met name hout als bio-grondstof en energiebron Deze discussie moet gevoed worden met verbeterde en toegankelijke informatie en inzichten. Deze informatie is overigens ook gewenst voor verschillende internationale rapportage verplichtingen, zoals de jaarlijkse rapportages van nationale cijfers aan de FAO, en de klimaatrapportages (UNFCCC, Kyoto Protocol, EU LULUCF verordening).

Financieel / economisch: Voor Nederland als een van de grootste landbouwexporteurs ter wereld, biedt het ontwikkelen van nieuwe gewassen met een sterk verhoogde opbrengst uitstekend kansen voor het veredelings-bedrijfsleven. Daarnaast hebben we hebben ook een zeer sterke chemische sector waarvoor de omschakeling naar biobased productieprocessen waarschijnlijk essentieel wordt voor de handhaving van huidige internationale positie. Voor zowel een gezonde Agro-Food sector als de Chemische sector zal het beschikbaar zijn van voldoende biomassa bepalend zijn voor de toekomst. In dat licht zal onderzoek naar het verhogen van de fotosynthese-efficiëntie en het verbeteren van eigenschappen van biomassa voor verwaarding in de keten ook in economische zin van groot belang zijn voor Nederland.
Gebruik van biomassa als een hernieuwbare grondstof kan een belangrijke bijdrage leveren aan het verduurzamen van producten en energie-processen. Vervangen van grondstoffen in bijvoorbeeld de bouw die veel (fossiele) energie vragen of een hoge emissie van broeikasgassen hebben door bijvoorbeeld hout kan potentieel klimaatwinst betekenen.

Vervanging van fossiele grondstoffen lukt alleen als inhoudsstoffen uit biomassa voldoende verwaard worden en hoogwaardig toegepast worden. Dit vergt ook bedrijfsmatig opwerken van biomassa stromen en creeren van biorafinage processen die de vraag naar biomassa in de markt moeten zetten. De logistiek, ketenvorming zijn belangrijk, naast de technieken van oogsten en naoogverwerking waarbij bij de winning scheiding van bodemdeeltjes en zwerfafval een praktisch aandachtspunt is.
Voor schelpdieren geldt eenzelfde redenatie: kalk uit schelpen kan een interessante grondstof zijn voor onder andere de bouwsector en vervangt daarmee mogelijk (een deel) van de fossiele kalkwinning. De duurzaamheid van deze substitutie methode is echter onbekend evenals de waarde van schelpen voor bouw en andere materialen. Ontwikkeling van hoogwaardige producten (keten) verdient daarom de aandacht.
Er is een gebrekkige kennis van de keten van bronnen van hout en biomassa enerzijds en de toepassingen anderzijds. We weten niet goed hoe en waar het hout wordt gebruikt dat uit bos, landschap en stedelijk groen wordt geoogst. Omgekeerd weten we niet wat de precieze oorsprong is van hout dat in de houtindustrie wordt gebruikt, en in het geval van bewerkt hout weten we ook niet welke boomfractie (top, tak, stam) de bron is.

Ecologisch/ruimtelijk: De noodzakelijke toename van biomassaproductie kan alleen maar duurzaam als we dit bereiken op het huidige landbouwareaal en met een zo efficiënt mogelijk gebruik van water en andere input (N, P, mineralen). Hetzelfde geldt voor houtige en lignocellulose biomassa productie in bos en stedelijk en landelijk groen. Dit moet duurzaam gebeuren in combinatie met behoud en zelfs versterking van de biodiversiteit en verhoging van de CO2 vastleging. Verder biedt verhoogde fotosynthese in de landbouw en verhoging van de biomassa productie in bos en landschap de mogelijkheid om additioneel CO2 uit de atmosfeer vast te leggen in de bodem. Hierbij snijdt het mes aan twee kanten; een toename van de bodemvruchtbaarheid bij een gelijktijdige afname van de CO2 -concentratie in de atmosfeer.

Samenhang met bestaande agenda's

Verdubbelde fotosynthese

Op Europees niveau is het Photosynthesis 2.0 Consortium het belangrijkste samenwerkingsverband. Dit consortium is in 2016 onder leiding van WUR door vooraanstaande onderzoekers afkomstig uit 13 Europes Universiteiten en instellingen: Wageningen University

and Research, Max Planck Institute of Molecular Plant Physiology, Lancaster University, CEA, University of Leeds, University of Cambridge, University of Copenhagen, Ludwig-Maximilans University Munchen, The University of Nottingham, University of Essex, Imperial College Londen, Forschungszentrum Jeulich en de Heinrich Heine University Dusseldorf.

Dit consortium heeft het draft onderzoeksprogramma "Photosynthesis 2.0, Plant Power for the Future" geschreven en aangeboden aan de Europese Commissie. Sinds 2017 zijn gesprekken gaande met de Commissie om dit programma onderdeel te laten worden van het volgende Framework Programma Horizon Europe.In de tussentijd is het consortium verder gegroeid en kent het momenteel 52 deelnemende universiteiten en instellingen uit 17 Europese lidstaten.

Een ander relevant Europees Consortium wordt gevormd door de partners in het CropBooster-P Project (Horizon 2020, gecoördineerd door Wageningen Research). In dit project werken 16 internationale partners, deel afkomstig uit het Photosynthesis 2.0 Consortium, samen om een Roadmap voor de Europese Commissie op te stellen waarin wordt beschreven hoe de Europese landbouwgewassen toekomstbestendig kunnen worden gemaakt. Een deel van deze Roadmap zal beschrijven hoe we de opbrengst van landbouwgewassen in de toekomst zouden kunnen verdubbelen en hierbij staat fotosynthese als belangrijkste eigenschap om dit te realiseren centraal.

Op wereldschaal is het Amerikaanse RIPE programma de belangrijkste samenwerkingspartner op het gebied van fotosyntheseonderzoek. Dit programma, dat wordt gefinancierd door de Bill and Melinda Gates Foundation, heeft ten doel de opbrengst van landbouwgewassen ten behoeve van ontwikkelingslanden te vergroten, en fotosynthese is een van de belangrijkste eigenschappen waarin binnen dit programma wordt gewerkt. Zo is het RIPE programma bijvoorbeeld de drijvende kracht achter het C4-Rice Project. Zowel met onderzoekers binnen het RIPE programma als met de Bill and Mellinda Gates Foundation bestaan uitstekende relaties met Wageningen UR. Fotosynthese- onderzoekers uit RIPE zijn reeds betrokken bij gezamenlijke projecten en projectaanvragen met Europese partners, waaronder WUR, en deze samenwerking zal in de toekomst verder worden uitgebouwd.

Klimaatbehendige natuur legt jaarlijks CO2 vast en koolstof-vastlegging in bodems en planten

Internationale agenda's zijn oa. het Biobased Industries Consortium (onder H2020), ETIPs (European Innovation and Technology Platforms), BBI, IEA. Bovendien participeren Nederlandse onderzoeksinstituten en Universiteiten al in veel projecten uit de H2020 programma.

Nederland is internationaal goed ingebed in R&D netwerken (H2020 projecten, JPI's en onderliggende instrumenten via zowel DG RTD als DG Agri in de EU). Hiermee is er een goede en uit te bouwen basis voor kennisontwikkeling en kennisdeling in internationaal perspectief. Inzet op verduurzaming moet leiden tot een betere concurrentiepositie.

T.a.v. houtige biomassa zijn dit projecten als Simwood, Alterfor, Motive, Forclimit, Formit, COST actions on forest, forest products, and wood. Verder vormt het Forest Technology Platform, de samenwerking tussen eigenaren van bos en verwerkende industrie dat lobbyt voor onderzoek in H2020 goede samenwerkingsopties (zie http://www.forestplatform.org/#!/; zij hebben recent hun visie 2040 gepubliceerd).

SCAR (standing committee on agricultural research) heeft een agenda zettende rol voor onderzoek in H2020 en in ERA-Nets. Verder is het European Forest Institute steeds sterker gericht op beleidsondersteuning en beleidszettend o.a. op bio-economie gebied.

De EU bevordert ook de verdere vergroening van urbane gebieden, met name gericht op gezondheid en klimaatadaptatie. Zie bijv. https://uk.thegreencity.eu/. Dit biedt ook kansen voor de productie van meer houtige biomassa.

Strategie internationaal

Nederland is de bakermat van het Biobased Industries Consortium, aanhaken bij deze agenda ligt daarom voor de hand; daarnaast speelt het Horizon 2030 programma een significante rol. Internationale netwerken met Canada en andere landen worden in IEA kader verder uitgebouwd.

Verdubbelde fotosynthese

Op Europees niveau is het Photosynthesis 2.0 Consortium het belangrijkste samenwerkingsverband. Dit consortium is in 2016 onder

leiding van WUR door vooraanstaande onderzoekers afkomstig uit 13 Europes Universiteiten en instellingen: Wageningen University and Research, Max Planck Institute of Molecular Plant Physiology, Lancaster University, CEA, University of Leeds, University of Cambridge, University of Copenhagen, Ludwig-Maximilans University Munchen, The University of Nottingham, University of Essex, Imperial College Londen, Forschungszentrum Jeulich en de Heinrich Heine University Dusseldorf.

Dit consortium heeft het draft onderzoeksprogramma "Photosynthesis 2.0, Plant Power for the Future" geschreven en aangeboden aan de Europese Commissie. Sinds 2017 zijn gesprekken gaande met de Commissie om dit programma onderdeel te laten worden van het volgende Framework Programma Horizon Europe.In de tussentijd is het consortium verder gegroeid en kent het momenteel 52 deelnemende universiteiten en instellingen uit 17 Europese lidstaten.

Een ander relevant Europees Consortium wordt gevormd door de partners in het CropBooster-P Project (Horizon 2020, gecoördineerd door Wageningen Research). In dit project werken 16 internationale partners, deel afkomstig uit het Photosynthesis 2.0 Consortium, samen om een Roadmap voor de Europese Commissie op te stellen waarin wordt beschreven hoe de Europese landbouwgewassen toekomstbestendig kunnen worden gemaakt. Een deel van deze Roadmap zal beschrijven hoe we de opbrengst van landbouwgewassen in de toekomst zouden kunnen verdubbelen en hierbij staat fotosynthese als belangrijkste eigenschap om dit te realiseren centraal.

Op wereldschaal is het Amerikaanse RIPE programma de belangrijkste samenwerkingspartner op het gebied van fotosyntheseonderzoek. Dit programma, dat wordt gefinancierd door de Bill and Melinda Gates Foundation, heeft ten doel de opbrengst van landbouwgewassen ten behoeve van ontwikkelingslanden te vergroten, en fotosynthese is een van de belangrijkste eigenschappen waarin binnen dit programma wordt gewerkt. Zo is het RIPE programma bijvoorbeeld de drijvende kracht achter het C4-Rice Project. Zowel met onderzoekers binnen het RIPE programma als met de Bill and Mellinda Gates Foundation bestaan uitstekende relaties met Wageningen UR. Fotosynthese- onderzoekers uit RIPE zijn reeds betrokken bij gezamenlijke projecten en projectaanvragen met Europese partners, waaronder WUR, en deze samenwerking zal in de toekomst verder worden uitgebouwd.

Klimaatbehendige natuur legt jaarlijks CO2 vast en koolstof-vastlegging in bodems en planten

Internationale agenda's zijn oa. het Biobased Industries Consortium (onder H2020), ETIPs (European Innovation and Technology Platforms), BBI, IEA. Bovendien participeren Nederlandse onderzoeksinstituten en Universiteiten al in veel projecten uit de H2020 programma.

Nederland is internationaal goed ingebed in R&D netwerken (H2020 projecten, JPI's en onderliggende instrumenten via zowel DG RTD als DG Agri in de EU). Hiermee is er een goede en uit te bouwen basis voor kennisontwikkeling en kennisdeling in internationaal perspectief. Inzet op verduurzaming moet leiden tot een betere concurrentiepositie.

T.a.v. houtige biomassa zijn dit projecten als Simwood, Alterfor, Motive, Forclimit, Formit, COST actions on forest, forest products, and wood. Verder vormt het Forest Technology Platform, de samenwerking tussen eigenaren van bos en verwerkende industrie dat lobbyt voor onderzoek in H2020 goede samenwerkingsopties (zie http://www.forestplatform.org/#!/; zij hebben recent hun visie 2040 gepubliceerd).

SCAR (standing committee on agricultural research) heeft een agenda zettende rol voor onderzoek in H2020 en in ERA-Nets. Verder is het European Forest Institute steeds sterker gericht op beleidsondersteuning en beleidszettend o.a. op bio-economie gebied.

De EU bevordert ook de verdere vergroening van urbane gebieden, met name gericht op gezondheid en klimaatadaptatie. Zie bijv. https://uk.thegreencity.eu/. Dit biedt ook kansen voor de productie van meer houtige biomassa.

Innovatiesysteem en consortiumvorming

Verdubbelde fotosynthese

Op nationaal niveau is het fotosyntheseonderzoek goed georganiseerd geraakt door de deelname van alle betreffende Nederlandse onderzoeksgroepen aan het BioSolar Cells Programma. Dit programma, dat zich richtte op fotosynthese in planten, fotosynthese in micro-organismen en kunstmatige fotosynthese, werd uitgevoerd door een consortium bestaande uit Wageningen University and Research (penvoerder), Universiteit Groningen, Technische Universiteit Delft, Technische Universiteit Eindhoven, Universiteit van Amsterdam, Vrije Universiteit Amsterdam, Universiteit Leiden, Technische Universiteit Twente en HAS Den Bosch.

Na afloop van het BioSolar Cells programma zijn de verschillende groepen in diverse constellaties blijven samenwerken; het fotosyntheseonderzoek aan planten heeft een kristallisatiepunt gevonden aan de WUR waar o.a. Wageningen Universiteit, Wageningen Research en de Vrije Universiteit Amsterdam samenwerken in het virtuele centrum in oprichting "Wageningen Photosynthesis". In het kader van de Nederlandse Wetenschaps Agenda (NWA) heeft Wageningen University and Research samen met Universiteit Utrecht de Gamechanger "Turbosynthese" opgesteld, en in het kader van het nieuw te starten NWO programma "Fotosynthese" is een consortium in oprichting onder leiding van WUR waarin het Nederlandse plantenonderzoek zo breed mogelijk vertegenwoordigd zal zijn.

Het onderzoek zal aansluiting maken met de Onderzoeksscholen EPS en PERC zodat de informatiestroom vanuit het onderzoek naar het academisch onderwijs geborgd is. Tevens zal het Centre for Bio-Based Economy worden betrokken om zo voor de aansluiting met HBO en andere beroepsopleidingen mogelijk te maken.

Naast samenwerking op wetenschappelijk front is het voor het fotosyntheseonderzoek aan planten essentieel dat er in Nederland een hoogwaardige infrastructuur beschikbaar komt om het onderzoek uit te voeren. Met dit in gedachte zijn WUR en Utrecht, met financiele steun vanuit het NWO Programma Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur, bezig met het opzetten van het "Netherlands Plant-Eco Phenotyping Centre NPEC". Dit centrum zal een nationale faciliteit worden op het gebied van het fenotyperen van planten, en binnen dit centrum zal onder andere hoogwaardige apparatuur beschikbaar worden gesteld voor het grootschalig meten van fotosynthese-parameters in planten.

Op Europees niveau zijn al veel samenwerkingsmogelijkheden zoals hierboven al benoemd. Deze omvatten het Photosynthesis 2.0 Consortium, een ander relevant Europees Consortium wordt gevormd door de partners in het CropBooster-P Project (Horizon 2020, gecoordineerd door Wageningen Research) die samen werken om een Roadmap voor de Europese Commissie op te stellen waarin wordt beschreven hoe de Europese landbouwgewassen toekomstbestendig kunnen worden gemaakt. Zoals ook al hiervoor beschreven is op wereldschaal het Amerikaanse RIPE programma de belangrijkste samenwerkingspartner op het gebied van fotosyntheseonderzoek.

Klimaatbehendige natuur legt jaarlijks CO2 vast

In dit MMIP zou een sterkere samenwerking ingebracht moeten worden om zowel kennis als demo als implementatie te bundelen. Alleen op die manier kunnen de relatief kleine onderzoeks- en uitvoeringsgroepen strategisch samenwerken. Betrokkenen zijn onderzoeks- en uitvoerings instanties uit landbouw, natuur, stedelijk groen-, infrastructuur- en bosbeheer zoals staatbosbeheer, provinciale landschappen, terreinbeheerders, en andere grond beherende instanties als ministerie I&W, Rijkswaterstaat, Ministerie van Defensie, provincies, gemeenten, waterschappen. Ook koepel- en branche-organisaties, zoals de VBNE, VHG, Stadswerk, VNG, Unie van Waterschappen, IPO, Unie van Bosgroepen, BVOR kunnen hierbij betrokken worden.

Tevens speelt de verwerkende industrie een belangrijke rol; die is nu zeker in de bos- en houtwereld erg versnipperd. Mede door geringe verwerkingscapaciteit wordt een deel van het Nederlandse hout als rondhout uitgevoerd. Dit geldt ook voor bedrijven die zich bezig houden met verwerking van organische reststoffen als composteerders. Voor de mariene productie/natuur-gebieden is de koppeling tussen de onderzoeksgroepen, sector, beheerders (nationaal en regionaal versnipperd), maar ook de betrokkenheid van NGO’s van belang om de meerwaarde van schelpdierproductie in te zetten voor behoud en verbetering van de onderwater natuur.

Daarnaast zijn Nederlandse agri-food and bos en hout sectoren uitermate internationaal gericht. De export van voedsel en import van hout en andere grondstoffen is evident. Ontwikkelingen elders zijn dus niet los te zien van ontwikkelingen hier. Daarom zal de MMIP een sterke internationale inbedding moeten hebben. Vooral samenwerking in de EU zal nog verder versterkt moeten worden. Op dit moment gebeurt dit meestal d.m.v H2020 projecten of ERA-NET projecten. Een stabielere en langdurigere samenwerking is echter vereist. Het Bioconsortium is een goed voorbeeld en kan dienen als rolmodel.

Nederland heeft ook veel ervaring juist in de Publiek-Private Samenwerking die elders vaak nog zwakker is ontwikkeld. Dit kan ook een rol model zijn. Een voorbeeld zijn verder de Klimaatslim bosbeheer pilots waarin onderzoek en uitvoering samenwerken d.m.v 38 partners uit de Nederlandse bossector. Dit voorbeeld wordt nu al in veel lidstaten gepresenteerd en wordt elders ook al besproken en over na gedacht (bijv in Roemenie, Zweden, Noorwegen , Spanje).

Dit model van klimaatslim bosbeheer zou ook voor beheer van andere landgebruikssectoren kunnen worden toegepast, bijvoorbeeld voor beheer van agrarische landschappen met veel landschapselementen, nieuwe agrobossystemen en gebieden beheerd door grotere organisaties als waterschappen, natuurbeheerders, Rijkswaterstaat, gemeentes en provincies.

Koolstofvastlegging in bodems en planten
VOLGT

Tot slot moet vermeld worden dat er een brede samenwerking van partijen moet ontstaan met een hogere organisatiegraad op met name regionaal en lokaal niveau om optimale circulaire systemen te bouwen. Start-ups, die bijvoorbeeld specifiek inzetten op vernieuwing van biomassa-productie en ontwikkeling, gaan een grote rol spelen, dus intensiveer financiële stimuli en vangnetten voor kansrijke ontwikkelingen. Systemen die carbon footprints inventariseren om externe effecten in de prijs van producten mee te nemen, bijvoorbeeld true pricing of carbon credits, zijn nodig. Daarnaast is een potentieel belangrijk knelpunt bij de biomassatransitie de ruimtelijke ordening, momenteel wordt alleen gestuurd op functies en op sterk gedecentraliseerd niveau, maar wordt binnen de functies veel ruimte gelaten voor de werkelijke invulling. Voor een gecombineerde opgave van versterking van de biodiversiteit en het optimaliseren van de biomassaproductie vanuit meerdere doelen is een vergaande sturing van het landgebruik nodig. De ontwikkeling van instrumenten is een belangrijke opgave om die sturing vorm te geven.

B.6 E12D Biogrondstoffen uit de blauwe ruimte: Zeewier

Samenvatting

Doel
Inzet van dit MMIP is het schetsen van het innovatietraject dat nodig is voor een ontwikkeling van blauwe ruimte voor grootschalige, rendabele en duurzame zeewierproductie en natuur, rekening houdend met de doorvaarbaarheid van windmolenparken in de Noordzee.
Deelprogramma's:
1. Technische haalbaarheid: ontwikkeling van offshore hardware
2. Ruimtelijke inpassing in de Noordzee

3. Ecologische haalbaarheid en ontwikkeling ecosysteemdiensten
4. Ontwikkeling van duurzame en grootschalige productiewijzen
5. Fysiologie en veredeling van Noordzeesoorten
6. Verwerking van geoogste biomassa en ontwikkeling van fractioneringstechnieken
7. Economische haalbaarheid: ontwikkeling van afzet en business cases
8. Bestuurlijke aspecten, wet- & regelgeving

Prioriteiten

Prioriteit heeft de ontwikkeling van een nationaal innovatieprogramma Zeewierproductie in de Noordzee dat bestaat uit de volgende onderdelen:

- Grootschalige pilots/demovelden (van tientallen hectares) op de Noordzee waar pionierende zeewierondernemers, natuurorganisaties en onderzoekers gezamenlijk implementatievraagstukken onderzoeken en oplossen. Capaciteit in havens waar gewerkt wordt aan logistieke vraagstukken en verwerking van het geoogste materiaal maakt hier deel van uit.
- In deze demovelden is ruimte voor gecombineerde productie van zeewier en schelpdieren. Bij schelpdieren gaat het enerzijds om de ontwikkeling van natuur en ecosysteemdiensten (aanleg platte oesterbanken), anderzijds om de ontwikkeling van commerciële productie (mosselkweek).
- Pionierende zeewierondernemers hebben leningen nodig voor (voor)investeringen. Banken verlangen daarbij lange termijn contracten met afnemers. Marktontwikkeling is daarom een belangrijk onderdeel van het innovatieprogramma.
- Stimuleringsinstrumenten, vergelijkbaar met de eerste subsidies voor windmolens en zonnepanelen (onrendabele top), zijn nodig voor het overbruggen van de risicovolle implementatiefase van de productievelden.
- Er is nieuwe en aanpassing van bestaande wetgeving nodig t.a.v. het verlenen van vergunningen, medegebruik binnen windparken, technische eisen, bescherming van het ecosysteem, certificering, voorwaarden voor milieu- en voedselkwaliteit etc.
- Kennisdeling, communicatie en opleiding is nodig als basis voor de ontwikkeling van een sterke sector en voor draagvlak binnen de maatschappij.
- Onderzoeksprioriteiten liggen bij de volgende onderwerpen:
    - Ontwikkeling van grootschalige installaties die bestand zijn tegen de condities op de Noordzee en kostenefficiënt kunnen worden neergelegd, ontwikkeling van gemechaniseerde oogst

en ent-methodes (door o.a. Marin, TNO, NIOZ, technische universiteiten i.s.m. Nederlandse offshore industrie)
- Ontwikkeling van efficiënte monitoringstechnieken op het gebied van ecologische interacties en nutriëntenbeschikbaarheid om ecologische effecten van grootschalige zeewierproductie op de Noordzee in kaart te brengen en te bewaken (door o.a. NIOZ, Deltares, WR, TNO, universiteiten i.s.m. zeewierondernemers)
- Ontwikkeling van (nieuwe) afzetkanalen en verwerkingstechnologieën van geoogste biomassa (door o.a. WR, TNO, universiteiten i.s.m. onder andere chemische, voedings-, diervoeder-, gewasbeschermingsindustrie)
- Fysiologie en genetica van Noordzeesoorten t.b.v. veredeling en karakterisering uitgangsmateriaal (door o.a. WR, NIOZ, universiteiten i.s.m. zeewierondernemers)

Inleiding

Zeewier speelt een belangrijke rol in de mondiale koolstofcyclus. Zo'n 6% van de netto primaire productie wordt geproduceerd door zeewier. In West-Europa is er steeds meer belangstelling voor productie van zeewier als bron voor voedsel en bio-grondstof. Er is geen landbouwgrond nodig en veel soorten groeien in zout of brak water. Kostbare voedingsstoffen zoals fosfaten die via de rivieren in zee geloosd worden, kunnen via zeewier weer opgevangen worden. In Aziatische landen wordt zeewier al op grote schaal geoogst maar niet op basis van een duurzame productiewijze. De technologie die hiervoor nodig is, toegespitst op de situatie in de Noordzee, moet nog grotendeels ontwikkeld worden. De komende decennia zal op 25% van het Noordzee-oppervlak windmolenparken geplaatst worden. Medegebruik van windenergie met aangepaste vormen van visserij en productie van zeewier is één van de doelstellingen van de KIA Landbouw Water Voedsel.

Wat beoogt het MMIP?

Doelstelling van dit MMIP is bij te dragen aan een grootschalige, rendabele en duurzame zeewierproductie op de Noordzee vanaf 2030 in combinatie met schelpdierproductie en natuurontwikkeling. In het MMIP Duurzame en veilige Noordzee wordt een systeembenadering geschetst voor een duurzaam medegebruik binnen de ecologische en ruimtelijke kaders van het systeem. Het MMIP Zeewierproductie in de Noordzee is een voorbeeld van dit duurzaam medegebruik.

Het MMIP bestaat uit een innovatietraject met 8 deelprogramma's. Elk deelprogramma heeft een eigen innovatieopgave. De verbinding tussen de deelprogramma's is essentieel; resultaten behaald binnen het ene deelprogramma zijn bepalend voor keuzes in een ander deelprogramma.

Het MMIP omvat de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk voor:

- De technische haalbaarheid en ontwikkeling van offshore hardware;
- De ruimtelijke inpassing in de Noordzee al dan niet in combinatie met windmolenparken;
- De ecologische haalbaarheid en mogelijke ecosysteemdiensten;
- De fysiologie en veredeling van Noordzeesoorten;
- De ontwikkeling van duurzame productiewijzen o.a. gericht op beheersing van ziekten en plagen en het circulair maken van zeewierproductie;
- De verwerking van geoogste biomassa, opslag- en transport technieken en de ontwikkeling van fractioneringstechnieken gericht op het winnen van economisch interessante componenten;
- De ontwikkeling van afzetmarkten, consumentenacceptatie en integrale business cases;
- Wet- en regelgeving op het gebied van zeewierproductie, en verwerking en toepassingen van geoogste biomassa.

Lopend onderzoek (niet uitputtend)

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
1. Technische haalbaarheid: ontwikkeling van offshore hardware	Blue Growth (lopend Marin) H2020 Genialg (lopend o.a. WR)	Blue Growth Marin (lopend Marin) H2020 Genialg (lopend o.a. WR)		
2. Ruimtelijke inpassing op de Noordzee	BE-programma Seaconomy (afgesloten)	BE-programma Seaconomy (afgesloten)		
3. Ecologische haalbaarheid	WR-Projecten binnen Beleidsondersteunend Onderzoek en Kennisbasis AF-16202 Proseaweed (lopend WR)	WR-Projecten binnen Beleidsondersteunend Onderzoek en Kennisbasis AF-16202 Proseaweed (lopend WR)		
4. Ontwikkeling van duurzame en grootschalige productiewijzen	H2020 Genialg (lopend o.a. WR) H2020 Impaqt (lopend o.a. Deltares) H2020 Macrofuels (lopend o.a. WR en TNO-ECN)	H2020 Genialg (lopend o.a. WR) H2020 Impaqt (lopend o.a. Deltares) H2020 Macrofuels (lopend o.a. WR en TNO-ECN)	H2020 Genialg (lopend o.a. WR) H2020 Impaqt (lopend o.a. Deltares) H2020 Macrofuels (lopend o.a. WR en TNO-ECN) AgeaDemo (lopend, o.a. TNO-ECN)	

			BE-project Value@sea (lopend)	
5. Fysiologie en genetica van Noordzeesoorten	H2020 Genialg (lopend o.a. WR) AF-16202 Proseaweed (lopend WR)	H2020 Genialg (lopend o.a. WR) AF-16202 Proseaweed (lopend WR)	H2020 Genialg (lopend o.a. WR)	
6. Verwerking van geoogste biomassa en ontwikkeling van fractioneringstechnieken	BE-programma Seaconomy (afgesloten) H2020-Macrocascade en H2020 Macrofuels (lopend o.a. WR en TNO-ECN)	BE-programma Seaconomy (afgesloten) H2020-Macrocascade en H2020 Macrofuels (lopend o.a. WR en TNO-ECN)	BE-programma Seaconomy (afgesloten) H2020-Macrocascade en H2020 Macrofuels (lopend o.a. WR en TNO-ECN)	
7. Economische haalbaarheid: ontwikkeling van afzet en business cases	BE-programma Seaconomy (afgesloten) H2020 Genialg (lopend o.a. WR) Interreg Bio4Save (lopend) AF-16202 Proseaweed (lopend WR) Interreg-Valgorize (lopend o.a. NIOZ) Zeevivo (lopend o.a. NIOZ, WUR en VHL)	BE-programma Seaconomy (afgesloten) H2020 Genialg (lopend o.a. WR) Interreg Bio4Save (lopend AF-16202 Proseaweed (lopend WR) Interreg-Valgorize (lopend o.a. NIOZ) Zeevivo (lopend o.a. NIOZ, WUR en VHL)		
8. Bestuurlijke aspecten, wet- & regelgeving	BE-programma Seaconomy (afgesloten) SOMOS (afgesloten, o.a. TNO, WUR)	BE-programma Seaconomy (afgesloten) SOMOS (afgesloten, o.a. TNO, WUR)		

Het lopend onderzoek kenmerkt zich door een zekere mate van versnippering terwijl de kracht van het beoogde nationale innovatieprogramma Zeewierproductie in de Noordzee een samenwerking is van kennisinstellingen en ondernemers binnen grootschalig demo-velden op de Noordzee, van waar uit deelvraagstukken kunnen worden opgepakt.

Innovatietraject nationaal programma Zeewierproductie in de Noordzee

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
1. Technische haalbaarheid: ontwikkeling van offshore hardware				
Eenvoudige, grootschalige, robuuste productiesystemen bestand tegen golfslag en stormcondities op de Noordzee Verankeringsconstructie die veilig kan worden toegepast binnen windmolenparken Inzicht in trekkrachten van verschillende soorten zeewier op de constructie Zeewiersystemen die qua omvang en ontwerp acceptabele effecten	Ontwerp en ontwikkeling van productie-installaties die zeewiersoorten beschermen tegen golfbelasting Ontwikkeling van integraal, natuurversterkend verankeringsconcept dat uitgerold kan worden binnen nieuw te bouwen windparken Ontwerp zeewiersytemen o.b.v. uitkomsten onderzoek in	Testen van ontwikkelde installaties in demovelden in de Noordzee Monitoring en verfijnen van constructie o.b.v. uitkomsten deelprogramma's	Installatie en testen grootschalige demovelden in combinatie met schelp- en schaaldierproductie (en later) viskweek (100-500 ha) Offshore incubator waarbij ondernemers, kennisinstellingen en overheid verdere multi-use innovaties kunnen onderzoeken	Certificering van productiesysteemonderdelen bij oplevering zodat ondernemers zeker zijn dat zij robuuste boerderijen kopen.

hebben op lokale nutrientenconcentratie, biodiversiteit, zeestroming etc Gemechaniseerde ent- en oogstmethodes	deelprogramma 3 en 4 Ontwikkeling van numerieke modellen gebaseerd op realistische data Ontwikkeling van gemechaniseerde ent- en oogstmethodes			
2. Ruimtelijke inpassing op de Noordzee				
Identificeren van optimale locaties vanuit integraal perspectief (beschikbaarheid nutriënten, stroming, golfslag, afstand tot de kust, fytoplanktonconcentratie ivm combinatie schelpdierkweek) Bij medegebruik binnen windmolenparken: waarborgen van veiligheid voor medegebruikers	Metingen in de Noordzee Modelstudies o.a. op basis van uitkomsten onderzoek deelprogramma 3 Onderzoek naar technische en veiligheidsmaatregelen die nodig zijn voor medegebruik binnen windmolenparken o.a. op basis van uitkomsten deelprogramma 1	Monitoring binnen demo-velden, valideren van modelstudies	Monitoring binnen demo-velden, valideren van modelstudies	Uitkomsten onderzoek meenemen in programma van eisen voor nieuwe windmolenparken (kavelbesluiten)
3. Ecologische haalbaarheid en ontwikkeling ecosysteemdiensten				
Zeewierproductievelden met een locatieafhankelijke omvang zonder negatieve ecologische gevolgen voor nutriëntenbeschikbaarheid, biodiversiteit, schaduwwerking, visstand, bodem, verspreiding exoten. Inzicht in ecologische effecten van zeewierproductie, visproductie, en scheldierproductie. Zeewierproductie in combinatie met natuurontwikkeling. Maximaliseren positieve ecologische effecten Zeewierproductie in combinatie met ecosysteemdiensten (CO2 vastlegging en kraamkamerfuncties voor zeedieren)	Ontwikkeling van technologieën voor real time monitoring van diverse ecologische parameters Empirische metingen binnen demo-velden. Ontwikkeling van model- en scenariostudies Value Chain analysis: welke rol speelt grootschalige zeewierproductie bij klimaatadaptatie en vastlegging van CO2?	Opzetten en uitvoeren van monitoringsprogramma binnen demo- en productievelden Testen van scenario's. Valideren van modelstudies Vaststellen van ecologische effecten van productie systemen gecombineerd met precisiebemesting, schelpdierproductie en visproductie, Ontwikkeling van systeem voor verwaarding van ecosysteemdiensten i.s.m. NGO's en overheid	Opzetten en uitvoeren van monitoringsprogramma binnen demo- en productievelden Testen van scenario's. Valideren van modelstudies Vaststellen van ecologische effecten van productie systemen in gecombineerd met precisiebemesting, schelpdierproductie en visproductie, Testen van systeem voor verwaarding van ecosysteemdiensten i.s.m. NGO's en overheid	Uitkomsten onderzoek gebruiken voor aanpassing ontwerp offshore hardware, ruimtelijke inpassing en ontwikkeling duurzame productiewijze (deelprogramma 1, 2 en 4) Uitkomsten onderzoek meenemen in programma van eisen voor nieuwe windmolenparken bij medegebruik door zeewierproductie (kavelbesluiten) Implementatie van systeem voor verwaarding van ecosysteemdiensten i.s.m. NGO's en overheid

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
4. Ontwikkeling duurzame grootschalige productiewijzen				
Productiesystemen gemaakt van duurzame materialen zonder ongewenste dispersie van microverontreinigingen. Managementtools en methodes gericht op ecologische verantwoorde productie en beheersing/bestrijding van ziekten, plagen, ongewenste vestiging exoten, overwoekering va productiesystemen. Zeewierproductie in combinatie met precisiebemesting, visproductie, schelpdierproductie zonder negatieve ecologische gevolgen.	Testen dispersie van microverontreinigingen. Uitkomsten benutten in deelprogramma 1 Inventariseren mogelijke ziekten en plagen. Ontwikkeling van Integrated Pest Management (IPM) Ontwikkeling van duurzame productie systemen in combinatie met precisiebemesting, schelpdierproductie of visproductie o.b.v. uitkomsten deelprogramma 3 Ontwikkeling van jaarrondteelten en wisselteelten Ontwikkeling van systemen voor monitoring van groei en kwaliteit op afstand	Monitoring van het optreden van ziekten en plagen in demovelden. Testen eerste IPM aanpak bij eventuele uitbraken Testen van productie systemen in combinatie met precisiebemesting, schelpdierproductie en visproductie zonder negatieve ecologische gevolgen Implementatie en testen van in situ sensoren voor groei en kwaliteit in demovelden. Testen jaarrondteelten en wisselteelten in demo-velden	Monitoring van het optreden van ziekten en plagen in demovelden. Testen eerste IPM aanpak bij eventuele uitbraken i.s.m. ondernemers Testen van productie systemen in combinatie met precisiebemesting, schelpdierproductie en visproductie zonder negatieve ecologische gevolgen i.s.m. ondernemers Testen jaarrondteelten en wisselteelten i.s.m. ondernemers	Toepassing van ontwikkelde methodieken en systemen in commerciële productievelden
5. Fysiologie en veredeling van Noordzeesoorten				
Opbrengst (o.a. van hoogwaardige inhoudsstoffen) die boven de kostprijs uitkomt. Herkomst en selectie van goed uitgangsmateriaal. Goede reproductie-technieken beschikbaar. Toelating van nieuwe zeewiersoorten en rassen zonder bedreiging voor biodiversiteit Optimale oogstfrequentie	Verdiepende kennis over genetica, fysiologie, morfologie van Noordzeesoorten. Brede inventarisatie Noordzeesoorten en eigenschappen daarvan i.r.t. seizoen en andere factoren. Vaststellen maximale opbrengst in de Noordzee Opzetten en beheren genenbank van Noordzeesoorten Ontwikkeling van goede reproductietechnieken. Veredeling en selectie van nieuwe rassen op basis van genotypische en fenotypische kenmerken Toelatingsonderzoek nieuwe soorten Ontwikkelen van optimale oogstfrequentie van diverse soorten.	Veldexperimenten met geselecteerde cultivars in demo-velden. Implementatie van in situ sensoren, testen van indicatoren voor groei en kwaliteit, testen rotatieteelten in demo-velden	Centrale demo-velden waarbij ondernemers, onderzoeksinstellingen en overheid doorlopend onderzoek kunnen doen naar nieuwe zeewiersoorten en productiettechnieken	Gebruik van veredelde rassen en ontwikkelde methodes in commerciële zeewierproductievelden
6. Verwerking geoogste biomassa en ontwikkeling fractioneringstechnieken				
Voorbewerking en bewaring van geoogste biomassa dichtbij het kweekveld en in nabij gelegen havens	Ontwikkeling voorbewerkings- en bewaringstechnieken Ontwikkeling fractioneringstechnologieën en isolatie van functionele	Opschaling voorbewerkings- en bewaringstechnieken naar demoschaal Opschaling fractionering-technologieën	Opschaling naar industriële schaal	Certificering van zeewiergrondstoffen

Extractie van hoogwaardige componenten (hydrocolloïden, koolhydraten, eiwitten, steroïden, polyphenolen etc). Benutting als grondstof voor voeding, chemie, en energie	componenten in geoogst materiaal. Proof of principle op labschaal	naar demoschaal. Ontwikkeling van business i.s.m. deelprogramma 7		
7. Economische haalbaarheid: ontwikkeling van afzet en business cases				
Noordzeewier als product voor humane consumptie en ingrediënt voor de voedingsmiddelenmarkt. Ontwikkeling van consumentenmarkt.	Vaststellen van drivers/barrières voor consumptie van (vers) zeewier. Testen van gezondheidsclaims en onderliggende mechanismen hierbij. Analyse duurzaamheids-claims en , voedselveiligheidsaspecten	Ontwikkeling van producten. Testen van consumentenacceptatie. Opbouwen novel food dossier Value Chain Analysis (baten voor zeewierteler)	Testen ontwikkelde producten i.s.m. voedingsindustrie	Publieksinformatie over zeewier uit de Noordzee als voedselproduct. Ontwikkeling van maatschappelijk draagvlak. Marktintroductie van ontwikkelde producten Opzetten van ondersteuningsinstrumenten die ondernemers tegemoet komt bij marktintroductie van in eerste instantie duurder Nederlands zeewier conform een SDE regeling bij duurzame energie.
Noordzeewier als product voor dierlijke consumptie en ingrediënt in diervoeder	Testen van nutritionele en bio-functionele eigenschappen (gezondheid-bevorderende werking, reductie uitstoot van methaan door runderen) en onderliggend mechanisme hiervan. Analyse duurzaamheidsclaims en , voedselveiligheidsaspecten	Ontwikkelen van producten en uittesten hiervan bij landbouwhuisdieren Value Chain Analysis (baten voor zeewierteler)	Testen ontwikkelde producten i.s.m. veevoederindustrie	Marktintroductie van ontwikkelde producten Opzetten van ondersteuningsinstrumenten die ondernemers tegemoet komt bij marktintroductie.
Noordzeewier als bio-stimulant en gewas-beschermingsproduct.	Testen van effecten op bodem- en gewasgezondheid, welke bewerkingen zijn nodig? Vaststellen van werkingsmechanisme, evalueren van duurzaamheidseffecten	Veldexperimenten met productformuleringen en doseringen, verwerking tot producten voor agrarische ondernemers, Onderzoek t.b.v. toelating als bijzondere meststof of plantenstimulant Value Chain Analysis (baten voor zeewierteler)	Testen van producten i.s.m. gewastelers en producten gewasbeschermingsmiddelen Regelen van wettelijk kader.	Marktintroductie van ontwikkelde producten Opzetten van ondersteuningsinstrumenten die ondernemers tegemoet komt bij marktintroductie.
Afzet van geïsoleerde componenten als grondstof voor chemische industrie.	Ontwikkeling i.s.m. deelprogramma 6: welke markten bieden kansen?	Prototypes gereed. Ketenontwikkeling i.s.m. verwerkende en chemische industrie.	Opschaling naar industriële schaal	Marktintroductie van ontwikkelde producten Opzetten van ondersteuningsinstrumenten die ondernemers tegemoet komt bij marktintroductie.

Integratie van diverse verwerkingsmethoden voor beste vierkantsverwaarding, inclusief reststroom voor energie	Ontwikkeling en inrichting van verwerkingslocaties om de geoogste biomassa zo hoogwaardig, waardevol en effectief mogelijk af te zetten in de diverse deelmarkten	Verwaardingsrotondes op pilotschaal realiseren in diverse havensteden (in de buurt van grootschalige pilots)	Opschaling naar industriële schaal	Marktintroductie van ontwikkelde producten Opzetten van ondersteuningsinstrumenten die ondernemers tegemoet komt bij marktintroductie.
Zeewierproductie in combinatie met schepdierproductie en ecosysteemdiensten i.s.m. deelprogramma 3 en 4	Zie informatie bij deelprogramma 3 en 4	Zie informatie bij deelprogramma 3 en 4	Zie informatie bij deelprogramma 3 en 4	Zie informatie bij deelprogramma 3 en 4
Stimuleren van marktontwikkeling	Hoe kan marktontwikkeling duurzaam gestimuleerd worden? Wat zijn de juiste indicatoren om marktontwikkeling te meten?	Samenwerking met financiers verkennen en opzetten om indicatoren en marktontwikkelings-cijfers te testen	Marktcijfers verzamelen	Marktcijfers en andere relevante indicatoren delen met bedrijfsleven en maatschappij
Macro-economische baten van grootschalige zeewierproductie. Ontwikkeling human capital agenda.	Vaststellen duurzaamheid (incl. CO2-footprint) van de gehele zeewierketen. Inventariseren van noodzakelijke ontwikkelingen in beroepsonderwijs		Ontwikkeling van een zeewierkenniscentrum voor ondernemers en maatschappij	Oprichting van een zeewierkenniscentrum voor ondernemers en maatschappij

8. Bestuurlijke aspecten, wet- & regelgeving				
Regelgevend kader voor grootschalige aquacultuur (zeewier- en mosselproductie) in de Noordzee Wet- en regelgeving m.b.t. toegang en medegebruik binnen windmolenparken. Bescherming van het mariene ecosysteem. Certificering van verwerking van biomassa en toepassingen hiervan in veilige en duurzame producten	Ontwikkeling van regelgevend kader voor grootschalige aquacultuur (zeewier- en mosselproductie) in de Noordzee i.s.m. deelprogramma 4. Analyse van risico's en aansprakelijkheden bij medegebruik binnen windmolenparken. Analyseren welke aanpassingen in kavelbesluiten voor nieuwe windmolenparken nodig zijn. Ontwikkeling van wetgeving t.a.v. milieueffectrapportages en langjarige ecologische monitoring bij grootschalige productie i.s.m. deelprogramma 3. Ontwikkeling van wet- en regelgeving t.a.v. verwerking van geoogste biomassa en certificeren van toepassingen in veilige en duurzame producten i.s.m. deelprogramma 6 en 7	Ontwikkeling van wetgeving voor medegebruik binnen windmolenparken en aansprakelijkheden. Ontwikkeling van een richtinggevend kader voor het aanwijzen van productiegebieden i.s.m. deelprogramma 2 Ontwikkeling van vergunningsprocedures.	Toetsen van ontwikkelde wetgeving binnen windmolenparken en grootschalige demovelden.	Implementatie van ontwikkelde wetgeving Aanwijzen van productiegebieden Implementatie van een milieumonitoringssysteem bij grootschalige productievelden Stimuleringsinstrumenten en garantiestelling voor voorinvestering die ondernemers in staat stelt te gaan produceren. De stimuleringsinstrumenten worden zo ingericht dat de zeewiersector wordt "uitgedaagd" om de investerings- en operationele kosten te reduceren Publieksinformatie over producten en diensten van de Noordzee. Ontwikkeling van maatschappelijk draagvlak.

Positionering MMIP

Sector(en): Dit MMIP heeft interactie met de Topsectoren Energie (Wind op Zee / Groen Gas), Agri & Food, Water & Maritiem en Chemie. Het vormt een geheel met MMIP Duurzame en veilige Noordzee en MMIP Visserij. Het heeft eveneens een link met de MMIP "Blue Growth" dat is ontwikkeld vanuit TKI Maritiem. Hierin wordt aandacht besteed aan de maritieme aspecten van medegebruik binnen windmolenparken, zon op zee, zeewierproductie, aquacultuur/visserij en de drijvende toekomst.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

Een kwart van de Noordzee zal tot 2050 worden ingericht voor windmolenparken. Deskundigen suggereren op basis van schattingen van de natuurlijke ecologische draagkracht van de Noordzee dat een maximale zeewierproductie van enkele honderden vierkante kilometers binnen het Nederlands deel van de Noordzee mogelijk is. Dit komt overeen met het uitgangspunt van de zeewiersector zelf. Zij streven naar 500 km2 Noordzee voor multifunctionele zeewierproductie. Dit is een oppervlak ter grootte van ongeveer 25% van het Nederlandse landbouwareaal. Het ruimtelijk potentieel is dus enorm. Op dit moment vindt er nog geen grootschalige zeewierteelt (> 10 ha) plaats op de Noordzee. De keten dient nog grotendeels ontwikkeld te worden. Dit is een enorme innovatieopgave. Het benoemen van zeewierproductie in de Noordzee als nationale doelstelling in het klimaatakkoord is een belangrijke stap om dit mogelijk te maken. Een volgende stap is het ontwikkelen van het juiste innovatiebeleid en een doeltreffend stimuleringsinstrumentarium.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

- Innoveren met een missie. Integrale kennis- en innovatieagenda voor klimaat en energie. Taakgroep innovatie Klimaatakkoord (maart 2019)
- De toekomst van de Noordzee. De Noordzee in 2030 en 2050: een scenariostudie. Planbureau voor de Leefomgeving
- Strategische Agenda Noordzee 2030 en het daaraan gekoppelde traject rond het Noordzee Akkoord door het Overlegorgaan Fysieke Leefomgeving (OFL)
- Europese Blue Growth Strategie 2020
- Noordzeewier 2030, sectorplan voor de zeewierketen en boerderijen op zee. Stichting Noordzeeboerderij

Strategie internationaal

Samenwerking en afstemming met andere Noordzeelanden is wenselijk, o.a. bij de positiebepaling van toekomstige zeewiervelden in de Noordzee grenzend aan territoriale wateren van omringende landen. Internationaal kan er samengewerkt worden op het gebied van onderzoek, pilots, ondernemerschap en marktontwikkeling.
De belangrijkste internationale strategie die relevant is voor dit MMIP is de Europese Blue Growth Strategy 2020, als onderdeel van de Europese strategie voor slimme, duurzame en inclusieve blauwe groei. Daarnaast zijn er diverse Europese richtlijnen die de kaders stellen voor medegebruik van het Noordzee ecosysteem, waaronder verplichtingen voor natuurbescherming (inclusief het aanwijzen van beschermde gebieden) en de duurzame exploitatie van visbestanden. Voor de exploitatie van wind is er geen Europese strategie of regelgeving, met dien verstande dat de aanleg van windparken (en andere vormen van energie- en grondstoffenwinning) moeten voldoen aan de Natura2000 regelgeving.
In Nederland wordt vanuit het OFL (overlegorgaan Fysieke Leefomgeving) gewerkt aan het Noordzee Akkoord, waarbij het vooral gaat om ruimtelijke afspraken over energie, voedsel en natuur op de Noordzee. Dit Noordzee Akkoord moet in de zomer 2019 gereed zijn. De uitkomsten hiervan hebben mogelijk gevolgen voor de focus van het voorliggende MMIP en de daaraan gekoppelde MMIPs voor Noordzee en Visserij.

Innovatiesysteem en consortiumvorming

Het ontwikkelen van een volwaardige zeewierketen op de Noordzee, die zichzelf economisch in stand kan houden in combinatie met na-

tuurontwikkeling en commerciële schelpdierteelt, vergt een multidisciplinaire ketenaanpak. Zeewierondernemers, kennisinstellingen en overheden werken hierbij nauw samen in grootschalige demoprojecten (binnen en buiten windparken) inclusief aanlandingsplekken in specifieke havens. Door hiervoor specifieke locaties centraal te stellen kunnen daar stappen gezet worden om de keten te ontwikkelen.
Overheden zorgen voor het noodzakelijke wettelijke kader en creëren de juiste beleidsinstrumenten. Kennisinstellingen (TO2-instituten, universiteiten, KNAW-instituten, Hogescholen) dragen bij in de vorm van (nieuwe) kennis die nodig is om innovaties te realiseren. Fundamentele onderzoekprogramma's worden gefinancierd door NWO en/of middelen voor kennisbasisonderzoek van de TO2-instituten. Het meer toegepaste en praktijkonderzoek wordt o.a. gefinancierd in de vorm van publiek-private samenwerking waarbij o.a. TKI-Maritiem, TKI-Agri&Food en TKI-Wind op Zee een faciliterende rol vervullen. Onderzoeksvragen en resultaten worden gecoördineerd door een nationaal kenniscentrum Zeewier dat o.a. fungeert als kennismakelaar. Met hulp van stimuleringsinstrumenten kunnen zeewierondernemers voorinvesteringen doen in nieuwe grootschalige productievelden, die deels ook ingezet kunnen worden voor onderzoek en monitoring. Young professionals die in de zeewiersector willen werken worden gefaciliteerd met training en opleiding via het beroepsonderwijs.

B.7 E12E Vaste biomassa als vastleggend medium wordt optimaal ingezet als constructiemateriaal

Samenvatting

Doel
Optimale inzet van bouw- en constructiematerialen op basis van hernieuwbare grondstoffen (biomassa uit bosbouw, landbouw, of maritieme bronnen, inclusief bijproducten uit de agri-food industrie) om langdurig CO2 vast te leggen.

Deelprogramma's
1. Stimulering van de inzet van hernieuwbare grondstoffen in bouw- en constructie toepassingen
2. Verhoging van de (primaire) productie van geselecteerde biobased grondstoffen voor inzet in bouwmaterialen

3. Ontwikkeling van innovatieve constructieve bouwsystemen op basis van biobased grondstoffen
4. Ontwikkeling van circulaire bouwsystemen, met lage CO2 impact
5. Vaststelling van milieuprestatie biobased bouwproducten volgens genormeerde methoden
6. Aansluiting bij maatschappelijke ontwikkelingen

Prioriteiten

Prioriteit heeft de ontwikkeling van een nationaal innovatieprogramma voor biobased en circulair bouwen dat is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Stimulering van inzet van CO2 neutrale bouwgrondstoffen, door ontwikkeling van de productieketen voor volwaardige competitieve bouwsystemen, die voldoen aan de hoge eisen die worden gesteld aan comfort, veiligheid en duurzaamheid.
- Betrekken van de verschillende stakeholders in de gehele bouwketen om innovatie en implementatie van CO2 neutrale bouwsystemen mogelijk te maken.
- Marktontwikkeling van innovatieve biobased en circulaire bouwsystemen door instellen van stimuleringsinstrumenten (vgl zonnepanelen) die biobased en circulaire materiaalkeuze bevorderen.
- Ontwikkeling van normen voor biobased en circulaire bouwsystemen, waarmee bouwmaterialen die klimaatneutraal zijn of koolstof vastleggen zich kunnen onderscheiden.
- Onderzoeksprioriteiten liggen bij:
    - ontwikkeling van nieuwe biobased en circulaire bouwsystemen,
    - ontwerp van aantrekkelijke bouwproducten met lage milieu impact, duurzaam en recyclebaar / herbruikbaar
    - ontwikkeling van milieudata voor bouwgrondstoffen
    - monitoring van de performance van experimentele bouwsystemen
    - effecten van bouwsystemen op binnenklimaat en gezondheid

Wat beoogt het MMIP?

Inzet van dit MMIP is om maximaal de mogelijkheden te benutten die biomassa heeft om CO2 langdurig vast te leggen in producten, die worden ingezet als bouw- en constructie materiaal. Hiervoor wordt dit MMIP ingedeeld in een aantal onderzoekslijnen:

- Inventarisatie van geschikte grondstoffen en processen voor productie van biobased en circulaire bouw- en constructie materialen.

- Analyse van ecologische, sociale en economische effecten van gebruik van alternatieve biobased bouwgrondstoffen.
- Ontwikkeling van circulaire productie ketens voor biobased bouwmaterialen.

De bouw is een van de industriële sectoren waarbij de meeste grondstoffen en materialen worden ingezet. Reductie van de CO2 uitstoot door optimalisatie van het materiaalgebruik in de bouw is daarom van belang omdat bouwen en wonen in Europa verantwoordelijk is voor bijna 40% van de emissies[35]. Hernieuwbare bouwgrondstoffen met een aanzienlijk lagere carbon footprint kunnen bijdragen aan de reductie van CO2 emissies. De bouw moet zoveel mogelijk CO2-emissies reduceren, zowel in de productie- en bouwfase als in de gebruiksfase[36].
In 2018 is de Transitie-agenda circulaire economie in de bouw geformuleerd en wordt in het Rijksbrede programma 'Nederland Circulair in 2050' aandacht gevraagd voor hernieuwbare grondstoffen en materiaalgebruik dat over de hele levensduur van het bouwwerk geoptimaliseerd dient te worden (waarde behoud, minder kosten, meer hergebruik en minder milieu-impact) [37]. De Transitie-agenda Circulaire Bouweconomie spreekt over compleet circulaire bouw in 2050 met daarbij grootschalig gebruik van biobased materialen[38].
Het onderwerp "de gebouwde omgeving" is één van de aandachtsgebieden in de wetenschapsagenda voor circulaire economische ontwikkeling. De actuele thema's voor de bouw zijn: Circulair bouwen, Renovatie & Transformatie, Gezonde Gebouwen, Smart Buildings, C2C materiaalpaspoorten, Duurzame Energie, Innovaties en vernieuwing, Duurzame gebiedsontwikkeling, Digitalisering in de bouw[39]. Inzet van hernieuwbare grondstoffen en bio-based bouwmaterialen sluiten daar nauw bij aan.

Het MMIP omvat:
De ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk (van reeds bestaande technieken) voor:

- Stimulering van de inzet van hernieuwbare grondstoffen in bouw- en constructie toepassingen; inventarisatie huidige stand

[35] ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings
[36] www.circulaireeconomienederland.nl/transitieagendas/transitieagenda+bouw/default.aspx
[37] https://www.ser.nl/nl/actueel/werkprogramma/circulaire-economie.aspx
[38] http://www.debouwagenda.com/actueel/downloads+en+brochures/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=955001
[39] https://www.buildingholland.nl/themas

van zaken; betrekken van stakeholders uit de bouwkolom; identificatie bottlenecks en kansrijke ontwikkelingen; ontwerp roadmap en strategie voor ontwikkeling
- Verhoging van de (primaire) productie van geselecteerde biobased grondstoffen voor inzet in bouwmaterialen
  - Teeltoptimalisatie en verwerking vezelgewassen (vlas, hennep, miscanthus, etc,)
  - Teelt van specifieke oliezaadgewassen voor productie van coatings, adhesives, resins, impregneermiddelen
- Ontwikkeling van innovatieve (constructieve) bouwmaterialen en -systemen op basis van biobased grondstoffen
  - Lignocellulose biomassa uit bosbouw, natuurbeheer, gemeentelijk en provinciaal groenbeheer
  - Recycle ABC hout
  - Land- en tuinbouw bijproducten
  - Residuen agri-food industrie
  - Lignine uit bioraffinage processen
  - Maritieme biobased grondstoffen (zeewier, algen, schelpen)
- Ontwikkeling van circulaire bouwsystemen, met lage CO2 impact
  - Ontwikkeling van milieuvriendelijke methoden voor verduurzaming van biobased bouwmaterialen
  - Ontwikkeling van recyclebare materialen en systemen, waaronder composiet bouwsystemen
  - Ontwikkelen van biobased bouwmaterialen in infra- en civiele techniek
- Vaststelling van milieuprestatie biobased bouwproducten volgens genormeerde methoden
  - Invoering van biobased bouwproducten in de Nationale Milieudatabase (NMD)
  - Uitbreiding kennisbank biobased bouwmaterialen met gebruikersinformatie en milieu impact data
- Aansluiting bij maatschappelijke ontwikkelingen en politiek
  - Biobased bouw concepten bij de Klimaattafel Gebouwde omgeving vergroening en verduurzaming
  - Biobased Tiny houses
  - Biobased renovaties
  - Bevordering van biobased bouwen d.m.v. beroepsopleidingen, (MBO, HBO en universiteiten)

Doelstellingen MMIP

De doelstelling van dit MMIP is om broeikasgasemissies van de bouwsector aanzienlijk te verminderen door inzet van hernieuwbare

en circulaire bouwgrondstoffen. Door inzet van biobased bouwmaterialen kan CO2 meerjarig worden vastgelegd, waardoor wordt bijgedragen aan een negatieve broeikasgasemissie. Dit MMIP beoogt de inzet van biobased grondstoffen (uit bosbouw, landbouw, of maritieme bronnen, inclusief bijproducten uit de agri-food industrie) te bevorderen door kennis en ondersteunende technologieën te ontwikkelen, die nodig zijn voor de implementatie van nieuwe bouwsystemen.

Lopend onderzoek

Het lopend onderzoek naar circulair en biobased bouwsystemen bouwt voort op ontwikkelingen die zijn ingezet, o.a. door afsluiting van 'green deals[40]' met maatschappelijke actoren in de thema's grondstoffen, bouw en biobased economie. Diverse hogescholen hebben ook een lectoraat voor biobased bouwen ingesteld[41], waardoor kennis over toepassingen van bio-grondstoffen in de bouw wordt uitgedragen. Bij WFBR worden nieuwe bouwmaterialen ontwikkeld op basis van agro-(rest)stoffen en worden toepassingen ontwikkeld voor innovatieve biobased polymeren.

Deelprogramma's en fasering

Onderwerp	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Deelprogramma 1 - Stimulering van de inzet van hernieuwbare grondstoffen in bouw- en constructie toepassingen				
Netwerk opbouw voor biobased en circulair bouwen	Identificatie van stakeholders in de bouwindustrie met belangstelling voor biobased innovaties	Workshops en dialoog met stakeholders rond het thema biobased en circulair innovatie in de bouw	Selectie van flagships van biobased en circulaire bouw voor promotie	Presentatie van biobased en circulaire bouw op bouw gerelateerde vakbeurzen en commerciële evenementen
				Relatie met digitalisering in bouw
Deelprogramma 2 - Verhoging van de (primaire) productie van geselecteerde biobased grondstoffen voor inzet in bouwmaterialen				
Teeltoptimalisatie en verwerking vezelgewassen	Ontwikkeling nieuwe rassen, uitbreiding teelt areaal, oogstmethode	Ontsluiting primaire grondstof en verwerking naar bouwproducten	Toepassing van bouwmateriaal in demonstratie bouwproject	Investering in opschaling productie, marketing en sales
Teelt van specifieke oliezaadgewassen	Ontwikkeling nieuwe rassen, uitbreiding teelt areaal, oogstmethode	Extractie oliezaden en omzetting naar oleochemicals, ontwikkeling van coatings, adhesives en resins	Aantonen van toepasbaarheid en functionaliteit van nieuwe coatings, adhesives en resins in praktijk demo	Bevordering van bestaande plantaardige coatings in bouw toepassingen. Introductie van innovatieve coatings, adhesives en resins
Deelprogramma 3 - Ontwikkeling van innovatieve constructieve bouwsystemen op basis van biobased grondstoffen				

[40] https://www.greendeals.nl/

[41] https://www.avans.nl/onderzoek/expertisecentra/centre-of-expertise-biobased-economy/lectoraten/biobased-bouwen

Bouwsystemen op basis van lignocellulose reststromen	Identificatie van beschikbare volumes en Evaluatie geschiktheid geselecteerde lignocellulose grondstoffen voor inzet in bouwtoepassingen	Ontwikkeling bouwsystemen op basis van geselecteerde lignocellulose grondstoffen	Aantonen van toepasbaarheid en functionaliteit van nieuwe bouwsystemen in praktijk demo	Marktintroductie nieuwe bouwsytemen
Bouwsystemen op basis van andere (maritieme) biogrondstoffen	Identificatie van beschikbare volumes en evaluatie geschiktheid geselecteerde biogrondstoffen voor inzet in bouwtoepassingen	Ontwikkeling bouwsystemen op basis van geselecteerde biogrondstoffen	Aantonen van toepasbaarheid en functionaliteit van nieuwe bouwsystemen in praktijk demo	Marktintroductie nieuwe bouwsytemen
Deelprogramma 4 - Ontwikkeling van circulaire bouwsystemen, met lage CO_2 impact				
Ontwikkeling van milieuvriendelijke methoden voor verduurzaming van biobased bouwmaterialen	Verhoging van de functionele levensduur van biobased bouwmateralen dmv milieuveilige verduurzaming	Onderzoek naar effecten van omgevingsfactoren (weer en wind /uv of microorganismen) op functionele levensduur	Aantonen van toepasbaarheid en functionaliteit van verduurzamingsmethode in praktijk demo	Implementatie (opschaling) van technologie voor verduurzaming van biobased bouwmaterialen
Ontwikkeling van composiet bouwsystemen, die recyclebaar zijn	Onderzoek naar geschikte (biobased of recyclebare) binders voor productie van constructieve bouwcomposieten	Onderzoek naar herbruikbaarheid van constructieve bouwcomposieten	Aantonen van toepasbaarheid en functionaliteit van constructieve bouwcomposieten in praktijk demo	Opschaling productie voor constructieve bouwcomposieten
Inzet van biobased bouwmaterialen in infra- en civiele techniek	Identificatie van toepassingen van biomaterialen in civiele techniek (geotextielen, beschoeiing, etc) of infra (bioasfalt)	Ontwikkeling van biobased materialen met instelbare functionele levensduur voor civiele techniek en infra projecten	Aantonen van toepasbaarheid en functionaliteit van biomaterialen in praktijk demo	Opschaling productie van biobased materialen voor civiele techniek en infra projecten
Deelprogramma 5 - Vaststelling van milieuprestatie biobased bouwproducten volgens genormeerde methoden				
Invoering van biobased bouwproducten in de Nationale Milieudatabase	Onderzoek naar specificaties van marktrijpe biobased bouwproducten voor invoering in NMD	Invoering in NMD of indien nodig aanpassing van genormeerde meetmethoden (NEN)	Aantonen van voordelen van biobased bouwsystemen voor milieu impact van bouw	Bevordering van goed presterende bouwsystemen middels prestatie normen (MPG)
Uitbreiding kennisbank biobased bouwmaterialen met gebruikersinformatie en milieu impact data	Verzameling technische productspecificaties en bepaling milieu impact data van marktrijpe biobased bouwproducten	Invoering van technische productspecificaties en LCA's van marktrijpe biobased bouwproducten in kennisbank	Aantonen van milieu voordelen van biobased bouwproducten	Promotie van goed presterende bouwproducten op de bouwmarkten (materiaal paspoort)
Deelprogramma 6 - Aansluiting bij maatschappelijke ontwikkelingen en politiek				
Klimaattafel Gebouwde omgeving	Ontwikkeling van biobased bouwconcepten voor vergroening en verduurzaming gebouwde omgeving	Uitwerking van biobased bouwconcepten voor vergroening en verduurzaming met stakeholders	Demonstratie van biobased bouwconcepten voor vergroening en verduurzaming	Promotie van biobased bouwconcepten voor vergroening en verduurzaming
Biobased Tiny houses	Onderzoek naar opties voor biobased bouwsysteem voor tiny houses en tijdelijke bouw	Ontwikkeling van biobased bouwsysteem voor tiny houses; design van demontabel en hergebruik van bouw-elementen	Productie van innovatieve bouw-elementen; demonstratie van biobased en circulair bouwsysteem voor tiny houses	Commercialisering van biobased bouwsysteem voor tiny houses;
Biobased renovaties	Onderzoek naar biobased renoveren van bestaande bouw	Ontwikkeling van biobased oplossingen voor renovatie van bestaande bouw	Aantonen van biobased oplossingen voor renovatie van bestaande bouw in een demo	Bevordering van biobased oplossingen voor renovatie van bestaande bouw door product promotie

Bevordering van biobased en circulair bouwen dmv beroepsopleidingen,	Opstellen van biobased en circulair bouwen lesprogramma's voor MBO, HBO en Universiteiten	Uitwerken van geschikt achtergrondinformatie (website) en lesmateriaal (MOOC)	Interactie met opleidingen voor praktijk testen van lesmateriaal, studenten opdrachten en	Invoering in opleidingen van lesprogramma's biobased en circulair bouwen

Positionering MMIP

Sector(en): Dit MMIP heeft interactie aan de ene kant met de verschillende actoren in de bouwindustrie (architecten, bouwmarkten, producenten bouwmaterialen, aannemers en opdrachtgevers, sloop- en afvalbedrijven), en aan de andere kant met grondstofleveranciers uit bosbouw en natuurbeheer, land- en tuinbouwsector, provinciale en lokale overheden en mogelijk ook partijen uit de agrifood industrie, die reststoffen kunnen inzetten in de bouw. Ook de maatschappelijke organisaties, die zich inzetten voor duurzaam grondstof gebruik in de bouw, normering, onderwijs zullen worden betrokken.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

In Nederland is de belangstelling biobased bouwen al enige tijd sterk in opkomst. Er zijn veel verschillende initiatieven en voorbeelden van bouwprojecten, die zijn gerealiseerd. Tegelijkertijd is het echter nog een niche markt en niet breed ingevoerd in de bouwsector. De biobased bouwproducten moeten voldoen aan alle hoge eisen die worden gesteld aan langdurige toepassing, veiligheid en gezondheid. Voor biobased bouwmaterialen is onderzoek naar de (positieve) effecten daarvan op binnenklimaat en gezondheid van belang.
Innovatie in de bouw wordt bemoeilijkt door de verschillende actoren in de bouwkolom, die vooral kiezen voor vertrouwde producten en niet voor onbekende innovatieve producten, die meestal ook duurder zijn.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

Dit MMIP programma sluit naadloos aan bij de Transitie-agenda circulaire economie in de bouw en het Rijksbrede programma 'Nederland Circulair in 2050'; Klimaattafel Gebouwde omgeving, etc. Ook in de ons omringende landen (BE, FR, DE) wordt de trend gezet om meer biomaterialen in de bouw toe te passen. In Scandinavië is vanouds bouwen met hout algemeen. Het NWA programma circulaire bouw heeft relatief beperkt aandacht voor biomaterialen, maar wordt door dit MMIP versterkt.

Strategie internationaal

In Nederland wordt nu het grootste deel van de bouwgrondstoffen geïmporteerd. Inlands hout wordt maar zeer beperkt benut als bouwgrondstof. Voor grootschalige inzet van biobased grondstoffen in de bouw moet de lokale infrastructuur voor verwerking en het productieareaal wellicht worden uitgebreid of zal import van grondstoffen of halffabricaten moeten worden bevorderd.

Innovatiesysteem en consortiumvorming
In de bouwsector is de digitalisering een van de belangrijkste ontwikkelingen, waarmee ook voor biobased en circulaire bouwsystemen rekening gehouden moet worden. De invoering in NMD van betrouwbare data voor biobased bouwsystemen is daarom van belang.
Voor implementatie van succesvolle innovaties in de bouwsector is betrokkenheid van een selectie van koplopers (architecten, innovators, bouwproduct / systeem ontwikkelaars, etc.) en opdrachtgevers van groot belang. Omdat het bouwbedrijf de risico's voor toepassing van experimentele bouwmaterialen niet wil dragen, moeten daarover heldere afspraken worden gemaakt.

B.8 E12F Nieuwe koolstof is volledig biobased

Een deel van de als grondstof benodigde koolstof[42] zal in 2050 nieuwe koolstof zijn, omdat kringlopen niet volledig en op hetzelfde kwaliteitsniveau te sluiten zijn. Naar verwachting kan circulariteit uiteindelijk voor 80% nieuw koolstofgebruik vervangen, en is 20% nieuwe koolstof of 190 PJ nodig[43] in de productieketens. Hiervoor wordt biomassa ingezet als hernieuwbare koolstofbron en daarmee als vervanger van fossiele bronnen. Biomassa wordt zo hoogwaardig mogelijk ingezet op plekken in het grondstoffensysteem waar sluiten van kringlopen niet volledig mogelijk is. In 2030 zijn hoogwaardige productketens (niches, high-end) ingevuld door biobased koolstof, in 2050 wordt brede toepassing (bulkchemicaliën) bereikt.

Wat omvat het MMIP:
- Ontwikkeling van kennis, concepten en ondersteunende technologie voor slim gebruik van functionaliteit biomassa voor nieuwe en bestaande producten. Voor de 2050 doelstelling is dit omschakelen van productie gebaseerd op olefines naar productie gebaseerd op bouwstenen gemaakt uit koolhydraten.

[42] Biomassa als grondstof voor elektriciteits- of warmteproductie valt buiten de scope van deze missie
[43] 20% van verbruik grondstoffen 2016 (CBS)

- Ontwikkeling van kennis, concepten en ondersteunende technologie om kleine biobased moleculen maximaal efficient om te zetten in building blocks (syngas, biogas, alcoholen, (di-)zuren, voor de tussentermijn naar 2050 toe).
- Ontwikkeling van kennis, concepten en ondersteunende technologie voor biobased koolstof als reductiemiddel voor de staalindustrie.
- Ontwikkeling van innovatieve kennis omtrent gedrag m.b.t. industrieprodukten en adoptie van nieuwe technologieën en concepten.
- Ontwikkelen van faciliteiten voor ondersteuning van technische innovaties worden ontwikkeld en geïmplementeerd, zoals (methodieken voor) living labs, faciliteiten voor validatie/verificatie van cascaderingstechnologiën en een kennisinfrastructuur voor ondersteuning van marktpartijen bij de ontwikkeling van (enablers) voor deze technologieën.

Positionering MMIP

Sector(en): De tafels Industrie, Landbouw, Mobiliteit en Opwek, en de drie Topsectoren Agri & Food, Chemie, en Energie. De industrie, met name de chemie, zet in op recycling tot 80%. Voor het overige is biomassa nodig. Voor het CO2 vrije regelbare vermogen naast zon en wind voor electriciteitsopwek is biomassa de goedkoopste route. De Nederlandse landbouw zal hierin voor de voorziening een cruciale rol spelen. Grondstof en gebruik komt in NL samen op voedselproductie, meststoffenproductie, petrochemie (olieraffinage), papier- en kartonindustrie, staalindustrie, en electriciteitsopwek en klimaatneutrale brandstof.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

Biomassa is voor Nederland aantrekkelijk: er is een logistiek netwerk van wereldklasse, met een gevestigde industrie en electriciteitsopwek van fors volume. Bovendien heeft Nederland een sterke kennispositie op het gebied van chemie en biomassaproductie en -verwerking, met een grote traditie in vierkantsverwaarding en cascadering.

Samenhang met bestaande agenda's

- Onderzoeksagenda TKI Biobased Economy 2015-2027 http://edepot.wur.nl/338385
- Kernthema Circulair, Topsector Agri & Food, https://topsectoragrifood.nl/wp-content/uploads/2018/04/Kernthema-beschrijving-Circulair.pdf

- Transitieagenda Nederland Circulair 2050 (met grondstoffenakkoord) https://www.circulaireeconomienederland.nl/rijksbreed+programma+circulaire+economie/default.aspx, en daarin
- Transitieagenda biomassa en voedsel https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2018/01/15/bijlage-5-transitieagenda-biomassa-en-voedsel/bijlage-5-transitieagenda-biomassa-en-voedsel.pdf
- Nationale wetenschapsagenda Duurzame productie van gezond en veilig voedsel https://wetenschapsagenda.nl/route/duurzame-productie-van-veilig-en-gezond-voedsel/
- Nationale wetenschapsagenda Circulaire economie https://wetenschapsagenda.nl/route/circulaire-economie-en-grondstoffenefficientie-duurzame-circulaire-impact/
- Nationale weteschapsagenda energietransitie https://wetenschapsagenda.nl/route/energietransitie/
- Nationale wetenschapsagenda Kwaliteit van de omgeving https://wetenschapsagenda.nl/route/kwaliteit-van-de-omgeving/
- Nationale wetenschapsagenda Materialen https://wetenschapsagenda.nl/route/materialen-made-in-holland/
- Biobased Industries Consortium SRIA https://biconsortium.eu/sites/biconsortium.eu/files/downloads/SIRA-2017-Web.pdf
- A sustainable bioeconomy for Europe (2018 update) http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/ec_bioeconomy_strategy_2018.pdf#view=fit&pagemode=none

Programma-inhoud

Deelprogramma[44]	- **Implementatiefase**	- **Ontwikkel- & demonstratiefase**	- **Onderzoeksfase**
Omschakelen van productie gebaseerd op olefines naar productie gebaseerd op koolhydraten	- Koplopers faciliteren - Implementatie van makkelijk recycleerbare (biobased) materialen bv door een bio-circulair preferred programma	- Biobased building blocks uit zeewier: selectie profitable winning (na eiwit), demoschaal ontwikkelen (polymeren) - Demonstratie van makkelijk recycleerbare (biobased) materialen	- Biobased building blocks uit zeewier: compound identification en schets process design voor winning - Design van makkelijk recycleerbare (biobased) materialen
Productie kleine molecuul building blocks	- Vergassing afval (incl. RDF, SRF) voor productie syngas	- Vergassing afval (incl. RDF, SRF) voor productie syngas (overlap met	- Novel biobased building blocks (naar PLA, PHA, PHB, FDCA, succinic

[44] Hier kunnen systeemrollen ontstaan (afstemmen met integratie): *In Brazilie speelt bio-ethanol een systeemrol. Afhankelijk van de prijzen voor benzine en suiker wordt suiker geproduceerd danwel bio-ethanol. Syngas kan een systeemrol spelen op gebied van energieopslag (naast de rol van belangrijke feedstock voor de chemische industrie). Pyrolyseolie kan een systeemrol spelen in combinatie met elektrochemie. Met het laatste kan waterstof worden geproduceerd (als systeemrol voor energieopslag), welke vervolgens wel/niet kan worden gebruikt om de olie te kraken richting bio-naphtha. In geval van niet kan de olie gebruikt worden om functionele bio-aromaten uit te winnen.*

	(overlap met lijn chemisch afval) implementatie demo / sde - Biomassa vergassing voor productie groen gas & chemicaliën en/of syngas implementatie demo / sde - Biomassa pyrolyse voor productie bionaphtha en/of BTX en olefines: schaalstappen faciliteren - Bioraffinage & bioethanol fermentatie: fiscaal regime aanpassen - Novel biobased building blocks (PLA, PHA, PHB, FDCA, succinic acid etc): fermentatie, chemo-katalytisch: schaalstappen faciliteren	lijn chemisch afval) uitwerken demo - Biomassa vergassing voor productie groen gas & chemicaliën en/of syngas uitwerken demo - Biomassa pyrolyse voor productie bionaphtha en/of BTX en olefines: hydrogenering kostprijsreductie - Bioraffinage & bioethanol fermentatie: schaalstappen faciliteren - Novel biobased building blocks (PLA, PHA, PHB, FDCA, succinic acid etc): fermentatie, chemo-katalytisch: nieuwe procesroutes met nieuwe feedstocks naar demo schaal - Functionele bio-aromaten: ontwikkelen lignine als feedstock met hoog-efficiente processing - Biobased building blocks uit zeewier: process design voor alcoholen	acid, glycolic acid etc): fermentatie, chemo-katalytisch: nieuwe procesroutes met nieuwe feedstocks in cascaderingsprincipe ontwerpen en testen op POP schaal - Functionele bio-aromaten: nieuwe routes uit nieuwe feedstocks - Biobased building blocks uit zeewier: compound identification en schets process design voor alcoholen
Biomassa als materiaal component	- Implementatie van het gebruik van biomassa in de gebouwde omgeving: isolatie, bouwmaterialen, bioasphalt/biobitumen, cement etc - Verdere vergroening van paints, lubricants, etc	- Lignine fractie naar bouwmateriaal ontwikkelen	-
Koolstof als reductiemiddel staalindustrie	- Biomassareststroom torrefactie voor gebruik in staal industrie: doorzetten pilot/demo	- Biomassareststroom torrefactie voor gebruik in staal industrie: ontwikkelen torrefactie voor natte zij/nevenstromen	-
Transitie-ondersteunende kennis en tools (publiek perspectief) t.b.v. adaptief programmeren			
Gedrag m.b.t. industrieprodukten en adoptie van nieuwe technologieën en concepten	- Verkenning van handelingsperspectief en ontwikkelen van scenario's en roadmaps - Verbeteren en verdiepen kennis van gedrag met meer focus op koopmotieven consument	- Kennis en tools voor inschatten van effecten van niet-technische CO2-reductiemaatregelen in personenmobiliteit en logistiek - Methodieken voor opzetten en monito-	- (Methodieken voor) systeemanalyse en systeemoptimalisatie binnen de industrie irt landschapsgebruik, de mobilieits- en energiesector

	- Verbeteren en verdiepen kennis van gedrag met meer focus op koopmotieven producent - Versterken van de inzet van methoden voor transitiemanagement -	ren van pilots en living labs m.b.t. technische en gedragsgerelateerde maatregelen in personen- en goederenvervoer - Ontwikkelen modellen voor inschatten verdienvermogen van innovatieve concepten en duurzame technologie - Ontwikkelen van effectieve methoden voor gedragsbeïnvloeding m.b.t. koopgedrag consument en producent en adoptie van nieuwe technologie en concepten	- Versterken kennis van gedrag koopkrachtig individu in consumptie en productie
Cascaderings-technologie naar verschillende deelsectoren (mobiliteit, chemie, energie)	- Sleuteltechnologiën versneld naar de markt brengen in PPS (triple helix). Vergassing, pyrolyse, biorafinage. -	- Doorontwikkeling cascaderingsconcepten voor deze sectoren door demo's en pilots - Notie dat bij biomassa-inzetopties zelden de singuliere inzet (of E+W, of biobrandstoffen, of chemie) een business case levert breed verspreiden.	- Voorkomen lock-in en sunk costs: Holistische blik op hele pakket houden. Hierbij zal moeten worden gebalanceerd tussen de business case, beschikbaarheid biomassa, energie-behoefte, en entropie.
Systeemstudies	-	- Ketenbouw met ketenbrede risicoreductie	- Duurzaamheidscriteria, logistiek, en wereldwijde beschikbaarheid

C. Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied

C.1 Klimaatbestendig landelijk gebied: voorkomen van wateroverlast en watertekort

Doel

Inzet van dit MMIP is om kennis en innovaties te ontwikkelen en toe te passen voor het klimaatbestendig en waterrobuust maken van het landelijk gebied. Een belangrijke uitdaging daarbij is om de regionale zelfvoorzienendheid in de watervoorziening te vergroten. Voor landgebruikers zullen duurzame gebiedsgerichte klimaatbestendige maatregelen worden ontwikkeld waarbij optimaal rekening wordt gehouden met bodemgesteldheid, bodemverbetering, gewaskeuze(s), waterkwaliteit en waterbeschikbaarheid. In het MMIP wordt daarnaast onderzoek gedaan op welke wijze natuur kan worden ingezet

om bodem-water-systemen veerkrachtiger en robuuster te maken. Voor laag Nederland worden kennis en innovaties ontwikkeld die enerzijds verzilting van oppervlaktewater en grondwater tegengaan en waarmee anderzijds de mogelijkheden van brak water meer worden benut. Verder wordt binnen dit MMIP kennis ontwikkeld over mogelijke oplossingen voor het oxideren van veenweidegebieden (onder andere vernatten) en de gevolgen daarvan (bodemdaling).

Deelprogramma's

Dit MMIP is ingedeeld in vier deelprogramma's:

1. Klimaatadaptieve systeemkennis bodem – water – atmosfeer
2. Vergroten regionale zelfvoorzienendheid
3. Landgebruik op basis van water- en bodemgeschiktheid
4. Omgaan met (extreme) droogte

Prioriteiten

Prioriteiten binnen dit MMIP liggen bij het elkaar brengen van consortiapartners in regio's, waarbij gezamenlijk wordt gewerkt aan het vergroten van de robuustheid van het watersysteem. Hierbij gaan kennisontwikkeling, demonstratie en implementatie hand in hand.
Voor de korte termijn is het belangrijk om aan te sluiten bij lopend onderzoek om relatief snel resultaten te kunnen behalen. Dit betreft de thema's zoals verzilting, bodemdaling en oplossingen voor het veenweidegebied, natuurinclusieve landbouw, bodemverbetering en beter bij elkaar brengen van watervraag en –aanbod en zelfvoorzienendheid.
Voor zowel de korte als de lange termijn worden robuuste oplossingen ontwikkeld voor hergebruik van water, het afstemmen van landgebruik op klimaatverandering en de ontwikkeling van transitiepaden naar een klimaatbestendige inrichting van het landelijk gebied, met gebruikmaking van natuur en natuurlijke processen.

- In laag Nederland werken we verder aan oplossingen voor grootschalige zoetwatervoorziening, het tegengana van wateroverlast en het tegengaan van verzilting door slim gebruik van de ondergrond. Door zoet water ondergronds te bergen en brakwater te gebruiken kunnen kustgebieden worden voorzien van voldoende zoetwater voor gietwater, industrie en drinkwater.
- Voor de hoger gelegen zandgronden ontwikkelen we haalbare, betaalbare en uitvoerbare oplossingen om het bodem-watersysteem zo in te richten dat de omstandigheden voor landbouw, natuur en recreatie zo goed mogelijk zijn, het milieu minder wordt belast, en de biodiversiteit op het boerenland en de belevingswaarde van het agrarisch landschap wordt verhoogd.

- Voor de veenweidegebieden zetten we extra in op kennisontwikkeling (deels fundamenteel) naar de mogelijkheden en gevolgen van vernatting en oplossingen voor een (economisch) vitaal en klimaatbestendig veenweidelandschap.

Inleiding

Een robuuste zoetwatervoorziening is van belang voor onze economie en maatschappij. Zestien procent van de Nederlandse economie is afhankelijk van voldoende zoet water. Deze sectoren zijn samen goed voor een omzet van ruim €193 miljard per jaar (Nationaal Waterplan 2015-2021). Klimaatverandering heeft veel consequenties voor het functioneren van het landelijk gebied. Door klimaatverandering zal er een toename zijn van perioden van teveel water, afgewisseld met perioden van droogte en watertekort. Door de stijging van de zeespiegel is er in de kustprovincies een toenemende kans op verzilting. Deze veranderingen hebben gevolgen voor landbouw, industrie en natuur en daarmee ook voor de leefbaarheid van het landelijk gebied.

Missie

Het landelijk gebied in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust.

Ambities 2030

- Het landelijk gebied en met name natuur, land- en tuinbouw en industrie klimaatbestendiger maken.
- In 2030 is het grondwaterbeheer (kwaliteit en kwantiteit van grondwatervoorraden en grondwaterpeilbeheer) zodanig dat het gebruik van grondwater - óók in langdurige tijden van droogte - in belangrijke mate kan bijdragen aan de land- en tuinbouw, natuur en grondwater voor afhankelijke industrie.
- In 2050 is op gebiedsniveau het aanbod van kwalitatief goed grondwater en de vraag naar grondwater door de land- en tuinbouw en van grondwater afhankelijke industrie goed op elkaar afgestemd.
- In 2050 is de bodemdaling tot stilstand gebracht. Het oppervlakte- en grondwaterbeheer zijn daartoe aangepast aan de maatschappelijke gebruiksfuncties en het functioneren van het water-bodemsysteem.
- In 2050 zijn bossen en natuur stabiele klimaatbestendige systemen.

Wat beoogt het MMIP?

Inzet van dit MMIP is om kennis en innovaties te ontwikkelen en toe te passen voor het klimaatbestendig en waterrobuust maken van het landelijk gebied.

Het MMIP omvat de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk (van reeds bestaande technieken). De vraagstukken zijn uitgewerkt in de volgende deelprogramma's:

- Vergroten regionale zelfvoorzienendheid in de watervoorziening
  Een klimaatbestendig landelijk gebied vraagt dat gebiedseigen water beter benut wordt, waarbij wateroverlast wordt beperkt en in droge perioden voldoende zoet water aanwezig is voor de gebruikers zoals de landbouw, industrie en drinkwater. Om vraag en aanbod van zoetwater in tijd en plaats te matchen is het van belang om water langer vast te houden en gebiedsgericht op te slaan. Dit bijvoorbeeld door aanleg van waterbuffers, vergroten van de sponswerking van de bodem en (actief) aanvullen van grondwatervoorraden en het optimaal benutten van restwaterstromen uit de industrie, het bebouwd gebied (regenwater afkoppeling en RWZI effluent) en landbouw door ontwikkeling van innovatieve zuiveringstechnologieën (inclusief decentrale en nature based solutions).
- Landgebruik op basis van bodem-water-systeem
  Centraal thema is hoe de landbouw zich kan aanpassen aan veranderende klimatologische omstandigheden. Meer extreme weersomstandigheden (wateroverlast, droogte) levert risico's op voor de grondgebruikers. Hoe kunnen grondgebruikers (bijvoorbeeld land- en tuinbouw, natuur, industrie) zich aanpassen aan klimaatverandering en bodemdaling? Waar kan de land- en tuinbouw het best verduurzamen binnen Nederland, met oog op bodemgesteldheid, mogelijkheden voor bodemverbetering, waterkwaliteit, waterbeschikbaarheid en agrarische hoofdstructuur? 'Reset / herindeling' van de Nederlandse land- en tuinbouw op basis van bodemgeschiktheid: wat doen we waar?
  Het onderzoek richt zich op ontwikkeling van duurzame gebiedsgerichte klimaatadaptieve maatregelen voor de landgebruikers met betrekking tot bodemgesteldheid, bodemverbetering, gewaskeuze(s), waterkwaliteit en waterbeschikbaarheid etc.
- Natuur als buffer voor klimaatextremen
  Natuurgebieden en het optimaal gebruik maken van natuurlijke processen kunnen een belangrijke bijdragen leveren aan het klimaatrobuust maken van Nederland. Het onderzoek richt zich op twee kernvragen:

- Hoe realiseren we veerkrachtige en robuuste bodem-watersystemen die de druk van klimaatverandering aan kunnen? (inclusief herstel van natuurlijke systemen, waarbij rekening wordt gehouden met klimaatverandering; maak het natuurlijk scala aan leefgebieden weer beschikbaar met robuuste verbindingen)
- Hoe kan natuur als deel van de oplossing ingezet worden bij de klimaatadaptatie-opgave van andere sectoren (nature based solutions en eco-systeemdiensten) en welke verbindingen met andere transities zijn daarbij essentieel? Eén specifieke ecosysteemdienst speelt daarbij een speciale rol: het vastleggen van CO2 uit de atmosfeer. Bossen en andere natuurgebieden zijn een prachtige manier om de klimaatverandering te verminderen door CO2 op te slaan en kunnen tegelijkertijd bijdragen aan adaptatieopgaven

- Zout water en verzilting (laag Nederland)
  In de kustgebieden is sprake van brak/zout grondwater en zoute kwel. Door zeespiegelstijging zal de verzilting toenemen. Hoe ontwikkelen we een klimaatrobuust systeem waarbij verdere verzilting wordt tegengegaan, mogelijkheden van brak/zout water worden verkend en benut (zilte land- en tuinbouw), en zoetwatergebruikers altijd voldoende zoet water hebben van een goed kwaliteit?
- Vernatten veenweide
  Specifieke aandacht is nodig voor de veengebieden waar zonder aanvullende maatregelen naast extreem weer ook verzilting en bodemdaling steeds ernstiger vormen zullen aannemen. Veenoxidatie levert daarnaast een substantiële bijdrage aan de CO2 -uitstoot en vormt een barrière voor uitspoelen van verontreinigingen naar dieper grondwater. Conservering van veen vergroot de waterbehoefte in het veenweidegebied door hogere grondwaterstanden en slootpeilen en toenemende wegzijging en verdamping. Wat zijn de consequenties van het vernatten van de veenweide voor de landbouw? Blijft veehouderij mogelijk? Welke alternatieve vormen van landbouw zijn mogelijk? (bijvoorbeeld natte teelten)
- Omgaan met (extreme) droogte
  Periodes van extreme droogte zullen vaker voor gaan komen Belangrijk daarbij is om de voorspelling van droogtes te verbeteren, inzicht is maatschappelijke impact te vergroten, het oppervlakte water efficiënter te verdelen bij watertekorten en de bestaande zoetwatervoorraden (grond- en oppervlaktewater) beter te benutten en waar mogelijk aan te vullen .

Deelprogramma's en fasering

Lopend of recent afgesloten projecten en programma's

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3** (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	**Ontwikkelfase TRL 4-6** (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	**Demonstratiefase TRL 7-9** (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	**Implementatiefase** (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma 1 **Vergroten zelfvoorzienendheid: omgaan met droogte en wateroverlast**				
		Projecten in deltaprogramma zoetwater gericht op zoetwatervoorziening; Modelinstrumentariumontwikkeling (NHI/LHM); IMPREX-project; effectmodules (o.a. waterwijzers)	Demonstratieprojecten zoals GoFresh en subirrigatie; praktijktoetsen Waterwijzer Landbouw	
Deelprogramma 2: **Klimaatbufferprogramma**				
			Pilots voor het inzetten van natuur en natuurlijke oplossingen ten behoeve van klimaatadaptatie	
Deelprogramma 3: **Building with Nature**				
		Kennisontwikkeling Building with Nature benadering voor regionale wateren / beeksystemen	Pilots voor het inzetten van natuur en natuurlijke oplossingen ten behoeve waterveiligheid	
Deelprogramma 4: Lumbricus: onderzoeksprogramma voor een klimaatrobuust bodem- en watersysteem				
	Werking bodem- en watermaatregelen (en interactie van maatregelen) op lokale en regionale schaal; ontwerpen ontwikkelpaden voor transities op basis van nature based solutions; governance-vraagstukken;	Participatieve monitoring; modellering van bodem-watersysteem op perceelschaal en op regionale schaal om effectiviteit van maatregelen te duiden in relatie tot klimaatverandering	Proeftuinen Zuid en Oost Nederland: experimenten in de praktijk met tevens een demonstratiedoel	Kennisverspreiding: Website en nieuwsbrieven; boeren-studiegroepen

Kennis- en innovatieopgaven

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3** (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	**Ontwikkelfase TRL 4-6** (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	**Demonstratiefase TRL 7-9** (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	**Implementatiefase** (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma 1: Klimaatadaptieve systeemkennis bodem – water - atmosfeer				
	• Kennisontwikkeling van grondwatersysteem m.b.t. zoetwatervoorraden (voorraad, aanvulling, verdamping, onttrekking, bodemvocht etc,) • Data en informatie-voorziening. Actuele toestand grondwater en watervoorziening, prognoses, welke indicatoren	• Ontwikkeling anticiperend waterbeheer op basis van weerprognoses en seizoenale voorspellingen • Inzet remote sensing voor bepalen bodemvocht en verdamping • Hoe kunnen opgaven voor klimaatadaptatie- en mitigatie	• Demonstratieprojecten klimaatrobuuste regio's	

	• Kennisontwikkeling m.b.t. de invloed van natuur en verhogen van de biodiversiteit op de leefbaarheid in het stedelijk gebied	(koolstofvastlegging) optimaal gecombineerd worden?		
Deelprogramma 2: **Vergroten regionale zelfvoorzienendheid**				
Hoog en droog (Hoge zandgronden)	• Kennisontwikkeling naar effecten van grondwater-onttrekkingen en beregening op natuur, watersystemen en landbouw in droge perioden	• Ontwikkeling van methoden om het gebiedseigen water langer vast te houden en efficiënter benutten • Ontwikkeling van concepten voor beter matchen van vraag en aanbod van water in tijd en plaats • Grondwater beter in balans (onttrekking, verdamping, natuurlijke aanvulling, actief infiltratie verschillende waterbronnen (regenwater, oppervlaktewater, gezuiverd RWZI)		
Zoet en zout (Laag Nederland, kust)	• Effecten van zeespiegelstijging op de verzilting in kustgebieden (grondwater en oppervlaktewater)	• Optimalisatie van concepten voor opvang en berging (waterbuffer) van zoetwater in een verziltende omgeving • Ontwikkeling van brakwaterwinning als zoetwaterbron (ontzilting) en oplossingen voor brijnstromen • Adaptief waterbeheer (zoet/zout differentiatie, brakwaternatuur) • Ontwikkeling stofspecifieke ontziltingstechnologieën en sensoren • Ontwikkeling nieuwe zouttolerante gewassen en verdienmodellen • Synergie met maatregelen op (deel)stroomgebiedsniveau	• Pilots COASTAR, Texel • Zilte teelten (proefbooerderij)	• Opschalen COASTAR pilots (inter)nationaal
Water circulair (hergebruik restwater)	• Risico's voor humane gezondheid (chemisch en mircobiologisch)	• Ontwikkeling van concepten voor hergebruik van restwaterstromen uit industrie, land- en tuinbouw, RWZI • Ontwikkeling van zuiveringstechnologieën, meet- en regeltechniek (technologische en nature based solutions) voor restwaterstromen • Bescherming drinkwaterbronnen bij gebruikt restwaterstromen (chemisch, microbieel) • Waterfootprint verminderen (land- en tuinbouw, industrie, drinkwater)	• Waterfabriek • Pilots Lumbricus • Nationale proeftuin precisielandbouw	
Deelprogramma 3: **Landgebruik op basis van water- en bodemgeschiktheid**				
Analyse en transitiepaden	• Ontwikkeling van transitiepaden naar een klimaatbestendige inrichting van het landelijk gebied • Hoe kan landgebruik afgestemd worden op klimaatverandering? • Onderzoek naar impact verstedelijking op waterhuishouding (stad-ommeland-landelijk) en klimaatbuffers	• Waar kan de land- en tuinbouw het best verduurzamen (met oog op bodemgesteldheid, mogelijkheden voor bodemverbetering, waterkwaliteit, waterbeschikbaarheid en agrarische hoofdstructuur?)	• Demonstreren van meerdere vormen van landgebruik in regionale proeftuinen	• Kennisverspreiding, Opschalen samen met stakeholders (burgerparticipatie)

		• Wat zijn de kosten, baten en effectiviteit van klimaatadaptieve maatregelen?		
Vernatten veenweide	• Specifiek onderzoek naar veenweide problematiek (extreem weer, bodemdaling, verzilting..) • Wat zijn de effecten van bodemdaling op infrastructuur (leidingen, kunstwerken, funderingen, etc. ?	• Welke natte teelten zijn mogelijk in toekomstig veenweide gebied?MMIP2 • Wat zijn nieuwe verdienmodellen in veenweidegebied?MMIP2 • Hoe kan bodemdaling worden tegengegaan? • Wat zijn de effecten van vernatting op waterbalansen en de regionale watervraag?	• Pilots onderwaterdrainage (Zegveld, Lumbricus) • Veenweide-innovatiecentrum (VIC)	
Natuur als buffer voor klimaatextremen	• Hoe kunnen we landbouw en natuur beter met elkaar verbinden? Hoe innovatieve voedsel-/grondstoffen productie in samenhang met meer ruimte voor natuur, watersystemen, schone lucht, schone bodem + landschap, recreatie • Wat is de potentiële bijdrage van het landelijk gebied aan het voorkomen van wateroverlast, watertekort en bodemdaling? • Hoe kan de (aquatische) natuur meer bijdragen aan het vastleggen van koolstof en aan het waterbeheer?	• Hoe kunnen natuur en wateropgaven meekoppelen met economische ontwikkeling? Hoe komen we tot een natuurinclusieve landbouw en stedelijke ontwikkeling? • Hoe moeten corridors tussen landelijk gebied, natuur en bebouwd gebied eruit zien? • Hoe maken we het werken met natuurlijke processen (nature based solutions, klimaatbuffers) 'mainstream' in de gebieden waar stad, landbouw, water en natuur elkaar tegenkomen? • Wat zijn nieuwe financieringsarrangementen voor natuur als klimaatbuffer, ecosysteemdiensten/natuurlijk kapitaal en de afhankelijkheid van gebiedsvreemd water voor natuur verminderen? • Een systeembenadering kan overkomen als een technocratische, kennisgedreven benadering. Hoe past dit binnen de voorgestane werkwijze van de omgevingswet?	• Concepten klimaatbuffers testen tbv waterberging, waterretentie, koolstofopslag • Optimale combinatie mitigatie én adaptatie testen • Coalitie Klimaatbuffers • Regiodeal Natuurinclusieve landbouw	
Deelprogramma 4: **Omgaan met (extreme) droogte**				
Impact van droogte op sectoren/watergebruikers		• Wat voor effect heeft een risicobenadering voor droogte op het vigerende beleid? Wat is de impact van droogte op gebruiksfuncties?	• Proeftuin DIGISHAPE, Use case Droogte	
Operationeel waterbeheer tijdens (extreme) droogte	• Hoe kunnen droogtevoorspellingen worden verbeterd? Wat zijn de gevolgen van coïncidentie?	• Hoe kunnen voor het beleid bruikbare dashboards worden ontwikkeld voor actuele besluitvorming? • Hoe kan de databeschikbaarheid op verschillende schaalniveaus worden verbeterd? Wat kunnen (nieuwe) ICT, big data en aardobservatie betekenen voor het waterbeheer? • Welke (nieuwe) handelingsperspectiven zijn er in het		

		(hoofd)watersysteem (buffering, waterverdeling)?		

Positionering MMIP

Cross-overs

Dit MMIP linkt aan de MMIP's binnen missie A Kringlooplandbouw en missie B Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

- Urgentie: In het Bestuursakkoord Klimaatadaptatie (november 2018) hebben regionale partijen afgesproken zich maximaal in te spannen om Nederland in 2050 klimaatrobuust in te richten. De partijen hebben daarvoor 300 miljoen toegezegd. De droogte van 2018 draagt bij aan het gevoel van urgentie.
- Sterke kennispositie: Nederland heeft een internationaal een sterke kennispositie op het gebied van het (innovatief) waterbeheer en is innovatief en dat biedt kansen en mogelijkheden voor het bedrijfsleven.
- Zwaktes: Nederland is door de aanwezigheid van de grote rivieren gezegend met veel zoet water, maar is daardoor ook 'morsig' met water. In veel andere landen is de urgentie en bewustzijn van zoet water groter dan in Nederland en is bijvoorbeeld hergebruik van water meer een noodzaak dan een keuze, waardoor referentiecases eerder buiten dan binnen Nederland gezocht moeten worden.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

Dit MMIP vloeit voort uit de kennisagenda's van de ministeries LNV en I&W. Er is een sterke link met het Deltaprogramma Zoetwater en Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (DPRA), Nationale Adaptatiestrategie (NAS) en het Nationaal Kennis en Innovatieprogramma Water en Klimaat (NKWK)

Internationaal sluit de thematiek goed aan bij verschillende EU-programma's zoals: Water JPI (Water Challenges for a Changing World), FACCE-JPI (Agriculture, Food Security and Climate Change) en bij de onderzoeksprogrammering van de EU (Horizon 2020 en het negende kaderprogramma dat H2020 zal opvolgen). In Europa is klimaatadaptatie een prioritair thema.

Strategie internationaal

Nederland heeft veel kennis op het terrein van waterbeheer en landbouw. Er is grote behoefte wereldwijd aan innovatieve oplossingen

om regio's klimaatbestendig te maken. Door het combineren van kennis en intensieve samenwerking kan Nederland zich profileren als living lab voor klimaatinnovaties die wereldwijd toegepast kunnen worden.

Innovatiesysteem en consortiumvorming
Er liggen veel kansen voor samenwerking tussen kennisinstellingen, bedrijfsleven en overheden om te werken aan regionale klimaatadaptieve systemen.

C.2 Klimaatadaptieve land- en tuinbouwproductiesystemen

Doel
Inzet van dit MMIP is om de land- en tuinbouwproductiesystemen in Nederland in 2050 klimaatbestendig georganiseerd te hebben. Hierbij dienen de productie, verwerking, organisatie en consumptie in samenhang en gegeven de veranderende sociaaleconomische en technologisch context tegen het licht van klimaatverandering worden gehouden. Dit MMIP is erop gericht de kansen en bedreigingen die klimaatverandering met zich meebrengen in kaart te brengen en adequate adaptatiestrategieën te formuleren, te demonstreren en te vermarkten.

Deelprogramma's
Binnen dit MMIP worden zes deelprogramma's onderscheiden:
1. Veredelen van stresstolerante, klimaatbestendige gewassen geschikt voor extreme droogte, verzilting, vernatting of tijdelijke overstroming (zie ook MMIP A2)
2. Klimaatgerelateerde teeltadviezen
3. Invloed klimaatverandering en adaptatie veeteelt
4. Adaptatie akkerbouw en glastuinbouw (zie ook MMIP B4)
5. Financiële mechanismen
6. Consumentengedrag (zie ook MMIP D2)

Prioriteiten
- Om tot relevante adaptatiestrategieën te komen is in de eerste jaren onderzoek nodig naar de midden- en langetermijn-levensvatbaarheid van teelten en sectoren in het licht van klimaatverandering. Dit om maladaptatie te voorkomen en zo risico's op het verlies op investeringen te verlagen en de rendabiliteit te verhogen.

- Tijdens de beginperiode wordt onderzoek gedaan naar operationeel management dat in het veld en op het bedrijf kan worden uitgevoerd en getest. Denk hierbij aan maatregelen waarbij sensing en advies aan ondernemers centraal staan in relatie tot weersvariabiliteit en extremen.
- Op langere termijn worden verkenningen in de keten en gebiedsprocessen onderzocht, gericht op strategische keuzes, in coöperatie met ketenpartners en overheden. Hierbij wordt uitgegaan van huidig beleid en onderzocht of klimaatverandering van invloed is op de uitvoerbaarheid en rendabiliteit van deze plannen en welke ontwikkelingspaden er open en welke gesloten zijn. Gekoppeld hieraan is de ontwikkeling van financiële mechanismes voor risicodeling bij transitieprocessen.
- Naast producenten, de keten en de overheden zijn consumenten bepalend voor de vraag en de invulling van duurzaamheid. De invloed van klimaatverandering op consumentengedrag is nog slecht onderzocht, de perceptie van verantwoordelijkheid bij de consument is belangrijk bij het maken van gezonde en duurzame keuzes. Ook heeft het weer een invloed op de keuzes en aankopen. Het begrijpen van deze relaties is belangrijk bij de marketing en het inrichten van de productiesystemen.

Inleiding
Klimaatverandering biedt zowel kansen als bedreigingen voor ons voedselsysteem. Kansen liggen bijvoorbeeld in een langer groeiseizoen en het telen van gewassen waarvoor het klimaat tot nu toe niet geschikt was. Bedreigingen zijn er omdat perioden van teveel water of te weinig water frequenter zullen voorkomen, met als gevolg schade aan gewassen en beperking van de opbrengsten.
De economische waarde van de agrosector bedraagt ca. 10% van de Nederlandse economie (omvang export ca. 90 miljard in 2018). Dit houdt in dat klimaatveranderingen een behoorlijke economische impact kan hebben.

Missie
Land- en tuinbouwproductiesystemen Nederland zijn in 2050 klimaatbestendig.

Wat beoogt het MMIP?

Doelstellingen MMIP

Inzet van dit MMIP is om de land- en tuinbouwproductiesystemen in Nederland in 2050 klimaatbestendig georganiseerd te hebben. Hierbij dienen de productie, verwerking, organisatie en consumptie in samenhang en gegeven de veranderende sociaaleconomische en technologisch context tegen het licht van klimaatverandering te worden gehouden. Dit MMIP is erop gericht de kansen en bedreigingen die klimaatverandering met zich meebrengen in kaart te brengen en adequate adaptatiestrategieën te formuleren, te demonstreren en te vermarkten.
Om dit te realiseren is een systeemaanpak nodig, waarbij voor verschillende teelten en veehouderij regionale ontwikkelingsrichtingen voor de land- en tuinbouw worden neergezet en waarbij de bedrijfs- en sectorstrategieën zijn meegenomen. In dit MMIP richten we ons op de gevolgen van klimaatverandering op de primaire productie (gewas, dier), het bedrijf en de sector. Deze strategieën hebben naast een teelt- ook een duidelijke ruimtelijke component. Zo zullen veengronden, klei- en zandgronden, kust en riviergebieden en hoge zandgronden andere systemen en problemen hebben. Adaptatiestrategieën worden in gezamenlijkheid met de ondernemers en de sector geformuleerd.
Voor het bepalen van de investeringsagenda van de landbouwsector is het van belang om de gevolgen van klimaatverandering in beeld te brengen. In dit MMIP wordt beschreven welke kennis- en innovatieopgaven aangepakt moeten worden om tot klimaatadaptatiestrategieën te komen voor de landbouwsector.

Deelprogramma's en fasering

Lopend of recent afgesloten projecten en programma's

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3** (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	**Ontwikkelfase TRL 4-6** (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	**Demonstratiefase TRL 7-9** (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	**Implementatiefase** (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma 1: Klimaattafel - sectortafel landbouw en landgebruik				
		• Ontwikkeling scenario's voor landbouw en landgebruik gericht op het halen van klimaat- en milieudoelen		

Kennis- en innovatieopgaven

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de kennis en innovatieopgaven voor klimaatadaptatieve land- en tuinbouwproductiesystemen, uitgewerkt in deelprogramma's:

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3** (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	**Ontwikkelfase TRL 4-6** (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	**Demonstratiefase TRL 7-9** (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	**Implementatiefase** (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma 1: Veredelen van stresstolerante, klimaatbestendige gewassen geschikt voor extreme droogte, verzilting, vernatting of tijdelijke overstroming				
Veredelen van stresstolerante gewassen, die geschikt zijn voor extreme droogte en verzilting, vernatting of tijdelijke overstroming	• Identificeren van planteigenschappen die planten in staat stellen: om perioden van droogte en verzilting te doorstaan. beter om te gaan met ziekten en plagen druk (resistentie)	• Identificeren van QTL's voor genoemde eigenschappen in cultuurgewassen	• Aantonen dat het mogelijk is om op basis van genoemde QTL's droogte- of zouttolerante gewassen te ontwikkelen, en om gewassen te ontwikkelen die toleranter zijn voor ziekten en plagen	• Toepassing van de ontwikkelde kennis door veredelingsbedrijven
Deelprogramma 2: Klimaatgerelateerde teeltadviezen				
Teeltadviezen	• Inventarisatie van klimaatfactoren die ziekten- en plagendruk bepalen	• Voor relevante ziekte en plagen een model-instrumentarium ontwikkelen waarmee de risico's op schade kunnen worden ingeschat • Opzetten van een monitoringsysteem om het risicomodel te verfijnen	• Opzetten van systemen voor vroegtijdige waarschuwing voor het seizoen en in het seizoen	• Risicowaarschuwingen en teeltadviezen naar ondernemers via (digitale) communicatiekanalen
	• Inzet precisietechnologie bij irrigatie (precisielandbouw)	• Ontwikkeling van close en remote sensing in combinatie met gewas groeimodellen om irrigatie management te sturen	• Testen van monitoring en modelleren in het veld	• Watermanagementadviezen naar ondernemers (bijv. als onderdeel van akkerweb)
Deelprogramma 3: Invloed klimaatverandering en adaptatie veeteelt				
Dier	• Invloed van klimaatverandering op grondstofstromen voor veevoer (rund, varken, kippen)	• De veranderingen van de mondiale beschikbaarheid van grondstoffen voor veevoer in kaart brengen via de combinatie van opbrengst- en marktmodellen	• Strategievorming om schokken in aanvoer en prijs van veevoer op te kunnen vangen	• Operationeel advies voor aanvoer veevoer
Dierrassen die aangepast zijn aan de lokale ecologische omstandigheden	• Onderzoeken welk genetische relevante variatie beschikbaar is	• Aantonen waar genetische variatie nog aanwezig is en introductie programma ontwikkelen, zonder inteeltrisico		
	• Diergezondheid en dierwelzijn zijn belangrijke randvoorwaarden voor een duurzame productie	• Inzicht in de relatie temperatuur en luchtkwaliteit in stallen voor dierenwelzijn • Inventarisatie van intensiteit van bestaande en opkomende nieuwe dierziekten in relatie tot klimaat en omgeving	• Klimaatcontrole in stallen, voorschriften voor nieuwbouw gericht op dierenwelzijn en emissies • Risico's van ziekten voor verschillende dieren in kaart gebracht en opzetten	• Advies over verbetering in klimaatcontrole stallen • Early warning systemen die de sector en maatschappij kunnen waarschuwen

			van een monitorings-systeem	
Deelprogramma 4: Adaptatie akkerbouw en glastuinbouw				
Aanpassing op bedrijf en in de sector	• Landbouw- en tuinbouw-systemen zijn klimaatgevoelig. Hoe kunnen investeringen in het bedrijf ook bij toekomstige veranderingen in klimaat (inclusief extremen)renderen (sectoren: bomen, bollen, fruit, akkerbouw en beschermde teelten)	• Ontwikkelen van een klimaatstress-test: zijn investeringen/plannen klimaatbestendig?	• Landbouwsysteem en regiospecifieke kwetsbaarheden in kaart brengen met boeren	• Bedrijf- en sector-specifieke adaptatie-strategieën
		• Met boeren in kaart brengen van technische opties en barrières bij het omgaan met extremen: hagelnetten, sprinklers (vorst en droogte, brede ruggen id aardappel bij hitte)	• Velddemonstraties van de technische opties • Oplossingen voor juridische en sociaal economische barrières	
	• Sterkere kasconstructies: storm en hagel			• Nieuwe kasconstructies
Landbouwsector en ketens	• Verschuiving in competitiekracht van teelten en regio's in de EU	• Opbrengst- en markt-modellen • Ruimtelijke risicospreiding	• Identificatie van regio's die competitief blijven in een veranderend klimaat	•Regionale strategieën gericht op de landbouw (versterken of veranderen)
	• Verschuiving in sourcing op internationaal niveau	• Ketens: koffie, cacao	• Kartering van klimaat risico's in sourcing gebieden (koffie en cacao)	• Strategie omgaan met veranderingen in sourcing in de context van maatschappelijk verantwoord ondernemen
Deelprogramma 5: Financiële mechanismen				
Financiële mechanismen	• Wat zijn effectieve financiële mechanismen voor het klimaatrobuust maken van voedselsystemen	• Rol van investerings- en verzekeringsmechanisme • Hoe financiën in te zetten op het leveren van maatschappelijke diensten t.b.v. de klimaatopgave	• Op basis van verschuiving in competitiekracht van teelten en regio's in de EU bepalen welke investeringen er nodig zijn om de nodige transities in te zetten (landbouw versterken of veranderen van de landbouw bijv. naar landschap en natuur)	
Deelprogramma 6: Consumentengedrag				
Consumenten-gedrag	• Verschuivingen in consumentengedrag door weer en klimaat	• Fluctuaties in voedselkeuze • Houdbaarheid en voedselveiligheid	• Studie (EU) naar mogelijke gevolgen van klimaatverandering op de vraag naar zuivel (bijv. verschuiving naar mediterraan dieet)	• Nieuwe markten en producten
	• Kiezen voor klimaat, vermarkten van duurzame keuzes	• Bijdrage aan mitigatie en duurzaamheid	• Preferentie voor regionale productie en preferentie duurzame producten door bewustwording bijdrage	• Bewustwording bij consumenten

			aan klimaatverande-ring	

Positionering MMIP

Cross-overs
Dit MMIP heeft een sterke relatie met agri-horti-food bedrijfsleven vanwege de toenemende onzekerheden voor ketenpartijen en dienstenleveranciers (verzekeringen). Daarnaast is de publieke opgave van klimaatadaptatie voor een groot deel gekoppeld aan het ruimtegebruik van de landbouwsector.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven
Adaptatie is geen keuze, dit moet, het vol inzetten op innovaties ten behoeve van klimaatadaptatie van zowel landelijk als stedelijk gebied biedt kansen en mogelijkheden voor bedrijfsleven. Wereldwijd is er behoefte aan oplossingen voor het klimaatbestendig inrichten van landelijk en stedelijk gebied. Nederland is een proeftuin voor klimaatinnovaties.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's
Internationaal is het Sustainable Development Solutions Network (SDSN) en het Global Centre of Excellence on Climate Adaptation (GCECA) in Rotterdam.

Strategie internationaal
Internationale agenda heeft relatie met Nederland door sterke internationale kenmerken van de Nederlandse landbouwsector en internationale handelsketen op het gebied van agri-food en tuinbouw.

Innovatiesysteem en consortiumvorming
Op verschillende niveaus van land- en tuinbouwproductiesystemen zijn innovaties nodig en kunnen consortia worden gevormd.

- Op het niveau van de land- en tuinbouwsector en ketens ligt er een duidelijke behoefte om meer grip te krijgen op de kennis voor beter inschatten risico's en kansen. Binnen dit niveau zijn er veel consortia mogelijk met veel Nederlandse (internationale) spelers uit de agri-horti-food sector.
- Het bedrijfsniveau is daarnaast een belangrijk schakelpunt voor innovaties ten behoeve van de primaire productie én met de (regionale) omgeving. Mogelijke consortiumvorming kan plaatsvin-

den aan de hand van regionale klimaatadaptatie opgave en mogelijke kansen vanuit de primaire sector binnen de context van klimaatverandering en sociaal economische veranderingen.
Tot slot zijn dienstenleveranciers zoals verzekeraars en precisielandbouwplatformen mogelijk interessante partijen voor consortiumvorming.

C.3 Waterrobuust en klimaatbestendig stedelijk gebied

Doel
Inzet van dit MMIP is gericht op het waterrobuust en klimaatbestendig inrichten van de gebouwde omgeving. Het MMIP ontwikkelt hiertoe innovaties op het gebied van water in de stad om de veerkracht van de stad te vergroten en hiermee een bijdrage te leveren aan een duurzame, inclusieve en aantrekkelijke stad. Een klimaatbestendige stedelijke ontwikkeling vraagt om een systeemaanpak waarbij efficienter gebruik van water en grondstoffen, vasthouden en hergebruik van water en het maximaal benutten van het natuurlijk systeem zowel in de stad als in de omgeving van de stad (natuurlijke klimaatbuffers, natuurontwikkeling) centraal staat. Het incorporeren van groene oplossingen in stedenbouwkundig ontwerp en de bouw vanuit het oogpunt van klimaatbestendigheid, waterbeheer, biodiversiteit en leefbaarheid moet vanzelfsprekend worden.

Deelprogramma's
Dit MMIP bestaat uit zes deelprogramma's:
1. Het versnellen van de adaptatie-opgave in stedelijk gebied (governance en participatie)
2. Systeemaanpak en sluiten stedelijke waterkringloop
3. Meerwaarde van groen en blauw / Greening the city
4. Natuurinclusieve, waterrobuuste en klimaatbestendige verstedelijking
5. Handelingsperspectieven voor droogte en hitte in de stad
6. Water en energie in de stad (zie ook MMIP F4)

Prioriteiten
- Ontwikkeling stedelijke adaptatie versnellen: Om steden waterrobuust en klimaatbestendig in te richten is onderzoek nodig naar technische oplossingen, governance, het creëren van awareness en gezamenlijke verantwoordelijkheid, testen van nieuwe innovaties en ontwikkelen van nieuwe standaarden.

- Ontwikkeling systeemkennis: Kennisontwikkeling over de waterrobuuste en klimaatbestendige stad. Wat verstaan we onder waterrobuust en klimaatbestendig? Hoe hangen deelsystemen met elkaar samen: het watersysteem, de bodem/ondergrond, en netwerken (riolering, infrastructuur, ICT), interactie met de omgeving (ecologisch, sociaal en technisch). Hoe kan de stedelijke waterkringloop circulair worden gemaakt?
- Meerwaarde van groen en water: Het optimaliseren van de rol van groen en water met betrekking tot het verbeteren van de leefbaarheid, gezondheid, biodiversiteit en multifunctioneel ruimtegebruik zoals (stads)landbouw en recreatie bij het klimaatbestendig maken van stedelijk gebied en groene zone in peri-urbaan gebied.
- Natuurinclusief en integraal realiseren van een klimaatbestendige verstedelijking. Meekoppelen klimaatbestendigheid en waterrobuustheid met andere opgaven in de stedelijke omgeving (onder andere bouwopgave, vervanging van riolering of wegverharding).
- Droogte en hittestress kennishiaten invullen. Kennisontwikkeling over gevolgen van watertekort en hittestress in stedelijk gebied (onder andere funderingsproblemen, waterkwaliteitsproblemen, disfunctioneren of sterfte van stedelijk groen) en innovatieve integrale oplossingen/aanpak, zonder dat dit leidt tot een grotere watervraag.
- Onderzoeken financiële mogelijkheden stedelijke adaptatie. Kennisontwikkeling en samenwerking met financiële sector om financiële barrières voor het versneld waterrobuust en klimaatbestendig maken van de stad in kaart te brengen en aan te pakken.

Inleiding

Het stedelijk gebied is in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust. Steden zijn kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering. Zonder adaptatiemaatregelen is de totale schade tot 2050 voor Nederland geraamd op € 80 miljard. De kwetsbaarheid komt enerzijds voort uit de een groeiende stedelijke bevolking. De verwachting is dat in 2050 meer dan 80 procent van de Europese bevolking in een stedelijk gebied woont. Anderzijds zal door klimaatverandering een toename plaatsvinden van de frequentie van extreme regenval, langer durende droogte en hittegolven, hetgeen mogelijk resulteert in schade aan infrastructuur en gebouwen door wateroverlast en watertekort, gezondheidsproblemen door hittestress en waterkwaliteitsproblemen. Steden moeten in de toekomst voldoende veerkrachtig (resilience) zijn om deze extremen het hoofd te kunnen bieden.

Wat beoogt het MMIP?

Doelstellingen MMIP

Inzet van dit MMIP is gericht op innovaties op het gebied van inrichting en beheer van de stad om de veerkracht van de stad te vergroten en hiermee een bijdrage te leveren aan een duurzame, leefbare en aantrekkelijke stad. In dit MMIP worden innovatieve oplossingen ontwikkeld om steden klimaatbestendig en waterrobuust te maken (onder andere het voorkomen van wateroverlast, watertekort, verdroging, hittestress en bodemdaling en gevolgen overstromingen). Door de mondiale verstedelijking liggen er grote internationale kansen voor het Nederlandse bedrijfsleven.

Een klimaatbestendige stedelijke ontwikkeling vraagt om een systeemaanpak waarbij efficiënter gebruik van water en grondstoffen, vasthouden en hergebruik van water en het maximaal benutten van het natuurlijk systeem zowel in de stad als in de omgeving van de stad centraal staat. Dit leidt tot de volgende subdoelen:

- De gebouwde omgeving is waterrobuust en klimaatbestendig ingericht.
- Het benutten van het ommeland (gebied om de stad) door vorming van natuurlijke klimaatbuffers en natuurontwikkeling.
- In 2050 is blauw/groen in de stad (in stedenbouwkundig ontwerp, infrastructuur en in bouw) vanzelfsprekend, met het oog op onder meer klimaatbestendigheid, waterbeheer, biodiversiteit en gezondheid van burgers.

Het MMIP omvat de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk (van reeds bestaande technieken) voor:

- Versnellen van stedelijke klimaatadaptatie
  Er ligt een grote opgave om steden waterrobuust en klimaatbestendig in te richten. Naast technische vragen zijn er veel governance-vragen omtrent het versneld implementeren en opschalen van bestaande technieken. Het creëren van awareness, testen van nieuwe innovaties en het vertalen van die nieuwe aanpak in standaarden is essentieel.
- Systeemkennis (inclusief nature based en landscape based design)
  De waterrobuuste en klimaatbestendige stad bestaat uit een aantal met elkaar samenhangende deelsystemen. Het betreft het watersysteem, de bodem/ondergrond, en netwerken (riolering, infrastructuur, ICT, groen en natuur). Er bestaat interactie met de omgeving, zowel de ecologische, sociale als technische omgeving.

Kennisontwikkeling is nodig over deze deelsystemen, de samenhang ertussen en de wijze waarop zij op elkaar inwerken.

- Meerwaarde van groen en water
  Groen en water bieden veel kansen voor stedelijk gebied ten behoeve klimaatbestendigheid, hitte, biodiversiteit, gezondheid. Daarbij is het essentieel om op alle schaalniveaus (gebouw, straat, buurt, wijk) goed in beeld te brengen welke typen groen de grootste meerwaarde opleveren. Het optimaliseren van de rol van groen en water, biodiversiteit en (stad)landbouw bij het klimaatbestendig maken van stad en land. Ook groene zones rondom stedelijke gebieden bieden veel kansen voor adaptatie en multifunctioneel ruimte gebruik ten behoeve van de landbouw, recreatie en waterberging/retentie.
- Natuurinclusieve en klimaatadaptieve bouwopgave
  Klimaatadaptatie kan meegekoppeld worden met andere opgaven zoals de bouwopgave, vervanging van riolering of wegverharding. Die kansen mogen niet worden gemist. Toch blijkt in de praktijk dat dit nog steeds niet vanzelfsprekend is.
- Droogte en hitte
  Niet alleen over het voorkomen van wateroverlast blijken er de nodige kennishiaten te zijn ten aanzien van droogte en hitte in de stad. De droge zomer van 2018 heeft duidelijk aangetoond dat watertekort in stedelijk gebied kan leiden tot funderingsproblemen, waterkwaliteitsproblemen, en disfunctioneren en sterfte van stedelijk groen en het optreden van ziekten en plagen (bijv. eikenprocessierups). Dit probleem krijgt nog onvoldoende aandacht maar kan in de toekomst tot hoge kosten leiden. Ook het hitteprobleem levert nog veel vragen. Voor beide is een integrale aanpak nodig waarbij het vergroenen een belangrijk rol speelt. Maar vergroenen van stedelijk gebied bij steeds warmere en drogere zomerperioden leidt ook tot een grotere watervraag ten behoeve van dat groen. Daar is nieuwe kennis voor nodig.
- Financiële arrangementen
  Er zijn nog veel financiële barrières voor het versneld waterrobuust en klimaatbestendig maken van de stad. Daar liggen veel mogelijkheden om de adaptatieopgaven te versnellen.

Deelprogramma's en fasering

Lopend of recent afgesloten projecten en programma's

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3** (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	**Ontwikkelfase TRL 4-6** (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	**Demonstratiefase TRL 7-9** (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	**Implementatiefase** (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding,

				netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma 1: NKWK Klimaatbestendige Stad				
			• Ontwikkeling ontwerptool klimaatbestendige stad en Klimaatschadeschatter en MKBA	
Deelprogramma 2: Uitvoeringsprogramma Bodem en Ondergrond				
		• Ontwikkeling kennis over bodem en ondergrond in relatie tot klimaatadaptatie		
Deelprogramma 3: De Groene Agenda				
		• Ontwikkeling van vijf factsheets over groen t.b.v. klimaatadaptatie (uitwerking van ecosysteemdiensten van bodem (zoals hittestress, wateropvang en droogte)		
Deelprogramma 4: Citydeal Klimaatadaptatie				
		• Kennisuitwisseling over governance en financieringsmodellen		
Deelprogramma 5: Green Deal Groene Daken				
		• Ontwikkeling van kennis over nieuwe verdienmodellen voor dakbegroeiing		
Deelprogramma 6: Waterrijk/Richwaterworld				
			• Ontwikkeling van innovatief concept voor het combineren van waterberging en waterretentie in stedelijke randzone	
Deelprogramma 7: Klimaatbufferprogramma				
			• Pilots voor het inzetten van natuur en natuurlijke oplossingen ten behoeve van klimaatadaptatie	• Groene stroken uitrollen in de stad om de hittestress te verminderen, water op te vangen en om de drinkwaterleidingen die eronder aangelegd worden koel te houden
Deelprogramma 8: Building with Nature				
			• Pilot building with nature in stedelijke context	
Deelprogramma 9: TKI Watertechnologie – Sustainable cities				
Urban Water Cycle concept, innovatieve infrastructuur en slim assetmanagement pijlers voor de duurzame stad	• Geavanceerde oxidatie met vacuüm UV • Hoe kunnen we kleine polaire stoffen verwijderen?	• Aangroeibestendig leidingmateriaal ontwikkelen • Aquathermie uit oppervlaktewater (TEO), drinkwater (TED) en afvalwater (TEA) ontwikkelen • Deeltjes uit water scheiden zonder verstopping	• Klimaatadaptieve kunstgrasvelden • Blauw-groene daken demonstreren • Koelwater conditionering chemicalie-arm maken	• In situ grondwater saneren • Bodemenergiesystemen implementeren • Regenwater buffferen en zuiveren

Deelprogramma 10: TKI Watertechnologie – Smart water systems				
Geavanceerde sensor/ICT technologie en/of geïntegreerde technologieën	• Patroonherkenning ontwikkelen t.b.v. leidingfalen • Akoustische karakterisering PVC	• Embedded sensors in leidingen • Glasfibertechnologie voor meting grondwaterstromen	• Autonome robot voor leidinginspectie • Sensors in leidingnetten	• Slimme 'pigs' voor reiniging en inspectie • Slimme watermeters • Lekdetectie en localisatie

Kennis en innovatieopgaven

Deelprogramma	**Onderzoeksfase TRL 1-3** (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	**Ontwikkelfase TRL 4-6** (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	**Demonstratiefase TRL 7-9** (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	**Implementatiefase** (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma 1: Het versnellen van de adaptatie-opgave in stedelijk gebied (governance)				
Hoe stedelijke adaptatie versnellen?	• Hoe krijg je partijen (burgers, overheid, bedrijfsleven) in beweging? • Multifunctionele aanpak van adaptatie, mitigatie, circulair, biodiversiteit, gezondheid? • Wat levert klimaatadaptatie op?	• Hoe creëren we awareness voor adaptatie maatregelen? • Ontwikkeling van een sturingsinstrumentarium (beleid, wet- en regelgeving, bouwbesluiten etc) • Inzicht in vermeden schade m.b.t. klimaatadaptatie • Wat zijn nieuwe verdienmodellen, subsidie, beloning, stimulering? • Hoe kunnen we effectief meekoppelen/ combineren met andere opgaven (integraliteit)? • Hoe transformeert groen in de stad van een (beheers)kostenpost in de beleving van relevante actoren in de stad naar een toegevoegde kwaliteit op het gebied van klimaatrobuustheid, gezondheid, etc.? • Wat is de kosteneffectiviteit van groene maatregelen t.o.v. grijze maatregelen als naar de hele life cycle en alle relevante aspecten wordt gekeken en de baten ook worden meegenomen?	• Rol burger: Hoe particulieren motiveren/stimuleren om met adaptatie aan de slag te gaan? • Hoe motiveren we bedrijventerreinen om te vergroenen? • Hoe draagt een groene stad bij aan een beter vestigingsklimaat voor bedrijven én verhoging van de vastgoedwaarde? • Wat zijn financieringsconstructies om grootschalig groen in te passen • Hoe kunnen pensioenfondsen of hypotheekverstrekkers bijdragen aan de adaptatieopgaven? • Hoe kunnen de baten die verzekeraars hebben m.b.t. klimaatadaptatie onderdeel vormen van de financieringsconstructie? • Hoe kunnen budgetten voor openbare ruimte, die bij verschillende afdelingen of organisaties zijn belegd kunnen worden ontschot ten behoeve van maximaal rendement?	• Living Lab benadering waarbij overheid, bedrijfsleven, kennisinstellingen en lokale stakeholders samenwerken • Hoe living labs opschalen • Vertalen van nieuwe/innovatieve oplossingen naar standaarden en richtlijnen
Deelprogramma 2: Systeemaanpak en sluiten stedelijke waterkringloop				
Systeemaanpak	• Fundamentele kennis over de kwetsbaarheden en de werking van bepalende systemen in de stad	• Kennis over de verbinding stad en landelijk gebied; hoe kan het landelijk gebied (peri-urbaan)) bijdragen aan klimaatadaptatie?	• Adaptatiestrategieën voor verschillende stad, wijk, straat, gebouw typen • Adaptatiestrategieën op basis van institutionele setting, sociale	

	• Kennis over de relaties en afhankelijkheden tussen deelsystemen in de stad • Kennis over het gebruik en het ontwerp van de stad	• Kennis over de rol van bodem en ondergrond bij adaptatie strategieën • Hoe kunnen groene stedelijke randzones bijdragen aan het verminderen van bodemdaling en funderingsschade in veenweidegebied?	en organisatorische setting? • Hoe kunnen natte teelten in veenweide gebieden bijdragen aan het leveren van biobased bouwmaterialen? • Welke kansen zijn er voor stadslandbouw in combinatie met adaptatie en levert dit nieuwe verdienmodellen?	
Sluiten stedelijke waterkringloop	• Hoe gezondheidsrisico's te vermijden	• Samenhangende analyse van de waterkringloop in de stad (regenwater, afkoppelen, drinkwater, afvalwater, grondwater etc.) • Matchen wateroverschot en tekort door o.a. het bufferen van water, decentrale watervoorziening, slimme riolen, smart grids water etc. • Ontwikkelen van actief grondwaterbeheer in de stad om schade aan infra en gebouwen te voorkomen • Ontwikkeling van: -nieuwe (decentrale) zuiveringsconcepten (grijs/zwart water, aquafarm); - terugwinnen en hergebruik van grondstoffen, energie en water in de stad	• Testen concepten waterberging in stedelijke randzones • Toepassen circulaire waterketen in de stad (incl. Urban Waterbuffer concept) en monitoren • Pilots grondstoffen-, energie en waterfabriek • Toolbox circulair water voor architecten • Real-time control riolering (project Groningen) • Innovatieve nieuwbouwprojecten (heerhugowaard (Stad van de Zon, Haarlemmermeer (Park 21), Amsterdam (Buiksloterham). Heerlen (SuperLocal)	• Full scale toepassingen
Robuuste inrichting van de (water) infrastructuur (ondergrond/ bovengrond) Informatica		• Ontwikkeling van tools voor optimaal design infrastructuur • Ontwikkeling monitoring en sensoring van leidingen (robotica) • Big data analyse/apps voor sensoren en slimme systemen	• Living labs op verschillende schaalniveaus	
Deelprogramma 3: Meerwaarde van groen en blauw / Greening the city				
Meerwaarde van groen en blauw	• Welke bijdrage kan stedelijk groen en groene randzones leveren aan de klimaatopgave (C-opslag; productie van biomassa boor biobased economy; hernieuw-	• Hoe effectief is het vergroenen van de stad mbt wateroverlast, hitte, droogte? • Wat is klimaatbestendig groen (soorten die ook in ons toekomstig klimaat gedijen m.b.t. hitte,	• Wat is kwaliteitsgroen/ hoe kan klimaatadaptatie bijdragen aan het verbeteren van biodiversiteitsopgave • Wat zijn ontwerprichtlijnen voor nature based/ groene maatregelen t.b.v. hitte,	• Hoe kunnen groene daken maximaal worden ingezet voor regenwaterbuffering? • Vergroenen en waterrobuust particuliere tuinen

	bare energie; bevorderen van zachte mobiliteit)	droogte en wateroverlast)? • Wat de risico's zijn van groen in de stad ten aanzien van ziektes, plagen, brand • Ontwikkeling van blauw/groene strucuur, vertical farming evt. in combinatie met (zon)energie • Op welke wijze kan groen in gebouwen, groen op en aan gebouwen (dak- en gevelgroen) en groen op straat, buurt- en wijkniveau optimaal bijdragen?	droogte en wateroverlast? • Hoe vergroenen en waterrobuust kan bijdragen aan biodiversiteit, leefbaarheid, vestigingsklimaat, gezondheid? • Hoe groen maximaal meerwaarde creëren en bijdragen aan zowel adaptatie als biodiversiteit en leefbaarheid? • Hoe kunnen groene parken in veengebieden zo worden ingericht dat de bodemdaling een halt wordt toegeroepen? • Hoe kunnen groene plantsystemen in de gebouwde omgeving bijdragen aan gegarandeerd schone lucht (VOS, fijn stof)?	• Welke bijdrage kunnen stedelijke randzones leveren aan klimaatopgave? • Welk soort (beleids)instrumenten zijn effectief voor het implementeren van de bestaande kennis t.a.v. positieve waarde van groen in en om gebouwen?
Veredelen van siergewassen, perkplanten en bomen voor een gezonde en groene leefomgeving	• Onderzoeken welke planteigenschappen bijdragen aan een gezond klimaat (wegvangen fijnstof en schadelijke stoffen, verkoelen van stedelijk gebied)	• Ontwikkelen van tools om genetische en fenotypische variatie te creëren	• Aantonen dat nieuw ontwikkelde rassen een positieve bijdrage leveren aan gezonde en groene leefomgeving	• Op de markt brengen van nieuwe rassen
Deelprogramma 4: Natuurinclusieve, waterrobuuste en klimaatbestendige verstedelijking				
Natuurinclusieve, waterrobuuste en klimaat-adaptatieve verstedelijking	• Welke kansen liggen er voor natuurinclusief bouwen • Hoe effectief koppelen van klimaatadaptatie en energietransitie	• Hoe kan de bouwopgave gecombineerd worden met het bijdragen aan klimaatbestendigheid en kwaliteit van leefomgeving • Welke kansen en belemmeringen liggen er voor natuurinclusief bouwen? • Hoe kan klimaatadaptatie meekoppelen met andere opgaven (infra, riolering, woningbouw)?	• Hoe optimaal natuurinclusief verdichten? • Wat zijn financiele barrieres en prikkels? • Technologieontwikkeling gericht op integratie van Water en Energie in de stad • Ontwikkeling van de ondergrond voor (hoge) temperatuuropslag, riothermie, aquathermie en wat zijn de risico's	• Pilots natuurinclusief bouwen • Waterrobuust bouwen, hitte robuust bouwen?
Deelprogramma 5: Handelingsperspectieven voor droogte en hitte in de stad				
Droogte en hitte	• Ontwikkelen kennis over werking stedelijke waterbalans? • Wat betekent dit voor de watervraag van de stad om het groen te irrigeren? • Wat zijn de gevolgen van langdurige droogte voor stedelijke gebieden?	• Wat zijn effectieve maatregelen om schade door droogte te voorkomen? • Hoe groot is het waterverlies van een stad door verdamping? • Hoe effectief is groen voor het reduceren van hittestress,	• Meetopstellingen in stedelijk gebied t.b.v. stedelijke waterbalans • Meetopstellingen in stad t.b.v. hitteproblematiek	• Ontwikkeling van ontwerprichtlijnen voor droogte en hittebestendig bouwen

		wat zijn ontwerprichtlijnen? • Hoe kan de groene ruimte beter worden benut om het watervasthoudend vermogen te vergroten zodat er meer water is om droge periodes door te komen? • Welke kansen liggen er om de waterkringloop in de stad te sluiten en waterhergebruik te stimuleren?		
Deelprogramma 6: Water en energie				
		• Ontwikkeling van integrale water-energie concepten in de stad (aquathermie, riothermie, WKO, HTO)		

Positionering MMIP

Cross-overs

Dit MMIP heeft interactie met de tuinbouwsector als leverancier van stedelijk groen, bouwbedrijven, leveranciers van adaptatieoplossingen, hoveniers, ict, verzekeraars, bedrijfsleven, landschapsarchitecten, gemeentes, waterschappen, provincies, watertechnologiebedrijven. Hier ligt een belangrijke link met Groen en Gezondheid (Missie D).

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

Nederland is wereldwijd koploper in klimaatadaptatie. Vol inzetten op innovaties ten behoeve van klimaatadaptatie van zowel landelijk als stedelijk gebied biedt veel kansen en mogelijkheden voor bedrijfsleven. Wereldwijd is er behoefte aan oplossingen voor het klimaatbestendig inrichten van landelijk en stedelijk gebied. Nederland is een proeftuin voor klimaatinnovaties met veel exportpotentie.
Ook de Nederlandse tuinbouwbranche (boomkwekerijen, groenvoorzieners, bloemen en bollen) zijn sterk internationaal georiënteerd. Dat kan een steun zijn als groen en blauw samenkomen. De watersector inclusief de watertechnologieleveranciers hebben jarenlange ervaring met water in de stad. Door de stad klimaatbestendig in te richten ontstaan er ook nieuwe markten. Denk aan blauw/groene daken, bouw van decentrale afvalwaterzuiveringsunits, monitoring en sensoring, waterpleinen.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

- Nationaal Kennis- en innovatieprogramma Water en Klimaat: Kennisagenda Klimaatbestendige Stad
- Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie
- De Groene Stad (http://degroenestad.nl/de-groene-agenda/)
- Waterbeheersplannen waterschappen, rioleringsplannen gemeenten, drinkwaterplannen van de drinkwaterbedrijven
- Nationale Wetenschapsagenda (Blauwe route)
- Proeftuin Klimaatadaptatie van TKI Deltatechnologie.
- In het Bestuursakkoord Klimaatadaptatie (november 2018) hebben regionale partijen afgesproken zich maximaal in te spannen om Nederland in 2050 waterrobuust en klimaatbestendig in te richten. De partijen hebben daarvoor 300 miljoen toegezegd.
  Er is toenemende internationale aandacht voor adaptatie in steden. Diverse internationale netwerken zijn actief: C40, 100 Resilient Cities, Convenant of Mayors. Het is van belang dat de Nederlandse kenniswereld actief opereert in deze netwerken en voorop loopt in de kennisontwikkeling.

Strategie internationaal

In Nederland wordt water als 'vanzelfsprekend issue' meegenomen in een duurzaam ontwerp. In veel steden is dit niet het geval en kan er sprake zijn van daling van grondwaterstanden (mining van grondwatervoorraden) bodemdaling en wateroverlast. De ontwikkelde kennis kan worden toegepast in andere steden. De Nederlandse steden hebben vaak een partnership met andere steden. Kennisoverdracht is hierbij een belangrijk issue, wat kansen oplevert voor het Nederlandse bedrijfsleven.

Innovatiesysteem en consortiumvorming

Door TKI Watertechnologie zijn de afgelopen jaren gezamenlijk met het bedrijfsleven diverse innovatieve onderzoeken op dit terrein uitgevoerd en geïmplementeerd. Goed voorbeeld is de Urban Waterbuffer in Rotterdam. Het concept van de Urban Waterbuffer is door KWR ontwikkeld in samenwerking met een start-up bedrijf van de TU Delft (Field Factors) en is toegepast in Spangen Rotterdam). Zie voor meer info: https://www.youtube.com/watch?v=aVGJJ0Ab9g
Door TKI Tuinbouw & Uitgangsmaterialen is de afgelopen jaren samen met regionale overheden en bedrijfsleven uitvoering gegeven aan de Groene Agenda.

Potentiële nieuwe consortia:

- Klimaatadaptatie in stedelijk gebied is voor een groot deel een publieke taak. Met name gemeentes maar ook waterschappen

staan aan de lat om stedelijke gebieden waterrobuust en klimaatbestendig in te richten. Zij voeren zelf uit en bepalen de kaders voor ontwikkelaars en andere initiatiefnemers.

- Daarnaast zijn provincies belangrijke spelers omdat zij verantwoordelijk zijn voor het realiseren van het Nationaal Natuur Netwerk en de verbinding stad en landelijk gebied. Daar ligt een grote kans voor het verder ontwikkelen van natuurgebieden die waterrobuust en klimaatbestendig zijn en fungeren als klimaatbuffer voor de overgang van stad naar landelijk gebied.
- Ontwikkelende partijen worden in elke gemeente geconfronteerd met andere kaders. Voorlopers creëren hun eigen kaders. Er is meer ruimte voor innovatieve aanbesteding nodig voor doorontwikkeling duurzame, klimaatbestendige concepten
- Tuinbouwsector is een belangrijke leverancier van bomen en beplanting die steden nodig hebben om te vergroenen. Het is voor die sector van belang om inzicht te hebben in kwaliteitsgroen en groen dat toekomstbestendig is en de komende 50 jaar kan meegaan bij een veranderend klimaat. De tuinbouwsector werkt samen in Stichting De Groene Stad en heeft het onderwerp groen en gezondheid, met aandacht voor hittestress en wateropvang de laatste jaren op de kaart gezet. Daarbij is ook sectoroverstijgend samengewerkt met bijv. waterschappen en de Dutch Green Building Council.
- Tuincentra zijn belangrijke spelers omdat ruim 60 procent van stedelijk gebied in privé bezit is. Private tuinen kunnen in belangrijke mate bijdragen aan klimaatadaptatie en biodiversiteit. Tuincentra speler hierin een belangrijke rol. Het aanbieden van de juiste planten en het stimuleren van groene watervriendelijke tuinen kan veel impact hebben.
- Stedenbouwkundigen, architecten en landschapsarchitecten zijn belangrijke spelers omdat zij onze steden ontwerpen. Hoewel klimaatadaptatie bij die sector hoog op de agenda staat is er niet altijd voldoende kennis aanwezig over water en groen.
- Bouwsector: Er ligt een enorme woningbouwopgave in NL (1.000.000 nieuwbouwwoningen in 2030) die snel uitgevoerd moet worden. Hierbij mogen geen kansen worden gemist om dit waterrobuust, klimaatbestendig en natuurinclusief aan te pakken. Er is snel kennis nodig om de bouwsector hierin te ondersteunen.
- Woningcorporaties bezitten veel vastgoed dat nu op grote schaal wordt verduurzaamd. Het meekoppelen van adaptatiemaatregelen en verg4oening biedt kansen om hele woningblokken en wijken

leefbaarder en klimaatbestendig te maken. Ook kunnen corporaties een rol spelen om hun huurders te helpen bij het vergroenen van de tuinen
- Verzekeraars hebben groot belang bij waterrobuuste en klimaatbestendige maatregelen in stedelijk gebied en zijn in toenemende mate geïnteresseerd in de waarde van groen in de stad ten behoeve van het voorkomen van wateroverlast, maar ook de bijdrage aan gezondheid.
- Pensioenfondsen/investeerders kunnen voorzien in nieuwe verdienmodellen door bij hypotheken ook de waarde van de naburige omgeving of wijk te betrekken en mogelijkheden te bieden om wijken grootschalig te vergroenen en wateropvang en hergebruik te bevorderen.
- Bedrijven(terreinen): Industrieterreinen vergroenen en wateropvang en hergebruik bevorderen.

C.4 Verbeteren waterkwaliteit

Doel

Inzet van dit MMIP is om in 2030 de waterkwaliteitsdoelen van de Kaderrichtlijn Water te bereiken. Ondanks dat de waterkwaliteit de laatste jaren is verbeterd, is het bereiken van de ecologische en chemische waterkwaliteitsdoelen van de Kaderrichtlijn Water (KRW) nog een omvangrijke opgave. De kwaliteit van lokale en regionale oppervlaktewateren en de daaraan verbonden grondwatersystemen staan als gevolg van klimaatverandering, verstedelijking, intensivering van landbouw en veeteelt en nieuwe opkomende stoffen onder druk. Een goede waterkwaliteit is bovendien een belangrijke randvoorwaarde voor de realisatie van een klimaatbestendig waterbeheer.

Binnen de zes missies binnen Landbouw, Water & Voedsel wordt vanuit verschillende invalshoeken (bijvoorbeeld kringlooplandbouw, duurzame glastuinbouw, stedelijk gebied, landelijk gebied, grote wateren) kennis ontwikkeld om emissies te beperken en de waterkwaliteit te verbeteren. Wat ontbreekt is een integrale benadering: systemen hangen met elkaar samen, om echt het benodigde verschil te gaan maken op het gebied van waterkwaliteit is een gezamenlijke aanpak nodig.

Dit MMIP is geformuleerd onder missie C om met extra focus en massa te werken aan de benodigde kwaliteitsverbetering van lokale en regionale watersystemen. Het beoogt kennis en innovaties te ontwikkelen om de ecologische - en chemische toestand van het (inte-

grale) watersysteem beter te kunnen duiden, scenario's voor de toekomst te kunnen construeren, en in te zetten in het bepalen van strategie om de waterkwaliteit te verbeteren en te borgen. Daarnaast richt dit MMIP zich op het ontwikkelen van technologische oplossingen als de 'zuivering van de toekomst': veelal decentrale zuiveringstechnologieën om emissies en van nutriënten, gewasbeschermingsmiddelen, (dier)geneesmiddelen en opkomende stoffen naar het watersysteem te beperken, nutriënten terug te winnen, en benutten en stimuleren van het oplossend vermogen van het water- en bodemsysteem.

Deelprogramma's

Dit MMIP onderscheidt vijf deelprogramma's:

1. Waterkwaliteit - kaderstelling en monitoring
2. Emissiebeperking huishoudelijk afvalwater en stedelijke diffuse bronnen (zie ook MMIP C3)
3. Ketenaanpak industrie – naar nul emissie
4. Zuiveren en ketenaanpak land- en tuinbouw (zie ook MMIP A1, A2 en B4)
5. Alternatieve bronnen en zuiveringstechnologie voor klimaatbestendige drinkwatervoorziening

Prioriteiten

- Zuivering van de toekomst: Voor de korte termijn is het belangrijk om de vraag te beantwoorden met welke (decentrale) zuiveringstechnologische maatregelen we specifieke stofgroepen kunnen verwijderen, dan wel generieke chemische parameters kunnen verbeteren, zonder ongewenste neveneffecten en rekening houdend met toekomstige ontwikkelingen en opkomende stoffen. Daarnaast wordt aandacht besteedt aan methoden om duurzaam en extensief te zuiveren, en waarbij de natuurlijke zuivering in het water- en bodemsysteem wordt benut en gestimuleerd.
- Risicogestuurd monitoren: Om de waterkwaliteit op lange termijn te borgen is het van belang om relevante bedreigingen voor de waterkwaliteit te kunnen herkennen en het risico inschatten, gezien het grote aantal stoffen dat in de waterketen kan belanden. Dit betekent dat evaluatie op basis van een beperkt aantal standaard (wettelijk voorgeschreven) parameters een beperkt beeld geeft van de waterkwaliteit. Een passende monitoringstrategie, modellering van verspreiding en robuuste risico-evaluatie vraagt om integrale technieken om de aanwezigheid van (mengsels van) stoffen te signaleren, en kennis om deze resultaten te kunnen interpreteren, prioriteren en duiden.

- Microbiële kwaliteit: Ook is er meer aandacht nodig voor de microbiële kwaliteit van watersystemen. Antibiotica-resistentie, kwaliteit van het zwemwater en riooloverstorten zijn hierbij belangrijke aandachtsgebieden

Inleiding

Ondanks dat de waterkwaliteit de laatste jaren is verbeterd, is het bereiken van de ecologische en chemische waterkwaliteitsdoelen van de Kaderrichtlijn Water (KRW) nog een omvangrijke opgave. De kwaliteit van lokale en regionale oppervlaktewateren en de daaraan verbonden grondwatersystemen staan als gevolg van klimaatverandering, verstedelijking, intensivering van landbouw en veeteelt en nieuwe opkomende stoffen onder druk. Een goede waterkwaliteit is bovendien een belangrijke randvoorwaarde voor de realisatie van een klimaatbestendig waterbeheer. Waterhergebruik en kringloopsluiting zijn alleen mogelijk als de waterkwaliteit voldoet aan de gestelde kwaliteitseisen vanuit de drinkwatervoorziening, natuur en land- en tuinbouw, danwel dat het gezuiverd wordt tot aan de gestelde eisen.

De doelstelling van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) is het bereiken en beschermen van een goede ecologische en chemische toestand van het oppervlaktewater en grondwater. Uiterlijk in 2027 moeten de maatregelen zijn genomen die resulteren in de goede toestand. Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) laat in haar rapport "Waterkwaliteit nu en in de toekomst" zien dat de waterkwaliteit in grote delen van het land de afgelopen jaren is verbeterd, maar dat de verbetering stagneert en niet leiden tot het bereiken van de gewenste toestand in 2027. Het PBL geeft in dit rapport aan dat een slimme combinatie van maatregelen nodig is om de doelen alsnog te halen.

Het herkennen en inschatten van relevante bedreigingen voor de waterkwaliteit van grondwater en oppervlaktewater en het beschikbaar hebben van doelmatige en efficiënte zuiveringstechnologie zijn, gezien het grote aantal stoffen dat in de waterketen kan belanden cruciaal voor het waarborgen van de chemische waterkwaliteit nu en in de toekomst. Dit betekent dat evaluatie op basis van een beperkt aantal standaard (wettelijk voorgeschreven) parameters een beperkt beeld geeft van de waterkwaliteit. Met de huidige kennis en toekomstige ontwikkelingen lijkt deze benadering in de toekomst niet meer houdbaar. Een passende monitoringstrategie, modellering van verspreiding en robuuste risicoevaluatie vraagt om integrale technieken om de aanwezigheid van (mengsels van) stoffen te signaleren, en

kennis om deze resultaten te kunnen interpreteren, prioriteren en duiden. Op deze wijze kan invulling gegeven worden aan risico gestuurd monitoren.
Daarnaast zijn er niet zondermeer integrale, robuuste zuiveringstechnologische maatregelen beschikbaar voor de productie van drinkwater of voor de behandeling van rioolwaterzuiveringseffluent of restwaterstromen waarmee verwijdering van specifieke stofgroepen, dan wel verbetering van generieke chemische parameters, kan worden verkregen zonder ongewenste neveneffecten (geconcentreerde afvalwaterstromen, (eco)toxische nevenproducten, hoog energieverbruik en CO2-emmissies, hoge zuiveringskosten). Zuiveringsinstallaties worden gebouwd voor een lange levensduur, en daarmee zijn plantermijnen van >20 jaar geen uitzondering. De vraag hoe de zuivering van de toekomst eruit moet zien, is dus een vraag voor de korte termijn.

Wat beoogt het MMIP?

Doelstellingen MMIP

Dit MMIP beoogt kennis en innovaties te ontwikkelen om de ecologische - en chemische toestand van het watersysteem beter te kunnen duiden, scenario's voor de toekomst te kunnen construeren, en in te zetten in het bepalen van strategie om de waterkwaliteit te verbeteren en te borgen. Voor het herkennen van risico's en hoe deze zich ontwikkelen in het watersysteem, zal risicogesttuurde monitoring en modellering verder ontwikkeld worden.. Bij het bepalen van de waterkwaliteit wordt nu een beperkt aantal stoffen gemeten waar een waterkwaliteitsnorm voor bestaat (target screening). Dit MMIP richt zich op het verder ontwikkelen van non-target screening, waarbij een completer beeld wordt verkregen van de aanwezigheid en concentratie van milieuvreemde stoffen, opkomende stoffen en mogelijk afbraak- en omzettingsproducten. Er zijn nieuwe methoden nodig om de toxiciteit van een watersysteem te bepalen. Ontwikkeling van verschillende bioassays moeten naast de chemische analyses en stofspecifieke normen een aanvullend antwoord geven op de (combinatie) toxiciteit van het watersysteem. Ook is er aandacht voor de microbiële kwaliteit van watersystemen. Antibioticaresistentie, kwaliteit zwemwater en riooloverstorten zijn hierbij belangrijke aandachtsgebieden.
Daarnaast richt dit MMIP zich op het ontwikkelen van de 'zuivering van de toekomst': veelal decentrale zuiveringstechnologieën om emissies van nutriënten, gewasbeschermingsmiddelen, (dier)-ge-

neesmiddelen en opkomende stoffen naar het watersysteem te beperken, en nutriënten terug te winnen. Om de waterkwaliteit te verbeteren zal naast centrale zuiveringen (bijv. RWZI's, AWZI) meer aandacht nodig zijn voor decentrale en lokale zuivering van waterstromen uit de land- en tuinbouw en industrie. Dit kan zowel door ontwikkeling van specifieke zuiveringsapparatuur als door 'nature based solutions' (bijv. zandfiltraties, aquafarming), een combinatie van beiden en doorontwikkeling van methoden om duurzaam en extensief te zuiveren, waarbij de natuurlijke zuivering in het water- en bodemsysteem wordt benut en gestimuleerd.. De huidige intensieve landbouw in Nederland heeft een belangrijk effect op de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater. Het effect van het gebruik van GBM's en antibiotica in land en veeteelt zijn daar de oorzaak van. In veengebieden veroorzaakt de intensieve akkerbouw maaivelddaling door veenoxidatie. Het verdwijnen van het veen heeft ook effect op de grondwaterkwaliteit. Het veen fungeert als een barrière voor organische microverontreinigingen. De waterkwaliteit is structureel gebaat met het ontwikkelen van verdienmodellen waarbij de nadelen van de huidige manier van landbouw bedrijven worden weggenomen.

Het MMIP omvat:

- Ontwikkeling en toepassing van nieuwe meetconcepten, screeningstechnieken en early warning systemen om de waterkwaliteit te monitoren/bewaken (non target screening, sensoren, bioassays, immunoassays, 'passive sampling', flux-meters, isotoopbepalingen) zowel voor oppervlaktewater, grondwater als afvalwatersystemen;
- Verdieping van kennis over wat een ecologische en chemische goede toestand betekent (kaderstelling) in het licht van opkomende stoffen en nieuwe bedreigingen;
- Ontwikkeling en verdieping van kennis over de uitwisseling van stoffen tussen bodem, oppervlaktewater en grondwater, (biologische) afbraak- en omzettingsprocessen en de natuurlijke zuiveringscapaciteit en de toepassing daarvan in zuiveringssystemen;
- Versterken van de kennis over effecten van combinaties van stoffen op het ecosystemen, zowel aquatisch als de doorwerking daarbuiten;
- Het ontwikkelen en testen van maatregelen om de risico's van lozing, overdracht en blootstelling van antibioticaresistente genen via het watersysteem te verminderen;
- Het in kaart brengen van de aanwezigheid van micro-, nanomaterials en nanoparticles in het watersysteem (inclusief ontwikkeling

van meetmethoden voor nanoplastics), vastlegging en verspreiding en de risico's voor mens en dier;
- Het in kaart brengen van de impact van uitloging en aantasting van materialen in (regen)water (diffuse lozingen) en het onderzoeken van milieuvriendelijker alternatieven;
- Het ontwerp van ketenaanpakken inclusief technologische oplossingen om en schone en vervuilende waterstromen niet te mengen en de emissies van grote watergebruikers/lozers tot nul terug te brengen *(industrie, glastuinbouw, ziekenhuizen);
- Onderzoek naar mogelijke calamiteiten (grote lozingen, verstoorde afvalwaterbehandeling, illegale drugslozingen), de impact daarvan op het watersysteem en maatregelen om de impact te beperken;
- Onderzoek en ontwikkeling van (decentrale) zuiveringstechnologieën voor de land- en tuinbouw, industriële - en , communale restwaterstromen waarmee verwijdering van specifieke stofgroepen (bijvoorbeeld persistente polaire organische stoffen, specifieke anorganische stoffen), dan wel verbetering van generieke chemische parameters, waarbij neveneffecten worden geminimaliseerd of zelfs worden verwaardigd, ontwikkeling van 'nature based solutions' (zandfiltraties, aquafarming, constructed wetlands etc.) en/of combinaties, verwerking van reststromen die ontstaan bij zuiverings-/scheidingstechnologieën (bijv. membraanconcentraat), duurzame extensieve methoden en methoden waarbij de natuurlijke zuivering in het bodem- en watersysteem wordt benut en gestimuleerd.

Deelprogramma's en fasering

Lopend of recent afgesloten projecten en programma's

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3** (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	**Ontwikkelfase TRL 4-6** (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	**Demonstratiefase TRL 7-9** (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	**Implementatiefase** (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma 1: TKI Watertechnologie - Resource efficiency				
Efficiënter omgaan met natuurlijke hulpbronnen door middel van kringloopsluiting	• Vlokmiddelen uit actieve slib maken • Zero liquid discharge technieken ontwikkelen	• Bioplastics uit afvalwater produceren • Eiwit uit afvalwater produceren • Humuszuren uit oppervlaktewater winnen • Regeneratiezouten hergebruiken eigen proces	• Fosfaatterugwinning uit ijzerhoudend slib • Humuszuren uit grondwater winnen • Energie uit water: Blue Energy, Aquathermie, • Microbiële brandstofcellen • Grondstoffenfabriek	• Kalkkorrels uit ontharding van drinkwater vermarkten • Regelgeving rond struviet • IJzer uit drinkwaterproductie vermarkten • Hergebruik poederkool voor effluentzuivering
Deelprogramma 2: TKI Watertechnologie – Smart water systems				

Geavanceerde sensor/ICT technologie en/of geïntegreerde technologieën	• Next generation sequencing	• DNA fingerprints	• Sensors in leidingnetten • Mobiele microbiologische DNA analyse	
Deelprogramma 3: Bedrijfstakonderzoek drinkwaterbedrijven				
		• Meten chemische drinkwaterkwaliteit met non target screening • Ontwikkeling van toxiciteitstesten, combinatietoxiciteit • Meten en verwijderen van opkomende stoffen • Voorkomen en risico's van antibioticaresistentie genen		
Deelprogramma 4: Zuiveringsplicht glastuinbouw				
		• Ontwikkelen van zuiveringstechnologieën voor glastuinbouw	• Praktijktesten in diverse pilots	• Beoordelingscommissie Zuiveringsinstallaties glastuinbouw (BZG) voor bedrijven

Kennis en innovatieopgaven

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3** (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	**Ontwikkelfase TRL 4-6** (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	**Demonstratiefase TRL 7-9** (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	**Implementatiefase** (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma 1: Waterkwaliteit - kaderstelling en monitoring				
Monitoren en risico-aanpak	• Concepten voor risicogestuurd monitoren • Risico's en monitoren van combinatietoxiciteit	• Doorontwikkeling integrale methoden zoals non-target screening en effectgerichte metingen, chemische fingerprint • Ontwikkeling en toepassing van bioassays • Ontwikkeling van waterkwaliteits beoordelingskader gebaseerd op non target screening, bioassays en microbiële kwaliteit • Verspreiding van verontreinigingen in tijd en ruimte, in het grondwater en oppervlaktewater, met meenemen van emissies, metingen, afbraak en transport	Testen nieuwe meetmethodieken in de praktijk en vergelijken met huidig meetmethoden	Implementatie van nieuwe meet- en beoorderlingsmethodieken in (wettelijk) kaderstelling
Opkomende stoffen	• Introductie en risico's van omzettingsproducten • Meten, voorkomen en risico's van nanoplastics	• Ontwikkeling van zuiveringstechnologieën voor verwijdering van nanoplastics uit water • Ontwikkeling van zuiveringstechnologieën		

	• Voorkomen en risico van persistente pathogenen in watersystemen • Overdracht antibiotica-resistente genen, ABR-hotspots • Combinatietoxiciteit, verdiepen van begrip op doorwerking toxiciteit in het systeem	om duurzaam en extensief te zuiveren, en waarbij de natuurlijke zuivering in het water- en bodemsysteem wordt benut en gestimuleerd		
Klimaateffecten	• Effect van weinig water en hoge temperatuur op de (ecologische) water-kwaliteit (beken, sloten, plassen) • Effect van droogte en veranderd onttrekkingsregime op de kwaliteit van grondwater, emissies van grondwater naar oppervlaktewater	• Algengroei en blauwalg: risico's, monitoren, interpretatie en modelleren • Remote sensing voor waterkwaliteit		
Deelprogramma 2: Emissiebeperking huishoudelijk afvalwater en stedelijke diffuse bronnen				
Robuuste afvalwaterzuivering	• Selectieve ab/adsorbentia voor medicijnen en medicijnresten	• Ontwikkeling van early warning systemen voor afvalwater en RWZI's • Ontwikkeling van thuis- zuivering voor medicijn(rest)en • Ontwikkeling van lokale decentrale zuiverings-systemen (technologisch/ biobased solutions)	• Schone Maas-water-keten • Project GOZOND water, verwijdering microverontreinigingen uit afvalwater • Valorisatie decentrale zuiveringssystemen	• Herziening van IE-stelsel (inwoner equivalent) met waterschappen. Ook andere stoffen belasten • Implementeren vierde zuiveringstrap RWZI en koppelen aan hoogwaardig hergebruik • Implementeren zuivering medicijn(rest)en bij ziekenhuizen
Scheiden van waterstromen	• Materialen voor selectieve verwijdering van stoffen	• Governance model en belemmeringen regelgeving in de waterkringloop • Effecten van uitloging en slijtage van materialen op de waterkwaliteit, alternatieve materialen, ontwikkeling preventiespoor voor waterkwaliteit bedreigende materialen • Verwerken van reststromen (zwart water, membraanconcentraat, etc.)	• Scheiden en zuiveren grijs water/zwart water • Optimale zwemwaterkwaliteit aantonen en promoten (city-swims)	• Gescheiden rioolstelsels als de nieuwe norm (gemeentes, waterschappen); vervangen gemengde stelsels, riooloverstorten versneld afkoppelen • Burger-/buurtinitiatieven voor afkoppelen/ vasthouden regenwater, palet van robuuste opties regenwateropslag
Deelprogramma 3: Ketenaanpak industrie – naar nul emissie				
Nul emissie	• Ontwikkeling van zero liquid discharge technieken met hoge efficiëntie	• Sensoren voor bewaking van emissies/lozingen industrie	• Waterkwaliteit voor cascadering zoetwatergebruik	• Lozingsvergunningen strenger/anders, tegengaan van cala-

	• Ontwikkeling van materialen en technologie waarmee efficiënt multivalente ionen gescheiden kunnen worden	• Ontwikkeling van integrale zuiveringsconcepten, waarbij oplossen van ene kwaliteitsprobleem niet downstream ander (zuiverings/lozings)probleem introduceert	• Boer bier water: risico's hergebruik effluent door subirrigatie (Lumbricus) • Eemshaven: hergebruik effluent in de industrie	miteiten als onderdeel van de vergunning • Bedrijven sterker stimuleren in schone productie & resource recovery
Deelprogramma 4: Zuiveren en ketenaanpak land- en tuinbouw				
Ketenaanpak	• Uitwisseling van stoffen tussen bodem, oppervlaktewater en grondwater • Toepassen van organische fracties uit waterketen voor verbetering bodem • Natuurlijke zuiveringscapaciteit: (biologische) afbraak- en omzettingsprocessen	• Ontwikkeling decentrale zuiveringstechnologieën voor bollenteelt (bollenteelt waterproof) • Verbetering van bodem en op maat gebruik van nutriënten • Meervoudige waardecreatie: landschappelijke kwaliteit en natuurlijke waterzuivering, nature based engineering	• Toepassing van druppel-fertigatie	• Alternatieve/duurzame financieringsmodellen (niet alleen de agrariër investeert)
Deelprogramma 5: Alternatieve bronnen en zuiveringstechnologie voor klimaatbestendige drinkwatervoorziening				
Alternatieve bronnen	• Wat is de interactie tussen decentraal hergebruik en centrale watervoorziening • Wat staat hoogwaardig hergebruik van effluent in de weg?	• Oost-NL: zijn er geschikte oppervlakte wateren en hoe omgaan met concentraatlozingen? • West-NL: is brak grondwater/oppervlaktewater een alternatief? • Benutten van opslag van water in de ondergrond om zoetwater van goede kwaliteit beschikbaar te hebben	• Regenwater hergebruiken	• Stimulering beperken grondwatergebruik (grondwaterbelasting maakte spoelwater-hergebruik rendabele) • Regulering decentrale systemen
Innovatieve zuiveringstechnologie	• Chemische en hydrologische modellen die voorspellen hoe nieuwe, opkomende stoffen verspreiden en worden verwijderd	• Ontwikkeling van integrale zuiveringsconcepten • Ontwikkeling van zuiveringstechnologieën om duurzaam en extensief te zuiveren, en waarbij de natuurlijke zuivering in het water- en bodemsysteem wordt benut en gestimuleerd.	• Robuustheid bestaande zuiveringen voor nieuwe stoffen worden regelmatig uitgevoerd	

Positionering MMIP

Cross-overs

Dit MMIP heeft interactie met KIA Circulaire Economie en MMIP's A1, A2 B4 en C3 binnen de KIA Landbouw, water en voedsel.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

- Sterktes: Nederland heeft een sterke kennisbasis met betrekking tot waterkwaliteit. Het drinkwater in Nederland zo goed dat het

zonder te chloreren veilig en gezond kan worden gedronken. De Nederlandse drinkwaterbedrijven hebben hiermee internationaal een erkende positie. Door de ontwikkeling van nieuwe meetmethoden zijn we in staat om milieuvreemde stoffen in zeer lage concentraties te meten (non target screening). De ecologische sleutelfactoren geven een uitstekend handvat om aan de juiste stuurknoppen te draaien. Met de Kennisimpuls Waterkwaliteit wordt de kennispositie verder verstevigd.
- Zwaktes: Implementatie van kennis naar de praktijk. Door de grote toename van het aantal milieuvreemde stoffen de waterkwaliteit in de loop van de jaren complexer geworden (toename aantal milieuvreemde stoffen, combinatietoxiciteit, wat is ecologisch gezond water?). De normering van het watersysteem blijft achter bij deze ontwikkeling.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's
- Delta-aanpak Waterkwaliteit en Kennisimpuls Waterkwaliteit
- Waterbeheersplannen waterschappen
- Nationale Wetenschapsagenda (Blauwe route)

Strategie internationaal
De kennisontwikkeling binnen dit MMIP staat met name in het licht van de doelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn Water. Kennis en oplossingen kunnen worden gebruikt door de EU in Technical Guidances.
Wat betreft de export en vermarkting van watertechnologische kennis worden door de watertechnologiebedrijven de beste toekomstkansen gezien op het gebied van afvalwater, gevolgd door watervoorziening en op afstand waterbeheer (Panteia, 2018). De meeste kansen voor de export van watertechnologie-activiteiten zien de bedrijven in de ons omringende landen Duitsland, België en het Verenigd Koninkrijk en daarnaast in de Verenigde Staten en China.

Innovatiesysteem en consortiumvorming
De afgelopen jaren zijn er onder TKI (Watertechnologie) verschillende projecten uitgevoerd waar technologiebedrijven, onderzoeksinstellingen en overheid samen met eindgebruikers nieuwe technologieën hebben ontwikkeld die nu in de praktijk worden toegepast. Waterbedrijven en waterschappen vervullen daarbij in veel gevallen de rol van launching customer.

Een voorbeeld zijn de zuiveringstechnologieën die voor de glastuinbouw zijn ontwikkeld waarmee de sector voldoet aan de zuiveringsplicht met als resultaat een reductie van emissies van gewasbeschermingsmiddelen naar grond- en oppervlaktewatersysteem.
Waterkwaliteit is een onderwerp waar zowel centrale als decentrale overheid mee te maken hebben. Samenwerking tussen overheden, tussen sectoren en tussen instituten staat centraal.

D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel

D.1 Waardering van voedsel

Samenvatting
In het thema Waardering van voedsel, staan de drie thema's centraal: waardering, vertrouwen en verspilling.
In ***Waardering*** wordt beoogd dat consumenten en actoren in het voedselsysteem voedsel waardering en respect hebben voor grondstoffen en hulpstoffen, voor het voedselsysteem en alle actoren, die daarin zitten, voor in Nederland geproduceerd voedsel en dat aandacht is voor externe (maatschappelijke) kosten van voedselproductie. Als hier sprake van is kunnen ondernemers een eerlijke prijs en verdienvermogen realiseren. Dit verdienvermogen is de basis voor investeringen in het voedselsysteem op het terrein van duurzaamheid, behoud van biodiversiteit, het sluiten van kringlopen en reduceren van voedselverliezen. Tevens bevat dit thema onderzoek een adequate beprijzing van externe effecten (groene diensten), een versterking van de positie van de boer in de keten, en de adressering van zowel maatschappelijke als consumenten behoeften op het gebied van duurzaamheid. Omdat beoogd wordt een transitie van het voedselsysteem te realiseren, wordt ook uitdrukkelijk design thinking ingezet om vorm te geven aan de verandering. Inzet is de consument te empoweren om in zijn eigen leven en werken in te grijpen op grond van eigen individuele waarden en eigen context. Niet door een opgelegde norm, maar juist de (subjectieve) eigen keuze.
In het thema ***Vertrouwen*** staat het vergroten van het vertrouwen in het voedselsysteem en in onderzoek naar voedsel centraal. Voedselexperts en influencers buitelen over elkaar heen in wat nu goed is en wat niet en men spreekt elkaar geregeld tegen. In dit thema wordt onderzoek gedaan naar wat nodig is om het vertrouwen van de burger en andere actoren in het voedselsysteem en onderzoek op het gebied van voedsel te herwinnen, zoals welke vorm van informatie

eenduidig en betrouwbaar is en aansluit bij de kennis en behoeften van verschillende consumentengroepen.
Het tegen gaan van ***Voedselverspilling*** in de keten tot en met de consument levert een belangrijke bijdragen aan de transitie naar circulaire voedselproductie, waarin voedselzekerheid is geborgd en de effecten van klimaatverandering gemitigeerd worden. Voedselverspilling bij consumenten tegengaan vereist een duurzame gedragsverandering, waarbij de waardering van voedsel, handelingsperspectieven en de positieve sociale norm centraal staan. In de keten is het van belang verliezen en verspilling te voorkomen, te verminderen en onvermijdbare zij- en reststromen beter tot waarde te brengen. Dit vergt een systemische aanpak per actor in het voedselsysteem. Prioritaire subthema's zijn: de vereiste gedragsverandering van de consument, het gebruik van voedselreststromen voor diervoer, de relatie tussen houdbaarheid en verpakkingen en het toepassen van datificatie en slimme sensoren.

Wat beoogt het MMIP?
De missie van dit MMIP is drieledig:
- Waardering van voedsel te vergroten zowel conceptueel als financieel
- Vertrouwen in het voedselsysteem vergroten
- Voedelverspilling verminderen

In 2030 produceren en consumeren we gewaardeerd gezond en duurzaam voedsel en verdienen ketenpartners, inclusief de boer een eerlijke prijs" is een goed verdienvermogen essentieel Het nieuwe voedselsysteem met eerlijke prijzen voor alle actoren en met name de boeren moet er voor zorgen dat we weer vijftig jaar vooruit kunnen, door duurzaam te produceren, en kringlopen te sluiten. Gedrag van consumenten geeft vorm aan de noodzakelijke en gewenste verandering en bepaalt de behoefte aan producten die de voedselindustrie maakt. Daarvoor is het noodzakelijk om menselijk gedrag te begrijpen, te onderzoeken en te sturen (het pad van ontkenning via erkenning naar verkenning en handelen (en volhouden) op een dusdanige manier dat de consumenten de noodzakelijke transitie zelf vormgeven, begrijpen en uitdragen. Doel daarbij is om 'het nieuwe normaal' te creëren.
Tevens hebben consumenten en actoren in 2030 vertrouwen in voedsel en de actoren in het voedselsysteem en zijn consumenten in verbinding met voedselproducenten, vindt gelijkwaardige communicatie plaats en is verleiding in de keten gericht op gezonde en duurzame keuzes.

De inzet van het MMIP is om maximaal bij te dragen aan halvering van de voedselverliezen en voedselverspilling in 2030. Dit MMIP levert daarmee een belangrijke bijdrage aan de transitie naar een toekomstbestendig, circulair voedselsysteem, waarin voedselzekerheid is geborgd; de effecten van klimaatverandering worden gemitigeerd; biomassa beter en hoogwaardiger wordt benut; en de beschikbaarheid van biomassa voor andere toepassingen zoals veevoer en hernieuwbare materialen wordt vergroot. Dit MMIP past daarmee zowel in Missie D - Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel, als in Missie A Kringlooplandbouw.

Het MMIP omvat

De ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk (van reeds bestaande technieken) voor:

- Waardering van voedsel zowel conceptueel als financieel
- Vergroten vertrouwen
- Terugdringen verspilling

Doelstellingen MMIP

Doelstelling van dit MMIP is creatie van meerwaarde die ook vertaald kan worden in meerprijs.
En vergroting van het vertrouwen van consumenten en actoren in het voedselsysteem in elkaar en in het onderzoek op het gebied van voedsel. Door consumentenwaarden centraal te zetten en producentenwaarden in acht te nemen, kan doelgroepgerichte research en innovatie bedrijven helpen om meer rendement, meer waardering met verduurzaming en minder verspilling te realiseren.
Inzet is de voedselverliezen en de voedselverspilling in de keten t/m de consument in 2030 te halveren ten opzichte van 2015, waarmee een belangrijke bijdrage geleverd wordt aan de transitie naar een toekomstbestendig voedselsysteem, waarin voedselzekerheid is geborgd en de effecten van klimaatverandering gemitigeerd worden.

Deelprogramma's en fasering innovatietraject MMIP

Deelprogramma	**Onderzoeksfase** **NWO / KB**	**Ontwikkelfase** **PPS**	**Demonstratiefase** **PPS**	**Implementatiefase** **Valorisatie**
Waardering voedsel				
Lopende projecten AF 81041 Naar gezonde en duurzamere winkels AF18060 Transparant gezond en duurzaam				

AF16101 DATA-FAIR: value creation by data sharing in agri-food business

AF16106 Food Value and Impact

AF-16140 Continuous improvement of sustainability of all agro-products sold in the Netherlands

AF... Trusted source

AF 12007 Verwaaarden en verduurzamen

AF12227 The Sustainability Consortium

TU 18037 Sleutelprocessen in productie van plantenstoffen voor food, farma en exoten

TU 18044 Effectief groen voor klimaatadaptie in de stad

TU 18047 Business case planten voor prima binnenklimaat

TU 18111 De waarden van groenten en fruit

KV1604-032 Developing stronger and better – tasting mushroom with unique features

KV1605-096 Food Value and Impact

KV1406-071 New business met groene en hoogwaardige plantenstoffen

KV1409-039 Nieuwe gewassen voor Voeding en Farma

KV1310-076 Optimale fruitkwaliteit voor keten en consument

H 283 Smakelijke vermarkting groenten en fruit

BO programma Transitie naar duurzaam en gezond voedselsysteem

Deelprogramma	**Onderzoeksfase** **NWO / KB**	**Ontwikkelfase** **PPS**	**Demonstratiefase** **PPS**	**Implementatiefase** **Valorisatie**
Transitie naar een op waarden gebaseerd voedselsysteem	Aangrijpingspunten voedselsysteem voor een duurzamer, gezonder en circulair of andere relevante waarden gebaseerd voedselsysteem Visie ontwikkeling op het voedselsysteem	Sociale acceptatie van een waarden gericht voedselsysteem Verbinding waarden van verschillende bedrijven in verschillende sectoren	Ontwerp waarden gebaseerd systeem Stimuleren diversificatie in het voedselsysteem	Promotie campagnes
		Ontwikkeling van mechanismen om onbewuste keuzes voor waarden gebaseerd te kopen, gebruiken en weggooien van voedsel	Interventies om onbewuste keuzes te gebruiken in toename waardenbeleving	In-store bevorderen van producten met meerwaarde
		Gedragsinzicht wanneer de beste keuze verleidelijk wordt.	Gedragsverandering van de goedkoopste keuze naar de beste keuze Hoe ga je van het huidige systeem naar een toekomstbestendig systeem?	Promotie campagnes
Gedrag en empowerment in design thinking	Onderzoek naar voorspellende modellen over adoptie door gebruikers/consumenten waarin theorieën gedragseconomie, psychologie en marketing worden gecombineerd en meetbaar gemaakt.	Methodes, mechanismen en technieken voor beïnvloeding en gedragsverandering Beïnvloedingsprincipes Vs volhouden van gedrag Persoonlijkheidsmodellen	Experimenteren in real life situaties met inzet van instrumenten in interventies als: Persona's Interventies Nudging Tools voor monitoring en meting Validatie	Communicatiecampagnes Gamification / Games Digital agencies

	Personalisering (one size does not fit all) Ethiek in beïnvloeding voorbij homo economicus Tools voor individueel en collectief handelingsperspec-tief Kennis over gedragsregulatie/ reguleren van angst	Invloed van personalisering Data-enabled design	User experience / user interface / mens - machine Gamification Loyalty Field labs	
	Nudging voedselkeuzes: via presentatie aansluiten in point of choice settings bij psyche van de mens (projecten wink, hints, supreme nudge) Van nudging naar boosting: consumenten intrinsiek motiveren om andere keuzes te maken	Consumentengedrag: hoe consumptie van goederen en fruit bevorderen? Onderzoeken gedragsstrategieën in verschillende settings zoals supermarkt, kinderdagverblijf, school om duurzame en gezonde keuze de makkelijke keuze te maken		Toepassen van effectieve strategieën in verschillende settings zoals supermarkt, kinderdagverblijf, school om gezonde keuze de makkelijke keuze te maken.
	ICT en artificial intelligence voor het aantrekkelijk maken van gedrag (virtual agents voor ouderen in PACO project, gamification van gedrag in GOAL en PAUL project, gebruik van sensoren en feedback systemen zoals in Pride & Prejudice project.	Gezonde keuze stimuleren: wat werkt wel en wat werkt niet?		
Participatie en co-creatie vanuit design thinking		Informatie uit groepen halen Gezamenlijk achterliggen beland Stakeholder-analyses Brainstorming en snelle validatie Ontwerpmethoden Mapping, (match)making Data- analyse, denken in co-creatie en ecosystemen Transitie monitoring	(Context) mapping	Co-creatie
		Voedselvaardige burgers Gericht op versterken van competenties en vaardigheden om duurzaam en gezond te kunnen kiezen		
		Ontwikkeling tools waarmee consument snel inzicht krijgt in gezondheids- (en duurzaamheids) aspecten van voeding. Ontwikkeling van tools waarbij voorkeuren van consumenten worden meegenomen door verzorgenden (zorgsetting)	Validatie van consumententool en effect op keuzegedrag consument en gezondheid	Voorlichting gezonde voedingsmaatregelen Toepassen (consumenten) tools in de praktijk om keuzegedrag te beïnvloeden.

Waardering eerlijke prijs				
Lopende projecten AF 18051 Echte en eerlijke prijs duurzame producten AF 16205a Economische informatievoorziening AF 16205b Business & Policy Intelligence AF 15103 Nieuwe businessmodellen uitbreiding bio AF 14252 Farm digital: data delen voor duurzame ketens AF 14309 Nieuwe businessmodellen voor verbinding met consument en burger in biologische voedselketens AF 12085 Market Outlook and Intelligence KV 18104 Echte en eerlijke prijs duurzame producten KV1605-068 Market Intelligence Voedingstuinbouw 2.0 KV1310-039 Ontwikkeling voorspellend model aankoop tomaten Daarnaast is eerlijke prijs in vele ontwikkelingsstudies van Wageningen UR en andere partijen aan de orde geweest. Het gaat dan vooral om import tarieven, export tarieven, bulkprijzen in relatie tot levensstandaard in ontwikkelingslanden.				
Eerlijke prijs	Wat is eerlijk? Welke aspecten (economie, psychologie, historie,..) spelen een rol om een prijs/ beloning eerlijk of eerlijker te vinden? Hoe kan positie van zwakkere deelnemers verbeterd worden?	Onderzoek naar marges (lees winst) in gangbare versus meer duurzame ketens door ACM opgestart PPS echte en eerlijke prijs gestart Ontwikkeling van mechanismen/instituties die transparantie in de keten en inzichtelijkheid in bijdragen, kosten en beloningen van schakels in de keten verhogen; Ontwikkelen beloningsmodellen voor eco-systeemdiensten	ACM : inzicht in 6 -8 gangbare en 6-8 duurzamere ketens; 20 Casussen zijn voorzien Binnenlandse en buitenlandse experimenten zoals Tierwohl (Dld) en Plante-Proof (RFC); Voorbeelden van goede handels/beloningspraktijken	Living income / living wage Markttransparantie (Market outlook, Prijs- en marge-monitoring)
Echte prijs	Monetarisatie van externaliteiten om thema's vergelijkbaar te maken (true pricing / true cost accounting) Internationale Standaardisatie methodiek	PPS echte en eerlijke prijs gestart O.l.v. Transitiecoalitie voedsel (TCV) wordt programmatische aanpak van true pricing voorgesteld met handelingsperspectief voor alle stakeholders	Beprijzing externaliteiten The sustainability Consortium Aan de hand van casussen worden binnen PPS en TCV praktische toepassingen van true pricing door bedrijven en overheid uitgewerkt	Omzet duurzaam voedsel stijgt (zie monitor duurzaam voedel). Deel producenten schermen al met een true price (Eosta/ Tony Chocoloney)

Waardecreatie in de keten	Hoe kunnen maatschappelijke waarden en concerns worden ingepast in het waardecreatie-proces in aanbodketens? Hoe kan de verwaarding/ beprijzing van externe effecten op de meest efficiënte manier worden gedaan (gekoppelde be-	Analyse van publiek-private arrangementen voor prestatiebeloning m.b.t. milieu, klimaat, biodiversiteit en dierenwelzijns waarden (eco-schema's; puntensystemen)	Pilotprojecten zoals Samenwerkingsproject Friesland-Campina en Natuurmonumenten om melkveehouderij milieuvriendelijker te maken. (Zie ook voorbeelden bij echte prijs)	FrieslandCampina Planet Proof-concept

	talingen, separate private en publieke beprijzing)?			
Vergroten verdienvermogen op het primaire bedrijf	Inzicht in bepalende factoren voor het verdienvermogen van op klimaateisen en circulaire landbouw gerichte agrarische bedrijven en voedselketens	Analyse van bedrijfs- en ketenscenario's van aan klimaat en circulariteitscondities aangepaste ketens	Beprijzing van positieve externaliteiten (agrarisch natuurbeheer / collectieven) Praktijkvoorbeelden Rondeel, Kipster, Bon & Bien	Eco-labelling van producten; oorsprong labelling (COOL) Certificaten zoals Fair trade
Ketenverkorting	Welke barrières m.b.t. initiatie en opschaling van korte ketens bestaan er en hoe zijn deze te slechten? Welke relatie bestaat er tussen verdienvermogen en duurzaamheids-performance van korte ketens?	Ontwikkelen van participatieconcepten en deelname arrangementen Analyse van innovaties in ICT en logistiek die korte ketens kunnen faciliteren	Opwaarderen succesvolle voorbeelden van korte ketens zoals, Willem & Drees, Heerenboeren etc.	Voorbeelden locale producten, stadslandbouw (vgl. Oosterwold ontkiemd), online verkopen??
Verbinden, communiceren en verleiden	Nieuwe concepten in verleiding, communicatie en educatie irt voedingsmiddelen Parameters voor ontwikkeling van een nieuwe eetcultuur Relatie voeding en gezondheid	Validatie nieuwe concepten in verleiding, communicatie met en over voedingsmiddelen Invloed van voedselomgeving op voedselkeuzegedrag	Verbinding tussen ondernemers in het voedselsysteem en consumenten realiseren Communicatie tussen partijen op gang brengen Interventies waarin nieuwe communicatie concepten worden ingezet Interventies waarin relatie voedingskeuze en gezondheid wordt gelinked	Uitrollen van opgedane ervaringen

Deelprogramma	**Onderzoeksfase** **NWO / KB**	**Ontwikkelfase** **PPS**	**Demonstratiefase** **PPS**	**Implementatiefase** **Valorisatie**
Voedselverspilling				
Lopende projecten				
Terugdringen voedselverspilling bij consumenten	Gedragsverandering rond voeding en duurzaamheid, in relatie met andere voedsel prioriteiten (veilig, gezond, makkelijk)	- Wat de beste vorm van informatie/advies zodat gezonde/duurzame keuze gemaakt wordt? - Hoe leert men nieuwe voorkeuren aan? - Wat is de invloed van de omgeving en situatie op keuze voor gezond/duurzaam? - Hoe wordt gedrag (blijvend) veranderd? - Wat is de beste vorm van communiceren over houdbaarheid? - Hoe kan dataficatie en vision het meten van voedselverspilling efficienter maken?	- Praktijktesten rondom weggooigedrag - Nudging om duurzame (en gezonden) keuze te stimuleren. - Interventies om verspilgedrag te veranderen (praktische tips, omgeving, opvoeding, afvalverwerking, fysieke en digitale hulpmiddelen)	- Welke producten zijn geschikt en leveren resultaat? - Welke typen nudge zijn effectief voor gezonde/duurzame keuze? - Hoe komen voedselvaardigheden tot stand? - Wat is de rol van onderwijs en opvoeding?

Toename herdistributie van voedselbanken		- Inzicht in stromen, dataficatie, forecasting, big data, AI, logistiek - Barrières wegnemen in operationele model, inzicht in wettelijke barrieres	- Verspreiding van kennis tbv verbetering operationale vaardigheiden en (on)wettelijke mogelijkheden - Praktijktesten voor identificeren van nieuwe mogelijkheden (nationaal en regionaal)	- nationale uitwerking Europese richtlijnen voor donatie (EU Platform FLW)
Terugdringen van voedselverspilling in het out-of-home kanaal	Gebruik van voedsel reststromen voor diervoeder, Circulaire eco-feed keten voor verantwoorde productie van varkens, kippen en insecten45 Dataficatie, modellering, technologische innovatie Transparantie & controleerbaarheid	- Technologie (verhitting, fermentatie) i.r.t. voedsel- en dier-veiligheid, keten-ontwerp, LCA/LCC - Gescheiden inzameling, tracering & borging oorsprong surplus food - Nutritionele kwaliteit, vleeskwaliteit (premium) & diersysteem (conversie, vleeskwaliteit, dierwelzijn, verlaging antibioticagebruik) - Consumenten waardering (positionering, toegevoegde waarde vleeskwaliteit, circulair model) - Toepassen van AI, deep learning en computer vision voor sneller en goedkoper meten van verspilling in keukens (horeca, catering)	Op veilige manier grootschalig herintroduceren van verwerkte onvermijdbare reststromen uit o.a. catering/ horeca/ supermarkt keten als premium kwaliteit veevoer voor veehouderijsystemen.	- Stakeholder participatie & public affairs, EU-wetgeving - Bewustzijn vergroten bij keukenbrigades, praktische tips aan reiken, business case promoten. - Stimuleren van implementatie duurzame criteria
Deelprogramma	**Onderzoeksfase** **NWO / KB**	**Ontwikkelfase** **PPS**	**Demonstratiefase** **PPS**	**Implementatiefase** **Valorisatie**
		- Duurzaam inkopen, aanbesteden en procurement, trusted source, transparantie & controleerbaarheid		
Terugdringen van voedselverspilling in het retail kanaal	- Dataficatie, modellering, decision support, sensoren - Relatie houdbaarheid en verpakking - Duurzaam & gezond aanbod	- Hoe kan slimme voorspelling verspilling voorkomen, grip op derving naar inzicht in houdbaarheid, dynamisch beprijzen - Duurzame verpakkingen, impact op product en houdbaarheid, LCA/LCC	- Gecombineerde interventies tbv duurzaam & gezondere keuzes, personalisatie - Praktijktesten duurzame verpakkingsinnovaties	
Verwaarding en conversie van overschotten uit de keten	- Onderzoek naar optimale grondstof efficiëntie (gebruik rest- en bijproducten, total use) - Houdbaarheidsverlenging - Proces en product innovatie - Novel food dossiers, veilig gebruik reststromen in voederketen (o.a. insecten)	- Verbeteren van inzicht in reststromen en verwaardingsroutes - Dataficatie & modellering tbv decision support - Ontwerpen van marktplaatsen voor reststromen - Kwaliteit en veiligheid in de gehele keten - Proces controle en transparantie voor verbeterde functionaliteit en duurzaamheid	- Praktijktesten voor marktplaatsen van reststromen - Regionale aanpak en integratie in gehele keten - Praktijkonderzoek producten en processen voor duurzamer voedingspatroon - Houdbaarheid en kwaliteit duurzame producten in realistische praktijk - Functionele ingrediënten uit rest- en bijproducten (o.a. alternatieve eiwitten)	- Welke stappen zijn nodig voor implementatie van oplossingen? - Informatievoorziening en economische haalbaarheid, stimuleren van afzetmarkt. - Perverse prikkels wegnemen (o.a. subsidie op vergisting), circulaire landbouw principes stimuleren (import soja beperken, bodemverbetering) - Incentives creëren, financieringsmogelijkheden

[45] 'Circulaire eco-feed keten voor verantwoorde productie van varkens, kippen en insecten' geldt voor zowel de roadmap out-of-home als retail.

		- Ontwikkeling concepten voor houdbaarheids-verlenging (technologie, natuurlijke ingrediënten) - Duurzame verpakkingen, impact op product en houdbaarheid	- Praktijktesten duurzame verpakkingsinnovaties	
Terugdringen van voedselverliezen in de post-harvest keten	- Verbeteren van inzicht in huidige verliezen en mogelijke hogere verwaardingsroutes - Non-destructieve meetmethoden (NIR/VIS, XRT, THz, MRI, 2D/3D, ...) - Verbinding tussen stad en regio, afwegingskaders tussen verschillende modellen (korte ketens, circulair, lineair etc.)	- Ontwikkelen van efficiënte en effectieve methoden om verliezen te monitoren - Verbeteren van na oogst kwaliteit door veredeling - Welke (combinatie van) non-destructieve meettechnologieën kunnen een specifieke producteigenschap real-time meten, - Ontwikkelen van modellen om data te koppelen aan product eigenschappen - Total use concepten, met flexibele afspraken tussen ketenpartners tbv beter perspectief voor teler/boer.	- Praktijktesten efficiënt en effectief monitoren van verliezen - Voorspellen van kwaliteit en houdbaarheid (ketenbreed) - Inzichten toepassen voor last mile logistiek in stedelijke gebieden - Regionale aanpak en integratie in de hele keten, best practices valideren en onderbouwen	- Incentives creëren - Samenwerking tussen industrie en retail - Gemeenschappelijk landbouwbeleid

Positionering MMIP

Dit MMIP heeft interactie met alle sectoren in het voedselsysteem en alle MMIP's. Voor de MMIP Gezonde en duurzame voeding, MMIP Duurzame productie en de MMIP kringloop-landbouw vormen de uitkomsten van dit MMIP input. Dit is een MMIP dat overstijgend is omdat de resultaten van het sociaal economisch onderzoek voorwaardenscheppend is voor de andere thema's.

Het thema Waardering beoogt door middel van meer waardering bij consumenten en actoren in het voedselsysteem, door aan te haken op hun waarden en vertrouwen meerwaarde te creëren, die voor een iedere actor in de keten een goed verdienvermogen creëert. Hiermee wordt getracht van het huidige kostprijsminimalisatie model naar een waarden georiënteerd model te komen, die voor alle actoren in het voedselsysteem meerwaarde oplevert.

Verspilling valt deels onder Missie D - Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel, maar heeft ook een belangrijke cross-over naar Missie A Kringlooplandbouw, specifiek op subthema 3: het maximaal hergebruik van organische zij- en reststromen in de voedselketen. Dit MMIP heeft sterke dwarsverbanden met onder meer onderzoek naar consumenten-onderzoek bij duurzaam en gezond voedsel en de sleutel technologieën als dataficatie, big data, modellering, decision support, sensoren en non-destructieve meetmethoden.

Dit MMIP heeft interactie met de sectoren landbouw, tuinbouw, veeteelt, visserij, voedingsindustrie, retail en out-of-home en beoogt de

transitie naar circulaire voedselsysteem te versnellen. Daarnaast is er een sterke overlap met de creatieve industrie ten aanzien van het beïnvloeden van consumentengedrag. Dit is alleen mogelijk als een ketenbrede aanpak gekozen wordt waarin betrokken sectoren samenwerken en de consument minder gaat verspillen. Belangrijk is ook samenwerking met brancheverenigingen, ngo's en educatie. Op deze manier kunnen de gewenste ambities bereikt worden en innovaties daadwerkelijk geïmplementeerd worden.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

De Nederlandse landbouw is in de afgelopen vijftig jaar groot geworden door het kostprijsminimalisatiemodel, maar dat is op termijn niet houdbaar. Een ombuiging naar een beter verdienvermogen, duurzamere producten gebaseerd op meer waardering en vertrouwen is kansrijk en noodzakelijk. In deze transitie van een kostprijs georiënteerd voedselsysteem naar een waarden georiënteerd systeem is nog een grote slag te maken. Dit vraagt van alle actoren in de voedselketen een transitie in denken en handelen. Ook wordt er in de sector onvoldoende gebruik gemaakt van de principes van design thinking.
De Nederlandse agrifoodsector is mondiaal toonaangevend op het gebied van een efficiënte voedselproductie. Nederland is internationaal marktleider en heeft een sterke, innovatieve en hoogproductieve sector met een zeer efficiënte logistiek en verwerking. Onze kennisinstellingen zijn world-class en de publiek-private samenwerking tussen bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheden werkt goed. De ambitie in dit MMIP is om deze kennispositie en de positie van het bedrijfsleven te verbeteren en deze in te zetten voor een duurzaam toekomstbestendig voedselsysteem.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

- Missie Landbouw, Water, Voedsel
- Visie Landbouw, Natuur en Voedsel: Waardevol en Verbonden
- KIA's Topsectoren Agri & Food en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen
- Uitvoeringsprogramma Circulaire economie
- Sustainable Food Initiative
- Transitiecoalitie Voedsel
- Sustainable Development Goals en Food2030 goals
- Doelstellingen van het Nationaal Preventie akkoord
- Task Forces Sociale innovatie en Verdienvermogen

D.2 Gezonde voeding een makkelijke keuze

Samenvatting

Het **doel** van dit MMIP is om maximaal bij te dragen aan het produceren en consumeren van een gezonder en duurzamer voedselaanbod en het creëren van een gezonde, groene, leefomgeving, wat moeten leiden tot een gezond opgroeiende en ouder wordende populatie. Hierbij moet de gezonde keuze de makkelijke keuze worden.

Deelprogramma's

- ***Consumentengedrag voor gezonde en duurzame keuzes.*** Begrip van de psychologische processen die, via (on)bewuste keuze, leiden tot consumptie, kan gebruikt worden om instrumenten te ontwikkelen die meer duurzame en gezonde keuzen stimuleren.
- ***Producten en processen voor een gezond voedselaanbod.*** Het aanbod aan consumenten moet substantieel gezonder worden, door een verbeterde productsamenstelling (minder vet/zout/suiker, meer vezels), en een groter aandeel (verse) groenten en fruit in het voedingspatroon. Hiervoor zijn kennis en innovatie over ingrediënten, voedingsmiddelen, technologieën en (milde) processen nodig die leiden tot een groter aanbod van gezondere voedingsmiddelen.
- ***Relatie voeding en gezondheid gericht op gezond opgroeien en ouder worden.*** Inzicht in de gezondheidseffecten van voedingsmiddelen en -patronen helpt bij de preventie van obesitas en hart- en vaatziekten, en het bevorderen van darmgezondheid, cognitie en welbevinden/vitaliteit.
- ***Groene leefomgeving en gezondheid.*** Het ontwikkelen van woon/werk concepten voor een groene omgeving en meer keuze voor een groene omgeving, leidt tot het vergroten van positieve gezondheidseffecten en welbevinden.

Prioriteiten

Binnen dit MMIP ligt de prioriteit bij grotere programma's die meerdere deelprogramma's verbinden. Prioritaire onderwerpen zijn:

- Mogelijkheden om (on)bewust keuzegedrag van consumenten te sturen door veranderingen in de informatie rond voeding, in de omgeving of in economische parameters.
- Manieren om gezonde en duurzame innovaties te ontwikkelen in participatie en co-creatie met de consument zodat deze producten zijn afgestemd op toekomstige wensen en behoeften van consumenten, en daardoor geaccepteerd worden. De uitdaging zal zijn

de omslag te maken van verplichten naar verleiden, van moeten naar mogen en kunnen.
- Inzicht in relaties tussen ingrediënten, processing en functionaliteit om geherformuleerde producten te kunnen ontwikkelen
- Inzicht in en ontwikkeling van (milde) procescondities en technologieën voor behoud gezondheidsaspecten in (vers) voedsel en een breder aanbod van gezonde producten met betere houdbaarheid, veiligheid, gemak en kwaliteit
- Rol en effectiviteit van voedsel en voedingsmaatregelen in preventie en curatie van (chronische) ziektes, zoals obesitas (en co-morbiditeiten) en hart- en vaatziekten, en het bevorderen van darmgezondheid (incl. microbiota, gut-brain axis), cognitie en welbevinden/vitaliteit.
- Ontwikkelen van 'voeding op maat' (afhankelijk van behoefte per doelgroep en levensfase) en aantonen effectiviteit voor gezondheid en lange termijn compliance.
- Bij de vorige twee bullets is systeembiologie op het gebied van voeding en gezondheid een belangrijke sleuteltechnologie.
- Het programma De Groene Agenda, gericht op de positieve baten van een groene omgeving (zowel binnen als buiten gebouwen) op gezondheid en welbevinden.

Inleiding

Inzet van dit MMIP is om maximaal bij te dragen aan onderzoek om te komen tot het produceren en consumeren van een substantieel gezonder en duurzamer voedselaanbod en het creëren van een gezonde, groene leefomgeving zodat we gezond kunnen opgroeien en gezond oud worden. Hierbij moet de gezonde keuze de makkelijke keuze worden.

Hiervoor zal dit MMIP ingedeeld worden langs de **deelprogramma's**:
- Consumentengedrag voor gezonde en duurzame keuzes
- Producten en processen voor een gezond voedselaanbod
- Relatie voeding en gezondheid gericht op gezond opgroeien en ouder worden
- Groene leefomgeving en gezondheid/welbevinden.

Consumentengedrag voor gezonde en duurzame keuzes. Voeding die wordt geconsumeerd wordt veelal eerst, bewust of onbewust door consumenten gekozen. Begrip van psychologische processen (emotie, geheugen, leren, waarneming) die, via keuze, leiden tot consumptie kan gebruikt worden om instrumenten te ontwikkelen die duurzame en gezondere keuzes stimuleren. De (sociale) omgeving

waarin een consument verkeert en die haar/hem al of niet tot bepaalde keuzen verleidt speelt hierin een grote rol. Hetzelfde geldt m.b.t. de leefomgeving, die al of niet door de consument op een of andere wijze wordt gekozen (eigen tuin, kamerplanten) en gebruikt (parken, bossen). Voedseleducatie en -opvoeding is ook een belangrijk aandachtspunt alsmede de verschillen tussen groepen van consumenten bv. op grond van SES of cultuur.

Producten en processen voor een gezond voedselaanbod. Het aanbod aan consumenten moet substantieel gezonder worden, door een verbeterde productsamenstelling (minder vet/zout/suiker, meer vezels), en een groter aandeel (verse) groenten en fruit in het voedingspatroon. Hiervoor zijn voedingsmiddelen, technologieën en (milde) processen nodig die leiden tot een groter aanbod van gezondere en duurzame voedingsmiddelen.

Voeding en gezondheid. Voeding is een belangrijke manier om de gezondheid te verhogen of te handhaven zodat we gezond kunnen opgroeien en gezond ouder worden. Hiervoor is het noodzakelijk om inzicht te krijgen in de gezondheidseffecten van zowel nieuwe, duurzame en geherformuleerde voedingsmiddelen, alsook van vers voedsel en van voedingspatronen. Dit met name ter preventie van obesitas (en gerelateerde co-morbiditeiten) en hart- en vaatziekten, en het bevorderen van darmgezondheid, cognitie en welbevinden/vitaliteit. Voor een goede afstemming tussen voeding en gezondheid is het ook van belang te kijken naar specifieke behoeften per doelgroep en levensfase. Verder is het ontwikkelen van gestandaardiseerde meetmethoden om gezondheid te monitoren belangrijk en kan dit bijdragen de consument te motiveren tot het maken van gezonde keuzes.

Groene leefomgeving en gezondheid. Een groene, gezonde leefomgeving draagt bij aan het welbevinden van mensen die er wonen, werken, naar school gaan of herstellen en leidt tot een positief effect op de gezondheid. De consument kan ook zelf kiezen voor een groene of minder groene tuin. Door het ontwikkelen van integrale woon/werk concepten voor een groene omgeving kunnen gezondheidseffecten ervan worden bewerkstelligd. Voorts kunnen consumenten hun welbevinden stimuleren door zelf te kiezen voor groen (tuin, planten, bezoek aan parken/(voedsel)bossen, etc.).

Deze vier lijnen hebben een duidelijke relatie met elkaar om zo gezamenlijk de ambitie te realiseren. Ook heeft dit MMIP directe verbanden met MMIP D1 Waardering voor voedsel, MMIP D4 Duurzame en veilige verwerking en MMIPs in andere missies.

Wat beoogt het MMIP?

Doelstelling van dit MMIP is om in 2030 een substantieel gezonder voedselaanbod te hebben en een groene en gezonde leefomgeving waarin consumenten duurzame en gezonde keuzes maken zodat iedereen gezond kan opgroeien en gezond ouder kan worden. Het is dan belangrijk dat de consument weet waarnaar we op weg zijn en begrijpt hoe hij/zij een bijdrage kan leveren.

Gedrag van consumenten geeft vorm aan de noodzakelijke en gewenste verandering en bepaalt de behoefte aan producten die de voedselindustrie maakt. Daarvoor is het noodzakelijk om menselijk gedrag te begrijpen, te onderzoeken en te sturen (het pad van ontkenning via erkenning naar verkenning en handelen (en volhouden), op een dusdanige manier dat de consumenten de noodzakelijke transitie zelf vormgeven, begrijpen en (uit)dragen. Doel is daarbij het "nieuwe normaal" te creëren.

Inzet van dit MMIP is:
- Een gezonder voedselaanbod aan consumenten, zowel gericht op een toename van het aanbod van (verse) groenten en fruit als het verbeteren van de samenstelling van producten.
- Consumenten kiezen volgens de Schijf van Vijf.
- Gezond opgroeien en ouder worden:
    - Terugdringen overgewicht en voedingsgerelateerde chronische ziekten zoals diabetes en hart en vaatziekten.
    - Aandacht voor doelgroepen zoals jongeren, ouderen, kwetsbaren, lage SES (sociaal economische status).
    - Gezonde keuze is een makkelijke keuze.

Het MMIP omvat de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie, ontsluiting van kennis en kennisverspreiding, en maximale implementatie in de praktijk:
- teneinde de consument ertoe te bewegen gezondere en duurzamere keuzes te maken en te blijven maken,
- door de ontwikkeling van gezonde producten en processen zodat er een gezond voedselaanbod is,
- door het verhogen van het inzicht in effecten van voeding op de gezondheid, in het kader van een gezondere voeding passend in elke fase van het leven,
- om de balans tussen stad en groen te verbeteren en door het ontwikkelen van integrale woon-/werk-concepten voor een gezondheidsbevorderende leefomgeving.

Deelprogramma's en fasering

Lopend of recent afgesloten projecten en programma's

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma 1: Consumentengedrag voor gezonde en duurzame keuzes				
	AF-14265 -Voeding Slim Thuis (vh Food4Care); AF-14318-Carve; AF15211-COMBO: Consumer acceptance of Bio-based food packaging; AF15262-Personalized Nutrition and Health (PN&H); AF15291-Houdbaarheid Begrepen; AF15505-Sharp (sustainable diets); AF16003-The quantified consumer; AF16073-Groente als ingrediënt; AF16096-Smart food intake; AF16098-Gezonde schoollunch; AF16101-DATA-FAIR: value-creation by data sharing in agri-food business; AF16106-Food, Value en Impact; AF16140-Continuous Improvement of Sustainability of all agro-products; AF16193-voedseleducatie; AF16195-Food Sustainability Index; AF16201-MIP trusted source; AF-16205a-Economische Informatievoorziening; AF16205a-MIP EI; AF16205b-PPS Business Policy Intelligence; AF-17005-Breaking habits for the better ; AF-EU-14013-DIVERSIFY; AF-EU-15027 -SUSFANS; AF-EU-16001-Success; AF-EU-16007-Richfields; AF-EU-16008-Refresh; AF-EU-17014 -Diverimpacts ; AF-EU-17033-SIMRA; TU-1310-076-Optimale Fruitkwaliteit voor Keten en consument (KwaliFruit) ; TU-1406-031-Duurzame G&F-ketens (GreenCHAINge); TU-1406-101-Big T&U: Luisteren naar consument en keten ; TU-1409-009-Koepelprogramma Groen voor een gezonde leef-, woon- en werkomgeving ; TU-1409-011-Ecosysteemdiensten van boomkwekerijproducten / De waarde van bomen en andere vormen van groen in de stad ; TU-1409-012-Groen voor Grijs; TU-1509 026-Nieuwe snackgroenten voor nieuwe eetmomenten; TU-16007 (1605-054)-Ouders verleiden: groente en fruit op school			
Deelprogramma 2: Producten en processen voor een gezond voedselaanbod				
	AF15504 Smooth bite for all	AF14230 Novel anti-fungal solutions AF17014 Cultured AF17101 Protein Functionality AF17026 How low can you go AF18081 FLARE AF18042 Sprint AF18141 A View to a cell AF18124 Valorization licorice for antimicrobials	MIT-17005 Predictive Models for Complex Traits MIT 17004 Productie van Aphanizomenon flos aquae	
Deelprogramma 3: Voeding en gezondheid				
	AF 18012 Protein processing AF16012 IBSQUtrition AF16505 Perceived benefits AF 18142 Deep sequencing microbiota AF-18005 Synbiotics to restore microbiota AF16127 Infant Nutrition AF-16187 Fermented dairy foods AF16507 Healthy & sustainable diets AF 18069 Interindividuele variatie imuun-fitheid	AF15269 Future Proteins AF-16504 Plant protein & muscle AF16035 PhenFlex AF16505 Perceived benefits AF-16503 Protein prostate AF-18019 ATI & health AF15262 Personalised Nutrition and Health (PNH) AF-16501 Protein for endurance	AF16098 Gezonde school lunch AF16073 Groente als ingrediënt	

Deelprogramma 4: Groene leefomgeving en gezondheid				
	Van groen naar gezond. Werkingsmechanismen achter het positieve effect van groen op gezondheid en welbevinden Groene tuin een gezonde tuin	Groen voor grijs: groenconcepten voor een gezonde woon- en leefomgeving Ecosysteemdiensten van bomen en groen Groen in en om ziekenhuizen irt tot gezondheid patiënten, personeel en bezoekers Binnengroen en luchtkwaliteit in scholen en kantoren Groene gezonde studenten Effectief groen voor klimaatadaptatie in de stad	Toolbox groene gezonde stad Plantkampioen luchtzuivering Een gezonder binnenklimaat door planten Businesscase planten voor een prima binnenklimaat Prettig groen wonen	

Kennis en innovatieopgaven

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma 1: Consumentengedrag voor gezonde en duurzame keuzes				
consumenten-(voedsel)-psychologie	-werking van psychologische processen rond voeding (emotie, geheugen, perceptie, leren, keuze) -onbewuste processen in voedselconsumptie -gedragsverandering rond voeding en duurzaamheid -leren van ideeën/waarden rond voedsel/voeding	-wat is de beste vorm van informatie/advies zodat gezonde/duurzame keuze gemaakt wordt? -hoe leert men nieuwe voorkeuren aan? -wat is de invloed van de omgeving en situatie op keuze? -effecten van levenstranstiemomenten -verschillen tussen persoonlijkheidstypen	-praktijktesten om keuze naar gezond/duurzaam te sturen -nudging om gezonde/duurzame keuze te stimuleren -effecten van opvoeding/onderwijs -effecten van productaanbod, prijs, omgeving -Hoe komen voedselvaardigheden tot stand? -hoe wordt gedrag (blijvend) veranderd?	-welke producten zijn geschikt en leveren resultaat? -welke typen nudge zijn effectief voor gezonde/duurzame keuze? -Hoe kennis vergroten van opslag, bereiding, verspilling? -wat is de rol van onderwijs en opvoeding?
	-consumentengedrag en sensoriek tav herformulering -vervanging/verwijdering (vet, suiker, zout) -toevoeging (vezels, ...) -assortimentsverandering (herformuleren, vers)	-strategieën voor optimale vervanging/ toevoeging (niveaus, snelheid op markt) -lange-termijn effecten van 'geherformuleerde' producten -hoe en wanneer komt compensatiegedrag tot stand? -acceptatie/sensoriek van alternatieven voor 'verlaagde' en 'toegevoegde' producten en verspro-ducten -wat is de impact van keuzelogo's op consumentengedrag?	-wat zijn de belangrijke sensorische afwijkingen van vervangers? -is lange-termijn acceptatie te voorspellen door tests? -wat zijn de consumptie-hoeveelheden van 'verlaagde' producten? -wat zijn de barrières om vers te consumeren? -wat is het effect van informatievoorziening rond herformuleren?	-welke producten lenen zich voor compensatie en welke typen van compensatie werken? -welke 'verlaagde'/'toegevoegde' producten worden wel/niet lange-termijn geaccepteerd? -effecten van blootstelling aan vers

consumenten (voedsel)-sociologie	-werking van sociologische processen rond voeding -verschillen tussen (SES)groepen, culturen -effect van sociale omgeving	-effect SES, groep, cultuur op gezonde/duurzame keuze -effecten van armoedestress	-ontwerp interventies gericht op verschillende groepen -effecten van diverse maatschappelijke organisaties -hoe komen verschillende groepen tot gezonde/duurzame keuzen?	-wat is het effect van onderwijs en opvoeding? -hoe komt vertrouwen tot stand? -welke groepen maken welke typen keuzen?
	scares en hypes	-overzicht van voedselfobieën en –filieën -informatie over technologieën en hun acceptatie -angst voor nieuwe (voedings)technologie en ingrediënten	-informatie/transparantie m.b.t. technologieën en hun acceptatie -hoe verspreidt informatie zich (bv over het internet)? -kunnen voedselfobieën en –filieën worden voorkomen of voorspeld?	-wat zijn specifieke voedsel fobieën/-filieën? -welke technologieën zijn wel/niet acceptabel, in relatie tot informatie?
Deelprogramma 2: Producten en processen voor een gezond voedselaanbod				
producten en processen voor een gezond voedselaanbod	-onderzoek naar ingrediënten en processen voor gezonder voedingspatroon (vers, verbeterde samenstelling (minder zout, vet, suiker, meer vezel)) -inzicht in relatie tussen productsamenstelling en processing en gezondheid en kwaliteit van producten -onderzoek milde procescondities en technologieën voor beter behoud gezondheidsaspecten in (vers) voedsel - onderzoeken welke genen en pathways ten grondslag liggen aan houdbaarheid, gezondheid en smaak van producten van diverse gewassen.	-ontwikkeling van producten en processen met (verse) groente en fruit met betere houdbaarheid, veiligheid, gemak, kwaliteit -ontwikkeling modelconcepten voor herformulering -impact van product- en procesaanpassingen voor duurzaamheid en gezondheid op houdbaarheid en veiligheid -evaluatiemodel functionaliteit ingrediënten en processen voor duurzame en gezonde producten -reversed engineering aanpak voor gezond voedselaanbod -producten en processen voor een minder bewerkt voedselaanbod (minder fractionering, gebruik natuurlijke ingrediënten) - veredelen van gewassen met lang houdbare en hoogwaardige, smaakvolle producten	-praktijkonderzoek naar processen en producten (pilotschaal, ingrediënten, consument, out-of-home) -link met consumenten-acceptatie en sensoriek -ketenaanpak (primaire productie, internationaal) en economische haalbaarheid -economische haalbaarheid	-stimuleren van bedrijfsleven, inclusief start-ups tot ontwikkeling gezonde consumentenprocessen, inclusief keten en versproducten
Deelprogramma 3: Voeding en gezondheid				
gezondheidsaspecten in de transitie naar duurzame en	-inzicht in fysische/chemische eigenschappen van verschillende (dierlijke	-optimaliseren productsamenstelling/dieetsamenstelling voor een positief effect op gezondheid	-praktijkonderzoek naar effectiviteit van (nieuwe plantaardige) eiwitten, product- en	-advies rondom incorporatie plantaardige eiwitbronnen in voeding (beleid)

gezonde voeding	en plantaardige) eiwitten in relatie tot verteerbaarheid en biobeschikbaarheid -inzicht krijgen in effect van (nieuw) duurzaam voedsel, met name plantaardige eiwitten, op gezondheid (incl allergieën, gerelateerde macro-/micronutrient deficiënties) -effect van processing op gezondheidsaspecten (incl. vers vs. processed)	-opzetten high-throughput-screeningsmethoden om de gezondheidsaspecten van ingrediënten en producten snel te identificeren	dieetsamenstellingen op gezondheid -validatie screeningsmethoden met behulp van interventiestudies	-communicatie rondom duurzaamheid en gezondheidsaspecten van plantaardige eiwitten in voeding
preventie en curatie van voedingsgerelateerde (chronische) ziektes	-invullen kennislacunes ten aanzien van mechanismen die ten grondslag liggen aan relatie voeding en gezondheid, met name op het gebied van: obesitas en co-morbiditeiten, darmgezondheid (incl microbiota, gut-brain axis), 'inflammaging', hart- en vaatziekten, cognitie en welbevinden/vitaliteit. -inzicht krijgen in acute (bv welbevinden) en lange termijn effecten (bv obesitas, kanker) van voeding op de gezondheid en effect op maatschappij -roadmap maken met kleine stapjes die consument helpen tot een gezond eetpatroon te komen -identificatie nieuwe biomarkers die monitoren van gezondheid bevorderen	-ontwikkelen strategieën om voedsel/producten/dieet te optimaliseren voor zowel acute als lange termijn effecten op de gezondheid -ontwikkelen/ optimaliseren/standaardiseren meetmethodes en assays om gezondheid efficiënt te kunnen monitoren -ontwikkeling tools waarmee consument snel inzicht krijgt in gezondheids-(en duurzaamheids)aspecten van voeding. -opzetten screeningstools voor (high throughput) meten effect voedsel op gezondheid	-praktijkonderzoek naar effectiviteit voedingsmaatregelen en (veranderingen in leefomgeving) op de gezondheid; onderzoeken maatschappelijke impact, wat werkt en wat niet? -validatie meetmethodes in de praktijk en evalueren mogelijke impact op consumentengedrag -validatie van consumententools en effect op keuzegedrag consument en gezondheid	-communicatie gezonde voedingsmaatregelen (bv gezondheid ook meenemen in 'real price') -consument activeren tot implementatie gezonde voeding in dieet (zeker ook verse groente en fruit hierin meenemen) -toepassen monitoring (meetmethodes) en effect op gezondheid in praktijk -toepassen (consumenten) tools in de praktijk om keuzegedrag te beïnvloeden
voeding afgestemd op individu, doelgroep en levensfase (voeding op maat)	-inzicht krijgen in gezondheid en daaraan gerelateerde behoeften en deficiënties per doelgroep (bv obese, pre/postoperatief, lage ses, sporters) en levensfase (bv jong vs oud). -onderzoek naar verandermomenten in leven die invloed hebben op dieetveranderingen	-samenstellen voedsel/producten/-voedingspatroon/dieet op maat (individu en/of doelgroep) -ontwikkelen voedingsadvies op maat (individu en/of doelgroep) -ontwikkelen van dyi-tools zodat mensen zelf hun gezondheid en voedselinname kunnen monitoren	-praktijkonderzoek naar effectiviteit van voeding(sadvies) op maat; maatschappelijke impact en lange termijn compliance, wat werkt en wat niet? -demonstratie en evaluatie effectiviteit van diy tools om gezondheid/inname te monitoren en consument te motiveren tot gezonde en duurzame keuzes	-toepassing gezonde en duurzame voeding op maat (voor elke doelgroep en levensfase) om tot een betere samenleving te komen -implementeren diy tools om consumenten te activeren gezondere en meer duurzame keuzes te maken -gezondheidsaspecten van voeding voor

	-mogelijkheden tot monitoren gezondheid en voedselinname per individu of doelgroep -inzicht krijgen in factoren voor persoonlijk gezond en duurzaam voedingsadvies en leiden tot een lange termijn compliance			specifieke doelgroepen implementeren in beleidsmaatregelen
Deelprogramma 4: Groene leefomgeving en gezondheid				
groen in gebouwen (scholen, kantoren, zorginstellingen)		-ontwikkeling groenconcepten voor een gezond binnenklimaat en impact op de gezondheid -hoe kan groen in en om zorginstellingen optimaal worden ingezet voor de gezondheid van medewerkers en patiënten?	-productontwikkeling en demonstratie. -ontwikkeling groenconcepten op basis van de businesscases planten voor een prima binnenklimaat	
groen op- en aan gebouwen	-ontwikkeling eisen en criteria om 'groene duurzaamheid' te incorporeren in/klaar te stomen voor breeamsystematiek en andere duurzaamheidsschema's	-op basis van onderzoek breeam-eisen opstellen -evaluatie van groene daken en gevels op vlak van bijdrage aan wateropvang/ temperatuurregulatie, gezondheid en kosten van aanleg en beheer	-koppeling aan breeam productontwikkeling	
groen in de stedelijke omgeving (integratie)	-op welke wijze kan een groene inrichting integraal tegemoet komen aan gezondheid, klimaatadaptatie en biodiversiteit? -volgens welke mechanismen draagt groen bij aan een gezonde wijk? -typeren van planten op basis van verschillende ecosysteemdiensten en toepassingsgebieden, rekening houdend met verander(en)d klimaat	-ontwikkelen van richtlijnen en kengetallen en groene straatprofielen -rol betrokkenheid bewoners bij invulling en onderhoud -ontwikkeling straatprofielen (bestaande stad; nieuwe wijken) -welke verduurzamingskansen liggen er in de gehele keten mbt terugdringen gewasbeschermingsmiddelen; kansen voor biodiversiteit, vastleggen c, bijdrage aan gezondheid	-praktijkevaluatie van groene straatprofielen, kosten en baten (valorisatie) -integrale vergroening leefomgeving en samenwerking	evaluatie van de acties bij gemeenten en lokale initiatieven

Vanuit de Missie Sleuteltechnologieën is de volgende input aangeleverd:

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Personalised nutrition				

Dataficatie / Big Data / Modelleren / Digital twins		Onderzoeken hoe onafhankelijk en wetenschappelijk valide Digital Dietary Advice kan worden gegeven op basis van verzamelde gezondheidsinformatie / levensstijl (o.a. door steeds geavanceerde human sensoring) en modellen van kennis over interactie tussen voeding en gezondheid.		
Sensoren		Ontwikkeling nieuwe principes voor het niet-invasief meten van gezondheidsstatus (bijvoorbeeld via het 'slimme toilet').		
Non-destructieve metingen		Ontwikkeling nieuwe principes voor het niet-invasief meten van voedselinname, zowel via gedragsobservatie als biomarkers in het lichaam.		
3D food printing		Ontwikkelen van methodes voor het printen van gepersonaliseerde voeding met complexe structuren en functionele producteigenschappen.		

Positionering MMIP

Dit MMIP sluit ook aan bij de Missie Zorg en Gezondheid, waarin Voeding & Gezondheid en Groen & Gezondheid geagendeerd zijn in het kader van het Preventieakkoord. Tevens is er een relatie met de MMIP Creatieve Industrie, die zich richt op het creëren en implementeren van oplossingen. Deze oplossingen kunnen voortkomen uit (gezamenlijk) onderzoek onder dit MMIP D2. De MMIP 'Waardering voor voedsel' (D1), bevat ook raakvlakken met dit MMIP D2.
Dit MMIP heeft verder raakvlakken met de sectoren Landbouw, Tuinbouw, Gezondheidszorg, Voedingsindustrie, Water, Gebouwde omgeving en Creatieve Industrie, en beoogt een duurzaam en gezond voedingspatroon en dito leefomgeving te bevorderen. Dit is alleen mogelijk als een ketenbrede aanpak gekozen wordt waarin betrokken sectoren samenwerken, er een gezond en duurzaam voedselaanbod is, en de consument kiest voor een gezond/duurzaam voedselpatroon en een gezonde levensstijl in een gezonde leefomgeving. Belangrijk is ook samenwerking met NGO's zoals patiëntenverenigingen, scholen en belangengroepen. Op deze manier kunnen de gewenste ambities bereikt worden en innovaties daadwerkelijk geïmplementeerd worden.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven
De Nederlandse agrifoodsector is mondiaal toonaangevend op het gebied van een efficiënte voedselproductie. Nederland is internationaal marktleider en heeft een sterke, innovatieve en hoogproductieve sector met een zeer efficiënte logistiek en verwerking. Onze kennisinstellingen zijn world-class en de publiek-private samenwerking tussen bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheden werkt goed. De ambitie in dit MMIP is om zowel de publieke kennispositie te verbeteren, alsmede de positie van het bedrijfsleven, door publiek-private samenwerking, en deze in te zetten voor een duurzaam en gezond voedingspatroon en groengebruik.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's
- Missie Landbouw, Water, Voedsel
- LNV visie
- NWA
- Nationaal Preventieakkoord
- KIA's Topsectoren A&F, T&U, W&M en LSH, en Creatieve Industrie
- Akkoord verbetering productsamenstelling.
- Nationaal actieplan Groenten en Fruit
- Programma Jong Leren Eten
- Programma eerste 1000 dagen
- Programma DuurzaamDoor
- Programma Gezonde School, Alles is Gezondheid
- Uitvoeringsprogramma Circulaire economie
- Green cities for a sustainable Europe

Strategie internationaal
Nederland is internationaal goed ingebed in R&D netwerken (ETP's, JPI's (Healthy Diet for a Healthy Life) en onderliggende instrumenten) via zowel DG RTD als DG Agri in de EU. Hiermee is er een goede en uit te bouwen basis voor kennisontwikkeling en kennisdeling in internationaal perspectief. Inzet op verduurzaming en gezondheid moet leiden tot een gezondere bevolking, een duurzamer aanbod en een betere concurrentiepositie.

Innovatiesysteem en consortiumvorming
Publiek-Private Samenwerking is een kernbegrip in het Agridomein, in en met een wereldwijd leidende kennisinfrastructuur, een actief MKB en een fors aantal R&D locaties van grote bedrijven. In dit MMIP

wordt ingezet op stimulering van brede samenwerkingsvormen tussen de diverse partijen, kennisdisseminatie van de ontwikkelde kennis en toepassing van de resultaten. Sinds 2015 coördineert De Groene Agenda (consortium van groene sector en onderzoek) het onderzoek naar de effecten van een groene omgeving.

D.3 Veilige en duurzame primaire productie

Samenvatting
In 2030 produceren en consumeren we gezond, veilig en duurzaam voedsel en verdient de boer een eerlijke prijs. Voedselveiligheid en veiligheid voor omwonenden is een belangrijk vertrekpunt bij het produceren van voedsel. Dat betekent een nog betere beheersing van chemische en microbiële gevaren in voedsel en een transparante samenstelling van producten in verband met allergenen. Voor veiligheid omwonenden betekent dit vermindering van emissies zoals fijnstof, geur uit de veehouderij of risico's van gewasbeschermingsmiddelen voor omwonenden bij de open teelten. Voor de bestrijding van antibioticaresistentie en de bestrijding van zoönosen is een integrale One Health aanpak nodig waarbij de humane en veterinaire gezondheidszorg samenwerken en ook de interactie met het milieu wordt meegenomen. Tenslotte is een overgang naar integraal duurzame en emissiearme stal- en houderijsystemen nodig om de emissies van broeikasgassen, ammoniak, geur en fijnstof te verlagen of te voorkomen en daarmee risico's voor de gezondheid te verminderen. Daarbij gaat het ook om gezonde dieren die leven in goede omstandigheden en geen ongerief ondervinden. In stal- of houderijsystemen kunnen zij hun natuurlijke gedrag uitoefenen en krijgen ze zorg die tegemoet komt aan hun specifieke behoeften. Het uitgangspunt is dat houderijsystemen aan de behoeften van het dier worden aangepast. Voor de plantaardige sector 'open teelten' gaat het om de teelt van robuuste gewassen zowel voor de mens als diervoeder, met zo min mogelijk gewasbeschermingsmiddelen en andere schadelijke emissies naar milieu.

Het **doel** is productie van duurzaam, gezond, veilig en gewaardeerd voedsel middels een integrale aanpak.

Deelprogramma's
Er worden vier deelprogramma's onderscheiden:
1. Optimale diergezondheid en dierenwelzijn
2. Integrale verduurzaming van de dierlijke productie
3. Integrale verduurzaming van de plantaardige open teelten

4. Betere beheersing van voedselveiligheidsrisico's

Prioriteiten
De prioriteit richt zich op verdere ontwikkeling van snelle detectie van pathogenen en contaminanten. Voorts het samen met ondernemers doorontwikkelen van nieuwe stalsystemen, stimuleren en realiseren van best practices met speciaal aandacht voor de keuzes waar de ondernemer voor staat bij realisatie van integrale systemen door het aanbieden van managementopties.

Inleiding
De missie van D3 Veilige en duurzame primaire productie luidt: In 2030 produceren en consumeren we gezond, veilig en duurzaam voedsel en verdient de boer een eerlijke prijs.

Wat beoogt het MMIP?
Inzet van dit MMIP is voedsel dat duurzaam geproduceerd en geconsumeerd wordt en gezond en veilig is voor de consument. Dit vertaalt zich naar de volgende ambities:

1. Optimale diergezondheid en dierenwelzijn
   Via een aanpak waarbij het systeem zelf verstorende invloeden van buiten kan opvangen. Het aanpassen van het management aan de behoefte van het dier, door goede zorg verminderen van sterfte van jonge dieren, terugdringen van ingrepen, beperking van gebruik van medicatie en antibiotica, en beperking en verbetering van diertransport zijn onderdeel hiervan.
2. Integrale verduurzaming van de veehouderij
   Via het ontwikkelen en faciliteren van integraal duurzame houderijsystemen die positief bijdragen op alle facetten van kringlooplandbouw. Behalve optimalisatie van diergezondheid en dierenwelzijn maken ook het verbeteren van het leefklimaat voor mens en dier, bijdragen aan het sluiten van kringlopen en herstel van biodiversiteit, verminderen van emissies van broeikasgassen, ammoniak, geur en fijnstof en verminderen van verontreiniging van bodem, oppervlakte- en grondwater. Ook is er nadrukkelijk aandacht voor het verdienmodel van primaire ondernemers en de sturingsinstrumenten die daarvoor nodig zijn.
   Link naar missie A (brongerichte aanpak, invulling kringlooplandbouw) en B (vermindering emissies door stalaanpassing, uit mestopslag als ook via de pens van de koe in relatie met diergezondheid en –welzijn).
3. Integrale verduurzaming van de plantaardige open teelten
4. Betere beheersing van voedselveiligheidsrisico's

Via transparantie over samenstelling van producten, verminderen van de humane ziektelast veroorzaakt door voedsel gerelateerde ziekteverwekkers, een effectief signalerings- en bestrijdingssysteem voor nieuwe en opkomende voedsel veiligheidsgevaren.

Doelstellingen MMIP

De doelstelling van de missie is zorgdragen dat het voedsel van productie tot en met consumptie duurzaam geproduceerd is met een eerlijke prijs voor alle schakels in de keten. Voor de consument is transparant hoe het voedsel geproduceerd is, zijn de voedselveiligheidsgevaren beheerst en is de samenstelling van voedsel bekend. Dit vraagt een systeemverandering in de voedselproductie gericht op een integrale aanpak van duurzaam, gezond, veilig en gewaardeerd voedsel. Voorts draagt het voor dit onderdeel bij aan de doelstelling van de Versnellingsagenda Verduurzaming Veehouderij van LNV en de veehouderijsectoren.

Inzet van dit MMIP is ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk (van reeds bestaande technieken) voor de drie deelprogramma's die het MMIP omvat.

Deelprogramma's en fasering innovatietraject MMIP

De volgende drie deelprogramma's worden onderscheiden.

1. Verbetering gezondheid en welzijn dieren
    a. Signalering en detectie: ontwikkelen van systemen voor vroegtijdige signalering van ziekteverwekkers en afwijkingen in de diergezondheid.
    b. Weerbaarheid en preventie: ontwikkelen van weerbare dieren (genotypen, locatie etc.), preventiestrategieën voor infectieziekten en het ontwikkelen van best practices (o.a. gericht op reductie antibiotica gebruik, uitbraken, goede zorg voor jonge dieren en ingrepen) voor diergezondheid en dierenwelzijn op bedrijven en bij transport.
2. Integrale verduurzaming veehouderij
    a. Ontwikkelen van integraal duurzame stal en houderijsystemen en best practices voor integraal duurzame bedrijfsvoering in de veehouderij. Voor een brede adoptie is beslissingsondersteunende informatievoorziening naar primaire ondernemers cruciaal evenals het helder onderbouwen van het verdienmodel en de daarvoor benodigde sturingsinstrumenten (incentives).
3. Beheersing voedselveiligheidsgevaren

a. Signalering en detectie: Systemen voor detectie en voor vroegtijdige signalering van het optreden van voedselveiligheidsgevaren in de veehouderij en bij open teelten én voor een snelle afwenteling van deze gevaren.
b. Vermindering voedselveiligheidsrisico's in primaire plantaardige en dierlijke productie en in het circulaire voedselsysteem (kringlooplandbouw), en transparante productsamenstelling

De deelprogramma's en fasering van het innovatietraject MMIP zijn uitgewerkt in de volgende tabellen uitgewerkt naar de deelprogramma's met achtereenvolgens tabel 1 het lopende onderzoek en tabel 2 de kennis en innovatieopgaven (witte vlekken).
Voor de Versnellingsagenda Verduurzaming Veehouderij wordt momenteel vanuit de sectoren in overleg met LNV een toekomst ambitie/perspectief geformuleerd inclusief een kennis en innovatiebehoefte. Deze kennis en innovatiebehoefte zal later in onderstaande tabel 2 verwerkt moeten worden.

Deelprogramma's en fasering

Tabel 1. Lopend of recent afgesloten projecten en programma's

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatie-fase
Deelprogramma 1: Verbetering gezondheid en welzijn dieren				
1. Weerbare dieren (genotypen, locatie etc.)	- EU Healthy Livestock (WP increasing resilience in broiler chickens) - KB-29-007-005 Resilient livestock production: voorspellen, meten en beïnvloeden van veerkracht - BO-43-013.01-022 POWER-Welzijn en Resilience in de Europese Biologische Varkenshouderij. - Verbetering van de veerkracht in de veehouderij (NL Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek Aard- en Levenswetenschappen). KB37 gezond en veilig voedselsysteem - Firm Broilers en Carboclick: Hoe kan voeding de darmmicrobiota en immuunrespons van vleeskuikens beïnvloeden, met het oogmerk robuustere vleeskuikens te krijgen resp. spec gericht op compounds (CCC) met ook ontwikkeling van in vitro modellen.	- AF-18053 Familievoer(en): Transitie naar innovatief voerconcept voor zeugen met biggen - AF-16022 Breed4Food - AF-16200 Verkenning kalf bij de koe Biodiversiteit in de melkveehouderij: Investeren in veerkracht en reduceren van risico's. Rapport 2014-042 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen. - KB34 veerkracht-epigenetica en veerkracht microbioom		
2. Ontwikkeling best practices	-	- MIP gezonde mens en dier - BO-43-013.03 antibioticumproblematiek	- BO-43-013.01-005 Kennisont-	- Stoplichtensys-

op bedrijfsniveau (o.a. gericht op reductie AB gebruik, uitbraken en sterfte)		- AF18023 Reductie endotoxinen aan de bron - AF-17059 1H4F Biggen in transitie - AF-17060 1H4F duurzame beheersing van kiemgetal in geitenmelk - AF-16183 1H4F Lactatie op maat - AF015221 Duurzame Zuivelketen 2.0 - AF-152223 1H4F Vitaal en gezond kalf in een duurzame veehouderij - AF-15227 Integrale aanpak van preventie en bestrijding van Streptococcen suis infecties in de varkenshouderij - AF-15102 Biologische varkens zonder ingrepen - AF-14201 Robust broilers 4 Healthy Humans - AF-14210 1H4F Reduction ESBL's; Evaluation ESBL interventions - AF-14212 1H4F Chlamydia en respiratoire problemen bij pluimvee - Connected Animals; Sensoring in koeien om gezondheid te definiëren en monitoren.	wikkeling en kennisverspreiding weidegang. - EU project: I41Health: reductie van AMU en AMR op hooggebruik bedrijven dmv coaching veehouder. - Registratiesysteem antibioticagebuik in de veehouderij. - BO-43-013.01-014 Stappenplan krulstaarten. - Stalboekjes. - Kritische Succesfactor (KSF)-studies pluimvee, kalveren en varkens sector (GD, WUR). - H2020-RUR-2018-2020 DISARM - H2020-SFS-2018-2020 ROADMAP Rethinking Of Antimicrobial Decision-systems in the Management of Animal Production - Anihwa ERA-Net Pigwatch.	teem antibiotica aanpak veehouderij-bedrijven
Deelprogramma 2: Integrale verduurzaming veehouderij				
3. Ontwikkeling duurzame stalsystemen (voer, emissies, stalklimaat, dierenwelzijn, gezondheid)	- MIP Ontwerpen voor een gezondere pluimveehouderij	- AF-18096 Een gezond klimaat voor dier, mens en omgeving - AF-17021 Greenwell - AF-18091 Trager groeiende vleeskuikens: dierenwelzijn - AF-16182 Innovatief integraal houderijsysteem voor zeugen, biggen en vleesvarkens - AF-16053d LED-licht in de stal - AF-15234 Innovatieprogramma gezondheid en welzijn parkgehuisveste konijnen - AF-15257 Breeders in Balance - AF-18020 GrazeGuide - Amazing grazing	- Ontwikkelen en toepassen van emissie arme stalsystemen - Core organic FreeBirds (uitloop – parasieten – darmgezondheid leghennen)	-
4. Ontwikkeling verbeterd dierwelzijn op transport		- AF-16017 Verbeteren dierenwelzijn tijdens CO2 verdoven - AF-16185 1H4F Kansen voor het kalf in de keten		

		- AF-18086 Toekomstbestendig diertransport		
Alternatieven voor dierproeven		- AF-18070 Non-animal predictions of the behaviour of chemicals in the body		
5. Ontwikkeling methoden zuivering voor medicijnen, AB, etc. (zie ook c.o. C1)	- Geneesmiddelen en waterkwaliteit, RIVM, 2016	- Praktijkproef 'de Zoetwaterfabriek' - een vierde trap bij rioolwaterzuivering 'De Groote Lucht' in Vlaardingen -	- Proef verwijderen van medicijnen in afvalwater. - Rioolwaterzuivering Aarle Rixtel	
6. Ontwikkeling preventie-strategieën voor infecties (NCOH)	- One Health Approach to Infectious Diseases, NCOH - NWO studie genetica, voeding en gezondheid van landbouwhuisdieren - BEWARE : Ontwikkeling van early warning ssteem voor nieuwe Antimicrobiële resistentie in de veehouderij (ZONMW) - EU project: Healthy Livestock to tackle antimicrobial resistance (AMR) - MITAR : relatie tussen selectiedruk en evolutie van AMR (ZONMW)	- AF-18119 1H4F HEVentie: - AF-EU-17038 Program for Innovative Global prevention of Streptococcus suis - BO-43-013.04-010 VGO onderzoek naar beperking van emissies uit de geitenhouderij - The new EU One Health Action Plan against Antimicrobial Resistance (WUR-LTO) - KB-33 incentives voor diergezondheid - AF-18022 To control coccidiosisWUR/UU/Aeres - AF-17059 1H4F-Biggen in transitie - MTRLA-16116 Integrale aanpak voor detectie, preventie en bestrijding Coccidiose	- SMP-17005 Feasibility of sound animal-based welfare criteria for farmed pangasius and Atlantic salmon	
Deelprogramma 3: Voedselveiligheid en transparante productsamenstelling				
7. Systemen voor detectie en voor vroegtijdige signalering en afwenteling van voedselveiligheidsgevaren	- KB37-001 Healthy and Safe (2019-2022) - Early identification animal health and product safety issues	- AF-14225 Voorspellen mycotoxinen in granen - EU H2020 project "MyToolbox" (voorspellende modellen voor mycotoxine op Europese schaal) - KB-37-001-006 Emerging health risks and emerging food safety risks - AF-16138 Multi-analyt diagnostic methods to detect food pathogens - AF-16141 Rapid at line detection of environmental Listeria - TU-18019 Onderscheid Bacillus thuringiensis biocontrol stammen van Bacillus cereus sensu lato stammen in plantaardige producten	- Demonstratie / testen voorspellend systeem voor mycotoxinen in tarwe in Nederland naar de daadwerkelijke eindgebruiker (o.a. teler, overheid) met enkele telers	
8. Preventie, borging en verbetering voedselveiligheid in primaire schakels incl kringlooplandbouw		- AF-15220 Borgen veiligheid insecten - AF-14203 Beheersing Campylobacter pluimvee - TU18096 Rol van transmissieroutes water en mest bij besmetting van groente productiesystemen met humaan pathogenen		

		- KV1605-010 Ecofysiologisch gedrag en risicobeoordeling van de pathogeen Listeria monocytogenes in champignon productiesystemen - AF-14239 Veilig valorisatie slacht bijproducten		

Tabel 2 Kennis- en innovatieopgaven (witte vlekken); Deelprogramma's en fasering

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennis-verspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma 1: D2 Verbetering gezondheid en welzijn dieren – A. Signalering en detectie				
1. Ontwikkeling signaleringssystemen in veehouderij om ziekteverwekkers of risico's te signaleren (incl. One-Health)	- Fundamentele kennis ontwikkeling van een generieke detectie van veranderende omstandigheden die via ziekten of aandoeningen leiden tot inzet van antibiotica (en daarmee kans op antibioticaresistentie vergroten). - Ontwikkeling van biomarkers en sensoren (fysisch, chemisch, microbiologisch) voor het monitoren van welzijn, acute en cumulatieve stress, tijdens productie en transport - Ontwikkeling kennis om via dier gerichte aanpak emissies zoals endotoxine en methaan te reduceren	- Ontwikkeling van detectie van ziekteverwekkers voor de humane gezondheid in de omgeving van veehouderijbedrijven - Toepassingsgerichte ontwikkeling van een generieke detectie van veranderende omstandigheden die via ziekten of aandoeningen leiden tot inzet van antibiotica (en daarmee kans op antibioticaresistentie vergroten)	- Demonstratie van detectietechnieken op ziekteverwekkers, bijvoorbeeld via sensoren - Demonstratie van op toepassing gerichte generieke detectie van veranderende omstandigheden die via ziekten of aandoeningen leiden tot inzet van antibiotica (en daarmee kans op antibioticaresistentie vergroten)	- Inrichten transparante dierlijke productieketens (continue monitoring dierwelzijnsparameters, medicijn gebruik, emissies). - Implementatie van generieke detectie van veranderende omstandigheden die via ziekten of aandoeningen leiden tot inzet van antibiotica - Benchmarken van bedrijven met vergelijkbare bedrijfsvoering. - Communicatieplatform met consumenten. Transparantie
Deelprogramma 1: D2 Verbetering gezondheid en welzijn dieren – B. Weerbaarheid en preventie				
2. Weerbare dieren (genotypen, locatie etc.)	- Ontwikkeling van een robuust systeem dat voor een betere diergezondheid, dierenwelzijn en humane gezondheid zelf verstorende invloeden van buiten kan opvangen en niet alleen voortbouwt op kleine aanpassingen - Fundamentele kennisontwikkeling gericht op weerbaarheid in transitieperiodes zoals uit het ei	- Ontwikkeling van meer weerbare dieren - Ontwikkeling van tools om resilience/ weerbaarheid non-invasief te kunnen meten (zonder ingrepen aan het dier) - Uitwerking van de ethische discussie over weerbare dieren (veerkracht, genetische mogelijkheden en maatschappelijk geaccepteerd)	- Demonstratie van verbetering van de weerbaarheid en de betekenis ervan voor gezondheid, welzijn en financiële resultaten voor de boer - Demonstratie dat verbetering in weerbaarheid voor verschillende endemische pathogenen generiek is	-

	komen, spenen, voerovergangen, transport. - Fundamentele kennisontwikkeling over transgenerationele overdracht en stimulering van weerbaarheid (epigenetica) - Ontwikkeling van generieke detectie/kwantificering voor gezondheid en voor goed (positief) welzijn	- Omdenken naar dieren die kunnen omgaan met een verstoring ipv het weghalen van een verstoring - Behoud van diergezondheid in een kringlooplandbouw: Kunnen dieren die generaties gefokt zijn op hoge productie omschakelen op reststromen, biodivers voedsel etc.		
3. Ontwikkeling best practices op bedrijfsniveau (o.a. gericht op reductie AB gebruik, uitbraken en sterfte)	- Ontwikkelen en opzetten van een diagnostiek gericht op biomarkers i.p.v. ziekteverwekkers als indicatie van de gezondheid van het dier. - Nieuw te ontwikkelen niet invasieve detectie methode geschikt om voor o.a. kip en varken gezondheid en ziekte te kunnen meten (visionen audio) - Sensoren die biomarkers voor gezondheid en welzijn kunnen meten	- Aanpakken zoönosen en antibiotica resistentie in een One Health-benadering - Ontwikkeling kennisdeling dierenarts – humane arts - Onderzoek gericht op meer gezonde dieren, vroege signalering via diergezondheids parameters en 'smart and healthy farming' waarmee ziekte bij mens door dieren wordt verminderd/ voorkomen - Slimmer gebruik maken van bestaande data ten behoeve van detectie en besluitvorming door de veehouder	- Ontwikkeling en implementatie van bioveiligheid op bedrijven: voor mens en dier. Van belang is de gezondheid van burgers, de veehouder en zijn medewerkers	- Implementatie van risico-analyse diergezondheid en –welzijn in borgingssystemen veehouderij - Kennisverspreiding best practices vanuit de motivatie voor de veehouder - Signalering naar overige stakeholders
4. Ontwikkeling preventiestrategieën voor infecties (NCOH)	- Ontwikkeling van op doorbraak gerichte, verbeterde detectiemethoden voor opkomende besmettelijke ziekte-uitbraken, inclusief ontwikkeling van strategieën ter preventie en bestrijding - Ontwikkeling van biomarkers voor gezondheid om zo, voordat pathogeen detectie mogelijk is, gezondheids veranderingen te kunnen meten - Integraal onderzoek waarbij stalsystemen weerbaarheid en preventie samenkomen.	- Toepassingsgericht onderzoek naar voor in de praktijk implementeerbare detectietechnieken	-	-

5. Ontwikkeling verbeterd dierwelzijn op transport	- Scenariostudie gericht op transitie naar beperking diervervoer	- Onderzoek gericht op beweging en transitie naar beperking van diervervoer, verbetering van condities tijdens transport - Vervolgstudie naar slachtmogelijkheden op boerderijniveau	- Demonstratie van nieuwe (sensor) technieken ten behoeve van een verbeterd welzijn tijdens transport	-
Deelprogramma 1: D2 Verbetering gezondheid en welzijn dieren – C. Alternatieven voor dierproeven				
6. Alternatieven voor dierproeven	- Ontwikkeling van stamcellen afgeleide organoïden en orgaan op een chipsysteem ter vervanging dierproeven.	- Onderzoek naar gebruik van stamcellen afgeleide organoïden en orgaan op een chipsysteem ter vervanging dierproeven.	- Testen en validatie van alternatieven voor dierproeven	- Implementatie alternatieven voor proefdieren - Opstellen protocollen voor gebruik alternatieve methoden voor dierproeven
Deelprogramma 2: D3 Integraal duurzame veehouderijsystemen				
7. Ontwikkeling integraal duurzame **stal**systemen (voer, emissies, stalklimaat)	- Op doorbraak gerichte ontwerpen van stalsystemen inclusief de houderij van het dier dat emissies reduceert met tevens positief resultaat op gezondheid en welzijn van het dier en maatschappij - Ontwikkeling van doorbraken die voorkomen dat medicijnen in mest/op land/ in oppervlakte water komen door aanpak bij de bron. - Voorkomen van uitscheiding emissies (minder en slimmer behandelen)	- Ontwerp van integraal duurzame stalsystemen waarbij de huisvesting van dieren ruimte biedt aan hun natuurlijke gedrag i.c.m.een goede zorg vanuit hun specifieke behoeften. - Onderzoek naar stalsystemen die bijdragen aan vermindering van de kans op stalbrand, het aantal dieren dat omkomt en het lijden (duur en omvang) - Onderzoek naar duurzame behandeling van dieren (effect van afgezonderde dieren, mest van afgezonderde dieren etc)	- Demonstratie van deelontwerpen stalsystemen voor korte termijn toepassing in de praktijk - Management-ondersteuning van veehouders bij keuzes voor een integraal duurzame stal: passend bij regio, ondernemer etc. - Ruimere mogelijkheden voor proefstallen (met verminderde RAV beperkingen)	- Instrumentarium gericht op versnelling van verduurzaming in integraal duurzame stalsystemen
8. Ontwikkeling van integraal duurzame **houderi**jsystemen	- Ontwerpen van innovatieve 'regeneratieve' bedrijfsconcepten voor dierlijke sectoren, rekening houdend met uitdagingen op gebied van diergezondheid, kringlooplandbouw, klimaat (mitigatie en adaptatie), biodiversiteit en energie.	- Onderzoek naar verwachte effecten van regeneratieve bedrijfsconcepten. - Ontwikkelen van modelinstrumentarium die effecten integraal te kunnen simuleren. - Continue monitoring van emissies, inclusief fijnstof, NH3 en CH4 in samenhang met bedrijfsvoering zie ook D2).	- Met praktijk door ontwikkelen van innovaties uit praktijk en onderzoek. - Sociaal-economisch onderzoek naar acceptatie nieuwe houderijsystemen bij veehouder en maatschappij - Ontwerponderzoek tegenstellingen operationalisering transitie naar duurzaamheid	- In regionale pilots stimuleren en opschalen van integraal duurzame bedrijfsconcepten. - In dialoog /interactie met lokale stakeholders wegnemen van potentiele belemmeringen.
9. Informatievoorziening integraal duurzame bedrijfsvoering	-	- Definiëren van behapbare en robuuste set van indicatoren die integraal duurzame bedrijfsvoering in beeld brengt	- Ontwerpen van systemen die het mogelijk maken integrale duurzaamheidskengetallen als prakti-	- Organiseren van data-uitwisseling met waarborg van privacy aspecten.

		- Definiëren integrale set best practices voor verschillende bedrijfstypes waarmee integrale duurzaamheidsdoelen gerealiseerd kunnen worden zonder afwenteling.	sche managementinformatie voor veehouders beschikbaar komen. - Digitalisatie en centralisatie van gebruiksgegevens over diergeneesmiddelen en pesticiden in primaire productieketens	
10. Verdienmodel en incentives	-	- Onderbouwen van verwachte effecten van maatregelen/best practices op het verdienmodel van primaire ondernemers. - Ontwerpen van instrumenten (zowel bij bedrijfsleven als overheden) waarmee duurzaamheidsmaatregelen effectief kunnen worden gestimuleerd zonder afwenteling.	- Samen met de praktijk (overheden en bedrijfsleven) door ontwikkelen en toepassen van sturingsinstrumenten. - Ontwikkelen van monitoring en evaluatie om instrumenten waar nodig te kunnen bijstellen	- Toepassen van monitoring en evaluatie om instrumenten te evalueren en bij te stellen waar nodig.
Deelprogramma 3: D1 Voedselveiligheid – Signalering en detectie en transparante productsamenstelling				
11. Systemen voor detectie en vroege signalering en afwenteling van voedselveiligheids-gevaren	- Early warning / emerging risk identificatie en voorspellende systemen voor voedselveiligheidsgevaren in primaire productie die gebruik kunnen maken van velerlei typen data (big data, incl imaging en satelliet data), op verschillende schaal nivo's. En gebruik van ICT methoden (oa machine learning) voor ontwikkeling systemen.	- Daadwerkelijke ontwikkeling early warning / emerging risk identificatie / voorspellende systemen voor voedselveiligheidsgevaren voor de verschillende primaire dierlijke en plantaardige systemen - Effecten op voedselveiligheid van (nieuwe) grondstoffen in diervoeder en primaire productie, en effecten maatregelen voor borging van de veiligheid -	- Testen en validatie van emerging risk en early warning systemen - Pilot-scale testen van (nieuwe) preventie strategieën voor veiligheid op primaire bedrijf -	- Genereren (loggen) van gebruikersdata van boeren. - Omgaan (randvoorwaarden, regels oid) met privacy van data voor en van early warning /emerging risk identificatie systemen. - Voorlichting bedrijven, handleidingen/adviezen beschikbaar maken, trainingen in gebruik - Gestandaardiseerde protocollen voor validatie van nieuwe processen t.b.v. borging voedselveiligheid - Implementatie maatregelen voor preventie en verbetering voedselveiligheid in de praktijk
12. Preventie, borging en verbetering voedselveiligheid in primaire schakels incl kringlooplandbouw	- Inzichten in voedselveiligheidsissues bij sluiten kringlopen, en strategieën voor de beheersing van gevaren - Inzicht in samenhang systeemfacto-	- Voedselveiligheidsissues bij specifieke maatregelen voor sluiten kringlopen, bv gebruik van bepaalde reststromen in diervoeding	- Implementatie maatregelen voor beheersing voedselveiligheid	- Demonstratie, en training van boeren en andere actoren - Living labs sluiten kringlopen en beheersmaatregelen voedselveiligheid

	ren (omgeving, bedrijf, plant/dier) en optreden gevaren en methoden voor beheersing gevaren -	- Effecten van specifieke maatregelen op het primaire bedrijf		

Tabel 3. Nieuwe kennis en innovatieopgaven Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling in relatie tot de Missies – Dier

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleids-ondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)**	**Implementatiefase**
Herstel en benutten biodiversiteit (Missie A5)				
Ontwikkelen van rassen en dieren die goed passen in landbouwsystemen met veel biodiversiteit, cq voor productiesystemen die niet ten koste gaan van de biodiversiteit.	Onderzoeken welke eigenschappenrassen (genebank) meer geschikt maken voor genoemde ecologische functies.	Identificeren van QTLs voor deze eigenschappen.	Aantonen dat het mogelijk en rendabel is om deze eigenschappen in de huidige populatie in te kruisen ecologische functies.	Toepassing door rasorganisaties.
Emissiereductie in bodem en landgebruik in de landbouw (Missie B1)				
Onderzoek verdienmodellen t.o.v. de thans gangbare melkveehouderij in veenweidegebieden indien klimaat-maatregelen worden toegepast.	Kritische eigenschappen van huidige dieren onderzoeken; genetische variatie bepalen en mogelijkheden om hierop te fokken	Fenotypering op grotere schaal en erfelijkheidgraad schatten en genetische correlaties met productiviteit, gezond en welzijn. Voorspellingen maken en fokdoel uitwerken, en mee nemen in verdien model voor toekomst scemnarios	Laten zien hoe genetische variatie kan bijdragen aan het verdienmodel	Opzetten van indexen om stieren te ranken door fokkerij organisaties en fokken specifiek lijnen.
Duurzame veehouderij (Missie B2)				
Pens- en darmfermentatie: Onderzoek gericht op het verminderen van de emissies van rundvee en andere herkauwers en eenmagigen. Ook onderzoek op hobbymatig gehouden dieren zoals schapen en paarden.	Fenotypering op grotere schaal en erfelijkheidsgraad schatten en genetische correlaties met productiviteit, gezond en welzijn.	Voorspellingen maken en fokdoel uitwerken, door reken verschillende scenario's, in combinatie met LCA.	Door rekenen effecten van de fokkerij op emissie vermindering.	
Inzet op doorbraaktechnologie om tot een reductie van 80-95% te komen.	Onderzoek naar genetische merkers, en genetische variatie in het microbiome en interactie met host.			
Klimaatadaptieve landbouwsystemen (Missie C2)				
Dierrassen die aangepast zijn aan de	Onderzoeken welk genetische relevante	Aantonen waar genetische variatie		

lokale ecologische omstandigheden (bv. zilte omgeving, natte omstandigheden, etc.).	variatie beschikbaar is.	nog aanwezig is en introductie programma ontwikkelen, zonder inteelt risico.		
Veilige voeding met een One Health aanpak (focus op veiligheid, zoönose, antibioticaresistentie en schadelijke emissies uit stallen) (Missie C3)				
Opzetten van een diagnostiek gericht op biomarkers i.p.v. ziekteverwekkers als indicatie van de gezondheid van het dier.	Biomarkers en variatie in mircobiome zoeken en vinden die indicatief zijn voor gezondheid.	Op schalen van de biomarker technologie zodat die op veel dieren voor een acceptabele prijs toegepast kan worden.	Demonstratie-experiment op praktijkbedrijven.	
Fijnmazig meetsysteem voor meting gezondheid en groei van gewassen en dieren	Combineren van de mogelijkheden van big data combinatie van verschillende sensoren om gezondheid en welzijn te fenotyperen	Meten op praktijkbedrijven en genetische variatie vast stellen.		
Gezondheid, welzijn en integriteit dier op orde (Missie C4)				
Ontwikkeling van meer weerbare dieren	Fenotypering en DNA kenmerken ontwikkelen die een maat zijn voor weerbaarheid van een dier.	Fenotypering op grotere schaal en erfelijkheidsgraad schatten en genetische correlaties met productiviteit, gezond en welzijn om een duurzaam fokdoel op te stellen	Fokwaardeschatting ontwikkelen en uitvoeren	Toegepast door fokkerijbedrijven
Terugdringen sterfte van jonge dieren	Fenotypering en DNA kenmerken ontwikkelen die een maat zijn voor weerbaarheid van een dier.	Fenotypering op grotere schaal en erfelijkheidsgraad schatten en genetische correlaties met productiviteit, gezond en welzijn om een duurzaam fokdoel op te stellen	Fokwaardeschatting ontwikkelen en uitvoeren	Toegepast door fokkerijbedrijven
Alternatieven voor dierproeven in de voedselproductie	Ontwikkeling van organoid systemen om genetische variatie te kunnen onderzoeken ter vervanging van dierproeven/testen en kijken naar genetische variatie	Op grote schaal organoids ontwikkelen van fokdieren, en testen in het lab voor gezondheid, efficiency, resilience	Koppelen van de test resultaten op organoids aan parkrijkinformatie van de nakomelingen.	Organoids toegepast door fokkerijbedrijven

Positionering MMIP

Dit MMIP heeft interactie met Landbouw, Water en Voedsel en daarbinnen met name de missies A. Kringlooplandbouw en B. Klimaatneutrale Landbouw en voedselproductie. Voorts is er een interactie met de Topsectoren Life Sciences & Health en High Tech Systems & Materials, de NCOH, de sleuteltechnologie veredeling.

Consumenten moeten er op kunnen blijven vertrouwen dat voedsel en de productie daarvan veilig en duurzaam geproduceerd is. Daarbij

gaat het om betere beheersing van voedselveiligheidsgevaren inclusief chemische, allergene en microbiële gevaren. De One Health aanpak is nodig voor de bestrijding van de antibiotica resistentie en de bestrijding van zoönosen. Dit vraagt een integrale aanpak waarbij humane en veterinaire gezondheidszorg samenwerken en ook de interactie met milieu wordt meegenomen. Wat betreft de productie is een overgang naar integraal duurzame en emissiearme stal- en houderijsystemen gericht op integraliteit met verminderen van emissies van broeikasgassen, ammoniak, geur en fijnstof, risico's voor gezondheid van mens en dier, welzijn van het dier en circulariteit.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

De Nederlandse agrifoodsector is toonaangevend op het gebied van duurzame en veilige voedselproductie. Nederland is internationaal marktleider en heeft een sterke, innovatieve en hoogproductieve sector. De kennisinstelligen horen mede tot de top van de wereld waarbij de samenwerking bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheid mede debet is hieraan.

Het succes wordt gestuurd door de maatschappelijke trends die zich in Nederland als een van de eerste openbaren. Het behoud van de wereldpositie hangt af van de flexibiliteit en de mogelijkheid van bedrijfsleven om zich te kunnen blijven differentiëren en onderscheiden op de internationale markt. Ook de kennisinfrastructuur heeft na 2008, door publieke bezuinigingen, een minimale kritische massa bereikt waarbij de kennisbasis onder druk staat.

De boerenpraktijk is steeds verder af komen staan van de burgers, maar ook van beleidsmakers van bedrijfsleven en overheid. Uitdaging is daarom om de visie en missie door te vertalen naar onderzoek en maatregelen die concreet, simpel en in de praktijk implementeerbaar zijn.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

- Onderzoeksagenda TKI Agri&Food Klimaatneutraal (2018-2021)
- Strategische Kennisagenda Netherlands Centre One Health
- Kamerbrief aanpak antibiotica resistentie
- Uitvoeringsagenda Duurzame Veehouderij
- Versnellingsagenda Verduurzaming Veehouderij
- Visie LNV: "Landbouw, Natuur en Voedsel: Waardevol en verbonden"
- Nationale Wetenschapsagenda: duurzame productie van gezond en veilig voedsel

Strategie internationaal
Nederland is internationaal goed ingebed in R&D netwerken (ETP's, JPI's). Internationale samenwerking wordt gecontinueerd en waar mogelijk uitgebouwd.

Innovatiesysteem en consortiumvorming
De blijvende uitdaging is de integrale aanpak waarbij breed gewerkt wordt aan de uitdagingen van duurzaam, gezond en veilig voedsel en negatieve afwenteling wordt voorkomen. Trade-offs tussen deze verschillende aspecten zijn hierbij van belang. Dit vraagt brede samenwerkingsvormen waarbij met name ook de implementeerbaarheid van ontwikkelde kennis in de praktijk vraagt om samenwerking tussen alle partijen, van boerenerf, de keten tot beleid. Een sterke basis is vanuit de Topsector Agri & Food gevormd en beschikbaar.

D.4 Duurzame en veilige verwerking

Samenvatting

Doelstelling van dit MMIP is om in 2030 een substantieel duurzamer en veiliger voedselketen te hebben. Voedselveiligheid is essentieel voor de productie en consumptie van voedsel. Daarbij gaat het onder andere om betere detectie en beheersing van chemische en microbiele gevaren in de voedselketen en een transparante samenstelling van producten in verband met allergenen. Voor een duurzame verwerking is een ketengerichte aanpak nodig, gericht op reductie in energie- en waterverbruik en vergroten van grondstofflexibiliteit waarbij de veiligheid en kwaliteit gewaarborgd blijft. Bovendien is het behouden van de kwaliteit in de keten essentieel om zo voedselverlies tegen te gaan.

Deelprogramma's
Duurzame voedselverwerking in de keten. Verduurzaming van het voedselaanbod vereist dat bij de verwerking het energie- en waterverbruik gereduceerd wordt en efficiënt en flexibel omgegaan wordt met grondstoffen bijvoorbeeld door het optimaal inzetten van rest- en bijstromen. Een ketenaanpak is hierbij essentieel, waarbij logistiek en kwaliteitsbehoud in de gehele (vers)keten centraal staan).
Veilige verwerking en veilige voedselketen. Consumenten moeten ervan op aan kunnen dat het voedselaanbod veilig is (o.a. microbiologie, contaminanten). Vroegtijdige signalering en detectie van voedselveiligheidsgevaren is hierbij essentieel, inclusief de afwending van

deze gevaren in de keten door de ontwikkeling van nieuwe methoden, strategieën en technologieën voor het verbeteren van de voedselveiligheid tijdens verwerking, transport en opslag.

Prioriteiten

- Innovaties in energie- en waterreductie in voedselverwerking zonder verlies van productkwaliteit en veiligheid
- Verbeteren grondstofefficiëntie en -flexibiliteit, waaronder gebruik bij- en reststromen, functioneel fractioneren
- Verbeteren duurzaamheid en veiligheid in de dierlijke keten en in de versketen: logistiek en kwaliteit in keten, inclusief verpakkingen
    - Ontwikkeling end-to-end ketenregie voor kwaliteitsgestuurde (vers)ketens.
    - Integratie sensor- en detectietechnologie met supply chain resilience scenario's
- Verbeteren signalering en detectie van voedselveiligheidsgevaren in de keten
- Inzicht in en afwending van voedselveiligheidsgevaren in keten door ketenaanpak en ontwikkeling nieuwe technologieën en strategieën
- Beheersen van voedselveiligheidsrisico's in een circulair voedselsysteem en bij het gebruik van nieuwe grondstoffen voor bijv. plantaardige eiwitproducten

Inleiding

Dit MMIP beoogt een duurzame en veilige verwerking van dierlijk en plantaardig voedsel te bevorderen. Voedselveiligheid is essentieel onderdeel voor de productie en consumptie van voedsel. Daarbij gaat het onder andere om meer inzicht in en een betere beheersing van chemische en microbiële gevaren in de voedselketen en een transparante samenstelling van producten in verband met allergenen. Voor een duurzame verwerking is een ketengerichte aanpak nodig, gericht op reductie in energie- en waterverbruik en vergroten van grondstofflexibiliteit. Bovendien is het behouden van de veiligheid als wel de kwaliteit in de keten essentieel om zo voedselverlies tegen te gaan.
Hiervoor zal dit MMIP bestaan uit de volgende deelprogramma's:

Duurzame voedselverwerking in de keten. Verduurzaming van het voedselaanbod vereist dat bij de verwerking het energie- en waterverbruik gereduceerd wordt en efficiënt en flexibel omgegaan wordt met grondstoffen bijvoorbeeld door het optimaal inzetten van rest- en bijstromen. Een ketenaanpak is hierbij essentieel, waarbij

logistiek en kwaliteitsbehoud in de gehele (vers)keten centraal staan. Op deze manier wordt de verwerking van ingrediënten en de productie van voedingsmiddelen verduurzaamd (optimaal gebruik grondstoffen, minder water, energie).

Veilige verwerking en veilige voedselketen. Consumenten moeten ervan op aan kunnen dat het voedselaanbod veilig is (o.a. microbiologie, contaminanten, allergenen). Vroegtijdige signalering en detectie van voedselveiligheidsgevaren is hierbij essentieel, inclusief de afwending van deze gevaren in de keten door de ontwikkeling van nieuwe methoden, strategieën en technologieën voor het verbeteren van de voedselveiligheid tijdens verwerking, transport en opslag. Speciale aandacht is nodig voor het beheersen van voedselveiligheidsrisico's in een circulair voedselsysteem: Food safety als onderdeel van het food systeem (relatie met duurzaamheid, kringlooplandbouw, Global One Health etc. en daarmee borging van de integraliteit).

Deze twee deelprogramma's hebben een duidelijke interactie. Zo kan een nieuwe keteninrichting of een ander gebruik van grondstoffen impact hebben op voedselveiligheid. Ook innovaties in bijvoorbeeld waterreductie en/of hergebruik van water kan vanuit voedselveiligheid oogpunt minder gewenst zijn. Inzicht in de impact op voedselveiligheid en productkwaliteit is essentieel om goede keuzes te maken om hier mee om te gaan.

Dit MMIP heeft directe raakvlakken met MMIP A5 (Eiwittransitie), MMIP D1 (Tegengaan voedselverspilling) en D3 (Veilige en duurzame primaire productie).

Wat beoogt het MMIP?

Doelstelling van dit MMIP is om in 2030 een substantieel duurzamer en veiliger voedselketen te hebben.

Inzet van dit MMIP is:

- Betere beheersing van voedselveiligheidsgevaren, waaronder chemische en microbiële voedselveiligheid en transparante samenstelling van producten in verband met allergenen.
- Verbeteren van de voedselveiligheid in de gehele verwerkingsketen, en in circulaire keten
- Nederland beschikt over een effectief signalerings- en bestrijdingssysteem voor nieuwe en opkomende voedselgerelateerde ziekteverwekkers en ongewenste verontreinigingen (veiligheid).
- Een substantieel duurzamer (en veiliger) voedselaanbod
- Een duurzamer verwerking van agrarische producten door energie- en waterreductie en optimaal gebruik van grondstoffen.

Het MMIP omvat de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk voor:

- Energie- en waterzuinige processen voor de verwerking van levensmiddelen
- Ketenaanpak voor efficiënt en flexibel gebruik van grondstoffen
- Vroegtijdige signalering, afwending en detectie van voedselveiligheidsgevaren
- Inzicht in en verbetering van de voedselveiligheid in de gehele keten
- Borgen en verminderen van voedselveiligheidsrisico's in een circulaire voedselsysteem

Deelprogramma's en fasering

Lopend of recent afgesloten projecten en programma's

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase
Deelprogramma 1: Duurzame voedselverwerking in de keten				
	-AF16506 Sustainable ingredients -AF-EU-15009 i3-Food -AF-EU-16005 NoAW -AF-EU-19019 Food Processing in a Box	-AF15235 Duurzaam ingevroren en smaakvol -AF16007 Dunwandige biobased verpakkingen -AF18058 Proteins on steel	-MIT-16012 GoFresh	
Deelprogramma 2: Veilige verwerking en veilige voedselketen				
Early warning systems en verbeterde beheersing voedselveiligheid	- KB37-001 Healthy and Safe - Early identification animal health and product safety issues -	-AF-17: EU H2020 project "My-Toolbox" (Decision support graanketen) -AF-14239 Veilig valorisatie slachtbijproducten -AF-15212 Oppervlakte besmettingen in de levensmiddelen industrie -AF-15220 Borgen veiligheid insecten -AF-16002 Optimalisatie raffinage plantaardige oliën en vetten (REFINE) -AF-14203 Beheersing Campylobacter pluimvee	-Demonstratie / testen Decision support system MyToolbox Nederland naar de daadwerkelijke eindgebruiker (in 2019).	
(snelle) Detectie pathogenen	-KB37-001 Diagnostics platform	-AF-16138 Multi-analyt diagnostic methods to detect food pathogens -AF-16141 Rapid at line detection of environmental Listeria -TU-18019 Onderscheid Bacillus thuringiensis biocontrol stammen van Bacillus cereus sensu lato stammen in producten van plantaardige herkomst	-	
(snelle) Detectie contaminanten	-KB37: Diagnostics platform WUR -KB-WOT voedselveiligheid: Innovatieve technologische	-PPS-16054 Geheim van tetrodoxine -AF-16091 Snelle on-site screening op authenticiteit	-	

	ontwikkelingen op het vlak van MS en chromatografie -KP7 Phasmafood (food scanners) - Marie Curie FoodSmartPhone - EU H2020 B-good (neonicotinoide testen). -KB-WOT voedselveiligheid: Snelle on site screening concepten	van oliën, vetten en afgeleide feed/food producten -AF-17038 Snelle on-site methoden voor voedselveiligheid en authenticiteit(I) -AF-18094 Snelle on-site methoden voor voedselveiligheid en authenticiteit (II) -AF-16094 LC-MS methoden voor detectie voedselallergenen		

Kennis en innovatieopgaven

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)**	**Implementatiefase**
Deelprogramma 1: Duurzame voedselverwerking in de keten				
Energie- en waterreductie in voedselverwerking	- Inzicht en innovaties in energiereductie en milde processing (o.a. fractioneren, ontwateren, conserveren) - Onderzoek nieuwe technologieën voor lage temperatuur verwerking en conservering en impact op kwaliteit en veiligheid	- Ontwikkeling van energie efficiënte en duurzame processing in gehele keten -Ontwikkeling nieuwe technologieën voor milde processing en fractionering -Ontwikkeling realistische concepten voor elektrificatie - Verbeteren en vermijden droogprocessen	-Praktijkonderzoek om technieken te ontwikkelen en testen op realistische schaal, inclusief ketenintegratie, economische evaluatie	- Stimuleren van implementatie door industrie
Grondstofefficiëntie en -flexibiliteit	-Onderzoek naar optimale grondstof efficiëntie (gebruik rest- en bijproducten, total use) houdbaarheidsverlenging, terugdringen voedselverspilling - Onderzoek grondstofflexibiliteit voor duurzame (en gezonde) producten en processen	- Ontwikkeling concepten voor houdbaarheids-verlenging (technologie, natuurlijke ingrediënten) - Ontwikkeling van ketenaanpak voor verbeteren grondstofefficiëntie en flexibiliteit (bijv. door functioneel fractionering) - Reversed engineering aanpak voor duurzame voedselverwerking -Veredelen van gewassen met lang houdbare en hoogwaardige, smaakvolle producten ter voorkomen van verliezen.	- Regionale aanpak en integratie in gehele keten (incl. primaire productie, internationaal) - Lokale en regionale verwerking - Functionele ingredienten uit duurzame bronnen -Aantonen dat het mogelijk en rendabel is om rassen te ontwikkelen met minder na-oogstverliezen in co-creatie met ketenpartijen.	-Welke stappen zijn nodig voor implementatie van oplossingen? -Informatievoorziening en economische haalbaarheid.
Logistiek en kwaliteit in keten, inclusief verpakkingen	-Inzicht in kwaliteitsverloop en houdbaarheid in de keten -Innovaties voor verbetering kwaliteit en houdbaarheid in de (vers)keten	-Kwaliteit en veiligheid in de gehele keten ten aanzien van duurzaamheid en gezondheid	-Houdbaarheid en kwaliteit duurzame producten in realistische praktijk, incl. consument -Praktijktesten duurzame verpakkingsinnovaties	

		-Procescontrole voor verbeterde functionaliteit en duurzaamheid -Duurzame verpakkingen, impact op product en houdbaarheid -Energie- en waterbesparing in logistiek en opslag van versproducten		
Transitie plantaardige eiwitten	Zie MMIP A5			
Terugdringen voedselverspilling	Zie MMIP D1			
Deelprogramma 2: Veilige verwerking en veilige voedselketen				
Snelle on-site detectie pathogenen en contaminanten	-Methoden (snel) voor brede screening van voedselveiligheidsgevaren voor detectie van (emerging) contaminanten. -Ontwikkeling van multiplex detectie systemen -Onderzoek gebruik van big data voor signalering en detectie voedselveiligheid in de keten -Snelle (on site) diagnostiek van contaminanten en voedselpathogenen in plantaardige en dierlijke productiesystemen, in de geoogste en verwerkte producten met directe verwerking van de gegeneerde data en terugkoppeling van informatie naar de gebruiker. -Methoden voor onderscheid tussen 'echte' pathogenen en hun zwakke / niet-pathogene verwanten (bijvoorbeeld STEC onderscheiden van ongevaarlijke E. coli) o.b.v. genoomanalyses -Gebruik nieuwe typen data (satelliet, drone, imaging) voor snelle on-site detectie.	-Doorontwikkelen multiplex detectiesystemen voor contaminanten en pathogenen in diverse ketens -Doorontwikkelen van snelle on site detectie methoden voor de verschillende toepassingsgebieden, waaronder in food safety (inspecteurs) en dierlijke productie (dierenartsen), en bedrijfszelfcontrole. -Bestaande snelle detectiemethoden op species niveaus doorontwikkeling om onderscheid te maken op bijvoorbeeld serotype of virulentie niveau. -Ontwikkeling van snelle methoden voor pesticiden, met name voor neonicotinoiden, ter ondersteuning van het inrichten van pesticiden-vrije productie en handelsketens	-Testen en validatie van snelle on-site detectiesystemen door oa ringtesten en test performance studies. -Borging en validatie van snelle on site testen in diverse plantaardige en dierlijke ketens. -Implementatie van testmethoden bij bedrijven, integratie in bedrijfsvoering van bedrijven en controlerende instanties door trainen van ondernemers en inspecteurs.	-Genereren (loggen) van gebruikersdata. -Beschikbaar maken en adviezen voor eindgebruikers snelle detectiemethoden (bedrijven en overheid) -Trainen van gebruikers (NVWA inspecteurs, dierenartsen, bedrijven etc.) -Toepassing van on-site methoden door overheid (NVWA) en bedrijfsleven, welke methoden/uitslagen zijn valide voor overheidscontrole en welke voor bedrijfscontrole -Inrichten transparante productieketens. - Benchmarken performance parameters tussen bedrijven met vergelijkbare bedrijfsvoering.
Beheersing voedselveiligheid in de keten, incl systemen voor	- Early warning / emerging risk identificatie en voorspellende systemen voor voedselveiligheids-	-Ontwikkelen nieuwe processen en strategieën voor veilige voedselverwerking.	-Praktijktesten voor afwending voedselveiligheidsgevaren in keten	-Wetgeving t.a.v nieuwe strategieën voor verbetering voedselveiligheid

vroegtijdige signalering en afwending voedselveiligheidsgevaren in keten	gevaren die gebruik maken van data (big data, incl imaging en satelliet data), op verschillende schaal niveau's. ICT (oa machine learning) voor opzet systemen. -Kennis species/stam diversiteit pathogenen in relatie tot overleving in de voedselproductieketen en daarmee gevaar voor de voedselveiligheid -Inzicht in de relatie tussen voedselveiligheid en grondstoffen/verwerking/ opslag van voedselproducten	-Ontwikkeling nieuwe antimicrobiële en andere mitigatie strategieën -Inzetten kennis omtrent species/stam diversiteit in overleving in voedselproductieketen om gerichte processen en protocollen op te stellen -Ontwikkeling early warning / emerging risk identificatie en voorspellende systemen voor specifieke ketens -Opzetten nieuw processen en antimicrobiële of mitigatie strategieën -Ontwikkeling risk-benefit assessment platform tbv borging voedselveiligheid binnen het krachtenveld van duurzaamheid, gezondheid, kwaliteit en veiligheid van de voedselproductieketen	-Praktijk aanpak voor gebruik data en voorspellende modellen in voedselverwerking -Pilot scale testen van (nieuwe) mitigatie strategien -Implementatie en testen early warning / emerging risk identificatie en voorspellende systemen in de praktijk (bij eindgebruikers) -Testen en validatie van Risk Benefit tools voor objectieve afwegingen tussen gezondheid, kwaliteit, duurzaamheid en veiligheidsbelangen	-Genereren (loggen) van gebruikersdata -Omgaan (randvoorwaarden, regels oid) met privacy van data voor en van early warning /emerging risk identificatie systemen. -Voorlichting bedrijven, inspecteurs, handleidingen/adviezen beschikbaar maken, trainingen in gebruik
Beheersing voedselveiligheidsgevaren in een circulair voedselsysteem	-Inzicht in voedselveiligheid bij gebruik bij- en reststromen. - Inzicht in effectieve en veilige methoden voor vermindering van ophoping voedselveiligheidsgevaren -Inzicht in voedselveiligheid bij gebruik nieuwe grondstoffen i.r.t. eiwittransitie	-Effecten op voedselveiligheid van (nieuwe) processen en (nieuwe) grondstoffen, en borging van de veiligheid -Inzicht in transmissie van contaminanten en pathogenen door de circulaire keten heen. -Veiligheid bij gebruik reststromen voor teelt insecten	-Testen en validatie van (nieuwe) processen en (antimicrobiele)f strategieën met relevante stammen van pathogenen en condities, en voor mitigatie strategieën van contaminanten	-Voorlichting bedrijven, handleidingen/adviezen beschikbaar maken, trainingen in gebruik - Gestandaardiseerde protocollen voor validatie van nieuwe processen t.b.v. borging voedselveiligheid

Vanuit de Misse Sleuteltechnologie is de volgende input aangeleverd:

Onderwerp	**Onderzoeksfase**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase**	**Implementatiefase**
Last mile/e-commerce				
Decision support		Ontwikkeling van universeel concept waarbij last mile van alle aanbieders van online (vers en vries) bestellingen gezamenlijk en emissieloos bezorgd kunnen worden.		
Sensoren		Ontwikkelen van adaptieve zero emissie gecondi-tioneerde bezorgwagen/fietsaanhanger, die de		

		specifieke transportvolume en koudevraag van de bestellingen minimaliseert.		
Autonomous handling & packaging				
Autonome robots		Ontwikkelen van slimme camera-systemen die op een robuuste manier de vorm, kwaliteit en aangrijpingspunten van producten met hoge nauwkeurigheid en snelheid kunnen herkennen om producten met variabele vorm en gewicht autonoom te kunnen grijpen en verplaatsen voor sorteer-, verwerkings- en verpakkings-toepassingen		
Non-destructieve meetmethoden		Onderzoeken welke (combinatie van) non-destructieve meettechnologieën (NIR/VIS, XRT, THz, MRI, 2D/3D, ...) een specifieke product/plant/diereigenschap real-time kan meten; ontwikkelen van onderbouwde modellen om de gemeten data te koppelen aan product/plant/diereigenschappen.		
Adaptive food processing				
Dataficatie / Big Data / Modelleren / Digital twins		- Ontwikkelen van productietechnologieën die het maken van kleinere productseries mogelijk maken (quick change-overs) en die beter met variatie van grondstoffen kunnen omgaan (reststroomverwaarding).		
Sensoren		Toepassen van nieuwe sensoren die directe kwaliteitsparameters kunnen meten (bijv. concentratie, uniformiteit, vervuiling) ipv zuiverheid. Dit leidt tot minder water, energie-input in het food processing proces.		

Positionering MMIP

Dit MMIP maakt onderdeel uit van de Missie Landbouw, Water en Voedsel en daarbinnen met name de missies A. Kringlooplandbouw, B. Klimaatneutrale Landbouw en voedselproductie en de andere MMIPs binnen D. Duurzame en gezonde voeding. Voorts is er een interactie met de Topsectoren Life Sciences & Health en High Tech Systems & Materials, de NCOH, en de sleuteltechnologieën.
Consumenten moeten er op kunnen blijven vertrouwen dat voedsel veilig en duurzaam geproduceerd is. Om dit te bereiken is een ketengerichte aanpak essentieel met een integrale aanpak gericht op duurzaamheid, veiligheid, kwaliteit en gezondheid. Op deze manier kunnen de gewenste ambities bereikt worden en innovaties daadwerkelijk geïmplementeerd worden.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

De Nederlandse agrifoodsector is toonaangevend op het gebied van duurzame en veilige voedselproductie. Nederland is internationaal marktleider en heeft een sterke, innovatieve en hoogproductieve sector. De kennisinstelligen horen mede tot de top van de wereld waarbij de samenwerking bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheid mede debet is hieraan. Het succes wordt gestuurd door de maatschappelijke trends die zich in Nederland als een van de eerste openbaren. Het behoud van de wereldpositie hangt af van de flexibiliteit en de

mogelijkheid van bedrijfsleven om zich te kunnen blijven differentieren en onderscheiden op de internationale markt. Ook de kennisinfrastructuur heeft na 2008, door publieke bezuinigingen, een minimale kritische massa bereikt waarbij de kennisbasis onder druk staat. Uitdaging is daarom om de visie en missie door te vertalen naar onderzoek en maatregelen die concreet, en in de praktijk implementeerbaar zijn.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

- Onderzoeksagenda TKI Agri&Food Klimaatneutraal (2018-2021)
- Strategische Kennisagenda Netherlands Centre One Health
- Kamerbrief aanpak antibiotica resistentie
- Uitvoeringsagenda Duurzame Veehouderij
- Versnellingsagenda Verduurzaming Veehouderij
- Visie LNV: "Landbouw, Natuur en Voedsel: Waardevol en verbonden"
- Nationale Wetenschapsagenda: duurzame productie van gezond en veilig voedsel

Strategie internationaal

Nederland is internationaal goed ingebed in R&D netwerken (ETP's, JPI's). Internationale samenwerking wordt gecontinueerd en waar mogelijk uitgebouwd.

Innovatiesysteem en consortiumvorming

De blijvende uitdaging is de integrale aanpak waarbij breed gewerkt wordt aan de uitdagingen van duurzaam, gezond en veilig voedsel en negatieve afwenteling wordt voorkomen. Trade-offs tussen deze verschillende aspecten zijn hierbij van belang. Dit vraagt brede samenwerkingsvormen waarbij met name ook de implementeerbaarheid van ontwikkelde kennis in de praktijk vraagt om samenwerking tussen alle partijen, van boerenerf, de keten tot beleid. Een sterke basis is vanuit de Topsectoren Agri & Food en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen gevormd en beschikbaar.

E. Duurzame en veilige Noordzee, oceanen en binnenwateren

E.1 Duurzame en veilige Noordzee

Samenvatting

Het MMIP Duurzame en veilige Noordzee richt zich op het ontwikkelen van duurzaam en veilig menselijk medegebruik binnen een veerkrachtig Noordzee ecosysteem en het ontwikkelen van meer inzicht in de grenzen van de veerkracht van de Noordzee. De focus ligt daarbij op medegebruik van hernieuwbare energie infrastructuur voor natuur en voedselproductie en veilige scheepvaart voor mens, milieu en economie. Er zijn aparte MMIPs 'Visserij' (Missie E) en 'Biogrondstoffen' (Missie B) uitgewerkt. Deze drie MMIPs kunnen niet los van elkaar worden gezien.
Het MMIP Duurzame Noordzee kent vier deelprogramma's: (1) Monitoring, modellering, data- en informatiemanagement en afwegingskaders voor menselijk medegebruik binnen de draagkracht van het Noordzee ecosysteem; (2) Natuurvriendelijke aanleg van grootschalige bouwwerken voor energieproductie en stimulering van natuur hierbinnen; (3) Meervoudig ruimtegebruik door combinaties van energie infrastructuur met voedselproductie (visserij en mariculturuur[46]); (4) Vermindering van afval in zee; en (5) Verhoging van de scheepvaartveiligheid door verbeterde en slimmere schepen en goed ondersteunde en voorbereide bemanningen.
Binnen de bovengenoemde deelprogramma's liggen de prioriteiten bij: (a) kennisontwikkeling over de omvang van ‘zog-effecten’ van wind op zee en stratificatie-effecten en hoe deze doorwerken op het ecosysteem; (b) versterken van de kennisbasis over de gevolgen van klimaatverandering voor de zeespiegelstijging in 2100 (inzet Noordzee hulpbronnen voor kustverdediging) en het ecosysteem en gebruiksfuncties; (c) fundamentele en toegepaste kennisontwikkeling over inzet van innovatieve (remote), praktisch uitvoerbare monitoringstechnieken; (d) ontwikkeling van risicobeoordeling van cumulatieve effecten van menselijk gebruik; (e) ontwikkeling van een integraal afwegingskader voor inpassing van menselijke ingrepen en activiteiten binnen de grenzen van de draagkracht van het Noordzee ecosysteem, (f) stimuleren van natuurontwikkeling bij aanleg offshore installaties; (g) pilots rond meervoudig ruimtegebruik, (h) kennisontwikkeling over de technische en ecologische kosten en baten van waterstofopslag, (i) het voorkomen van extreme scheepsbewegingen (voor lading en passagiers), en (j) het verlagen van aanvaringsrisico’s door adviessystemen en (simulator)onderzoek naar de menselijke factor. Voor de meeste van deze prioriteiten zijn geen lopende onderzoeksprojecten en zullen nieuwe programma's moeten worden opgezet.

[46] De kweek van vis, schaal- en schelpdieren, wieren en algen in zoute wateren.

Inleiding

Door de vele al aanwezige en geplande activiteiten (o.a. energietransitie) en klimaatverandering staan de kwaliteit en het beheer van de Noordzee onder druk. Het economisch belang en de potenties van de Noordzee zijn groot, zowel voor de voedselvoorziening, energietransitie, transport over water als recreatie. De Noordzee vormt vanuit het perspectief van klimaatverandering ook een bedreiging, waartegen Nederland zich moet beschermen. Vanuit deze achtergrond heeft het kabinet de missie Duurzame en veilige Noordzee vastgesteld. Hierbinnen geldt voor de Kennis- en Innovatieagenda van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit de volgende missie: "Voor de mariene wateren is er in 2030 en voor rivieren, meren en estuaria in 2050 een balans tussen enerzijds ecologische draagkracht en waterbeheer (waterveiligheid, zoetwatervoorziening en waterkwaliteit) en anderzijds de opgaven voor hernieuwbare energie, voedsel, visserij en andere economische activiteiten."

Een Duurzame Noordzee is onlosmakelijk verbonden met een veilige Noordzee. 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).

Wat beoogt het MMIP?

Doel: Menselijk medegebruik vindt binnen de context van de (energie)transitie op de Noordzee plaats binnen de ecologische en fysische grenzen van het ecosysteem. Een veerkrachtig ecosysteem is de basis voor economisch en sociaal duurzaam menselijk medegebruik. Scheepvaart op de Noordzee gebeurt zodanig dat dit veilig is voor mens, milieu en economie.

Het MMIP omvat de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk (van reeds bestaande technieken) voor:

- monitoring, modellering, data- en informatiemanagement en afwegingskaders voor menselijk medegebruik binnen de draagkracht van het Noordzee ecosysteem;
- natuurvriendelijke aanleg van grootschalige bouwwerken voor energieproductie (inclusief verminder van onderwatergeluid) en stimulering van natuur hierbinnen;
- meervoudig ruimtegebruik door combinaties van energie infrastructuur met voedselproductie (visserij en maricultuur);

- vermindering van afval in zee;
- verhoging van de scheepvaartveiligheid door verbeterde schepen en systemen.

Deelprogramma's en fasering

De Noordzee is in aard en omvang onderwerp van een groot aantal nationaal en internationaal onderzoeksprojecten. Internationaal, omdat het ecosysteem en fysisch systeem van de Noordzee niet eindigt bij de grenzen van het Nederlands Continentaal Plat. Hieronder een overzicht van de belangrijkste (door)lopende nationale programma's en projecten voor de missie Duurzame en veilige Noordzee. In de Programmeringsstudie Noordzee[47] is een uitgebreider overzicht met toelichting opgenomen voor het deel Duurzame Noordzee.

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma 1: Deelprogramma 1: Monitoring, modellering, data- en informatiemanagement en afwegingskaders voor menselijk medegebruik binnen de draagkracht van het Noordzee ecosysteem				
	Kennisbasis (KB) middelen voor Wettelijke Onderzoekstaken (WOT) (o.a. e-DNA technieken) Kennis voor het Primaire Proces van RWS	WOT Natuur WOT Visserij WOZEP (ecologische monitoring wind op zee)		Informatiehuis Marien
Deelprogramma 2: Natuurvriendelijke aanleg van grootschalige bouwwerken voor energieproductie en stimulering van natuur hierbinnen				
	Beleidsondersteunend Onderzoek (BO) Natuurinclusieve energie		Aantal pilots door WNF, St. Ark en St. de Noordzee i.s.m. windenergie bedrijven en onderzoeksinstituten	
Deelprogramma 3: Meervoudig ruimtegebruik door combinaties van energie infrastructuur met voedselproductie (visserij en maricultuur)				
	KB-programma (o,a. projecten rond Blue Growth)	BO Natuurinclusieve visserij TKI Wind op zee (diverse projecten) Maatschappelijk Innovatieprogramma Seaweed for Food and Feed		
Deelprogramma 4: Vermindering van afval in zee				
		Diverse onderzoeksprojecten plastic in zee	KIMO Fishing for litter	Jaarlijkse Beach Clean Up St.Noordzee/Boskalis

[47] Steins, N.A., Van den Boogaart, L., Maarse, M., Smith, S., Tamis, J., & Tatman, Sh. (2019). Duurzame Noordzee – Programmeringsstudie landbouw, Water en Voedsel. IJmuiden: Wageningen Marine Research, rapport nummer 1928089.

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
		Wageningen Marine Research	OSPAR strandafvalmonitoring (St. de Noordzee)	
Deelprogramma 5: Verhoging van de scheepvaartveiligheid door verbeterde schepen en systemen				
	Ontwikkeling van complexe voorspellings- en simulatiemodellen, Kunstmatige Intelligentie technieken en Human Factor onderzoek	Toepassing van deze nieuwe technieken in toegepast onderzoek (experimenteel, op simulatoren en op zee), ontwikkeling van autonome en adviessystemen	Toepassing op nieuwe scheepsontwerpen. Demonstratie van autonome en adviessystemen systemen.	Onderzoek naar ongelukken en bijna-ongelukken (o.a. big data). Digital Twins van bestaande schepen.

Kennis en innovatieopgaven

Deelprogramma	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma 1: Monitoring, modellering, data- en informatiemanagement en afwegingskaders voor menselijk medegebruik binnen de draagkracht van het Noordzee ecosysteem				
Robuuste basiskennis fysisch, chemisch en ecologisch systeem Noordzee	Evaluatie van de bestaande gegevens en monitoringsprogramma's en advies over "must-have's en 'nice to have's" en aanpak herziening (inclusief dataportal). Ontwikkelen van kennis (modellen) over de omvang van 'zog-effecten' van wind op zee en stratificatie-effecten en hoe deze doorwerken op het ecosysteem. Versterken van de kennisbasis over de gevolgen van klimaatverandering voor de zeespiegelstijging in 2100 (inzet Noordzee hulpbronnen voor kustverdediging) en het ecosysteem (natuurwaarden, effecten op en mogelijkheden voor visserij, en mogelijkheden mariculuur).	Ontwikkeling van een integraal monitoringprogramma en data portal.	Uitvoeren van een aantal proeven waarbij verzameling van gegevens uit verschillende programma's binnen één monitoringsactiviteit wordt uitgevoerd.	Hoe organiseren we een integrale inrichting en coördinatie van lopende en nieuwe monitoringsprogramma's vanuit de verschillende betrokken ministeries en kennisinstellingen? Hoe en waar kunnen geschikte referentiegebieden worden ingericht?
Monitorings- en data science technieken van	Ontwikkelen van fundamentele en toegepaste kennis over inzet van innovatie (re-	Ontwikkelen van nieuwe monitoringstechnieken voor verzamelen van basisgegevens over fysisch,	Praktijk klaar maken van nieuwe monitorings- en data science technieken.	Hoe brengen we succesvolle nieuwe monitoringtechnieken binnen bestaande monitoringsprogramma's

Deelprogramma	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
de toekomst.	mote) monitoringstechnieken en hun praktische toepasbaarheid in de condities op en in de Noordzee (bijv. DNA-technieken, akoestiek, cameratechnieken, drones).	chemisch en ecologisch ecosysteem. Ontwikkelen van nieuwe dataopslag, -verspreiding technieken (data science) volgens Europese kennis- en datastandaarden (bijv. EMODNET). Ontwikkelen van nieuwe technieken voor effectmetingen van menselijke ingrepen.		(financiering, onderbreking langjarige tijdsreeksen)?
Afwegingskaders duurzaam gebruik Noordzee.	Kennisontwikkeling over rol van natuurlijk kapitaalrekeningen bij monetarisering van ecosysteemdiensten en –goederen. Ontwikkeling van risicobeoordeling van cumulatieve effecten van menselijk gebruik.	Ontwikkelen van een integraal afwegingskader inpassing van menselijke ingrepen en activiteiten binnen de grenzen van de draagkracht van het Noordzee ecosysteem.		Hoe zorgen we voor internationale afstemming en ontwikkeling afwegingskaders energietransitie op zee in relatie tot systeemdraagkracht? Dienen, in de context van een veranderende Noordzee (klimaat, energietransitie), de huidige (internationale) beleidsdoelen voor natuur, visserij en ander gebruik te moeten worden bijgesteld?
Deelprogramma 2: Natuurvriendelijke aanleg van grootschalige bouwwerken voor energieproductie en stimulering van natuur hierbinnen				
Natuurinclusief bouwen.	Kennisontwikkeling over de kosten en baten van natuurinclusief bouwen. Ontwikkeling van methoden en technieken om aanleg van bouwwerken op zee met zo min mogelijk impact te laten plaatsvinden (o.a. onderwatergeluid, en effecten op vis, vogels, vleermuizen, zeezoogdieren). Versterking van de kennis over welke ontwerpen en materialen natuurontwikkeling rond bouwwerken op zee te bevorderen (gemeenschappen die gedijen op hard substraat, habitats voor vis, schaal- en schelpdieren).	Ontwikkeling van methoden en technieken om aanleg met zo min mogelijk impact te laten plaatsvinden (o.a. onderwatergeluid). Ontwikkeling van methoden en technieken om met aanleg natuurontwikkeling te stimuleren.	Uitvoeren van pilots.	Met welke sturingsinstrumenten kan natuurinclusief bouwen actief gestimuleerd worden? Welke compenserende maatregelen kunnen worden genomen in geval van negatieve effecten van energiewinning op de natuur in de Noordzee? Hoe zorgen we ervoor dat kennis over effecten op natuur en natuurinclusief bouwen die beschikbaar is bij de windenergiebedrijven (eigen monitoring) beschikbaar komt in het publieke domein? Hoe gaan we in de toekomst om met de

Deelprogramma	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	Kennisontwikkeling over aantrekkende werking van natuurinclusieve bouwwerken op zee op zeevogels (en daarmee gepaard gaande risico's en mitigatie).			(verplichte) ontmanteling van natuurinclusief aangelegde offshore installaties als zich daar natuurwaarden op ontwikkeld hebben?
Natuurontwikkeling stimuleren.	Versterking van de kennis over welke ontwerpen en materialen natuurontwikkeling rond bouwwerken op zee te bevorderen (gemeenschappen die gedijen op hard substraat, habitats voor vis, schaal- en schelpdieren).	Ontwikkeling van methoden en technieken om met aanleg natuurontwikkeling te stimuleren.	Uitvoering van pilots.	Aan welke kwaliteitseisen moet nieuwe natuur voldoen? Hoe gaan we om met nieuw gecreëerde natuur in relatie tot het ontmantelen van installaties? Hoe zorgen we ervoor dat kennis over pilots rond het stimuleren van natuurontwikkeling die beschikbaar is bij de initiatiefnemers, beschikbaar komt in het publieke domein?
Deelprogramma 3: Meervoudig ruimtegebruik door combinaties van energie infrastructuur met voedselproductie (visserij en maricultuur)				
Meervoudig ruimtegebruik: algemeen.	Kennisontwikkeling over kosten en baten van meervoudig ruimtegebruik op de Noordzee. Kennisontwikkeling over de technische en ecologische kosten en baten van waterstofopslag.	Verdere ontwikkeling van kansenkaarten voor meervoudig ruimtegebruik. Ontwerp van windparken op een dusdanige manier dat maricultuur en visserij hierbinnen kunnen worden ingepast vanuit het perspectief van efficiënt ruimtegebruik voor iedereen, duurzame productie en veiligheid (bijv. een 'visstraat' voor sleepnetvissers)	Uitvoering van pilots.	Welke kennis- en competenties hebben de toekomstige werknemers op de offshore, visserij en maricultuur arbeidsmarkt nodig? Faciliterend (en meer dwingend) beleid voor meervoudig ruimtegebruik.
Meervoudig ruimtegebruik: combineren (wind)energie en visserij.	Zie MMIP Visserij.	Zie MMIP Visserij.	Zie MMIP Visserij.	Zie MMIP Visserij.
Meervoudig ruimtegebruik: combineren (wind)energie en maricultuur.	Fundamentele kennisontwikkeling over toepassingsmogelijkheden van Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) op de Noordzee.	Toegepaste kennisontwikkeling voor IMTA op de Noordzee. Praktijktesten van ontwikkelde offshore maricultuur productie-installaties.	Uitvoeren van IMTA-pilots. Zie MMIP Biogrondstoffen (onderdeel Zeewier).	Zie MMIP Biogrondstoffen (onderdeel Zeewier)

Deelprogramma	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	Ontwerp en ontwikkeling van 'Noordzee-proof' productie-installaties voor maricultuur. Zie MMIP Biogrondstoffen (onderdeel Zeewier).	Zie MMIP Biogrondstoffen (onderdeel Zeewier)..		
Deelprogramma 4: Vermindering van afval in zee				
Minder afval in zee.	Kennisontwikkeling over welk afval door productie en consumptie van voeding en consumptiegoederen in het algemeen positief beïnvloedbaar is en hoe dit te doen. Kennisontwikkeling over welk afval aan boord van schepen in het algemeen positief beïnvloedbaar is en hoe dit te doen. Sociaalwetenschappelijk onderzoek naar gedragsverandering en het organiseren van marktprikkels.	Ontwikkeling van strategieën (inclusief prikkels) om gedragsverandering rond afval in zee (scheepvaart) of vanaf het land (consument) te bewerkstelligen. Ontwikkelen van makkelijke en in de praktijk werkende afvalsystemen aan boord van schepen.	Toekomstbestendig maken van het bestaande KIMO 'Fishing for Litter' project van de Nederlandse vissersvloot (uitbreiding, financieel). Pilots aan boord van schepen rond praktisch werkende afvalinzamelingssystemen.	Hoe kunnen we verbindingen leggen tussen zwerfafval op land en de rivieren en afval in zee? Hoe kunnen de havens worden gestimuleerd om meer makkelijke afvalinzamelingsvoorzieningen aan te leggen? Hoe zorgen we ervoor dat vissers als inzamelaars van zwerfafval geen inkomstenderving hebben als gevolg van deze activiteit?
Deelprogramma 5: Verhoging van de scheepvaartveiligheid door verbeterde en slimmere schepen en goed ondersteunde en voorbereide bemanningen.				
Voorkomen extreme bewegingen en belastingen voor bemanning, passagiers, lading en schip	Niet-lineaire hydrodynamica van schepen in hoge golven in diep en ondiep water (inclusief golfklappen). Resulterende dynamica van het schip en de lading (zoals containers). Belasting op mensen aan boord Ontwikkeling prestatie criteria voor bemanningen Machine Learning technieken voor bepaling golven en scheepsbewegingen	Methoden om extreme bewegingen te voorkomen (anti-slingersystemen). Verbetering beladingsmethodes (zoals sjorringen). Slimme methoden om belastingen te voorkomen (golfradar / haptiek/ 'ship as a wave buoy')	Demonstratie van nieuwe anti-slingerconcepten. Demonstratie nieuwe methoden zoals golfradar en haptiek op snelle schepen. Voorspelling bewegingen en inzetbaarheid op basis van golfwaarneming.	Toepassing ontwikkelde (hydro)dynamische methoden in het scheepsontwerp. Toepassing modelproeven en simulatiestechnieken, bij voorbeeld in ongevallen onderzoek.
Scheepsstabiliteit	Onderzoek naar extreme dynamische slingerhoeken die kunnen optreden. Onderzoek naar methoden voor het voorspelling van intacte- en lekstabiliteit en	Ontwikkeling van methoden om kapseizen van beschadigde schepen te voorkomen, zoals Emergency Floatation & Stability Devices (EFSD's).	Eerste modelproeven en studies met EFSD's door MARIN, TU Delft en SARC. Inzet simulatoren in strijd tegen kapseizen en zinken van schepen.	Toepassing modelproeven en simulatietechnieken (desktop / brug-simulator / rekencluster), bij voorbeeld in ongevallen onderzoek.

Deelprogramma	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	verbetering scheepsontwerp.	Ontwikkelen advies systemen voor voorkomen extreme slingerbewegingen.		
Aanvaringsrisico met schepen en constructies (kans en consequentie)	Onderzoek naar verkeersveiligheid, bij voorbeeld met behulp van AIS (Automatic Identification System) data. Ontwikkeling van nauwkeurige manoeuvreermodellen in diep en ondiep water. Onderzoek naar de faalkansen bij aanvaring en de gevolgen daarvan (omvang schade).	Ontwikkeling van voorspellende modellen voor de kans op aanvaring en de gevolgen daarvan. Implementatie manoeuvreermodellen in simulatoren. Onderzoek naar adviessystemen om aanvaringsrisico's te voorkomen	Toepassing van deze modellen voor vragen rond toekomstige ontwikkelingen, zoals toename scheepvaartverkeer en Wind op Zee (aanvaring schepen onderling en met andere constructies zoals windturbines).	Verkeerstudies naar effecten van gecombineerde bemande en autonome schepen, zowel op zee als ook de binnenwateren en havens.
Human factors en inzet Virtual / Augmented Reality	Onderzoek naar menselijke factoren bij veiligheid op zee. Onderzoek naar nieuwe simulatiemethoden die noodzakelijk zijn om mensen goed te trainen. Meetbaar maken van de menselijke factor en de prestaties van de bemanning.	Ontwikkeling van simulatoren en Virtual Reality technieken voor het trainen en voorbereiden van bemanningen en loodsen (en inzet meettechnieken menselijke factoren).	Inzet van simulatoren en VR technieken voor het overbruggen van het gat tussen ontwerp en operatie: nieuwe schepen ervaren voordat ze gebouwd zijn.	Inzet van simulatie- en VR technieken voor het trainen en voorbereiden van bemanningen en loodsen en de ontwikkeling van nieuwe infrastructuur.
Veiligheid bij autonome schepen	Onderzoeken naar Situational Awareness en de daarbij horende sensor systemen. Onderzoek naar Collision Avoidance methoden. Onderzoek naar zelflerende, adaptieve simulatie modellen door toepassing van Kunstmatige Intelligentie.	Ontwikkeling van Manning & Automation systemen. Ontwikkel geïntegreerde omgeving om informatie behoefte, rollen, communicatie te onderzoeken	Eerste proefprojecten van autonoom varen schepen in havens, op vaarwegen en op zee. Ontwikkeling eerste Digital Twins van schepen.	Eerste pilotprojecten autonoom varen en Digital Twins. Het verifiëren en beoordelen van autonome systemen door middel van simulatie technieken.
Inzet van advies systemen onshore & onboard	Onderzoek informatie behoefte en presentatie aan boord en bij remote monitoring van bemande schepen. Onderzoek simulatie technieken in combinatie met machine learning als instrument om decision support te geven.	Ontwikkeling van adviessystemen voor het scheepsgedrag in extreme omstandigheden (combinatie omgevingscondities en scheepsgedrag).	Ontwikkel simulatie technieken om decision support systemen te optimaliseren, verifiëren, valideren en testen (inclusief de Human Factor).	Het verifiëren van de effectiviteit van advies systemen met de 'operator in the loop'.

Positionering MMIP

Dit MMIP heeft interacties met de twee klimaattafels Industrie, en Landbouw & Landgebruik; de zeven Topsectoren Energie, Agri & Food, Water & Maritiem, Logistiek, Life Sciences & Health, Chemie, en High Tech Systems & Materials; en de drie Sleuteltechnologieën ICT, Geavanceerde Fabricageprocessen, en Meet- en Detectietechnologie. Het heeft (deels) overlap met Missie B Klimaatneutrale Landbouw en voedselproductie en met Missie D Gewaardeerd, Gezond en Veilig Voedsel.

Het onderwerp Noordzee heeft grote raakvlakken met MMIPs die door andere topsectoren worden opgesteld; o.a. MMIP Hernieuwbare energie op Zee (Klimaatakkoord, Topsector Energie), en vier MMIPs van het TKI Maritiem, te weten: Towards Zero Emissions, Blue Growth, Digital & Autonomous Shipping, en Safety & Security). Er kan veel synergie bereikt worden door onderlinge afstemming en gezamenlijke aanpak van de kennis- en innovatieopgaves rond de Noordzee die bij de verschillende topsectoren zijn ondergebracht.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

De offshore-industrie en de windenergiesector kenmerken zich door een sterk innovatief en vaak internationaal karakter en financiële slagkracht. Andere delen van de blauwe energiesector, zoals zonne- en getijdenenergie, zijn nog in een opstartfase en hebben veel ideeën maar weinig financiële middelen. De windenergiesector ziet zich geconfronteerd met een toenemende maatschappelijke vraag rond het combineren van de door hen ingenomen ruimte met natuur en andere gebruikers. Waar dit in de oude kavelbesluiten niet actief werd gestimuleerd, komt daar in de toekomst verandering in. De sector ziet risico's rond veiligheid en andere negatieve interacties door medegebruik, wat (tot nu toe) geresulteerd heeft in een afwachtende houding, zeker als het gaat om pilots rond visserij en maricultuur; op het gebied van natuurontwikkeling (o.a. aanleg oesterbanken en habitats voor vissen en schaaldieren) komt nu beweging.
De sectoren visserij en maricultuur staan beschreven in respectievelijk het MMIP Visserij en het MMIP Biogrondstoffen.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

- Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM);
- Europese vogel- en Habitatrichtlijnen (Natura2000);
- Europees Gemeenschappelijk Visserij Beleid (GVB);

- Strategische Agenda Noordzee 2030 en het daaraan gekoppelde traject rond het Noordzee Akkoord door het Overlegorgaan Fysieke Leefomgeving (OFL);
- Europese Blue Growth Strategie 2020;
- Rijksbrede Maritieme Strategie 2015-2025 met bijbehorende werkprogramma's.

Strategie internationaal

De belangrijkste internationale strategie die relevant is voor dit MMIP is de Europese Blue Growth Strategy 2020, als onderdeel van de Europese strategie voor slimme, duurzame en inclusieve blauwe groei. Daarnaast zijn er diverse Europese richtlijnen die de kaders stellen voor medegebruik van het Noordzee ecosysteem, waaronder verplichtingen voor natuurbescherming (inclusief het aanwijzen van beschermde gebieden) en de duurzame exploitatie van visbestanden. Voor de exploitatie van wind is er geen Europese strategie of regelgeving, met dien verstande dat de aanleg van windparken (en andere vormen van energie- en grondstoffenwinning) moeten voldoen aan de Natura2000 regelgeving.

In Nederland wordt vanuit het OFL gewerkt aan het Noordzee Akkoord, waarbij het vooral gaat om ruimtelijke afspraken over energie, voedsel en natuur op de Noordzee. Dit Noordzee Akkoord moet in de zomer dit jaar gereed zijn. De uitkomsten hiervan hebben mogelijk gevolgen voor de focus van het voorliggende MMIP en de daaraan gekoppelde MMIPs voor Visserij en voor Biogrondstoffen.

In samenwerking met de maritieme sector ontwikkelde de rijksbrede overheid 'De Nederlandse Maritieme Strategie 2015-2025'. Deze heeft als ambitie: 'een internationale duurzame toppositie van Nederland door integrale samenwerking tussen Rijksoverheid en maritieme cluster'. Op het vlak van veiligheid en milieu stelt de Maritieme Strategie: "Alleen een veilig, milieuvriendelijk en duurzaam opererend maritiem cluster kan zijn economische potentie blijvend waarmaken. Een schone zee- en binnenvaart dragen bij aan de verbetering van het leefklimaat voor omwonenden van havens en aan de ontwikkelruimte voor diezelfde havens. Onverminderde inzet door overheid en bedrijfsleven voor een veilige, milieuvriendelijke en duurzame ontwikkeling van de scheepvaart, zowel in nationaal als in internationaal verband, is daarom noodzakelijk."

Innovatiesysteem en consortiumvorming

Publiek-private samenwerking (PPS) staat nog in de kinderschoenen als het gaat om meervoudig ruimtegebruik voor natuurontwikkeling en/of voedselproductie. De pilot-initiatieven van natuurorganisaties rond het herstel van platte oesterbanken worden deels samen met energiebedrijven uitgevoerd, maar worden over het algemeen gefinancierd door charitatieve middelen en niet via topsectorfinanciering. De visserijsector is pas recent onderdeel geworden van gericht topsectorenbeleid (Agri & Food). De visserij- en de maricultuursector kenmerken zich door een gefragmenteerde organisatiegraad en weinig financiële slagkracht, wat deelname aan consortia en bijeenbrengen van cofinanciering bemoeilijkt.
Er moet een brede samenwerking van partijen ontstaan met een hogere organisatiegraad om optimale systemen voor medegebruik van grootschalige bouwwerken te realiseren. Startups, die bijvoorbeeld specifiek inzetten op medegebruik van windparken voor voedselproductie, gaan een grote rol spelen. Het is daarom belangrijk om financiële stimuli en vangnetten voor kansrijke ontwikkelingen te stimuleren.
In september 2018 is de Community of Practice multi-use Noord-zee – vaart onder de vlag van de Strategische Agenda Noordzee 2030 en drie topsectoren – gestart met een innovatielab voor pilot-trekkers. Het doel is tweeledig: 1. inzicht krijgen in alle pilots op het gebied van medegebruik op en aan de Noordzee en 2. Het on-dersteunen van de werkzaamheden van de pilottrekkers om van een start-up een scaler van te maken o.a. door faciliteren met kennis over subsidies, inverteringsregelingen, vergunningsverlening etc.). Hierin worden alle partijen bijeen gebracht om samen risi-co'en kansen te identificeren, kennis en kunde te delen om zo-doende de duurzame blauwe innovatie van de grond te krijgen. In de CoP zijn onderzoekers, ondernemers, NGO's en overhe-den/topsectoren vertegegenwoordigd. De CoP gaat zich ook richten op leren van medegebruik pilots met andere aan de Noordzee aangrenzende landen.
Voor de intensivering van menselijk medegebruik is een verbetering van de kennisbasis over de randvoorwaarden waarbinnen dit gebruik kan plaatsvinden essentieel. Hiervoor is een integrale en gecoördineerde aanpak (in tegenstelling tot de huidige sectorale en gefragmenteerde aanpak) vanuit de betrokken ministeries nodig.
Het doel op het vlak van scheepsvaartveiligheid is om bij een toenemende zeescheepvaart 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.

E.2 Natuur-inclusieve landbouw, visserij en waterbeheer in Caribisch Nederland

Samenvatting

In Caribisch Nederland is natuur, op zowel land als zee (koraal), en de daarvan afgeleide ecosysteemdiensten de belangrijkste economische drager. De natuur en ecosysteemdiensten in 't gebied gaan echter sterk achteruit, deels door bv. klimaatverandering maar ook door lokale oorzaken als toenemend toerisme, erosie, droogte, vervuiling en eutrofiëring van het kustwater. Er is veel achterstand die ingehaald dient te worden om de natuurlijke veerkracht van de verschillende ecosystemen te herstellen en verbeteren en zo het hoofd te bieden tegen klimaatverandering. **Doel** van dit MMIP is dat in 2030 visserij, landbouw, toerisme en waterbeheer in balans zijn met de unieke Caribische natuur, en structureler bijdragen aan de lokale voedselvoorziening en economie. Alternatieven en innovaties in genoemde sectoren kunnen worden gestimuleerd zodat er een transitie wordt bereikt naar een **natuur-inclusieve economie**. Deelprogramma's en prioriteiten om dit doel in samenhang te bereiken zijn:

1. Transitie in landbouw: Ontwikkelen en toepassen van innovaties (bv circulaire landbouw) irt watergebruik, minder druk op natuur en opbrengst. Vervolgens opschalen van best practices die bijdragen aan een natuur-inclusieve agrarische economie en versterking van de lokale voedselvoorziening.
2. Visserij en aquacultuur: Middels innovatie in zowel techniek als uitvoering de effecten op natuur minimaliseren en de lokale voedselvoorziening en inkomsten vanuit de visserij vergroten. Nadruk ligt oa. op bepalen van visstand, en bijvangst, effectievere methodes, marketing, natuur- en kunstrif-aanleg/herstel voor kustverdediging en juveniele vis). De ontwikkeling van een duurzame aquacultuur is optioneel, bijvoorbeeld van mangrove oester, conch of zeewier.
3. Natuurbeheer en herstel: Bepalen draagkracht Caribische natuur staat centraal. Status structureel monitoren met slimme innovatieve technieken (oa DNA, remote sensing, ..) op zowel land en zee, zo ook het bepalen effect-relaties, ontwikkelen van passende (herstel en restauratieve) maatregelen en mitigaties. Building with Nature en duurzaam toerisme zijn voorbeelden.
4. Afval(water)beheer en vervuiling: Water en afval(water) management, zoals zuiveringen en bijhorende infrastructuur, als onderzoek, en de ontwikkeling van innovatieve lokale concepten, variërend van technische oplossingen tot sociaalmaatschappelijke vernieuwingen. Een voorbeeld is het terugwinnen of inzetten van

nutriënten uit afvalwater en het gebruik van effluent als duurzame bron van kostbaar zoet water.

Inleiding

Natuur, met name de koraalriffen en de daarvan afgeleide ecosysteemdiensten, is de belangrijkste economische drager in Caribisch Nederland. De totale bijdrage uitgedrukt in TEV van de ecosysteemdiensten op de drie BES eilanden is 122 miljoen US$ per jaar. Scenario-studies laten zien echter dat bij een "business as usual situatie" de bijdrage aan het BNP binnen 10 jaar terugloopt met 40% en in 30 jaar met 70%.

De natuur en ecosysteemdiensten van Caribisch Nederland gaan over het algemeen achteruit, deels door wereldwijde veranderingen (met name klimaatverandering en de effecten ervan) maar ook door lokale oorzaken (toename toerisme, erosie door extensieve veeteelt, verdroging, vervuiling, invasieve exoten, en eutrofiëring van het kustwater). Om deze trend om te buigen is het belangrijk dat Rijk, lokale sectoren, lokale overheden en NGO's de handen ineenslaan.

Een veerkrachtige natuur is nodig om het hoofd te bieden aan de veranderingen als gevolg van klimaatverandering. Er is veel achterstand die ingehaald dient te worden om de natuurlijke veerkracht van de verschillende ecosystemen van Caribisch Nederland te herstellen en verbeteren. Nieuwe initiatieven en kennis kunnen bijdragen om negatieve effecten op de natuur te minimaliseren. Alternatieven en innovaties op het gebied van toerisme, landbouw, water en visserij kunnen zodoende worden gestimuleerd zodat er een transitie wordt bereikt naar een meer natuur-inclusieve economie.

Wat beoogt het MMIP?

De inzet van dit MMIP is dat de teruggang van natuur en ecosysteemdiensten in Caribisch Nederland[48] in 2030 is stopgezet en herstel ingezet, voedselproductie van lokale vis en landbouwproducten op peil is en circulair, en werkgelegenheid zeker gesteld. In het bijzonder:

- De teruggang van koraal en ecosysteemdiensten in Caribisch Nederland is stopgezet en herstel is ingezet.
- De eilanden zijn meer zelfvoorzienend: Lokale voedselproductie van vis en landbouwproducten draagt veel meer dan nu het geval is bij aan de lokale voedselconsumptie.
- Water (grond/regen/afvalwater) maakt deel uit van een geïntegreerd eilandelijk water management plan

[48] i.e. Bonaire, Saba en St. Eustatius (de BES-eilanden)

- Opgaven zijn geadapteerd aan klimaatverandering en de effecten ervan
- De belangrijkste vervuilingsbronnen zijn in zicht en aangepakt (inclusief gescheiden afvalinzameling), de waterhuishouding is circulair.

Daartoe zal binnen dit MMIP kennis worden ontwikkeld, geïntegreerd en aangeleverd voor de benodigde transities in de landbouw, visserij, natuurbeheer en waterbeheer. Deze transities dragen bij aan versterking en herstel van de unieke Caribische natuur, leiden tot een structurele stijging van de lokale voedselvoorziening en economie en/of brengen de erosie op de eilanden tot stilstand. Dit vergt veelal een integrale trans-disciplinaire aanpak en strategieën gebaseerd op een duurzaam beheer van natuurlijke hulpbronnen.

Het MMIP omvat de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk (van reeds bestaande technieken en kennis) voor vier deelprogramma's:

- Transities in de landbouw praktijk op de eilanden
- Duurzaam visserijbeheer, duurzame visserijpraktijk en aquacultuur
- Innovaties in natuurbeheer en natuurherstel, inclusief klimaatadaptatie en transitie ecotoerisme
- Afvalbeheer, afvalwaterbeheer en vervuiling[49].

Deze deelprogramma's zijn gelinkt met elkaar dus onderzoek dat meerdere deelprogramma's omvat wordt gestimuleerd.

1. Landbouw: Beoogt een transitie en verdere opschaling die in combinatie met een efficiënte en circulaire waterhuishouding en een beter grondwaterbeheer leidt tot minder effecten op de natuur en bijdraagt aan een versterking van de lokale voedselvoorziening en agrarische economie
2. Visserij en aquacultuur: Beoogt middels innovatie in zowel techniek als uitvoering de effecten op natuur te minimaliseren en leidt tot meer lokale voedselvoorziening en hogere inkomsten vanuit de visserij (effectievere visserij methodes, verlaagde brandstofbehoeftes, promotie en export van lokaal gevangen vis, aanboren nieuwe visserijbronnen, natuur- en kunstrifaanleg/herstel voor

[49] Bij het punt vervuiling gaat het niet om onderzoek in relatie tot 'het normale afvalwaterbeheer, afval beheer en de bestrijding van vervuiling'. Het is bekend dat dit op de BES-eilanden niet op orde is. En dat er veel investeringen nodig zijn om dit op orde te krijgen. De technologie, de benodigde infrastructuur, de bijbehorende wet- en regelgeving en de eisen t.a.v. het beheer zijn bekend. Hier is geen nader onderzoek voor nodig is en dat valt dus buiten de scope van dit programma.

kustverdediging en juveniele vis). De ontwikkeling van een duurzame aquacultuur is voorzien, bijvoorbeeld van mangrove oester, zeewier, sargassum, Queen Conch.

3. Natuurbeheer en herstel: Gericht op status bepaling op zowel land als zee, bijdragend aan een verbetering van de kwaliteit van de unieke Caribische natuur, inclusief mogelijke klimaatadaptatie en transitie in de toeristische praktijk. Hierbij horen zowel onderzoek naar (het voorkomen/verminderen van) de directe en indirecte effecten van menselijk gebruik effecten (o.a. landbouw, toerisme, visserij, vervuiling, invasieve exoten, predatie en verstoring door landbouw en gezelschapsdieren). Innovatieve kennis en concepten voor actief herstel (bv. koraal herstel, inrichten van broedgebieden) zijn nodig, alsmede de ontwikkeling van innovatieve monitoringstechnieken om aanvullend, beter en efficiënter data te verkrijgen over de staat van instandhouding van de Caribische natuur en de effectiviteit van maatregelen.
4. Afval(water)beheer en vervuiling: Dit vergt zowel investeringen, zoals RWZI's en de bijhorende infrastructuur, als onderzoek, innovatie en de ontwikkeling van innovatieve lokale concepten, variërend van technische oplossingen tot sociaalmaatschappelijke vernieuwingen. Een voorbeeld is het terugwinnen van nutriënten uit afvalwater en het gebruik van effluent als duurzame bron van kostbaar zoet water.

Deelprogramma's en fasering

Lopend of recent afgesloten projecten en programma's: Eerder is geen programma vanuit de topsectoren uitgevoerd geweest. Verschillende lokale initiatieven en projecten vanuit verschillende ministeries en overheden hebben op deelaspecten invulling gegeven. Onderstaande kennis-en innovatieopgaven zijn gebaseerd op de aspecten die aanvullende aandacht behoeven.

Kennis en innovatieopgaven

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3	Ontwikkelfase TRL 4-6	Demonstratiefase TRL 7-9	Implementatiefase
Deelprogramma 1: Transitie in landbouw				
Landbouw en veeteelt	(Hoe) kan de landbouwproductie voldoende toenemen gegeven de zoet watervoorraad, klimaatverandering en populatiebehoeftes? Waar en wanneer zijn welke vormen	Handelings-perspectief en methoden ontwikkelen om overbegrazing door geiten en ezels te bestrijden stoppen	Regenwateropvang projecten	Best practices selecteren en opschalen

	van landbouw toepasbaar en opschaalbaar?	Nieuwe vormen van landbouw ontwikkelen samen met stakeholders Programma ontwikkeling irt zelfvoorziening van wateropvang en voedsel verbouwen		
	Zijn nieuwe vormen van landbouw (circulair, perma,..) van toegevoegde waarde?		Experimenteren met zouttolerante en droogteresistente gewassen, en andere nieuwe vormen van landbouw/	
	Wat zijn de werkelijke maatschappelijke kosten van extensieve veeteelt (en graasdruk resulterend in erosie)		Gewas aanplant projecten gericht op erosiepreventie	
Win-win	Welke lokale soorten bieden unieke exploitatie kansen obv biochemische samenstelling?			
	Welke landbouwgewassen kunnen worden ingezet om erosie tegen te gaan (en waar)			
Water	Hoe kan water (regen, afval, grijs) het beste worden opgeslagen, gezuiverd en hergebruikt.	Hoe en waar kunnen we regenwater het beste vasthouden en hergebruiken.		Uitstippen van een stapsgewijs te implementeren Masterplan Duurzaam Waterbeheer
	Wat behelst de benodigde infrastructuur (oa. distributie, areaal, ecologische consequenties)			
Stakeholderparticipatie	Hoe stakeholderbetrokkenheid te vergroten, en te zorgen voor shared fact finding en uitvoering			
Deelprogramma 2: Transitie naar duurzame visserij en aquacultuur				
Technieken	Traditionele visserij op small coastal pelagics, kunstrif-ontwikkeling, aquacultuur- ontwikkeling: Wat is de potentie (opbrengst) en wat zijn ecologische consequenties?	Experimenteren met FADs Uitwerken van aquacultuurpotentieel	Duurzaam visstand beheer: welke data zijn nodig? Experimenten met kunstriffen (ook irt kustbescherming, en vishabitat) Opzetten van een pilot aquacultuur project.	Materplan Duurzame Visserij ontwikkelen
	Wat kan er in de keten worden verbeterd (soorten, opwerking, vermarkting, draagvlak)?	Product- en ketenontwikkeling voor succesvolle vermarkting van niet-traditionele vis-	Demonstratie en experimenteren met kleinschalige introductie en bijvangst reductie van	

		soorten en plant-aardige mariene producten	nieuwe vistech-nieken d.m.v. "lokale project champions"	
Relatie na-tuur/bijvangst	Inzicht in populatie-omvang/structuur, migratie en habitat-gebruik van haaien en grote migrerende soorten (walvis, schildpad) met be-hulp van moderne technieken (teleme-trie, DNA)	Ontwikkeling van samenwerking met de visserijsector om nieuwe vistech-nieken te ontwik-kelen om bijvangst en verstrikking te voorkomen.	Zie hierboven	
	Onderzoek naar de omvang en regule-ring/reductie van bij-vangst en verstrik-king van zeezoogdie-ren en haaien			
Deelprogramma 3: Innovaties in natuurbeheer en herstel (inc klimaat en toerisme)				
Status bepa-ling (biodiver-siteit, ecolo-gie)	Wat is de ecologische draagkracht Caribische Natuur: o.a.- - Duurzaamheid inheemse po-pulaties bepa-len - Factoren: op-pervlakte, kwaliteit en habitat (per functie) - Genetische di-versiteit van bedreigde snipperpopula-ties - Vleermuizen en rol in be-vruchten na-tuur en land-bouw - Inventarisatie (aantal/ver-spreiding/eco-logie) van key en flagship species - Detectie inva-sieve soorten	Shared fact finding en stakeholder in-volvement (citizen science), training en capacity build-ing. Kennisopbouw van habitats en soorten (monitoring van kwaliteit, trends, drukfactoren etc) Prioritering o.b.v. urgentie en hande-lingsperspectief Ontwikkelen inno-vatieve en effec-tieve monitoring (remote sensing, DNA, etc)	Kennis delen en in-tegreren Scenario studies mate van duur-zaamheid van in-heemse soorten Training en be-wustwording sta-keholders (work-shops) Aanzet tot Wette-lijke onderzoeksta-ken?	Bijdragen aan milieu en natuur-beleidsplan Stakehol-der work-shops Best practi-ces ontwik-kelfase en demo fase opschalen
	Inzet innovatieve tech-nieken zoals (e)DNA, akoestiek, telemetrie, remote sensing bij bo-venstaande onder-zoeken			
Oorzaken/dri-vers of change/effec-ten	Wat is het effect van habitat versnippering op kwaliteit en veer-kracht van populaties?	Kennisopbouw van oorzaken en effec-ten op verandering op habitats en soorten, alsmede de potentie voor	Experimenten mbv fieldlabs Pilots op minimaal 2 eilanden (climate resilience)	
	Wat zijn de belangrijk-ste oorzaak-effect rela-ties richting habitats en			

	soorten? En wat zijn dan de meest effectieve maatregelen (zowel op land als zee) Wat is bv het effect van toerisme? En wat is duurzaam toerisme?	herstel na nemen van maatregelen Testen van maatregelpakketten		
	Wat is het effect van invasieve soorten (bv graas door geiten), Wat zijn de effecten van de recente Sargassum loading events op benthische ecosystemen	Geïntegreerde aanpak predatie door ratten en katten, en graas door geiten/ezels. Hoe kunnen dry forests en andere bedreigde plantensoorten verder hersteld worden?	Demo projecten, fieldlabs/inzet nieuwe monitoring technieken	
	Wat is het effect van klimaatverandering op eilandpopulaties (kwetsbare soorten), habitats en de kwaliteit (kustlijn, verzilting)			
	Wat is de oorzaak van de hoge cyanobacteriebedekking op 't (diepe) rif, en hoe kan de groei worden beperkt of voorkomen? Wat is de relatie tussen diep en ondiep rif en 't effect op koraal?			
Restoratie	Wat is de schaalgrootte van Koraalhersteltechnieken waarbij het bijdraagt aan een veerkrachtig ecosysteem?	Wat te doen om de achteruitgang van koraal om te zetten in vooruitgang, ook in samenhang met toerisme Schaalvergroting door nieuwe technieken	Koraalherstel uitbreiden Opties genereren voor climate resilience Haalbaarheidsstudies BwN/nature based solutions (oa experimenten, herstelprojecten/demo's/aanplant) Draagvlak verkennen (alle maatregelen)	
	Wat is een passende aanpak om invasieve soorten terug te dringen, introductie te voorkomen en/of schade te beperken?	Implementatie van protocollen voor voorkomen introductie van invasieve exoten		
	Building with Nature (BwN): Hoe kunnen mangroven en zeegrasvelden optimaal (mutualisme) worden ingezet tegen kusterosie en de effecten ervan op koraal en bv aanspoeling van sargassum	Ontwikkelen van natuurinclusieve ruimtelijke beleidsscenario's, met daarin nature based solutions (BwN opties uitwerken), aanpak om ecologische verbindingen te garanderen, klimaatbestendig		
	Varieert de erosie op catchment nivo, en wat zijn passende maatregelen?	Welke erosiemaatregelen zijn op catchment nivo doeltreffend?		
Deelprogramma 4: Afval(water)beheer en vervuiling				

Water	Hoe ziet de watercyclus (kwantiteit en kwaliteit- waar wanneer, welk type water, vraag en aanbod in ruimte en tijd) eruit en hoe is deze te managen?	Monitoringsstudies mbt status, effecten en effectiviteit van maatregelen implementeren met slimme technieken Ontwikkelen mitigatie opties Stakeholder participatie om tot gedragen plan te komen	Demo-projecten uitvoeren en evalueren	Integraal water management plan implementeren (urban, landbouw, natuur, industrie) gericht op kwantiteit en kwaliteit, incl. structurele monitoring Kan omvatten: oa Protocol tbv ecologische monitoring na olievervuiling implementeren incl mitigatie opties
	Watermanagementplan: Welke sectoren hebben welk type water wanneer nodig, of leveren water aan? Is er een probleem met water? Aansluiten behoeftes in vraag en aanbod			
	Hoe is de kostprijs van water omlaag te brengen (circulair/duurzame energie)?			
Vervuiling/effecten	Wat zijn de nivo's van vervuilende stoffen (nutriënten, olie, UV filters, sediment, ..) die afstromen naar de kust + ecosysteem, en wat zijn de effecten ervan op de natuur (link met 3)	Monitoringsstudies mbt status, effecten en effectiviteit van maatregelen implementeren met slimme technieken	Uitzetten maatregelen. Lokale mogelijkheden met lokale projecten kort en bondig implementeren in demo projecten en meten effectiviteit	
	Welke sector heeft welke bijdrage in de lokale waterkwaliteit(toerisme/cruise, zwemmers, afvalwater, schepen, haven, jachten, landbouw, urbane ontwikkeling...) en wat zijn passende maatregelen om vervuiling tegen te gaan?	Strategieën en maatregelen ontwikkelen om emissie en ophoping in natuur + effecten tegen te gaan Opties met algae reactor evalueren om biobased UV filters te ontwikkelen en testen op natuurvriendelijkheid		Best practices opschalen
Afval	Hoe te komen tot duurzame afvalverwerking		Implementatie pilots/demo's duurzame afvalverwerking	Best practices opschalen

Positionering MMIP

Dit MMIP heeft interactie met de toeristisch recreatieve sector, de landbouwsector en de visserijsector. De toeristisch recreatieve sector is vooral gebaat bij een goede staat van instandhouding van de Caribische natuur. Een groot deel van de toeristen komt met name naar de eilanden vanwege deze unieke natuur. Het verdient aanbeveling om te verkennen of het mogelijk is voor dit MMIP PPS'en op te zetten met de toeristische sector. Daarnaast zijn er transities nodig in de (nog kleinschalige) landbouw en visserijsector op de eilanden ten

einde de druk op de natuur te verminderen, de lokale voedseleconomie te versterken en de zelfvoorzienigheid op het gebied van voedsel te vergroten. Deze twee sectoren profiteren nog weinig van de kennis- en expertise in het agrifood domein zoals deze in Nederland aanwezig is zowel bij kennisinstellingen als bij het bedrijfsleven. Wellicht biedt dit ruimte voor cross-over calls binnen de MMIP's.
Een andere factor van belang op de eilanden is de samenwerking met NGO's. Natuurbeschermende organisaties in CN spelen een zeer belangrijke rol, zowel in relatie tot het natuurbeheer en -herstel als in educatie. Zij spelen ook voor het toerisme een belangrijke rol. Het is van groot belang hen bij dit MMIP te betrekken. Bovendien zouden zij via goede doelen subsidies mogelijk bij kunnen bij dragen aan onderzoek.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven
De Nederlandse agrifoodsector is mondiaal toonaangevend op het gebied van efficiënte voedselproductie en is internationaal marktleider. Nederland heeft een sterke, innovatieve en hoogproductieve sector met een zeer efficiënte logistiek en verwerking. Onze kennisinstellingen zijn world class en de publiek-private samenwerking zit ons in de genen. Deze sector is echter nauwelijks actief op de BES-eilanden. Wellicht biedt dit MMIP mogelijkheden om de Nederlandse agrarische (kennis)sector meer te laten investeren op de BES-eilanden. De lokale sectoren zijn momenteel echter klein en minder/niet kapitaalkrachtig en lokale capaciteit dient te worden opgebouwd.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's
- Rijkskader voor Caribisch Nederland: meerjarenprogramma 2015-2018 (Saba/ Bonaire)
- Natuurbeleidsplan Caribisch Nederland 2013-2017
- Beheer Exclusieve Economische Zone: Yarari -reservaat en nationaal park Sababank.
- 'Memorandum of Agreement' voor samenwerking bij het EEZ beheer tussen Nederland, Aruba, Curacao, St. Maarten, Bonaire, St Eustatius en Saba' met bijbehorend Beheersplan voor de EEZ.
- 'Memoranda of Understanding' voor samenwerking tussen het Yarari Reservaat en respectievelijk het Franse Agoa Reservaat en het Amerikaanse Stellwagen Bank National Marine Sanctuary.
- Memorandum of understanding (MOU) met Openbaar lichaam Bonaire (OLB)
- Convention on Biological Biodiversity: Aichi targets;

- Cartagena conventie/ SPAW protocol; UN SDG's; Ramsar conventie; CITES; CMS;
- Inter-American Seaturtle convention; Verdrag ter Bestrijding van Woestijnvorming

Strategie internationaal

De beschreven uitdagingen zijn niet uniek voor de BES-eilanden, maar zijn algemeen voor tropische eilanden. Innovaties zoals te ontwikkelen in dit MMIP zullen bij succesvolle uitrol op de BES-eilanden een internationaal voorbeeld kunnen zijn, bijvoorbeeld voor zogenaamde 'small island developing states' en voor de United Nations en de Wereldbank die de duurzame ontwikkelen van deze gebieden onder meer behartigen. Zowel kennis-instituten als Ngo's en bedrijfsleven kunnen de spin-off toepassen en benutten.

Innovatiesysteem en consortiumvorming

Binnen dit MMIP gaat het om de ontwikkeling van nieuwe en innovatieve concepten die transities binnen meerdere sectoren mogelijk moeten maken, de visserij, de landbouw, het toerisme, het natuurbeheer en -herstel en afvalbeheer en afvalwaterbehandeling. Hiervoor is een trans-disciplinaire aanpak nodig, waarin bij het ontwikkelen van natuur-inclusieve concepten veel aandacht wordt besteed aan het betrekken van de lokale bevolking, en in het bijzonder lokale sectoren en Ngo's. Naast het betrekken van de reeds genoemde Nederlandse agrisector, dient nader onderzocht te worden in hoeverre de toeristische sector, en met name grote bedrijven zoals KLM, TUI, en hotelketens of afval bedrijven (grondstoffen) betrokken kunnen worden bij dit onderzoek, alsmede wereldwijd opererende Ngo's zoals WNF.

E.3 Duurzame rivieren, meren & intergetijdengebieden

Missie

Voor de rivieren, meren en intergetijdengebieden is in 2050 een evenwichtige balans bereikt tussen enerzijds ecologische draagkracht en waterbeheer (waterveiligheid, zoetwatervoorziening, waterkwaliteit en scheepvaart) en anderzijds de opgaven voor hernieuwbare energie, voedsel, visserij en andere economische activiteiten. Er is hierbij uitvoering gegeven aan inrichtingsmaatregelen, duurzaam gebruik en beheer om deze wateren natuurlijker, klimaatrobuuster en toekomstbestendiger te maken. Daarbij wordt de natuur optimaal benut voor het realiseren van waterveiligheid.

Wat beoogt het MMIP?

Op dit moment worden de Nederlandse rivieren, meren en intergetijdengebieden overvraagd ofwel zijn in onbalans. Dit MMIP richt zich op een versterking van de draagkracht en veerkracht van het systeem waardoor een evenwichtig, optimaal en gebiedsgericht gebruik van het watersysteem mogelijk gemaakt wordt. Een verbetering naar een natuurlijker systeem kan bereikt worden door het introduceren van nieuwe (inrichtings)concepten die een natuurlijker dynamiek, meer connectiviteit en grotere habitatdiversiteit bewerkstelligen. De draagkracht zal daarmee verhoogd worden en watersystemen worden klimaatrobuust en toekomstbestendig. Duurzaam beheer van de wateren blijft het uitgangspunt en zal op efficiënte wijze de hoofdfuncties moeten accommoderen (zoetwater voorziening, transport over water, veiligheid en natuur). Naast deze hoofdfuncties hebben de wateren in de Nederlandse delta een grote potentie om een rol te spelen in de nieuwe opgaves voor Nederland, te denken aan energievoorziening, voedselvoorziening, vergroten van ruimtelijke kwaliteit of klimaatadaptatie. De aanpak van klimaatveranderingen en de autonome bodemdaling tot een duurzaam beheer van onze watersystemen is complex waarbij vele disciplines een rol spelen; sociale en natuurwetenschappen; effecten van klimaatverandering worden steeds duidelijker zichtbaar door zeespiegel stijging (overstroming en verzilting), temperatuurstijging van het water, droogte, veranderende afvoerpatronen van rivieren en verstoorde sedimentbalansen. Het ontwikkelen van oplossingen die passen in integrale, samenhangende, duurzame en gebiedsgerichte concepten van zowel het nieuwe gebruik, als de bestaande functies vormt de grootste uitdaging. Kansen liggen in de opkomst van nieuwe technologieën (o.a. nieuwe sensoren en (autonome) sensorplatforms) en de versterking van het (economische) belang van onze watersystemen als (inter)nationale en regionale corridors.

Het MMIP is gericht op een duurzaam beheer van rivieren, meren en intergetijdengebieden in relatie tot de opgaves en veranderingen van de toekomst. Echter, de impact van de klimaatverandering is onzeker, de sociaal economische ontwikkelingen staan niet vast en de technologische mogelijkheden ontwikkelen zich continu. Het MMIP moet daarom ruimte bieden voor adaptieve programmering zodat voortschrijdend inzicht tijdig en adequaat gebruikt kan worden.

Dit MMIP omvat

- ***het onderzoek (kennisontwikkeling) over de systeemwerking van onze watersystemen***, met specifieke aandacht voor de impact van het gebruik èn de impact van klimaatverandering

en autonome ontwikkelingen (bv rivier bodem erosie of bodemdaling) op de werking van deze watersystemen. De transities en opgaven als ook de klimaatverandering en bodemerosie spelen voor een groot deel in het fysieke domein en zullen onder ander via dit domein vorm gegeven moeten worden. In dit fysieke domein kan ook de samenhang en integraliteit tussen de opgaven gecreëerd worden. Wij zien de hydrologie, hydrodynamica, sedimentdynamica, morfologie en waterkwaliteit als belangrijk bouwstenen van het fysieke domein en daarmee als belangrijke aspecten in het onderzoek over de systeemwerking.

- ***de ontwikkeling van innovatieve concepten voor het gebruik van onze watersystemen***, gebaseerd op inzichten in de werking van de watersystemen (zie hierboven). De focus zal hierbij liggen op integrale en duurzame concepten voor de ruimtelijke inpassing van diverse gebruiksfuncties van het watersysteem. In de concepten worden de gebruikfuncties geoptimaliseerd en gezocht naar synergie tussen opgaves en gebruik. Het vaststellen van de effectiviteit van oplossingen is daarbij nog een belangrijk kennisvraag. Een belangrijke ambitie is dat door sedimentmanagement de bodemontwikkeling van de Nederlandse rivieren dusdanig is dat deze geen belemmering meer oplevert voor de veiligheid, scheepvaart, ecologie of drinkwatervoorziening.
- ***de demonstratie van deze concepten in gebiedsgerichte integrale inpassing in (deel)gebieden van onze watersystemen (pilots, proeftuinen)***. Omdat het veelal gaat om gebiedsspecifieke opgaven en situaties, is een gebiedsgerichte uitwerking mèt betrokkenheid van landelijke en regionale overheden en stakeholders van uiterst belang. De benodigde transitie kan niet alleen via technologische oplossingen bereikt worden, deze moet vergezeld gaan met sociale innovatie en samenwerking in het gebied. In de fysieke proeftuinen demonstreren, testen en verbeteren startups, scale-ups, mkb'ers, studenten, wetenschappers en gebiedsbeheerders de innovatieve concepten. De pilots en proeftuinen vormen internationale iconen: Nieuwe oplossingen worden wereldwijd onder de aandacht gebracht en de samenwerkingsverbanden zijn een kristallisatiepunt van kennis, onderwijs en innovatie. In onze watersystemen die grenzen aan internationale wateren is onze internationale samenwerking een toonbeeld van systeembeheer over de nationale grenzen.
- ***de implementatie van bovenstaande resultaten in regulier beheer gebruik en gebiedsinrichting***. Het in beeld brengen van mogelijke knelpunten en oplossingsrichtingen in onder andere

wet- en regelgeving en samenwerkingsverbanden om de ontwikkelde concepten daadwerkelijk in het reguliere beheer, gebruik en inrichting te implementeren.

We zetten ons gezamenlijk in om te komen tot oplossingen en innovaties voor het duurzaam gebruik van onze watersystemen, waarbij we gebruik maken van de kansen die nieuwe technologieën (waaronder monitoringstechnieken) en digitalisering bieden.

Doelstellingen MMIP

In 2030 zijn concepten ontwikkeld en een zodanig groot aantal proeftuinen afgerond, lopend of in opstartfase dat dit de basis biedt om in 2050 landsdekkend een evenwichtige balans te bereiken tussen ecologische draagkracht en waterbeheer en de nieuwe opgaven door middel van integrale inrichtingsmaatregelen.

Deelprogramma's en fasering

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratie-fase	Implementatiefase
Rivieren				
Energie uit water	Potentie van thermische energie uit oppervlaktewater Evaluatie van economische haalbaarheid	Technische mogelijkheden van aquathermie	Proeftuin duurzame rivieren, energieopwekking vanuit kribben	
Sediment-dynamica, morfologie en bagger strategieën	Lange termijn systeem response onder klimaatveranderingen, kennis over sedimentbalansen en mobiliteit sediment Hoe bepalen interacties tussen de waterbeweging, slib, zand, zout en vegetatie de morfologische langetermijn ontwikkeling van het benedenrivierengebied, en hoe kunnen we deze kennis inzetten voor een duurzame inrichting en beheer.	Bodem structureel op orde houden voor alle rivierfuncties, afspraken over verantwoordelijkheden ingrepen	Monitoren en analyse van proefsuppleties boven Rijn. Proeftuin duurzame rivieren, vaste laag Nijmegen. Pilots voor sedimentmanagement en kennisversteking van gedrag erosiekuilen en slimme monitoring en baggertechnologien,	Actief sedimentbeer
Toekomst bestendig transport over water	Bevaarbaarheid rivieren op de lange termijn. Hoe dragen rivieren bij aan schoon vervoer van mensen en goederen	Het varen van de toekomst, mogelijkheden om het varen op zee en de binnenwateren te automatiseren en digitaliseren. Smart Shipping, vergaand geautomatiseerd varen. Opzetten van een strategie voor klimaatbestendige vaarwegennet.	Proef locaties in havengebied voor autonoom varen	

Veerkracht	Veerkracht duiding van riviersystemen. Resilient natte infrastructuur	Afwegingskader van verschillende sets van maatregelen. Kader faciliteert ook de afweging tussen ingrepen met andere doelen, zoals veiligheid, scheepvaart of recreatie	bestaande of geplande grootschalige "nature-based" interventies en op verbetering van de veerkracht van het Nederlandse hoofdwatersysteem	
Waterkwaliteit & Natuur	Opgave Natuur & aterkwaliteit Maas en Rijntakken vanaf 2030 (robuust, toekomst- en klimaatbestendig) Onderzoek alternatieven voor Natuurvriendelijke Oevers, Systeemgedrag nevengeulen in uiterwaard**.**	Ecologisch stuwbeheer Vaststellen hoe de veranderde randvoorwaarden en ontwikkelingen de kansen voor de geambieerde natuurkwaliteit van de grote rivieren beinvloeden en vaststellen welke gewenste inrichting- en beheerstrategieën deze kansen vergroten.	Pilots mbt sedimenbeheer in nevengeulen	Duurzaam uiterwaardbeheer
Water-beschikbaarheid	Lange termijn / seizoens verwachting Rijn/Maas en vertaling naar hydrologie en afvoeren Rijn /Maas	Ontwikkelen buffermaatregelen, stuwbeheer Ontwikkelen integrale strategie zoetwaterbeschikbaarheid voor steden	Monitoring verdieping Nieuwe Waterweg – grondwater nieuwe meetmethode	
Waterveiligheid	Kennis en randvoorwaarden voor de hoogwaterbescherming voor de Rijn en afstemming met de bovenstroomse landen. Onzekerheid verdeling water splitsingspunten. Interactie vegetatieontwikkeling en veranderende Hydraulische condities		Monitoring stroming door Uiterwaarden, gekoppeld aan golven	
Kunstwerken	kennis ontwikkelen om in het systeem efficiënt gebruik van de technische en functionele restlevensduur van bestaande kunstwerken en om nieuw kunstwerk te kunnen ontwerpen			
Duurzaam rivierbeheer		Vaststellen hoe 'De rivier van de toekomst' eruit ziet als het gaat om stakeholder-interactie, te faciliteren functies, adaptiviteit en te nemen maatregelen, als het doel is om een klimaat- en economie en maatschappij bestendige rivier te onderhouden.	Meerwaarde creeren voor partners met een gezamenlijke ambitie, problemen aanpakken Ideeën en concepten uittesten – innoveren, vergroten van internationale exposure en Oefenen voor IRM. Invloed van langsdammen	IRM, Uitvoeringsprogramma van IenW met de focus het samenbrengen van opgaven Rijk en Regio) waarin de systeemwerking van de rivier centraal staat

			Waal op de rivierfuncties hoogwaterveiligheid, scheepvaart en natuur	Self-sustaining river systems
Schone rivier	Emissie en verspreiding van zwerfafval (plastics) in riviersystemen		Pilots om zwerfafval te localiseren en op te vangen	
Internationaal	EU H2020 transport over water en smart shipping	pan-European distributed research infrastructure supporting interdisciplinary research on large river-sea systems.		

Meren en Intergetijdengebieden			
Deelprogramma	**Onderzoeksfase**	**Ontwikkelfase**	**Demonstratiefase /Implementatiefase**
Energietransitie en watersystemen	Effecten op het watersysteem (ecologie, hydrodynamica, waterkwaliteit, morfologie) van verschillende vormen van energie winning. Kennis vastleggen in effectmodules..	Informatie leveren t.b.v. verkenningen en vergunningverlening van grootschalige energie projecten op watersystemen. Ontwikkelen van vormen van energiewinning met weinig of positieve effecten op het watersysteem.	Pilots opstellingen. Metingen en analyses. Met data verbeteren van effect modules
Broeikasgassen en het watersysteem	Een watersysteem kan als sink of source dienen voor broeikasgassen. Effecten van inrichting- en beheersmaatregelen op de broeikasgas emissie vanuit watersystemen.		Proeftuin grote wateren gericht op innovaties in het grondverzet (co2 reductie) ecologische kwaliteit en kostenreductie
Sedimentdynamiek en morfologie	Systeemkennis ontwikkelen en benutten via modellen. Sedimentbalans; hoeveel sediment hebben we nodig voor toekomstbestendig en duurzaam beheer en is die hoeveelheid ook beschikbaar? Proces kennis van slib en zand dynamiek en opbouw van intergetijde en onderwater habitats. Slib interactie met biologie.	Stuurknoppen in sediment huishouding.	Proeftuinen en cases. Ter onderbouwing van modellen en scenario's.
Internationale en regionale afstemming	Hoe koppelen modellen internationale data aan de modellen gebruikt voor het specifieke watersysteem.		Grensoverschrijdende projecten
Toekomstige ontwikkelingen en impacts	Druk en effect van sturende krachten (zoals klimaatverandering, land-	Scenario ontwikkeling.	

	aanwinningen, afsluiting, bodemdaling, transport, verzilting etc.) op stabiliteit gebied. Kunnen we verschillende (natuurlijke en menselijke) drukken onderscheiden? Betekenis van effecten van toekomstige ontwikkelingen voor ecosysteemdiensten, voedselweb en natuurwaarde.	Beleids- en beslissingsondersteunend systeem t.b.v. gebiedsgerichte aanpak voor de belangrijkste opgaves.	
Toekomstbestendige watersystemen: integrale en samenhangende aanpak	Welke combinaties van maatregelen zijn te bedenken voor toekomstbestendig en duurzaam beheer van oppervlaktewateren. Waar liggen kansen om de (habitat)diversiteit, natuurlijke dynamiek en connectiviteit tussen wateren te verbeteren? Denk aan inrichtingsconcepten voor natuurherstel of natuur creatie, nature based solutions, 'nature inclusive desgin' van stuwen of andere kunstwerken, meegroeimogelijkheden van biota etc.	Afwegingskader van verschillende sets van maatregelen. Kader faciliteert ook de afweging tussen ingrepen met andere doelen, zoals veiligheid, scheepvaart of recreatie. Strategisch planning instrument voor de uitvoering	Kennisontwikkeling over effecten van maatregelen via icoonprojecten, zoals Marker Wadden of Kleirijperij. Toepassing van maatregelen in de vorm van een pilot of als onderdeel van geplande projecten
Stoffen	Waterkwaliteitsmodellering uitbreiden naar intergetijde gebieden Aanwezigheid van opkomende stoffen in intergetijde gebieden. Bronnen van emissies en transportroutes. Gevolgen van deze stoffen voor ecologie en humane gezondheid.		
Voedselweb	Kennis ontwikkelen en benutten via modellen. Nadruk op algen/primaire productie. Effecten van maatregelen kwantificeren op voedselweb		
Duurzaamheid	Wat is duurzaam beheer. Welke indicatoren zijn daarvoor te noemen?	Input voor het volgen van effecten van duurzaam beheer	
Monitoring van ontwikkelingen	Hoe kunnen we de veranderingen volgen in tijd en ruimte? Zijn aardobservatie data inzetbaar en welke andere innovatieve technieken zijn toepasbaar.	Ontwikkelen van algoritmes voor specifiek parameters	Gebruik van remote sensing als monitoring tool, bv Marker Wadden en Ecoshape projecten
Operationele systemen t.b.v. signalering en waarschuwen			

Watergebruik	Welke waterkwaliteit is nodig voor water gebruik? Wat is de waterbeschikbaarheid voor diverse functies. Relatie met zelfvoorzienende steden.	Ontwikkelen van criteria	

Positionering MMIP

Sector(en): De verschillende onderdelen van dit MMIP kennen een interactie met verschillende missies uit het thema Landbouw, water en voedsel en uit de andere maatschappelijke thema's. Hierbij de belangrijkste relaties:

- Voor de systeemwerking en de impact van klimaatverandering met missie F 'Aanpassen aan versnelde zeespiegelstijging en toenemende weersextremen'
- Voor ontwikkeling integrale concepten voor gebruik van watersystemen
  - waterbeheer en waterveiligheid met misse F 'Verduurzamen en kostenbeheersing uitvoeringsprojecten waterbeheer' (grondverzet, HWBP, natte kunstwerken).
  - energievoorziening met missie F 'Energie uit water' en het thema Energietransitie en duurzaamheid.
  - voedselproductie met missie B 'Klimaatneutrale voedselproductie'.
  - ruimtelijke schaal (nationaal-regionaal-lokaal) met missie C 'Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied'
  - transport over water (bevaarbaarheid) met missie mobiliteit uit thema Energietransitie en duurzaamheid
- Voor de ontwikkeling en demonstratie van nieuwe technologieën met het doorsnijdende thema Sleutel technologieën.
- Voor het thema digitalisering missie F 'Nederland digitaal waterland'.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

Binnen het deelgebied rivieren wordt in toenemende mate aansluiting gezocht en gevonden met het NL bedrijfsleven waaronder de haven, transport -en logistieke sector (verladers, expediteurs, terminals, vervoerders etc). Inspelen op behoefte van het bedrijfsleven waar innovatie nodig zijn, is een belangrijk uitgangspunt in de positionering van het MMIP rivieren. Hoe kennisontwikkeling en innovaties kan bijdragen in uitvoering in de praktijk vormt hierbij een centrale vraag. Met het samenwerken van de overheid, NGO's, TO2 instellingen en de consultancy sector in kennisontwikkeling wordt eveneens een belangrijke impuls in kennisoverdracht en positioneren van onze kennis naar het buitenland gegeven.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

- Danubius – proeftuin rijn/maas, CHR commissie – RWS/Deltares.
- Vraagsturing vanuit POR (programma overleg rivieren) aan markt en KPP
- Integraal rivier management/Rivers2Morrow

Strategie internationaal

- Versterken Partners voor Water
- Internationale Water Ambitie

Innovatiesysteem en consortiumvorming

Voorbeelden van succesvolle coalitievorming met de relevante sectoren en organisaties zijn oa. te vinden in het samenwerkingsverband binnen NKWK, SmartPort en de Proeftuin Duurzame Rivieren vanuit de Topsector Water & Maritiem. Evenals met regionale overheden zoals provincies en waterschappen.

E.4 Overige oceanen en zeeën

Samenvatting

Samengevat is het doel van dit MMIP: de bronnen van de zee duurzaam gebruiken. Hoewel alle hierboven genoemde thema's kunnen worden opgepakt binnen de topsectoren tussen bedrijfsleven, overheid en kennisinstellingen, richten we ons op dit moment specifiek op de samenwerkingsthema's zon op zee, drijvende toekomst en winning van grondstoffen uit oceanen. Gekoppeld hieraan zijn multi-use, de benodigde transportsystemen en de ecologische impact.

Inleiding

Het oppervlak van onze blauwe planeet bestaat voor ruim 70 procent uit water. Nederland is gelegen in een rivierdelta en is onlosmakelijk verbonden met de zee. Over het water hebben we de wereld ontdekt en nog steeds is Rotterdam de mainport van Europa. 90 procent van alle goederen wordt over het water vervoerd. Nederlandse innovaties varen en werken op en in de wereldzeeën. Water biedt ook nieuwe bronnen voor energie, grondstoffen en voedsel. Drijvende oplossingen bieden ruimte in tijden van zeespiegelstijging en overbevolkte steden, of als drijvende ondersteuning van duurzame energiewinning en -opslag. Daarvoor moeten we de zee beter begrijpen, benutten en beschermen en willen we economie en ecologie combineren.

De komende decennia zal de wereldbevolking sterk groeien, vooral in dichtbevolkte kustgebieden. De oceanen en zeeën bieden veel mogelijkheden om te voldoen aan de toenemende behoefte aan voedsel, energie en grondstoffen. Dat was de basis voor de formulering van het Sustainable Development Goal 14 van de Verenigde Naties (DG 14): het in stand houden en duurzaam gebruik maken van oceanen, zeeën en mariene hulpbronnen voor duurzame ontwikkeling. Om dat potentieel volop te benutten in de toekomst is het nodig de belasting van de activiteiten op het mariene milieu te verminderen en de vervuiling, overbevissing en verzuring tegen te gaan. Gezonde zeeën en oceanen zijn immers essentieel voor de kwaliteit van leven op aarde. In de oceanennotitie van het kabinet is gesteld dat daartoe meer kennis nodig is van de oceanen en van het effect van menselijke handelen op het mariene milieu. In Nederland is veel kennis en expertise beschikbaar om hieraan een bijdrage te leveren.

Dit MMIP is onderdeel van de maritieme Blue Growth strategie.
Blue Growth staat voor het creëren van duurzame economische groei op zeeën en oceanen. Alhoewel alle activiteiten op zee bijdragen aan economische groei, wordt met Blue Growth vooral bedoeld het ontwikkelen van nieuwe duurzame activiteiten op zee. Voorbeelden zijn het winnen en opslaan van hernieuwbare energie, aquafarming / maricultuur, het leven op zee en eco-toerisme. De activiteiten op de Noordzee vormen een springplank voor wereldwijde toepassingen, bijvoorbeeld van drijvende zonneparken en platformen voor uiteenlopende doelen.
Blue Growth biedt wereldwijd nieuwe kansen voor de maritieme sector rond (drijvende) windturbines, vis- en zeewierkweek, drijvende zonnepanelen en alle daarbij horende installatie-, oogst- en onderhoudssystemen. Cruciaal voor Blue Growth is het ontwikkelen van verschillende activiteiten in samenhang. Individueel zijn de activiteiten misschien nog niet economische rendabel, maar in samenhang kunnen ze bijdragen aan economische groei. Ook gaat het om het effectief gezamenlijk gebruik van de beperkte ruimte op zee (multi-use). Daarbij moet het duurzame karakter voorop staan en moet er dus zo min mogelijk verstoring zijn van het mariene ecosysteem. De nieuwe activiteiten op zee zullen gefaciliteerd moeten worden met duurzame (emissieloze) schepen, goede verbindingen met het vaste land en diensten vanuit havens die zullen dienen als belangrijke knooppunten.

Wat beoogt het MMIP?

Doel: De economische kansen bij het optimaal benutten van zeeën en oceanen zijn groot, maar deze zijn alleen te realiseren bij een gezamenlijke inspanning van verschillende sectoren en kennisgebieden in een cross-sectorale samenwerking, waarbij economie en ecologie in balans zijn.

Het MMIP omvat de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk (van reeds bestaande technieken) voor:

- monitoring, modellering, data- en informatiemanagement en afwegingskaders voor menselijk medegebruik binnen de draagkracht van mariene ecosystemen;
- drijvende oplossingen op zee langs dichtbevolkte kustgebieden, voor woonruimte, maar ook voor industriële activiteiten waardoor voor de mens meer ruimte vrij komt op het land.
- winning van grondstoffen uit de oceanen waarbij economie en behoud van ecologische waarde hand in hand gaan.

Nieuwe economische activiteiten op zee staan vaak nog in de kinderschoenen en vragen om een soortgelijke aanpak als bij vaste wind op zee. Zo zijn drijvende windturbines voor dieper water, drijvende zonnepanelen, getijden- en golfenergie potentiële energiebronnen op zee en daarmee een mogelijke aanvulling op de vaste offshore wind in ondieper water. Ook zijn combinaties mogelijk.

De groeiende wereldbevolking concentreert zich steeds meer in steden die vaak aan de zee liggen. Door de snel groeiende wereldbevolking neemt het aantal grote havensteden toe. Tegelijkertijd stijgt de zeespiegel, waardoor er in de havensteden en dichtbevolkte kustgebieden minder ruimte zal zijn. Deze druk op de ruimte zal zich vertalen naar een expansie van de steden op zee. De verwachting is dat ook voor dieper water de behoefte zal groeien aan kunstmatige eilanden. Hiervoor zal naar een drijvende oplossing moeten worden gekeken die voor de kust wordt afgemeerd. Deze drijvende eilanden kunnen dan dienen voor woonruimte, maar ook voor industriële activiteiten waardoor voor de mens meer ruimte vrij komt op het land.
De ontwikkeling van deze drijvende eilanden zit nog in een conceptfase, maar de Nederlandse maritieme sector zou hier veel economische waarde uit kunnen creëren. Drijvende eilanden kunnen ook dienen als werkeilanden voor offshore energieontwikkeling of als ‘energy hubs’ waarbij de duurzame energie die op zee wordt opgewekt, lokaal kan worden opgeslagen in de vorm van bij voorbeeld waterstof. Vanaf

deze plekken kan de energie worden getransporteerd, of gebruikt voor emissieloze schepen.

Deelprogramma's en fasering

Deep Sea Mining en draagkracht van marine ecosystemen in de oceanen

Kennis over de oceanen: De vervanging van het oceanografisch vaartuig van het NIOZ met inbreng van Nederlandse duurzame technologie is noodzakelijk om invulling te geven aan de doelstellingen in de Oceanennotitie van de overheid. Het schip kan tevens als testplatform voor duurzame oplossingen dienen.
Daarnaast spelen de ontwikkelingen op het vlak van Deep Sea Mining. Dat is een groot onbekend gebied, waar niet alleen technologieontwikkeling essentieel is, maar ook een goede omgang met deels onbekende ecologische aspecten (het mariene milieu). De doelstelling voor minerale diepzee-mijnbouw is om in 2030 de eerste kostendekkende diepzee-mijnbouwprojecten operationeel te hebben, waarbij de complexiteit afhangt van waterdiepte (variërend van 500 tot 4500 meter), afstand tot de kust en hoeveelheid materiaal. Om dit te bereiken zullen we onze maritieme kennis en ervaring inzetten om de belasting en respons van het mijnbouwschip en het verticaal transportsysteem te bepalen. Daarnaast moeten er stappen gemaakt worden op het gebied van: kennis over besturing van subsea equipment, werkbaarheid, milieuwetgeving en slijtagevoorspelling. Hiervoor is nationale en internationale regelgeving essentieel en is internationale samenwerking, ook tussen ecologie en techniek, noodzakelijk.

Drijvende toekomst

Om op grote schaal activiteiten op zee zoals energie en voedselproductie mogelijk te maken is het noodzakelijk dat de producten lokaal verwerkt en onderhouden kunnen worden. Zodat als voorbeeld de elektrische windenergie kan worden omgezet in waterstof, of het verwerken en opslaan van geoogst zeewier. Hiervoor is het noodzakelijk dat er kosteneffectieve werkruimte wordt gecreëerd op zee die de condities in de oceanen kan weerstaan. Hier ligt een interessante uitdaging voor de (Nederlandse) offshore-industrie in samenwerking met kennisinstituten zoals Marin, TNO, TU Delft en WMR. Door middel van een demonstratieproject kunnen technische modellen gevalideerd worden, maar ook de ecologisch impact kan gemonitord worden. Daarnaast zijn er ook uitdagingen op het gebied van financiering en regelgeving. Ondernemers en investeerders moeten in de toe-

komst kunnen bouwen op de juiste (technische, juridische en ecologische) kennis om drijvende infrastructuur langs de kustgebieden wereldwijd te implementeren.
Terugdringing van de vervuiling van oceanen: De visie van het Nederlands initiatief 'Our ocean challenge' is: "Connecting the offshore industry with practical, viable solutions by identifying industry-wide sustainability challenges, and raising industry responsibility and awareness". Een aantal maritieme bedrijven bevorderen initiatieven om duurzaam om te gaan met het kwetsbare mariene miieu. In dit programma is opruimen van plastic soup opgenomen

Zon op zee

De missie van het subprogramma 'Zon op Zee' is het aantonen van de technische, ecologische, ruimtelijke, economische, juridisch/bestuurlijke haalbaarheid van grootschalige, met wind geïntegreerde, zon op zee. Dat willen we doen door tussen nu en 2021 gezamenlijk onderzoek, ontwikkeling en demonstratieprojecten op te zetten die de kennisontwikkeling op al die vlakken verhoogd. Samenwerking gebeurt het liefst in een Joint Industry Project (JIP) en met andere Blue Growth sectoren (zoals zeewierkweek en wind op zee), waarbij projecten op de Noordzee als basis dienen voor wereldwijde toepassingen.
Bestaande drijvende zonne-centrales hebben zich inmiddels bewezen op beschut binnenwater. Met een vermogen van rond de 1.5 tot 2.0 MWp per hectare is het rendabel om op te schalen naar vierkante kilometers zodat drijvende zonne-centrales significant kunnen gaan bijdragen aan de energie-mix. Percelen met deze grootte zijn niet beschikbaar in beschutte wateren, waardoor er systemen ontwikkeld moeten worden voor op zee. De grootste technische uitdagingen zijn het ontwerpen van een robuust drijf- en verankeringssysteem die de krachten van de zee kunnen weerstaan, het zout en waterbestendig maken en houden van de elektrische (PV) systemen en het efficiënt opereren en onderhouden (O&M) van zulke grote drijvende infrastructuren. Andere uitdagingen hebben te maken met de interactie van de technologie en het mariene leven.

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleids-ondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)**	**Implementatie-fase**
Deelprogramma 1 Deep Sea mining en draagkracht van mariene ecosystemen in de oceanen				
Winning van grondstoffen in de oceanen	Onderzoek naar de condities waarin verantwoorden winning	Ontwikkeling van technologie voor duurzame winning	Ontwerpen, bouwen, installeren en testen van een full scale demo systeem op	Technologie van Nederlandse bedrij-

	van grondstoffen plaats kan vinden	van grondstoffen in de oceanen	zee en in kaart brengen van ecologische impact	ven wordt toegepast in concessiegebieden wereldwijd
	Onderzoek naar belastingen op en slijtage van equipment voor diepzee mijnbouw	Ontwikkeling van ROV's en verticale transportsystemen voor winning van mineralen	Ontwerpen, bouwen en testen van deelsystemen waaronder diepzee ROV's en verticale transportsystemen	Meewerken aan ontwikkeling van internationale regelgeving voor diepzee mijnbouw
Draagkracht van marine ecosystemen in oceanen	Onderzoek naar dynamiek, structuur en functies van ecosystemen nabij de zeebodem tot 5 km diepte	Toolbox voor monitoring van diepzee ecosystemen	Testen van monitoring toolbox in een representatief gebied voor diepzee mijnbouw	Implementatie van permanente monitoring systemen
	Onderzoek kwetsbaarheid en herstelvermogen van diepzee ecosystemen voor ingrepen van de mens	Modellen voor bepalen invloed menselijk ingrijpen op ecosystemen	Toepassing en validatie van modellen voor invloed menselijk ingrijpen op proeflocaties voor diepzee mijnbouw	Inbrengen van integraal gebruik modellen als onderdeel van projectplannen
Deelprogramma 2 Drijvende toekomst				
Drijvende infrastructuur (renewable energy hubs, havens, steden en vliegvelden)	Technische analyse voor een optimaal ontwerp, modulair inclusief flexibiliteit Bouwmethoden Deels autonoom opereren "Building with Nature"	Ontwerp en installatie experimenteel systeem in model basin Ontwerpen, bouwen, installeren en testen van subsystemen op zee	Ontwerpen, bouwen, installeren en testen van een medium scale demo systeem op zee	Overheden, havens, Offshore industrie en energie utility's investeren in drijvende infrastructuur
Drijvende windturbines	Gekoppelde technische analyse van drijver en turbine Nieuwe materialen drijvers en afmeer/kabel systemen	Ontwerp en installatie experimenteel systeem in model basin	Ontwerpen, bouwen, installeren en testen van een full scale systemen op zee	Offshore industrie en energie utility's investeren in drijvende wind turbines
Drijvende waterstof FPSO	Haalbaarheid van waterstof fabriek op drijvend platform Waterstof overslag van drijvende fabriek naar (shuttle) schepen	Ontwerp en installatie experimenteel systeem in model basin	Ontwerpen, bouwen, installeren en testen van subsystemen op zee	Offshore industrie en energie utility's investeren in waterstof FPSO
Drijvende golfbreker	modelleren van complex golfveld dicht bij de kust inclusief reflecties modelleren van krachten op flexibele drijver en afmeersysteem	Ontwerp en installatie experimenteel systeem in model basin	Ontwerpen, bouwen, installeren en testen van een full scale demo systeem op zee	Overheden investeren in drijvende golfbrekers voor kustverdediging
Plastic soep opruimen in de oceanen	Bewegingsgedrag van plastic in de zee Modeleren van flexibele en vrij de drijvers Gedrag van plastic in zee inclusief effect op de ecologie	Ontwerp en installatie experimenteel systeem Monitoring en verfijnen van constructie Subsidieprogramma voor ontwikkeling en bouw van experimenteel systeem	Ontwerpen, bouwen, installeren en testen van een full scale demo systeem op zee	Overheden en NGO's investeren in systemen om het plastic uit de oceanen te halen
Deelprogramma 3 Zon op zee				

Robuuste en betaalbare drijfconstructies	Analyse van wind, golf en stroombelasting op drijvende zonne-centrales op zee. Ontwikkelen van fundamentele kennis over krachten en bewegingen en deze verankeren in simulatie pakketten.	Het ontwikkelen van nieuwe, innovatieve drijfconstructies met de opgedane kennis uit de onderzoeksfase. Het uitwerken van een constructief ontwerp van een ~100MWp zonnecentrale (~1km2) Ontwikkelen simulatie technieken voor het simuleren van multi-body en flexibele systemen.	De constructieve beproeving van een ~100MWp zonnecentrale in een modeltest basin. Het mechanisch beproeven van deelcomponenten van de zonne-centrale op zee	Het uitwerken van een ruimtelijke inpassing van grootschalige drijvende zonnepanelen Het uitwerken van financiële regelingen, zoals een gegarandeerd feed-in tarief, om de eerste grootschalige centrales te starten
Elektrische/mechanische verbindingen	Analyseren van mechanische belasting cycli van de elektrische verbinding tussen de drijvende constructie en een vast punt op zee	Enerzijds het ontwikkelen van innovatieve oplossingen om de mechanische vermoeiingbelasting van elektrische componenten te reduceren, anderzijds het ontwikkelen van elektrische componenten met een extreem lang vermoeiingsleven	Het meten van de mechanische belastingen in elektrische verbindingen van een ~10MWp zonne-centrale in een modeltest basin. Het mechanisch beproeven van het vermoeiingsleven van de elektrische verbindingen in een representatieve lab opstelling en op zee	
Onderhoud en operatie	Analyseren van de onderhoudsbehoefte van een drijvende zonne-centrale met betrekking tot de elektrische componenten, kabel vermoeiing en vervuiling van de panelen.	Ontwikkeling van een meerjarig onderhouds-en operationeel plan voor drijvende zonne-centrales. Het ontwerpen van een vloot aan schepen/drones die bijdragen aan een economische exploitatie. Synergiën met O&M techniek voor wind op zee, toekomstige zeewierteelt etc		
	Onderzoeken van de meest kost-efficiënte en milieuvriendelijke mogelijkheden voor anti-fouling methodes voor PV applicatie (als voor applicatie onder de drijvers)	Het ontwikkelen van speciale (onderhoudsvrije en milieuvriendelijke) offshore PV coatings en/of anti-fouling technologie		
Mariene interactie	Modellering van de effecten van grootschalige drijvende objecten op het mariene ecosysteem		Uitgebreid abiotisch en biotisch monitoringsprogramma uitvoeren rondom de	

	(zowel op leven in de waterkolom als de benthische gemeenschap)		eerste offshore demonstraties van zonnecentrales	
	Onderzoeken van de effecten van (grootschalige) drijvende structuren op het gedrag, gezondheid en populatie van vis, vogels en zeezoogdieren			

Positionering MMIP

Dit MMIP heeft interacties met de zeven Topsectoren Energie, Agri & Food, Water & Maritiem, Logistiek, Life Sciences & Health, Chemie, en High Tech Systems & Materials; en de drie Sleuteltechnologieën ICT, Geavanceerde Fabricageprocessen, en Meet- en Detectietechnologie.
Het MMIP heeft grote raakvlakken met de MMIP Noordzee en enkele MMIPs die door andere topsectoren worden opgesteld (onder andere MMIP Wind op Zee van de Topsector Energie), en is afgeleid van de vier hoofdthema's van het TKI Maritiem, te weten: Towards Zero Emissions, Blue Growth, Digital & Autonomous Shipping, en Safety & Security.
Daarnaast is dit Meerjarig Maritiem Missie Programma een invulling van het werkprogramma van de Maritieme Strategie 2015-2025, sectie 2.2.1.4 'Blue Economy: Blue Growth'.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

De offshore-industrie en de windenergiesector kenmerken zich door een sterk innovatief en vaak internationaal karakter en financiële slagkracht. Andere delen van de blauwe energiesector, zoals zonne- en getijdenenergie, zijn nog in een opstartfase en hebben veel ideeën maar weinig financiële middelen. De windenergiesector ziet zich geconfronteerd met een toenemende maatschappelijke vraag rond het combineren van de door hen ingenomen ruimte met natuur en andere gebruikers.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

- Europese Blue Growth Strategie 2020
- Rijksbrede Maritieme Strategie 2015-2025 met bijbehorende werkprogramma's

Ook sluit dit Meerjarig Maritiem Missie Programma 'Blue Growth' aan bij de 'Blauwe route' binnen de Nationale Wetenschapsagenda en met name bij twee van haar vier mooie toekomstperspectieven:

- Leven op het water: drijvende steden en havens als oplossing voor zeespiegelstijging en overbevolkte stedelijke gebieden.
- Water als bron: duurzame energie, grondstoffenwinning en voedselvoorziening op zee. Denk aan zeewier, algen en aquacultuur.

Strategie internationaal

De belangrijkste internationale strategie die relevant is voor dit MMIP is de Europese Blue Growth Strategy 2020, als onderdeel van de Europese strategie voor slimme, duurzame en inclusieve blauwe groei.
In samenwerking met de maritieme sector ontwikkelde de rijksbrede overheid 'De Nederlandse Maritieme Strategie 2015-2025'. Deze heeft als ambitie: 'een internationale duurzame toppositie van Nederland door integrale samenwerking tussen Rijksoverheid en maritieme cluster'. Op het vlak van veiligheid en milieu stelt de Maritieme Strategie: "Alleen een veilig, milieuvriendelijk en duurzaam opererend maritiem cluster kan zijn economische potentie blijvend waarmaken. Een schone zee draagt bij aan de verbetering van het leefklimaat voor omwonenden van havens en aan de ontwikkelruimte voor diezelfde havens. Onverminderde inzet door overheid en bedrijfsleven voor een veilige, milieuvriendelijke en duurzame ontwikkeling van de scheepvaart, zowel in nationaal als in internationaal verband, is daarom noodzakelijk."
Minister Koenders (BZ) heeft in 2017 een oceaannotitie aangeboden aan de Tweede Kamer. Met deze notitie komt het kabinet tegemoet aan de toezegging om de zichtbaarheid van het beleid op het vlak van bescherming en het duurzaam gebruik van internationale gebieden te vergroten. Dit geeft een kader voor het oceanografisch onderzoek dat nodig is voor industriële activiteiten zoals diepzee mijnbouw.

Innovatiesysteem en consortiumvorming

De ontwikkeling van de integrale Blue Growth-agenda van de Topsector Water & Maritiem heeft geleid tot multidisciplinaire samenwerkingsverbanden. De ontwikkelaars en gebruikers van technologie en de marine science communities hebben elkaar weten te vinden en te waarderen. Een centrale rol daarin spelen TNO, MARIN, IMARES (WUR) en NIOZ. De effecten van menselijk handelen op de natuur worden momenteel integraal meegenomen in de ontwikkeling van technologische projecten.
In de technologische ontwikkeling van deep sea mining hebben grote concerns zoals Damen en Royal IHC een leidende rol. Daarbij vinden leveranciers van equipment voor activiteiten op de oceanen aansluiting.

In de bepaling van effecten van menselijk handelen op diepzee ecosystemen heeft het NIOZ een leidende rol. De introductie van het nieuwe oceanografisch onderzoeksvaartuig zal daarin een stimulerende rol hebben.
MARIN heeft een leidende positie op het gebied van systemen die een drijvende toekomst wereldwijd mogelijk maken. Waar dat interacteert met vaste infrastructuur wordt samengewerkt met Deltares.
Voor de verbinding van energiewinning met drijvende systemen (zon en wind) wordt samengewerkt met de partijen die actief zijn in de missies op het gebied van energie, in het bijzonder TKI Wind op Zee en TNO.

E.5 Visserij

Samenvatting
Het MMIP Visserij richt zich op het ontwikkelen van een ecologisch én socio-economisch duurzame kust- en zeevisserij op de Noordzee ter bevordering van een dynamische visserijsector, een goede levensstandaard voor visserijgemeenschappen en een goede status van de visbestanden en het mariene milieu. Dit MMIP vormt, samen met de apart uitgewerkte MMIPs 'Duurzame en veilige Noordzee' (Missie E) en ‘Biogrondstoffen’ (incl. zeewier) (Missie B) een integraal geheel.

Het MMIP Visserij volgt inhoudelijk de ambitie, en de kennis- en innovatieopgave uit Missie E van het ministerie van LNV. De daarin genoemde onderwerpen worden hier als deelthema behandeld en zijn gebruikt om kennis- en innovatievragen op te halen bij belanghebbenden via een online enquête en een aantal interviews. Verder de “circulaire visserij” innovaties, gelinkt aan E.4 Overige Oceanen en zeeën: Blue Growth Strategie gerelateerde onderwerpen vanuit de sector in samenwerking met TU Delft en het MMIP ‘Towards Zero Emissions’ van TKI Maritiem. Ook is de Kennisagenda Noordzee2030 geraadpleegd. In een tweetal workshops zijn prioriteiten geïdentificeerd. De prioritaire kennis- en innovatievragen zijn hieronder per deelthema weergeven:

1. Versterken van het beheer van de visbestanden
   Kennisontwikkeling van (gegevensarme) visbestanden en hun verspreiding; financiering en maatregelen om nieuwe visstand-onderzoektechnieken standaard onderdeel te maken van het visserijonderzoek; onderzoek naar de effecten van de aanlandplicht.
2. Verminderen van emissies

Onderzoek gericht op scheepsinnovatie, vloottransitie en duurzamere voortstuwingssystemen gericht op efficiëntieverbetering.

3. Verbeteren van arbeidsomstandigheden
   Optimaliseren en innoveren van het visproces (minder handelingen, meer geautomatiseerd) en inzicht in inzet buitenlandse werknemers.
4. Verbeteren van dierenwelzijn
   Systeemanalyse van het vis- en verwerkingsproces t.b.v. dierenwelzijn, inzicht in gedragsverandering bij vissers en mogelijkheden omtrent een dierenwelzijn certificaat.
5. Verminderen van bodemberoering
   Innoveren t.b.v. minder bodemberoering; creëren van ruimte (financieel, regelgeving) om te kunnen innoveren; het creëren van draagvlak (lokaal, nationaal, Europees) voor nieuwe vistechnieken; inzicht in de benodigde controle & handhaving maatregelen. Vaststellen van ecologische en socio-economische effecten nieuwe vistechnieken. Kennisontwikkeling van het bodemecosysteem.
6. Verbeteren van selectiviteit
   Naast innoveren in selectiviteit ook ruimte creëren (financieel, regelgeving) om te kunnen innoveren, gebruik makend van bestaande faciliteiten (vb. Visserij Innovatie Centrum). Inzicht in de verspreiding van commerciële en niet-commerciële soorten onder invloed van klimaatverandering; Kennisontwikkeling van visgedrag (in relatie tot vistuig alsook verspreiding). Vaststellen van ecologische effecten van nieuwe vistechnieken.
7. Verbeteren van economisch perspectief
   Stimuleren van visserijondernemers om te innoveren en het inbedden van duurzaamheid, ecologie en anticiperen op de toekomst in het visserijonderwijs. Toegepaste kennisontwikkeling m.b.t. alternatieve en nieuwe verdienmodellen; inzicht in benodigde toekomstige vaardigheden van vissers. Inzicht in de inpasbaarheid en medegebruik van de visserij op de ‘nieuwe’ Noordzee; inzicht in hoe kennisontwikkeling (fundamenteel en toegepast) van multi-use schepen, high-tech oplossingen en het uitvoeren van pilots naar alternatieve vistechnieken in windparken hieraan bij kunnen dragen. Vaststellen van socio-economische effecten van nieuwe vistechnieken.
8. Systeemveranderingen
   Onderzoek naar andere vormen van visserij en bedrijfsvoering; kennisontwikkeling naar multi-use schepen en high-tech oplossingen t.b.v. kostenbesparing en opbrengstverhoging.
9. Circulaire visserij

Onderzoek, oplossingen en testen van vangstmethoden, verwerkmethoden aan boord, zero brandstof emissies, zero geluid emissies en systeem integratie ('zero impact kotter'); alternatieve opties voor pulsvisserij. Duurzame gesloten kweek van vissoorten voor zowel consumptie als uitzetten in zee (Circulaire viskweek: één vis op je bord en één vis in de zee).

Voor de meeste van deze prioriteiten zijn geen lopende onderzoeksprojecten en zullen nieuwe programma's moeten worden opgezet. Meer informatie in Smith et al. (2019a: Programmeringsstudie Duurzame Visserij; 2019b: Achtergrondrapportage Programmeringsstudie LNV: Noordzee en Visserij, 2019).

Inleiding

De kust- en zeevisserij in Nederland staat op het moment voor een aantal grote uitdagingen; het verbod op de pulsvisserij, de aanlandplicht, de mogelijke gevolgen van de Brexit alsook het medegebruik op de Noordzee (o.a. energietransitie). Vanuit de Kennis- en Innovatieagenda van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit is de volgende missie vastgesteld: "Voor de mariene wateren is er in 2030 en voor rivieren, meren en estuaria in 2050 een balans tussen enerzijds ecologische draagkracht en waterbeheer (waterveiligheid, zoetwatervoorziening en waterkwaliteit) en anderzijds de opgaven voor hernieuwbare energie, voedsel, visserij en andere economische activiteiten." De bijbehorende Kennis- en innovatieopgave is: Hoe te komen tot visserij met minder emissie, betere arbeidsomstandigheden, diervriendelijker, met minder bodemberoering en selectiever, terwijl toch een goede boterham verdiend wordt.
De visserij draagt bij aan de voedselvoorziening. Visbestanden kunnen opnieuw groeien maar zijn niet onuitputtelijk. De manier waarop de visbestanden in de Noordzee bevist worden vereist dat dit zodanig gebeurt dat het vermogen van de visbestanden (commercieel en niet-commercieel) om zich voort te planten en het mariene milieu (de bodem, het bodemleven, andere soorten) gewaarborgd blijft. Met kennis en innovatie worden oplossingen gezocht om te komen tot een visserij met verdiencapaciteit maar zonder negatieve effecten op het ecosysteem en opvarenden, dat optimaal gebruik maakt van diversificatie in te vangen soorten en daarmee verspilling voorkomt.

Wat beoogt het MMIP?

Doelstellingen van dit MMIP zijn om ervoor te zorgen dat de zee- en kustvisserij op de Noordzee ecologisch, economisch en sociaal duurzaam is en een bron van gezond voedsel voor burgers van de EU

vormt, waarbij ongewenste bijvangsten verminderd worden. Dit bevordert een dynamische visserijsector en een goede levensstandaard voor de visserijgemeenschappen. Daarnaast draagt dit MMIP bij aan de inpasbaarheid van de visserij in de energietransitie die nu plaatsvindt op de Noordzee. Het MMIP volgt uit de missie van LNV voor een Duurzame en veilige Noordzee (Missie E) en bestaat uit een aantal deelthema's zoals genoemd in de kennis- en innovatieopgave. Het MMIP omvat de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk (van reeds bestaande technieken) voor de volgende deelthema's:

1. Versterken van het beheer van de visbestanden
2. Verminderen van emissies
3. Verbeteren van arbeidsomstandigheden
4. Verbeteren van dierenwelzijn
5. Verminderen van bodemberoering
6. Verbeteren van selectiviteit
7. Verbeteren van economisch perspectief
8. Systeemveranderingen
9. Circulaire visserij (Zero Impact Visserij) onder te verdelen in 'zero impact kotter', alternatieve opties voor pulsvisserij en circu-laire viskweek.

Deelprogrammas en fasering

Een duurzame visserij omvat zowel de duurzame exploitatie van de visbestanden als ook een socio-economisch gezonde sector en vereist zowel nationaal als internationaal onderzoek. Waar een socio-economische gezonde sector veelal nationaal onderzoek betreft, is onderzoek naar de duurzame exploitatie van de visbestanden onvermijdelijk een internationale aangelegenheid. In de Programmeringsstudie Visserij is een uitgebreider overzicht opgenomen.

Overzicht van de belangrijkste (door)lopende projecten en programma's.

Onderwerp	**Onderzoeks-fase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratie-fase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Verduurzaming van de zee- en kustvisserij op de Noordzee				
	* Kennisbasis Wettelijke Onderzoekstaken WOT (o.a. ICES; bestandsopnamen). * Beleidsondersteunend Onderzoek (BO) Natuurinclusieve visserij	* Beleidsondersteunend Onderzoek (BO) Natuurinclusieve visserij (o.a. dierenwelzijn) * Beleidsondersteunend Onderzoek (BO) Natuurinclusieve energie	* EFMZV (o.a. innovatie garnalenpuls; puls assessment)	* Website Pulse * Kennisonline

	* Beleidsondersteunend Onderzoek (BO) Ecologische basiskwaliteit water * EFMZV (o.a. OSW 2.0)	* Kennisbasis (o.a. camera- & akoestische detectie) * EFMZV (o.a. OSW 2.0; puls assessment)		

Kennis en innovatieopgaven

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Verduurzaming van de zee- en kustvisserij op de Noordzee				
Deelthema: Versterken beheer visbestanden				
	-Verbeteren van de toegepaste kennisbasis voor het beheer van gegevensarme bestanden (veelal commerciële bijvangstsoorten) -Ontwikkelen van fundamentele kennis over de verspreiding van visbestanden (en de gevolgen voor maximaal duurzame oogst mogelijkheden) als gevolg van klimaatverandering - Versterking van (gedragseconomische) kennis over visserijgedrag om zo de effecten van "verplaatsingsgedrag" (displacement) op bestanden, ecosysteem en rentabiliteit als geval van gebiedssluitingen (natuur, windparken) beter vooraf te kunnen voorspellen. - Ontwikkelen van fundamentele kennis in het toepassen van een ecosysteem-benadering in het bepalen van TACs en quota - Fundamenteel onderzoek naar de effecten van de aanlandplicht.	-Ontwikkelen van innovatieve bemonsterings- en monitoringsmethodes voor gegevensarme bestanden (DNA-technieken, cameradetectie met automatische beeldherkenning)***.**	-Uitvoeren van proefprojecten in nauwe samenwerking tussen de visserijsector en onderzoekers, waarbij directe verbinding met ICES essentieel is. - Uitvoeren van scenariomodellen m.b.t. verandering in visserijgedrag en de effecten op bestanden, ecosysteem en rentabiliteit.	-Welke financiering en aanpalende maatregelen zijn nodig om succesvolle nieuwe visstand-onderzoektechnieken standaard onderdeel te maken van het visserijonderzoek.
Deelthema: Verminderen emissies				
	- Fundamenteel en toegepast onderzoek gericht op scheepsinnovatie en duurzamere voort-stuwingssystemen gericht op efficiëntieverbetering - Fundamenteel en toegepast onderzoek gericht op vloottransitie dat bijdraagt aan vermindering van emissies (brandstof en geluid).	- Ontwikkelen van lichter vistuig - Inzicht in de benodigde infrastructuur voor nieuwe voortstuwingssystemen in de visserij***.** - Ontwikkelen van software om visroutes efficiënter in te plannen.	- Uitvoeren van pilots van lichter vistuig om inzicht te krijgen in praktische haalbaarheid en rendabiliteit, waarbij zorg wordt gedragen voor nationaal én internationaal draagvlak - Uitvoeren van scenario-modellen in vloottransities en de effecten op emissievermindering. - Kan een efficiëntiecriterium of een emissie-quotum bijdragen aan het verminderen van emissies.	- Hoe kunnen visserijondernemers gestimuleerd worden over te stappen naar duurzamere brandstoffen.
Deelthema: Verbeteren arbeidsomstandigheden				

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	- Fundamenteel en toegepaste kennis-ontwikkeling in de gevolgen van de ontwikkelingen op de Noordzee op de arbeidsmarkt van de visserijsector - Toegepaste kennisontwikkeling in de benodigde toekomstige vaardigheden van vissers om te kunnen blijven vissen in de toekomstige Noordzee - Fundamenteel onderzoek in de inzet van buitenlandse werknemers in de sector **-** Kan een alternatief betalingssysteem bijdragen aan de financiële zekerheid en veiligheid van bemanningsleden.	- Innoveren en automatiseren van de vistechniek en het verwerkingsproces aan boord, o.a. om de kans op letsel bij de bemanning te verminderen, robotisering***.** - Ontwikkelen van veiligheidsmateriaal zodanig dat ze de drager niet belemmeren in het werk - Scheepsinnovatie t.b.v. optimale arbeidsomstandigheden***.** - Ontwikkelen van werkeilanden en/of moederschepen voor de visserij t.b.v. verwerking en/of overnachting***.** - Ontwikkelen van (radicale) innovatieve vistechnieken en netten gericht op het vangen van doelsoorten alleen***.**	- Uitvoeren van pilots om nieuwe vistechnieken en verwerkingsprocessen aan boord te toetsen op praktische haalbaarheid en rendabiliteit, waarbij zorg wordt gedragen voor nationaal én internationaal draagvlak - Uitvoeren van proefprojecten met nieuw ontworpen veiligheidsspullen - Vergelijkend onderzoek naar verbeteringen in arbeidsomstandigheden in de visserij in andere landen.	- Hoe kan gedragsverandering aan boord behaald worden omtrent veiligheid; is dit het beste te behalen in het visserij onderwijs of is handhaving op arbeidsomstandigheden effectiever - Kunnen internationale afspraken gemaakt worden vb. over internationale erkenning van diploma's en veiligheidsafspraken aan boord
Deelthema: Verbeteren dierenwelzijn				
	- Systeemanalyse van het vis- en verwerkingsproces om inzicht te krijgen in de mogelijkheden om negatieve effecten op dierenwelzijn gedurende het vis- en verwerkingsproces te mitigeren. - Meer inzicht in welzijnsbehoeften van vissen (soorten die het betreft); dit geeft inzicht in de daadwerkelijke belasting van de dieren.	- Ontwikkelen van (radicale) innovatieve vistechnieken en netten gericht op het vangen van doelsoorten alleen***.** - Innoveren van het vangstverwerkingsproces aan boord gericht op overlevingskans van bijvangst***.** - Ontwikkelen van diervriendelijke verdovingsmethodes en/of dodingsmethodes aan boord***.**	- Uitvoeren van pilots van vangstverwerkingsprocessen die bijdragen aan de overlevingskans van bijvangst, waarbij zorg wordt gedragen voor nationaal én internationaal draagvlak - Uitvoeren van pilots van verdovingsmethodes en/of dodingsmethodes aan boord, waarbij zorg wordt gedragen voor nationaal én internationaal draagvlak - Vergelijkend onderzoek naar verbeteringen in dierenwelzijn in de visserij in andere landen.	- Hoe kan gedragsverandering bij schippers en bemanningsleden behaald worden omtrent dierenwelzijn - Kunnen bestaande duurzaamheidscertificaten uitgebreid worden met een dierenwelzijn aspect - Kan een nieuw certificaat ontwikkeld worden met oog op dierenwelzijn.
Deelthema: Verminderen bodemberoering				
	- Versterken fundamentele kennisontwikkeling van het bodemecosysteem en identificatie van de kwetsbare gebieden op de Noordzee	- Ontwikkelen van innovatieve vistechnieken met minder bodemberoering***.**	- Uitvoeren van pilots van nieuwe vistechnieken om inzicht te krijgen in praktische	- Hoe kan ruimte (financieel, regelgeving) gegeven worden aan visserijondernemers

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	- Versterken toegepast kennisontwikkeling in input-systemen (credits, quota) om minder in kwetsbare gebieden te vissen. - In hoeverre zijn gebieden met een hoge bodemdynamiek interessant voor de visserij (vangst, doelsoorten, bereikbaarheid) - Fundamenteel en toegepast onderzoek gericht op vloottransitie dat bijdraagt aan vermindering van bodemberoering. -Fundamenteel en toegepast onderzoek naar vissen op basis van 'efficiëntie', (niet alleen MSY) zoals hoeveelheid bodemberoering/kg vis, CO2 per kg/vis, etc. - Versterken kennis over herstel-tijden per bodemtype (dynamisch/niet dynamisch) na bevissing met bodemberoerende vistuig - Versterken fundamenteel inzicht in het effect van bodemberoering van verschillende ingrepen (visserij, zandwinning etc) op de Noordzee	- Vaststellen van ecologische effecten van nieuw ontwikkelde vistechnieken***.** - Vaststellen van socio-economische effecten van nieuw ontwikkelde vistechnieken.	haalbaarheid en rentabiliteit, waarbij zorg wordt gedragen voor nationaal én internationaal draagvlak - Realiseren van Europees commitment & draagvlak bij het toepassen van input-systemen om minder in kwetsbare gebieden te vissen i.v.m. jurisdictie.	om te kunnen innoveren - Welke controle & handhaving maatregelen kunnen toegepast worden
Deelthema: Verbeteren selectiviteit				
	- Versterken fundamentele kennis van visgedrag in het algemeen (visgedrag voor het vistuig, wanneer het schip aankomt, in het net) **-** Inzicht in (mogelijk verande-rende) verspreiding van commerciële en niet-commerciële soorten als gevolg van klimaatverandering.	- Ontwikkelen van (radicale) innovatieve vistechnieken en netten op basis van visgedrag gericht op het vangen van doelsoorten alleen***.** - Ontwikkelen van precisie visserij technieken (camera detectie, sonar detectie, etc.)***.** - Ontwikkelen high-tech oplossingen die real time informatie over visserij en vangsten leveren en voorspelbaarheid van locatie van visbestanden kan verbeteren***.** - Vaststellen van ecologische effecten van nieuw ontwikkelde vistechnieken - Vaststellen van socio-economische effecten van nieuw ontwikkelde vistechnieken	- Uitvoeren van pilots van nieuwe vistechnieken om inzicht te krijgen in praktische haalbaarheid en rentabiliteit, waarbij zorg wordt gedragen voor nationaal én internationaal draagvlak - Uitbouw Visserij Innovatie Centrum als spil voor innovatie pilots.	- Hoe kan ruimte (financieel, regelgeving) gegeven worden aan visserijondernemers om te kunnen innoveren.

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
		- Benutting en versterking van het Visserij Innovatiecentrum en de samenwerking met visserij-coöperaties en toeleveranciers		
Deelthema: Verbeteren economisch perspectief				
	- Fundamenteel en toegepast onderzoek gericht op de inpasbaarheid en medegebruik van de visserij op de Noordzee (viscorridors tussen windparken, t.g.v. Brexit), inzicht in de kansen voor visserij op de 'nieuwe' Noordzee (vlootgrootte, type schip, visserij-activiteiten). - Toegepast onderzoek naar medegebruik van verschillende typen visserij in windparken. - Fundamenteel en toegepast onderzoek naar multi-use schepen (combineren van activiteiten zoals visserij, aquacultuur, onderhoud). **-** Versterken inzicht in de socio-economische gevolgen van de ontwikkelingen op de Noordzee op de visserij. **-** Versterken toegepaste kennis in alternatieve of nieuwe verdienmodellen voor de visserij. - Fundamenteel en toegepast onderzoek naar andere vormen van bedrijfsvoering. - Toegepaste kennisontwikkeling in de benodigde toekomstige vaardigheden van vissers om te kunnen blijven vissen in de toekomstige Noordzee. -Toegepast onderzoek naar het inzetten van high tech oplossingen t.b.v. kostenbesparing en opbrengstverhoging in de visserij. - Fundamenteel en toegepast onderzoek naar benutting en verwaarding van reststromen uit de visserij.	- Ontwikkelen van nieuwe vistechnieken voor in windparken - Vaststellen van ecologische effecten van nieuw ontwikkelde vistechnieken - Vaststellen van socio-economische effecten van nieuw ontwikkelde vistechnieken.	- Uitvoeren van pilots van alternatieve (precisie) vistechnieken in windparken om inzicht te krijgen in praktische haalbaarheid en rendabiliteit, waarbij zorg wordt gedragen voor nationaal én internationaal draagvlak - Uitvoeren van pilots in het kader van medegebruik kleinschalige visserij tussen windparken. - Uitvoeren van pilots omtrent gebruik van reststromen uit de visserij.	- Hoe kunnen visserijondernemers gestimuleerd worden om te innoveren en te anticiperen op de toekomst - Hoe kan gezorgd worden dat visserij in windparken wordt toegestaan - Hoe kan de consument meegenomen worden om bereid te zijn een hogere prijs te betalen voor duurzamere vis - Hoe kunnen duurzaamheid en ecologie, anticiperen op de ontwikkelingen in de sector goed ingebed worden in het visserijonderwijs - Hoe omgaan met afbreuk risico's bij visconsumenten, financiers, beleggers in visserij en de vis afnemende sector.
Deelthema: Systeem-veranderingen				
	Onderzoek naar een ander systeem van visserij (nieuwe technieken, high tech toepassingen, robotisering, andere organisatie vormen, andere organisatie van de visserij zelf - Fundamenteel en toegepast onderzoek naar multi-use schepen (combineren van activiteiten zoals visserij, aquacultuur, onderhoud).	*Zie kennis- en innovatievragen hierboven gemarkeerd met* *	- Uitvoeren van pilots.	

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	- Fundamenteel en toegepast onderzoek naar zero impact visserij/zero impact kotter. - Fundamenteel en toegepast onderzoek naar andere vormen van bedrijfsvoering. - Toegepast onderzoek naar het inzetten van high tech oplossingen t.b.v. kostenbesparing en opbrengstverhoging in de visserij			
Deelthema Circulaire Visserij				
Zero Impact Kotter				
	Pomptechnieken obv electrische aandrijving; zuig- en injectie methoden activeren platvissen; sonar-, radar-, video-, sensoren-en/of andere technologie ten behoeve van identficatie voor selectie, alles zonder impact op de vissen en de natuur en voor zowel de vangstmethoden als de verwerkmethoden aan boord. Welke identificatie technieken werken hier en waarom? Welke vangsttechnieken lenen zicht hiervoor? (Pulse new generation en pompvissen?) Welke vangstmethoden zijn ook in multi use gebieden (bv windparken) toepasbaar?	Installaties en systemen bouwen en combineren diverse (bestaande) duurzame technieken. Testen op schaal. Technologie aan boord en in zee die zowel veilig en duurzaam als visvriendelijk en arbeidsvriendelijk is. Business case op basis van combinatie van: innovatie, veiligheid, duurzaamheid, ecologisch verantwoord en economische rentabiliteit. Voeg hier ook cross sectorale belangen als cultuur en toerisme aan toe. Brede risicoanalyses maken. Voorbereiding implementatie fase: voorkomen dat benodigde vergunningen, wet- en regelgeving, veiligheidsissues, certificering, scholing n training etc te laat in gang worden gezet. Wat is het zeegaande (vangst- en manoeuvreer) gedrag van dit	Testen op ware grootte in beoogde omstandigheden van zowel techniek als business case. Gebruik hiervoor diverse pilot locaties bij voorkeur met aansluiting op de bestaande sectorlocaties en eventueel locale specialisatie in vangst assortimenten. Brede risicoanalyses maken.	(Internationale) vergunningen, wet- en regelgeving, certificering, veiligheid, verzekeringen, marketing en werving, ondersteuning van de implementerende bedrijven. Faciliteren van éénduidig en eventueel online toezicht op vangstmethode. Onderwijs en training. Brede risicoanalyses maken.
	Aanpassen huidige verwerkingstechnieken (transportbanden etc) aan boord tbv selectie vissen en directe afvoer zodat er geen aanlanding/bijvangst is.			
	Studie naar energieomzetting, in verlengde van energietransitie, waaronder gebruik van waterstof en brandstofcellen Wat wordt de optimale emissieloze energie configuratie aan boord?			
	bijv door solid state energie-omzetting in fuel cells, en ons onderzoek naar cavitatiereductie van composiet voortstuwers Wat wordt de optimale emissieloze energie configuratie aan boord?			
	maximale efficiency, bijv door het runnen van koelinstallaties met waste heat van de energie-omzetting Hoe kunnen de meest ideale oplossingen geïntegreerd worden in			

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	één scheepsontwerp eventueel met onderscheid naar vissoort.	schip inclusief navigatie in een windpark.		
Alternatief vistuig/vangstmethode voor puls; voor tong en andere platvis				
	Haalbaarheidsstudie technisch en financieel voor nieuwe vangstmethode en nieuw vistuig.	Technische ontwikkeling nieuwe vangstmethode en nieuw vistuig en op ware grootte maken.	Testen met aan één kant kotter het nieuwe vistuig en aan andere kant kotter pulstuig om zo goed mogelijke vergelijking te kunnen maken en resultaten te kunnen vaststellen.	Vergunning om met nieuwe tuig te mogen vissen.
De Circulaire viskweek: Eén vis op je bord en één vis in de zee				
	Wat zijn de fysiologische randvoorwaarden voor het behoud van een vitale planktongemeenschap. Hoe ontwerp je een kweeksysteem waarin plankton zich onbelemmerd kan ontwikkelen. Welke organismen hebben een sleutelpositie in de plankton voedselketen en welke organismen zijn hiervan van essentieel belang voor de ontwikkeling van vislarven. Op welke manier kan de ontwikkeling van een planktongemeenschap worden gevolg en bijgestuurd.	Kennis over pelagische planktongemeenschappen in relatie tot het voorkomen van vislarven optimaliseren en bepalen welke organismen een cruciale rol spelen in de voedselketen. Ontwikkelen van plankton sparende pompen en filtersystemen. Ontwikkelen van beeldherkenningsapparatuur waarmee de actuele ontwikkelingen in een plankton voedselweb gevolgd kunnen worden. Bepalen van ecologische en economische waarden van verschillende vissoorten voor de Noordzee.	Opzetten van een kweek systeem met de nieuwe technologie. Overlevings- en ontwikkelingstrials voor verschillende plankton organismen (fyto- en zoöplankton) in de systemen. Overlevings- en ontwikkelingstrials voor larven van verschillende vissoorten onder verschillende omstandigheden.	Opzet van een functioneel broedhuis met de nieuwe technieken met voldoende capaciteit om de gewenste impact te kunnen bereiken. Opzetten van samenwerking met visserijsector en natuurorganisaties voor de implementatie van een herstelproject.

*ook van toepassing op de ontwikkelfase bij het onderdeel ‘Systeemverandering’

Positionering MMIP

Dit MMIP vormt tezamen met het MMIP 'Duurzame en veilige Noordzee' en MMIP Biogrondstoffen (deel Blauwe Ruimte) één geheel. Dit MMIP heeft interacties met Landbouw en Landgebruik, Agri&Food, Water & Maritiem, Logistiek, Life Sciences & Health, en High Tech

Systemen en Materialen, en Meet- en Detectietechnologie. Het onderwerp Visserij heeft raakvlakken met de MMIP Towards Zero Emissions van TKI Maritiem en de Blue Growth Strategie.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven
De Nederlandse visserijsector is een gevarieerde sector, bestaande uit een grote (oceaan)zeevisserij (8 trawlers), de kottervisserij op platvis en andere bodemsoorten (290 schepen) en de kleine zeevisserij (225 schepen). In de nationale economie is de Nederlandse visserij van beperkte betekenis, echter voor de regionale economie draagt de aanvoer, de handel en de verwerking van vis in belangrijke mate bij aan de welvaart van de burgers. Eén van de sterktes is de samenwerking en kennisdeling tussen de kennisinstellingen, de visserijsector en overheden. In de onderzoekssamenwerking tussen Wageningen Marine Research en de Noordzee visserijsector is Nederland koploper in Europa. De Nederlandse visserijsector wordt in Europa gezien als een sterk innovatieve sector. De grote zeevisserij is goed georganiseerd en heeft een sterke financiële basis voor het uitvoeren van onderzoek en innovatie. De kottervisserij en kleine zee- en kustvisserij is georganiseerd via meerdere organisaties. Deze groep heeft geen eigen fondsen voor onderzoeksfinanciering en is grotendeels afhankelijk van subsidieprogramma's, zoals het Europees Fonds voor Maritieme Zaken en Visserij (EFMZV), voor innovatie en onderzoek. Waar de kotter- en garnalenvisserij via de landelijke organisaties gebruik maken van deze regelingen, mist de kleinschalige visserij de eigen middelen en organisatiegraad om hier effectief gebruik van te maken.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's
- Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM);
- Europese vogel- en Habitatrichtlijnen (Natura2000);
- Europees Gemeenschappelijk Visserij Beleid (GVB);
- Beleidsbrief Dierenwelzijn;
- Strategische Agenda Noordzee 2030 en het daaraan gekoppelde traject rond het Noordzee Akkoord door het Overlegorgaan Fysieke Leefomgeving (OFL);
- Europese Blue Growth Strategie 2020;

Strategie internationaal
Nederland heeft nog geen strategie voor de visserijsector. Op dit moment lopen meerdere trajecten die bezig zijn met het uitkristalliseren

van de toekomst voor de Nederlandse visserij. Vanuit het OFL (Overlegorgaan Fysieke Leefomgeving) wordt gewerkt aan het Noordzee Akkoord, waarbij het vooral gaat om ruimtelijke afspraken over energie, voedsel en natuur op de Noordzee. Dit Noordzee Akkoord moet in de zomer 2019 gereed zijn. In samenhang met het OFL-traject wil het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit samen met de visserijsector een visie ontwikkelen over de toekomst van de Noordzeevisserij waarbij ook rekening gehouden wordt met andere (niet ruimtelijke) ontwikkelingen.

Innovatiesysteem en consortiumvorming
De Nederlandse kottervisserij en de kleine zeevisserij bestaan veelal uit kleinere familiebedrijven. De grote pelagische visserij bestaat uit vier rederijen. Belangenvertegenwoordiging van de Noordzeevissers op nationaal niveau vindt plaats via vier visserijorganisaties, nl. VisNed (kottervisserij), de Nederlandse Vissersbond (zee-, kust- en binnenvisserij), de Coöperatieve Visserijorganisaties (een samenwerkingsverband van de vijf producentenorganisaties (PO's) van VisNed, de PO Nederlandse Vissersbonden en de PO De Roussant), en Netviswerk (kleinschalige kust- en binnenvissers). De leden kunnen onderling soms tegengestelde belangen hebben, hetgeen consortiumvorming bemoeilijkt. Innovaties in de Noordzeevisserij vinden plaats doordat individuele vissers, soms in samenwerking met een kennisinstelling, zelf netaanpassingen uitvoeren. Er is niet of nauwelijks sprake van consortiumvorming. Meestal is één van de landelijke organisaties hoofdaanvrager van een EFMZV-project. Sinds 2015 bestaat het Visserij Innovatiecentrum als testcentrum ter ondersteuning van de visserijsector bij technische ontwikkelingen aan vistuigen en netwerken. Voor de ‘Circulaire Visserij’ onderwerpen wordt samengewerkt door Visned, TUDelft, Bluelinked, Quotter, Port4Innovation1/Stichting Blauwe Polder, Bureau de Heer, Marin en TKI Maritiem; nieuwe partners zijn van harte welkom.

F. Nederland is en blijft de best beschermde delta ter wereld, ook na 2100

F.1 Verduurzamen en kostenbeheersing uitvoerings-pro-jecten waterbeheer

Missie
Binnen dit MMIP vallen drie belangrijke deelprogramma’s rond uitvoeringsprojecten in het waterbeheer, namelijk het grondverzet, de

waterinfrastructuur en het HWBP. Deze drie zijn gekozen omdat hiervoor nadrukkelijke mogelijkheden worden gezien voor het verduurzamen en beheersen van de kosten. De uitvoeringsprojecten dienen bij te dragen aan de overkoepelende missie dat Nederland 's werelds best beschermde én leefbare delta is en blijft. Daartoe kunnen de uitvoeringsprojecten bijdragen aan uitdagingen omtrent teveel (zoals overstromingen en kusterosie), te weinig (zoals droogte, verzilting en waterverdeling) en te vies water (zoals vertroebeling, opwarming en aantasting van ecosystemen).
We willen o.a. bereiken dat grondverzet in 2030 energieneutraal is, de kosten per m3 tussen 2020 en 2030 aanzienlijk gedaald zijn en dat er in 2030 een gezonde slibeconomie is. De focus bij de aanstaande vervanging en renovatie van de waterinfrastructuur zal liggen op adaptief, energieneutraal en circulair. Waar mogelijk, kan verantwoord verlengen van de levensduur een belangrijke bijdrage leveren aan kostenefficiëntie bij onverminderde veiligheid. Verder hebben we de ambitie om dijkversterking in het HWBP twee keer sneller en 30-40 procent goedkoper (per strekkende kilometer) uit te voeren, bijvoorbeeld door aanvullend op kostenbeheersing bij grondverzet beter inzicht te krijgen in de bodemopbouw van dijken en het grondlichaam.
Onder verduurzaming verstaan we onder andere CO2-neutrale uitvoering van waterbeheerprojecten, circulair gebruik van grondstoffen en inpassing van maatregelen in het natuurlijke en socio-economische systeem. Onder kostenefficiëntie verstaan we onder andere kostenbesparingen voor het vervangen en/of aanpassen van waterinfrastructuur (adaptief bouwen om de levensduur te verlengen en functies te combineren), kostenbesparende technieken voor monitoring van waterveiligheid, waterbeschikbaarheid en waterkwaliteit en verdienmodellen voor multifunctioneel ruimtegebruik en natuurlijke oplossingen (Building with Nature).

Wat beoogt het MMIP?
Inzet van dit MMIP is verduurzaming en kostenbeheersing van uitvoeringsprojecten voor het waterbeheer.
Het MMIP omvat de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk (van – deels – reeds bestaande technieken) voor:

- Circulair gebruik van grondstoffen (sediment, bouwmaterialen) en bijbehorende verdienmodellen
- Toegespitste tools voor asset-management om inzicht te bieden in de technische en functionele (rest)levensduur van de infrastructurele objecten en onderhoudsmaatregelen (zoals renovaties en

suppleties), en daarmee de investeringsstrategie te optimaliseren voor de volledige waterinfrastructuur
- Adaptief en slim ontwerp van waterkeringen, sluizen, stuwen, havens en suppleties om levenscycluskosten te verlagen (ontwerp, beheer, ontmanteling en hergebruik) en de verschillende kerntaken en gebruiksfuncties te combineren
- Gebruik van remote sensing, sensors, big data en robotica voor kostenbesparingen in het monitoren van de technische en functionele staat van waterlichamen en waterinfrastructuur (veiligheid, beschikbaarheid en kwaliteit).
- Combineren van de groeiende hoeveelheid data en numerieke modellen om veiligheids- en onderhoudsstrategieën voor waterlichamen -en infrastructuur te kunnen verkennen, ontwerpen en optimaliseren .Richtlijnen, tools en verdienmodellen voor multifunctioneel gebruik voor waterinfrastructuur (bijvoorbeeld veiligheid, natuur, zout, recreatie/toerisme en transport)
- Aantonen en kwantificeren van de effectiviteit van natuurlijke oplossingen (Building with Nature), inbedding ervan in beleid, toetsing en omgeving, en koppeling aan economische modellen
- Onderzoek naar regionale acceptatie van BwN methodieken, bijvoorbeeld wisselpolders
- Energie/CO2-neutrale instandhouding en onderhoud van waterveiligheid, waterbeschikbaarheid en waterkwaliteit (met aandacht voor het vrijkomen van CO2 uit organisch materiaal)

Doelstellingen MMIP

Afwegingsystematiek(en) met bijbehorende samenhangende data, modellen en (rapid assessment) tools om:

1. de **levencycluskosten** van waterbeheerprojecten in kaart te brengen en te reduceren (asset management). Reductie door het toepassen van innovatieve technieken en gebruik van nieuwe materiaal is een belangrijk element.
2. de **multi-functionele** (zoals waterkeren, -verdelen, -kwaliteit) en **technische** (zoals belastingen, erosie, corrosie, bodemdaling) **levensduur** van waterinfrastructuur te evalueren en waar nodig te verlengen.
3. **uitvoeringsstrategieën** te verkennen, ontwerpen en evalueren die de waterbeheer -en grondverzetopgaven optimaliseren in termen van veiligheid, kosten, CO2 voetafdruk, energieverbruik en ruimtebeslag.

Deelprogramma's en fasering

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Energieneutraal en kostenbesparend grondverzet				
CO2-neutraal grondverzet Link met 1-A, 1-D, 2-E, 2-F2, sleuteltechnologieën	Elektrisch , met CO2-neutrale brandstof en/of autonoom varen voor baggervloot Onderzoek naar het vrijkomen van organisch materiaal uit baggeroperaties Afstemmen baggeroperaties voor offshore wind en suppletiebeleid (o.a. zandwinning in windparken met windenergie)	Afwegingssystematiek voor evalueren en optimaliseren van suppletie- en rivieronderhoudstrategieën in relatie tot kosten, energieverbruik, mobiliteit en waterveiligheid (o.a. Dutch coastline challenge, klimaatrobuuste vaarwegen) Real-time monitoring (o.a. aardobservatie) en voorspellingen van de suppletie/onderhoudsbehoefte te optimaliseren	Vegroten energie-efficiëntie baggerschepen en gebruik schonere synthetische brandstoffen. Pilot-suppleties (proeftuinen grote wateren) met reducties CO2/energieverbruik	Verandering in uitvraag/contracten voor bagger/suppletiewerkzaamheden Beleidsmatige inpassing van CO2/energieverbruik in waterveiligheid
Kostenbesparend/ multifunctioneel grondverzet Link met 1-D, 2-E, 2-F2, 2-F3, sleuteltechnologieën	Beter begrip van de morfologische effecten van extreme weersgebeurtenissen (stormen, hoge afvoeren) en de tijdschalen/randvoorwaarden voor natuurlijk herstel Slimmer ontwerp van kustsuppleties (locatie in dwarsprofiel, kustlangs en frequentie) en slimmer ontwerp van uiterwaarden. Kwantificeren van ecosysteemdiensten geleverd door multifunctionele oplossingen	Hergebruik van gebaggerd sediment (uit rivieren, vaargeulen) Monitoring en analyse van de effectiviteit van suppleties om efficiëntie ervan te vergroten Gebruik van (big) data voor datagedreven (model)voorspellingen van morfologisch gedrag van kusten, rivieren en binnenwateren (Digital Twins) Maatregelen om vertroebeling door slib tegen te gaan Rekenmodules voor consolidatie en resuspensie van slib	Proeftuinen in grote wateren en rivieren voor monitoring van Building with Nature projecten (o.a., Slibmotor, Markerwadden, Kleirijperij) – aandacht voor implementatie, monitoring en beheer & onderhoud Uitwerken van verdienmodellen voor hergebruik/multifunctionele toepassingen van zand en slib Gebruik van schepen voor monitoring van watergangen	Beleidsmatige inpassing van natuurlijke oplossingen in vergunningverlening, onderhoud en toetsing Governance van natuurlijke oplossingen Leren van nieuwe contracten voor bagger/suppletiebeleid (ontwerp, uitvoering en onderhoud) Kansenkaarten voor natuurlijke oplossingen voor grondverzet op basis van (global) data
Verkenning effectiviteit constructies op besparing grondverzet	Beter begrip van de hydrodynamische en morfologische effecten van offshore/buitengaatse constructies en de impact op kustontwikkeling	Verkenning visionaire ruimtelijke planning om alle toekomstplannen (energievoorziening, vliegveld, adaptieve klimaatmaatregelen, scheepvaart, visserij, mariene landbouw, natuur (bescherming), defensie en zandwinning) te kunnen accommoderen. Hierbij gaat de veiligheid van de Nederlandse kust en haar achterland voor alles..In Nederland staan Noord-		

		zee en kust steeds meer onder druk: De toenemende ruimtedruk op de Nederlandse Noordzee vraagt om een dergelijke verkenning. (proeftuin Nova Delta)		
Deelprogramma	**Onderzoeksfase**	**Ontwikkelfase**	**Demonstratiefase**	**Implementatiefase**
Vervangingsopgave waterinfrastructuur				
Verlengen technische restlevensduur van waterinfrastructuur Link met 2-F2	Onderzoek bodemerosie (incl schroefstralen) bij stuwen en SVK's om restlevensduur te verlengen Onderzoek corrosie dunwandige profielen Ontwikkeling methode voor analyse trillingsgevoeligheid waterinfrastructuur. Optimalisatie nivelleersystemen om krachten op schepen te minimaliseren Onderzoek levensduur en -verlenging waterbouwkundige betonconstructies	Probabilistische analyse restlevensduur stalen damwanden Probabilistische analyse methode ook voor andere degradatieprocessen toepassen. Doorontwikkeling meetapparatuur en – protocol technische degradatieprocessen. Ontwikkeling technieken om trillingen in waterinfrastructuur te meten Verkennen toepassingsmogelijkheden nieuwe materialen ('Advanced materials', enabling technologies), bijvoorbeeld nieuwe coatings, vezelversterkt kunststof, glas. Risicogebaseerd afwegen bij multi functioneel gebruik.	Maeslantkering: Levensduur verlengend monitoring systeem Trillingen meten Haringvlietsluizen (mede irt. Kierbesluit)	Nivelleersystemen bestaande sluizen verbeteren Levensduur verlengen (=kostenbesparing) door gerichte renovatie ipv. integrale vervanging
Maatregelen voor tegengaan verzilting/ zoutindringing Link met 2-F2	Onderzoek naar sturende processen zoutindringing bij zeesluizen (IJmuiden, Terneuzen, Kornwerderzand, etc)	Ontwikkeling operationele sturing systemen voor tegengaan verzilting Volkerak Zoommeer, NZK, IJsselmeer Fysisch schaalmodelonderzoek selectieve onttrekking IJmuiden	Leren van Bellenscherm Noordersluis IJmuiden om zoutindringing op andere locaties te reduceren en inzet van bellenschermen te optimaliseren	Beperking zoutindringing nieuwe sluis Kornwerderzand
Duurzaam, circulair en energieneutraal asset management Link met 1-B, 1-C	Ontwikkelen van een afwegingssystematiek voor investeringen in het vervangen, versterken, herbestemmen en/of ontmantelen van waterinfrastructuur (o.a. Robamci)	Ontwikkeling van Digital twins van waterinfrastructuur Ontwikkeling van methodes en tools voor adaptief bouwen Vismigratie bij stuwen optimaliseren Ontwerp visvriendelijke waterkrachtcentrales	Prioritering voor vervanging stormvloedkeringen	Bij renovatie stuwen Maas en Nederrijn vispasseerbaarheid verbeteren Bij vervanging waterinfrastructuur adaptief bouwen

		Ruimtelijke (her)inrichting en ecologische inpassing integreren in vervangingsopgaven.		
Multifunctioneel gebruik natte kunstwerken Link met 2-E	Ontwikkelen van visualisatietechnieken voor multifunctioneel gebruik waterinfrastructuur	Ontwikkeling van methodes en tools om functionele restlevensduur te bepalen ten behoeve van volgende Prognose rapport RWS	Borgharen: Nevengeulen bij stuwen om vispasseerbaarheid te verhogen, in combinatie met hoogwaterbescherming en afvangen piekafvoeren	Kostenbesparing door meervoudige functies waterinfrastructuur. Regelgeving toetsen.
Deelprogramma	**Onderzoeksfase**	**Ontwikkelfase**	**Demonstratiefase**	**Implementatiefase**
Kostenbeheersing en verduurzaming van HWBP				
Goedkopere en snellere uitvoering van HWBP projecten Link met 2-F2, 2-E	Onderzoek en ontwikkeling van ander type maatregelen dan reguliere dijkversterkingen, zoals innovatieve verkenningen op trajectniveau waarmee doelmatige projecten kunnen worden gedefinieerd maar waarbij vaak wet en regelgeving moeten worden aangepast: • Benutten ruimte overstromingskansnormen (LCC, systeemmaatregelen, gevolgbeperking) • Vergroten biodiversiteit waterkeringen • Onderzoek naar toetsing natte kunstwerken op waterveiligheid	Dijkversterking met gebiedseigen grond, CO2-arme dijkversterking Toepassen van kalk bij dijkversterkingen Aanpak van de veiligheidsopgave op zowel het trajectniveau als de uitvoering van de projecten te optimaliseren door: • benutten ruimte en tijd • duurzaamheid Modelproeven en grote schaal laboratoriumproeven voor het testen van vervormingsgedrag van de dijk en voor de verbetering van constitutieve modellen van en de verkleining van spreiding in de sterkte. Numerieke modelintwikkeling voor sterkte en vervormingen van begin van een faalmechanisme tot aan een volledige bres. Doorontwikkelen gras- en klei mengsels en asfaltmengsels Werken in Natura2000 gebieden POV natte kunstwerken	Proeven in veld en pilots in uitvoeringsprojecten voor nieuwe technieken en voor optimalisaties van bestaande methodieken: • Grip op grondgedrag • Opdrijven en opbarsten • Faalpaden & interacties van faalmechanismen • Rekenen op reststerkte van waterkeringen • Kansen voor constructies • Bepalen actuele sterkte • Voorlanden – en intredeweerstand • D-Geoflow (incl. tijdsafhankelijkheid, etc.) • Veiligheidsfilosofie sterkte terugschrijdende erosie – geohydrologische belasting • Geotechnische parameters • Anisotropie meten en rekenen • Grovere zandfracties • Geohydrologische randvoorwaarden Werkwijzer randvoorwaarden modellering (incl. regionale modellen)	Monitoring en evaluatie van toegepaste nieuwe kennis in uitvoeringsprojecten. Updaten leidraden. Langjarige monitoring van referentie dijken. Doorontwikkeling van kennis binnen de POVs richting de praktijk o.a. via 'comply or explain'. Doorontwikkeling geidentificeerde kansrijke productinnovaties o.a. vernagelingstechnieken, GZB en VZG Toepassing van actuele sterkte in HWBP projecten Werken via gestandaardiseerde aanpak (SE Waterschappen) Inpassing in omgevingswet

Kostenbesparende monitoring van de staat/bescherming van watersystemen Link met 2-F3, sleuteltechnologieën	Algoritmeontwikkeling voor satellietbeelden, drones, radar, robotica en andere monitoringsystemen.	Machine learning technieken voor data-gedreven voorspellingen van de toekomstige toestand van watersystemen	Remote sensing en drones inzetten voor monitoring van proeftuinen waterkwaliteit & beschikbaarheid, bodem/hoogteligging en vegetatie (zoals AquaMonitor/ ShorelineMonitor) Kijken in de dijken. Toepassingen van nieuwe sensortechnologie (Sleuteltechnologieën) Stijghoogtes meten bij hoogwaterpassage Satelietmonitoring van kademuren.	Inpassen nieuwe meet- en monitoringstechnieken in bestaande monitoringsprogramma's Waar nodig, wet- en regelgeving in lijn brengen met nieuwe technologieën
Kansen en verdienmodellen voor multifunctionele waterkeringen en natuurlijke oplossingen Link met 2-E	Afleiden van fysische en empirische relaties voor het kwantificeren van effecten op hydrodynamica, morfologie, ecologie en gebruikersfuncties (oa TTW Woody)	Inbouwen van fysische/empirische relaties in (numerieke) modellen en tools	Pilots en proeftuinen op schaal en in het veld van natuurlijke oplossingen effecten, beheer & onderhoud, calamiteiten (o.a. JIP Woody) Ontwikkelen van (nationale en interntionale) verdien- en financieringsmodellen	Implementatierichtlijnen, beleidsmatige inpassing Governance van natuurlijke oplossingen Kansenkaarten voor vergroening van harde infrastructuur (hybride oplossingen)

Positionering MMIP

Sectoren waar dit MMIP interacties mee heeft zijn onder andere: overheden (in termen van ruimtelijke inrichting, bebouwing en waterveiligheid), industrie en bedrijfsleven (voor waterveiligheid, watergebruik en asset management), infrastructuur- en netbeheerders (asset management), agrarische sector (ruimtegebruik, waterveiligheid en waterbeschikbaarheid), visserij (ruimtegebruik, vismigratie), scheepvaart (asset management en bevaarbaarheid vaarwegen), (water- en strand)recreatie en toerisme (ruimtegebruik, waterveiligheid, natuurontwikkeling), financiers, verzekeraars en projectontwikkelaars (investerings/verzekeringsrisico's reduceren).

Dit MMIP heeft interactie met diverse andere maatschappelijke thema's en missies, waaronder voornamelijk (relevante links zijn ook aangegeven in bovenstaande tabel):

- LWV-F2: Aanpassen aan versnelde zeespiegelstijging en toenemende weersextremen (bij grondverzet, de vervangingsopgave en hoogwaterbescherming dient ook de lange termijn mee te worden gewogen)

- LWV-F3: Nederland digitaal waterland (voor de monitoring van waterlichamen en -infrastructuur, om te leren van data en voor kostenbesparingen)
- LWV-F4: Energie uit water (vooral een aandachtspunt bij de vervanging van waterkeringen en kunstwerken)
- LWV-C: Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied (waterveiligheid, waterbeschikbaarheid en waterkwaliteit alsmede robuuste en veerkrachtige infrastructuur zijn cruciaal voor een klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied)
- LWV-E: Duurzame en veilige Noordzee, oceanen en binnenwateren (bij de verduurzaming van uitvoeringsprojecten zijn de duurzaamheids -en veiligheidseisen van het grotere natuurlijke systeem randvoorwaarde)
- E&D-A1-2: Hernieuwbare elektriciteit op zee en op land (veel van de opgaven voor hernieuwbare elektriciteit hebben raakvlakken met het ruimtegebruik voor uitvoeringsprojecten in het waterbeheer, denk aan zandwinningslocaties nabij of in offshore windparken, turbines in kunstwerken en zonnecollectoren op waterlichamen)
- E&D-C: In 2050 zijn grondstoffen, producten en processen in de industrie netto klimaatneutraal en voor tenminste 80% circulair (dit heeft sterke raakvlakken met circulair gebruik van sediment en bouwmaterialen voor waterbeheerprojecten).

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

De Nederlandse waterbouwsector, verantwoordelijk voor de uitvoering van de grote waterbeheerprojecten, heeft een goede reputatie in zowel binnen- als buitenland. Innovatieve waterbouwprojecten en proeftuinen, waaronder de Maasvlakte II, Ruimte voor de Rivier en de Zandmotor, krijgen internationale aandacht en erkenning. Nederlandse expertise, zowel van kennisinstellingen als bedrijfsleven, wordt geregeld ingezet voor waterbouwkundige projecten in het buitenland, zoals in New Orleans, Jakarta en Bangladesh. De waterbouwsector werkt wereldwijd en de meeste Nederlandse aannemers en ingenieursbureaus hebben ook meerdere internationale vestigingen. Om deze kennispositie te behouden en te versterken is het van belang om de lessen uit Nederlandse projecten/proeftuinen te vertalen naar de omstandigheden en uitdagingen elders in de wereld. Daarbij hoort niet alleen een andere fysische context (denk aan andere bedreigingen zoals orkanen, andere ecosystemen waaronder mangroves en koralen of de beschikbaarheid van zand), maar ook een andere socio-economische context met ander beleid en andere afwegingskaders. Het is daarom zaak om in de kennisontwikkeling

voor waterinfrastructuur en natuurlijke oplossingen ook aandacht te hebben voor andere verdienmodellen, toetsingskaders, inclusiviteit van belanghebbenden, co-creatie en participatieve planvorming.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

- Kustlijnzorg: bescherming en onderhoud van de Nederlandse kust voor instandhouding van de basiskustlijn
- Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP): doelmatige versterking van alle primaire waterkeringen om te voldoen aan de wettelijke veiligheidsnormen
- Deltaprogamma (DP): Nederland tijdig aanpassen aan klimaatverandering
- Implementatie Kaderrichtlijn Water (KRW): waarborging van de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater in Europa
- Programma Vervanging & Renovatie – hoofdwatersysteem: vervangen en renoveren van (natte) kunstwerken voor op peil houden van waterveiligheid en (zoet)waterbeheer
- Bouw Techniek Innovatie Centrum: Hierin werken de TU's, TNO, HBO's samen met bedrijven en overheden. Als onderdeel van dit centrum zijn enkele thema's zijn al gestart, het onderdeel infrastructuur (relevant voor dit MMIP) wordt opgezet.
- InfraQuest: Samenwerking TUD, RWS en TNO.
- Programma Persleidingen: Deltares, RIONED, STOWA.
- NWO Perspectief Programma All-Risk
- Bloemrijke dijken: Startend initiatief BRUN

Internationaal

- 2030 Agenda for Sustainable Development (Sustainable Development Goals): voornamelijk SDG 6 - Clean water and sanitation, SDG 9 - Industry, innovation and infrastructure, SDG 11 - Sustainable cities and communities, SDG 13 - Climate Action.
- 2015 Paris Agreement: veel van de verduurzamende en kostenbesparende maatregelen zijn relevant in het licht van de klimaatmitigatie -en adaptatiemaatregelen die nodig zijn om de doelstellingen van Parijs te halen.
- 2015-2030 Sendai Framework for Disaster Risk Reduction: agenda om de risico's van (watergerelateerde) rampen te beperken in termen van slachtoffers, levensonderhoud en gezondheid van mensen en schade voor gemeenschappen en bedrijfsleven (focus op de bescherming van armen en mensen in kwetsbare gebieden).

- The 2015 Addis Ababa Action Agenda on Financing for Development: set van meer dan 100 maatregelen om duurzame ontwikkeling en transformatie wereldwijd te financieren om de SDGs te behalen.

Strategie internationaal

De uitdagingen die in Nederland spelen in termen van grondverzet (sedimentbeheer), vervangingsopgave en hoogwaterbescherming zijn ook internationaal relevant. Wereldwijd staan kusten en rivierstroomgebieden onder druk van extremere condities, bevolkingsgroei en intensief ruimtegebruik. De vervanging en renovatie van de waterinfrastructuur speelt niet alleen in Nederland maar in alle (westerse) landen. Vanuit het HWBP wordt momenteel een buitenlandstrategie ontwikkeld die aansluit en afstemt met de lopende contacten via de Dutch Water Authorities en Rijkswaterstaat. HWBP zal in de komende jaren haar eigen kleur en branding gaan verzorgen, en waar mogelijk de Nederlandse partners beter internationaal positioneren. De kennisontwikkeling binnen dit MMIP dient hierop aan te sluiten met de ontwikkeling van globale modellen en databases en oplossingen die geschikt zijn voor toepassing in verschillende gebieden.

Internationale samenwerking zal een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de gezamenlijke kennisontwikkeling. Bestaande netwerken zoals CEDA, PIANC, EcoShape en HydraLab zullen verder worden uitgebreid en geïntensiveerd, waarbij overheden, onderzoeksinstituten, universiteiten en marktpartijen zullen worden betrokken. Naast de doorontwikkeling van bestaande bilaterale samenwerking (bijvoorbeeld met Duitsland, Verenigd Koninkrijk en België) zal binnen Europa nadrukkelijk aansluiting gezocht worden op de R&D programmering vanuit Brussel. Buiten Europa ligt intensivering van de samenwerking met Amerika (USACE) en China, maar ook met opkomende economieën in Azië, Latijns Amerika en Afrika voor de hand.

Innovatiesysteem en consortiumvorming

De opgaven van de toekomst vragen om nauwe samenwerking tussen overheid, bedrijfsleven en kennisinstellingen, niet alleen in Nederland maar ook daarbuiten. De ambitie voor het MMIP is om een open platform te ontwikkelen waar de resultaten van (monitorings)data, modellen en tools kunnen worden samen gebracht. Dit platform biedt ook de mogelijkheid om de resultaten van de nieuwe kennisontwikkelingen op te nemen. Meer nog dan een (zakelijk gesloten) consortium denken we daarbij aan een open community. Binnen deze open community zal de innovatie extra worden gefaciliteerd

door interactieve activiteiten te organiseren en samenwerking tussen verschillende partijen verder te promoten. De samenwerkingen tussen overheid, bedrijfsleven en kennisinstellingen kunnen plaatsvinden in het kader van de nieuwe HWBP Kennis-en Innovatieagenda, NWO/TTW-onderzoeksprogramma's, EU H2020 projecten, Joint Industry Projecten (JIPs) en TKI-Deltatechnologie (of nieuwe samenwerkingsconstructies in de toekomst).

F.2 Aanpassen aan versnelde zeespiegelstijging en toenemende weersextremen

Missie
Momenteel is Nederland de best beschermde delta ter wereld met de strengste normen wereldwijd. Onzekerheid over de snelheid van de zeespiegelstijging, schommelingen in rivierafvoeren van zeer laag tot uiterst hoog en een toename in extreem weer noopt tot het nadenken over oplossingsrichtingen, binnen en vooral ook buiten de gebaande paden. Dijk- en kustversterking en rivierverruiming, zoals we dat nu uitvoeren en plannen, zullen op termijn wellicht niet voldoende zijn.

In 2030 willen we duidelijkheid over maatregelen die op langere termijn genomen kunnen worden om ons aan te passen aan mogelijk versnelde zeespiegelstijging en toenemende weersextremen.

Wat beoogt het MMIP?
Focus van de MMIP is om maatregelen te ontwikkelen om met zeespiegelstijging en extreem weer om te gaan: Hoe we kunnen we zodanig bouwen en maatregelen ontwerpen die we snel weer kunnen aanpassen en kunnen vervangen. Het bouwen en ontwerpen van maatregelen is gericht op bevaarbaarheid van onze rivieren, veiligheid tegen overstromen, bereikbaarheid van zeehavens en achterland en verzilting, ook bij (extreem) versnelde zeespiegelstijging en toenemende weersextremen (dit MMIP richt zich dus op extreme omstandigheden, i.e. langere termijn dan voorgaande MMIP). De inzet van innovatieve metingen voor het waarnemen van versnelling zeespiegelstijging en weersextremen (realistische inschatting ontwerp condities) als het inzetten van sensoren voor monitoren van sterkte van de bouwwerken en maatregelen (real time sterkte) maakt integraal deel uit van de ontwerpen. Evenals de inzet van advanced materials en nature based engineering.

Als randvoorwaarde voor het ontwerpen wordt gebruikt gemaakt van kennis over:
A. Wat komt er op ons af? (toekomstverkenningen)

B. Wat is de rek in het huidige (water)systeem? (In beeld brengen van knikpunten, limieten, grenzen en kansen)
C. Welke mogelijkheden zijn er voor adaptatie en hoe kunnen deze met adaptatiepaden verbonden worden aan de korte termijn? (Verkennen van adaptatiepaden)
D. Hoe kunnen observaties gebruikt worden om de Nederlandse delta toekomst robuust te maken? (Duiden van observaties)

Dit MMIP zelf richt zich op de inzet van het bedrijfsleven op het ontwerpen van maatregelen. Innovatief bouwen en ontwerpen van maatregelen vraagt om een cross-sectoraal benadering: Samenbrengen van kennis en ervaring van de klassieke waterbouw, breder de bouw- en infrastructuursector, als ook start ups, etc. In de aankomende maanden brengen we bedrijfsleven vanuit verschillende hoek samen om kansrijke bouw strategieën te identificeren en uit te werken.

Het MMIP omvat

De ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk (van reeds bestaande technieken) voor adaptieve maatregelen (onderdeel c). Randvoorwaarden (ontwerp condities) worden aangeleverd van buiten dit MMIP voor onderdelen a, toekomstverkenningen, b rek in huidige maatregelen en d.observaties.:

A. Toekomstverkenningen

Om inzicht te krijgen in hoe de Nederlandse Delta veilig kan blijven is er inzicht nodig hoe toekomstige condities (in klimaat, zeespiegel en andere factoren) eruit zien. Daarom wordt er bestudeerd welke condities we in de toekomst verwachten kunnen worden met betrekking tot zeespiegelstijging, weersextremen en andere kritische parameters. En zijn er zeespiegel- en klimaatprojecties beschikbaar voor deze parameters. Daarnaast moet er gekeken worden welke andere relevante ontwikkelingen er te verwachten zijn, denk hierbij aan: sociaal economische verwachtingen, de energietransitie, toekomstige sedimentbehoefte, toekomstige zoetwaterbehoefte en beschikbaarheid, extreme gebeurtenissen, enz.

B. In beeld brengen van knikpunten, limieten, grenzen en kansen

Nederland heeft nu de veiligste delta van de wereld. Deze MMIP beoogt het ontwikkelen van kennis die knikpunten kan identificeren wanneer gebruikersfunctie niet meer gehandhaafd kunnen worden, tegen grenzen aan lopen en welke gebruikersfuncties juist zouden kunnen profiteren van veranderende condities.

C. Adaptatie strategieën

Adaptatie strategieën en oplossingsperspectieven die de functionaliteit van de Nederlandse delta zullen behouden onder veranderende condities. Daarnaast is er kennisontwikkeling nodig welke mogelijke adaptatiepaden gevolgd kunnen worden, zodat de volgorde van mogelijke adaptatiestrategieën inzichtelijk wordt, dit geeft ook inzicht in welke adaptatiestrategieën elkaar uitsluiten. Er is ook kennisontwikkeling nodig die inzichtelijk maakt hoe toekomstige adaptatiestrategieën gekoppeld kunnen worden aan het huidige beleid en hoe adaptatiestrategieën zich in verschillende schaalniveau tot elkaar verhouden. Daarnaast is het belangrijk dat er maatregelen gevonden worden die snel genoeg uitgevoerd kunnen worden.

D. Duiden van observaties
Om beslissingen te kunnen maken, over toekomstige beslissingen wil je zo veel mogelijk gebruik maken van signalen, hiervoor kunnen observaties gebruikt worden. Toekomstige klimaatverandering kan nu niet gemeten worden, wel kan er kennisontwikkeld worden die inzichtelijk maak welke veranderingen in het klimaat relevant zijn voor de leefbaarheid in de Nederlandse delta. Daarnaast is er methodologische ontwikkeling nodig waarbij klimaat- en zeespiegelprojecties aan elkaar gekoppeld zijn en voor de middellange termijn projecties informatie uit beide bronnen verwerkt.

Doelstellingen MMIP

Op zoek naar antwoorden op de vier vragen (hoofdlijnen), zodat de overheid tijdig beslissingen kan nemen over de te nemen maatregelen om ons aan te passen aan mogelijk versnelde zeespiegelstijging en toenemende weersextremen.

Deelprogramma's en fasering

F2: Aanpassen aan versnelde zeespiegelstijging en toenemende weersextremen	
Toekomstverkenningen Wat komt er op ons af?	
Deelprogramma	**Onderzoeksfase**
Veiligheid	Op basis van klimaat- en zeespiegelscenario's is per kering bekend wanneer, op zijn vroegst, normen overschreden worden Meer inzicht in de voorspelbaarheid van connectieve neerslag die locaal tot hevige piekbuiken kunnen leiden.
zoetwaterhuishouding	De zoetwaterhuishouding van Nederland en de gevolgen van zeespiegelstijging en extreme weer op de beschikbaarheid van zoetwater Er zijn projecties voor de toekomstige zoetwaterbehoefte en zoetwaterbeschikbaarheid onder toenemende zeespiegel en sterker fluctuerende rivierafvoeren, deze worden ondersteund door nieuwe methodieken om dit in kaart te brengen.
Sedimentmanagement	De zandvoorraad en kwaliteit op het Nederlandse continentale plat is in kaart gebracht en er zijn scenario's voor de toekomstige zandbehoefte

	(voor onder andere kustversterking en bouwzand). En er zijn innovatieve methodes om dit in kaart te brengen.
Scenario's	Bijdragen aan monitoring van alle relevante signalen die bijsturing van het adaptatiebeleid nodig heeft, zowel fysieke als socio-economische indicatoren Alle scenario's hebben in principe een tijdsafhankelijke dimensie: ze zijn geen statische beelden van een verdere toekomst, maar een graduele ontwikkeling daar naartoe. Gebeurtenissen die een extreme situatie weergeven of kantelpunten in de perceptie van de situatie kunnen geven worden expliciet in beeld gebracht door middel van "event scenarios" die ergens in de tijdlijn kunnen worden geplaatst.

In beeld brengen van knikpunten, limieten, grenzen en kansen	
Deelprogramma	**Onderzoeksfase**
Gebruikersfuncties	Het identificeren van knikpunten van gebruikersfuncties onder zeespiegelstijging en veranderingen in extreem weercondities.
Waterveiligheid	Het garanderen van de waterveiligheid onder zeespiegelstijging en/of hogere rivierafvoeren en andere weersextremen. Voor dammen, beweegbare keringen, duinen en andere primaire keringen is bekend bij welke toename aan zeespiegel en/of rivierafvoer ze niet meer aan de normen voldoen Op basis van klimaat- en zeespiegelscenario's is per kering bekend wanneer, op zijn vroegst, normen overschreden worden Voor kustdelen waar de primaire kering bestaat uit zand (strand en duinen) is bekend tot welke snelheid van zeespiegelstijging natuurlijke processen die duinen laten aangroeien in de pas lopen met de snelheid van zeespiegelstijging.
zoetwaterhuishouding	Het is duidelijk vanaf wanneer de zoetwaterbeschikbaarheid in het geding komt (onder veranderende weerscondities en zeespiegelstijging). Hiervoor zijn adaptieve strategieën geformuleerd, die aansluiten bij de zoetwaterbehoefte en de zoetwaterbeschikbaarheid
Havens en scheepvaart	klimaatbestendigheid van zeehavens, knikpunten identificatie en oplossingsrichtingen onder versnelde zeespiegelstijging

Verkennen van adaptatiepaden	
Deelprogramma	**Onderzoeksfase**
Gebruiksfuncties	Integrale, adaptieve maatregelen die leven in de Nederlandse delta mogelijk maken onder hogere zeewaterstanden en snellere zeespiegelstijging en het gefaseerd uitvoeren van deze maatregelen De oplossingsruimte van adaptieve maatregelen voor verschillende klimaat- en zeespiegelscenario's is bekend.
waterveiligheid	Het garanderen van de waterveiligheid onder zeespiegelstijging en/of hogere rivierafvoeren en andere weersextremen.
rivierdynamiek	Veranderingen in rivier-morfodynamiek door zeespiegelstijging, gecombineerd met grotere fluctuaties in rivierdebieten
Primaire kustbescherming	Handelingsperspectief van zandsuppleties als maatregel om de veiligheid van primaire keringen te garanderen onder een (steeds) sneller stijgende zeespiegel, dit omvat onder meer inzicht in: de beschikbaarheid van zand, de capaciteit van natuurlijke processen die nodig zijn om suppleties te herverdelen naar de duinen, relatie tussen zandsuppleties en andere gebruiksfuncties langs de kust. Handelingsperspectieven voor de kunstwerken (dammen en beweegbare keringen) die de Nederlandse delta beschermen tegen zeespiegelstijging

	Er zijn alternatieven voor dammen en beweegbare keringen die bij een zeespiegelstijging die voor 2100 kan optreden niet meer aan de normen voldoen	
Havens en scheepvaart	Navigatie-zekerheid van binnenvaart onder extreme hoge en lage afvoer en bij hogere zeewaterstanden kost efficiënte maatregelen voor klimaatbestendige scheepvaart in balans met andere rivierfuncties	
Toekomst robuustheid	Bepalen welke reserveringen (in oa ruimte) er gemaakt moeten worden, zodat de ontwikkelde oplossingsruimte uitgevoerd kan worden Het schetsen van beleidspaden hoe huidige beleid aangepast moet worden, zodat klimaat adaptieve maatregelen tijdig geïmplementeerd zijn, inclusief sociale veranderingen die nodig zijn om deze beleidswijzigingen te ondersteunen. De MMIP erkent dat technisch en inhoudelijk onderhoud van de data- en modelsystemen essentieel zijn voor het gebruik en meerwaarde. Een bepaalde fractie van de middelen wordt daar dan ook voor gereserveerd.	
Duiden van observaties		
Deelprogramma	**Onderzoeksfase**	
"meet de toekomst"	Methodiek om waarnemingen voor extreem weer en zeespiegelstijging te verbinden aan klimaat- en zeespiegelprojecties. We dragen bij aan monitoring van alle relevante signalen die bijsturing van het adaptatiebeleid nodig heeft, zowel fysieke als socio-economische indicatoren Duiding kunnen geven aan optredende weersextremen en andere observaties in relatie tot klimaatverandering, en in relatie tot impacts die in een veranderend klimaat (vaker) kunnen optreden.	
digitalisering	Onze digitale technologie maakt het mogelijk om een wendbaar pakket analyses en scenario's te maken op schaalniveaus die variëren van landelijk naar lokaal (stedelijk?). Belanghebbenden herkennen zich in deze analyses en scenario's, en zijn in staat met eigen gegevens deze te verrijken. Onderliggende data zijn zoveel mogelijk open source, en bedekken alle delen van de wereld	

Sector(en):

Verandering in weersextremen en versnelde zeespiegelstijging kunnen een brede impact hebben. Ontwikkelingen vanuit de andere MMIPs (met een korte tijdshorizon) beïnvloed de mogelijkheden die er voor adaptieve maatregelen zijn om Nederland na 2100 een veilige Delta te houden. Dit MMIP heeft derhalve connectie met onderstaande thema's en MMIPs:

- LWV-F1: Verduurzamen en kostenbeheersing uitvoeringsprojecten waterbeheer (onder een veranderde klimaat kunnen hoeveelheid maatregelen toenemen, in connectie met dit MMIP kan

er gekeken worden hoe maatregelen zo efficiënt mogelijk geïmplementeerd kunnen worden.)
- LWV-F3: Nederland digitaal waterland (De effectiviteit van maatregelen kan geëvalueerd worden met beschikbare data, daarnaast kan data gebruikt worden van te leren en impacts nauwkeurig te bestuderen
- LWV-F4: Energie uit water (bij het ontwikkelen van adaptieve keringen heeft raakvlakken met dit MMIP)
- LWV-C: Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied (Dit thema richt zich op klimaatbestendigheid en waterrobuurst het in 2050. MMIP F2 heeft een tijdhorizon die verder ligt dan dit thema LWV-C, maar ze liggen wel in elkaars verlengde
- LWV-E: Duurzame en veilige Noordzee, oceanen en binnenwateren (Adaptieve maatregelen voor zeespiegelstijging en weersextremen zullen ontwikkelingen binnen dit thema als randvoorwaarde krijgen.)
- E&D-A1-2: Hernieuwbare elektriciteit op zee en op land (veel van de opgaven voor hernieuwbare elektriciteit hebben raakvlakken met het ruimtegebruik voor uitvoeringsprojecten in het waterbeheer, denk aan zandwinningslocaties nabij of in offshore windparken, turbines in kunstwerken en zonnecollectoren op waterlichamen)
- E&D-E12: Land en water optimaal ingericht op CO2 vastlegging en gebruik (Adaptive maatregelen voor zeespiegelstijging en weersextremen kunnen ruimte nodig hebben. De mitigerende maatregelen (CO2 vastlegging) zou zo kunnen gebeuren dat het gecombineerd kan worden met adaptieve maatregelen, zodat ze elkaar versterken.)

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven
Historisch heeft Nederland een goede reputatie in het integraal oppakken van maatregelen voor waterveiligheid. Zo heeft de bouw van de Deltawerken naast waterveiligheid ook voor een verbetering van logistieke ontsluiting van de zuidwestelijke Delta en hebben maatregelen tegen overstromingen in het Zuiderzee-gebied geresulteerd in de grootschalige landuitbreiding (Flevopolder). De toekomstbestendigheid van de Nederlandse Delta wordt geborgd door de Deltacommissie. Daarnaast heeft Nederland een uitstekende reputatie op het gebied van waterbouw (Hondbosche en Pettermerduinen, Zandmotor) en integrale waterbeheerprojecten in binnen- en buitenland.
De bandbreedte voor mogelijke (stijging) in zeespiegel is momenteel nog erg groot. Het is onduidelijk of wachten op meer duidelijkheid raadzaam is, mogelijk is er dan te weinig implementatie tijd en

zijn probleem te divers. Aan de andere kant is het onduidelijk of innovaties voor versnelde zeespiegelstijging op korte termijn rendabel zijn.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

- Deltacommissie DP & KP ZSS
- NWO living labs
- nog niet compleet

Internationaal

- 2030 Agenda for Sustainable Development (Sustainable Development Goals): voornamelijk SDG 6 - Clean water and sanitation, SDG 9 - Industry, innovation and infrastructure, SDG 11 - Sustainable cities and communities, SDG 13 - Climate Action.
- 2015-2030 Sendai Framework for Disaster Risk Reduction: agenda om de risico's van (watergerelateerde) rampen te beperken in termen van slachtoffers, levensonderhoud en gezondheid van mensen en schade voor gemeenschappen en bedrijfsleven (focus op de bescherming van armen en mensen in kwetsbare gebieden).
- The 2015 Addis Ababa Action Agenda on Financing for Development: set van meer dan 100 maatregelen om duurzame ontwikkeling en transformatie wereldwijd te financieren om de SDGs te behalen.
- Global Center on Adaptation
- *Nog niet compleet*

Strategie internationaal

Nederland heeft momenteel een van de veiligste delta's van de wereld. Daardoor zullen op andere locaties eerder maatregelen genomen moeten worden voor relatieve, regionale zeespiegelstijging (globaal gedreven zeespiegelstijging + bodemdaling). Internationale samenwerking zal een bijdrage kunnen leveren aan inzicht in welke problemen Nederland kan verwachten door zeespiegelstijging en extreem weer en welke adaptieve maatregelen effectief zijn.
Via internationale samenwerkingsverbanden kunnen er klimaatsignalen (versneld massaverlies van Antarctica), klimaatimpacts en adaptatie strategieën onderzocht worden. Daarnaast kan met internationale samenwerking de hoeveelheid beschikbare data vergroot worden, wat machine learning kan ondersteunen.

Innovatiesysteem en consortiumvorming

Nieuwe samenwerking tussen traditioneel waterbouw en andere innovatieve bouw, infrastructuur, start ups etc. bedrijven.

F.3 Nederland Digitaal Waterland

Wat beoogt het MMIP?

Middels het MMIP 'Nederland Digitaal Waterland' wil Nederland haar ambitie realiseren voorop te (blijven) lopen bij digitalisering t.b.v. het waterbeheer, zodat wij een voorbeeld zijn voor andere landen en hiermee onze kennis en kunde van de watersector nog beter aan het buitenland kunnen verkopen.

De inzet van dit MMIP is daarom dat data inwinning, beheer, analyse en weergave (visualisatie) van het fysieke systeem (water en bodem), infrastructuur en gebruik (waterkeringen, ` smart water systems', autonoom varen, energiewinning, verkeer en transport, etc.) -in samenhang- wordt ontwikkeld en toegepast zodat beheer en onderhoudsopgaves duurzamer, efficiënter en betrouwbaarder kunnen worden uitgevoerd. Nog meer dan al gebruikelijk is hiervoor een cross-sectorale benadering nodig, waarbij een verbinding met de Sleuteltechnologie ICT evident is. Tevens is de inzet dat de ontwikkelde digitale systemen bestand zijn tegen cybercrime zijn.

Het MMIP "NL digitaal waterland" omvat de ontwikkeling van kennis, concepten, ondersteunende technologie en maximale implementatie in de praktijk (opschaling van bestaande en nieuwe pilots tot concrete toepassingen) voor:

- nauwkeurigere, frequentere, goedkopere energie-efficiënte monitoring van de staat van watersystemen (veiligheid, beschikbaarheid en kwaliteit) en infrastructuur (levensduur, veiligheid, beschikbaarheid en kwaliteit) in 2030 (t.o.v. 2020) (link missie F1) door bijvoorbeeld gebruik van remote sensing, robotica, big data, kunstmatige intelligentie, open modellen, citizen science etc.
- ontwikkeling en toepassing van geavanceerde simulatietools voor het optimaliseren van ons watersysteem (waterkwaliteit, waterveiligheid, waterbehandeling) en het gebruik daarvan (operationeel waterbeheer, energie- en grondstoffenwinning, verkeer en transport, etc.)
- integreren van data en modelresultaten ter ondersteuning van beleidsvorming, uitvoering en toetsing.

Doelstellingen MMIP

Realiseren van breed gedragen open standaarden, gestandaardiseerde en gevalideerde modellen, tools, data, informatie die door alle deelnemers uit bedrijfsleven, overheden en kennisinstellingen zelf kunnen worden toegepast voor een duurzamer, efficiënter en betrouwbaarder gebruik, beheer en onderhoud van het fysieke systeem (water en bodem, afval- en drinkwatersystemen / behandeling).

Ten behoeve van de implementatie is de ontwikkeling van datavakmanschap essentieel: medewerkers moeten veelal nog leren omgaan met de mogelijkheden van digitale technieken. Leerlijnen voor om- en bijscholing zijn hiervoor nodig, maar ook het integreren van relevante waterbouw- en ICT opleidingen (op MBO, HBO en WO niveau) voor het invullen van de benodigde vacatures in de (nabije) toekomst.

Deelprogramma's en fasering innovatietraject MMIP

Onderstaande tabel geeft inzicht in de categorisering van ontwikkelingen die de komende jaren zullen worden ingezet. Hierbij zal in sommige gevallen de innovatieketen (van TRL 1 naar 9) lineair worden doorlopen, maar het zal steeds vaker gebeuren dat sprake is van een meer 'chaotisch' proces waarin de verschillende fasen door elkaar heen lopen.

DigiShape zal in het innovatieproces, als proeftuin van de Topsector Water & Maritiem, een belangrijke rol spelen. DigiShape is een open innovatieplatform dat als doel heeft de digitalisering van de watersector te versnellen, zoals ook in de ambitie van dit MMIP is opgenomen. DigiShape biedt ruimte om (cross-sectoraal) te experimenteren met nieuwe ontwikkelingen om sneller tot implementatie te komen van nieuwe technieken. Hierbij werkt DigiShape initiërend voor onderzoek met TRL 1-3 en stuwend voor demonstratie en implementatie. Ten aanzien van de fasering in onderstaande tabel, richt DigiShape zich met name op de ontwikkel- en demonstratiefase (TRL 5-8).

Tot slot moet hier worden opgemerkt dat geschetste activiteiten illustratief zijn en zich niet altijd beperken tot het onderwerp of de fase waarin deze in de tabel zijn benoemd.

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3** (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	**Ontwikkelfase TRL 4-6** (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	**Demonstratiefase TRL 7-9** (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	**Implementatiefase** (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Data-inwinning en sensoring Nieuwe vormen van data-inwinning en distributie op het gebied van remote sensing, drones, robots, IoT, networks of opportunities, citizen science. Algoritmes voor het processen van datastromen en systemen	Onderzoek ten behoeve van nieuwe technieken voor (remote) monitoring van watersystemen. Data-inwinning door glasvezels. Gebruik van AR/VR.	Ontwikkeling van concrete toepassingen voor verzamelen van gegevens, met specifieke aandacht voor dataopslag en – verspreiding en het omgaan met vertrouwelijke of bedrijfsgevoelige data.	Toepassing van nieuwe technieken op veldschaal in proeftuinen op subregionale schaal. Belangrijk toepassingsgebied is de waterveiligheid (dijken).	Opschaling tot landelijke en internationale implementatie. Belangrijke schakel hierin is het data-vakmanschap: opleiden van huidige en toekomstige medewerkers.(ook

voor veilig gebruik en distributie.				relevant voor de andere thema's!)
Data-analytics en Machine learning (kunstmatige intelligentie) Geautomatiseerd herkennen, duiden en valideren van patronen en relaties in Big Data.	Algoritmeontwikkeling voor o.m., satellietbeelden, drones, radar en robotica	Onderzoek naar de toepassing van nieuwe technologien zoals AI, data driven modelling, blockhain en robotics op watervraagstukken in Deltagebieden. Het energieverbruik van deze technieken is hierbij een aandachtspunt.	Testen op real-life situaties, experimenteren en testen gericht op opschaling en implementatie.	
Modellering en scenario-building Multi-resolutie modellering, gekoppelde modellen, containerization, model speed-up.	(door)ontwikkelen van modelleringstechnieken met gebruikmaking van nieuwe data en datascience technieken.	Inzet van High Performance Computing / Cloud computing.		
IoT en virtualisatie – Digital Twinning en Smart operations Virtualisatie van het watersysteem en operaties ten behoeve van operations & control.	Koppelen van modellen (voor klimaat, infrastructuur, etc.) aan relevante datastromen voor real-time modellering en voorspellingen.	Data van andere partijen benutten en ook weer delen.		Inzet van Digital Twins en Smart operations voor de hele watersector: maritiem, delta en watertechnologie
Infrastructuur, beschikbaarheid en standaardisatie		Beveiliging van kunstwerken tegen cyber aanvallen		Borgen van een goede data governance, inclusief afspraken rond platformen en standaardisatie

Positionering MMIP

Dit MMIP heeft interactie met de Topsectoren Water & Maritiem, High Tech Systems & Materials, Agri & Food, Logistiek, Energie, Tuinbouw & Uitgangsmaterialen, verschillende onderzoeksprogramma's en proeftuinen. Daarnaast is er een logische verbinding met de sleuteltechnologie ICT en sleutetechnologieen belangrijk voor sensoring (bijvoorbeeld photonica/aardopbservatie).

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

Sterktes: Nederland heeft internationaal een sterke positie op het gebied van water en waterbeheer en heeft veel open data beschikbaar. Op basis hiervan kan Nederland een voorloper positie verwerven als het gaat om digitalisering t.b.v. het waterbeheer en hierdoor haar exportpositie van de sector bestendigen en daarnaast ook de toegepaste data (science) kennis aan het buitenland kunnen verkopen.

Zwaktes: De watersector heeft een veelal harde technische basis. De digitale transformatie vraagt daarom in belangrijke mate aandacht voor de ontwikkeling van huidige en toekomstige medewerkers. Ruimte is nodig voor leren en experimenteren. Aandachtspunt voor

bedrijfsleven t.a.v. valorisatie is dat er bij open beschikbaarheid andere verdienmodellen een rol spelen naast onderwerpen als eigenaarschap van data en vertrouwelijkheid. Ook het groot aantal betrokken partijen met verschillende belangen maakt het soms ingewikkelder om een goede business case te creëren.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

Dit MMIP heeft sterke raakvlakken met de (sectorale) kennisagenda's die eerder zijn genoemd onder 'sector(en)'. Daarnaast is er een duidelijke relatie met verschillende routes uit de Nationale Wetenschapsagenda: Blauwe route, Meten en detecteren, Waardecreatie door verantwoorde toegang tot en gebruik van big data, Smart liveable cities. Alhoewel water niet expliciet wordt benoemd is er een sterke verbinding met "Nederlandse Digitaliseringsstrategie: Nederland digitaal - Hier kan het. Hier gebeurt het" (https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2018/06/01/nederlandse-digitaliseringsstrategie).

In het bestuursakkoord water zijn onderwerpen zoals 'De kansen van de informatiesamenleving' en ' De risico's van digitale dreigingen' opgenomen.

Internationaal staat digitalisering van de watersector hoog op de agenda van ' Water Europe – Technology and Innovation' (voorheen WssTP, zie kennisagenda http://watereurope.eu/wp-content/uploads/sites/102/2019/06/Water-Europe-SIRA_online-1.pdf).

Via het kaderprogramma voor onderzoek (H2020) investeerd de Europese commissie aanzienlijk in ICT en ICT toepassingen in de watersector en het waterbeheer.

Strategie internationaal

Aansluiten bij de door NWP opgestelde internationale strategie [bron navragen bij NWP]. Export strategie van het NL bedrijfsleven (mn aannemers en ingenieursburo's).

Voor de kennisbasis is aansluiting bij Europese financiering, bijvoorbeeld Horizon Europe (opvolger van Horizon 2020) belangrijk. Voor demonstraties bieden regionale fondsen en het life programma mogelijkheden om door te ontwikkelen en te etaleren.

Innovatiesysteem en consortiumvorming

Het innovatiesysteem is net als de ander MMIP's onder missie F sterk gedomineerd door de overheidssector als launching customer. Tevens is de overheid vaak eigenaar van de data (bronhouder). In de

proeftuin Digishape maken bedrijfsleven, overheden en kennisinstellingen afspraken voor het samen delen en gebruiken van data en kan deze proeftuin onder "NL digitaal waterland" uitgroeien tot een internationale proeftuin voor water en IT. Dit biedt ruimte om te experimenteren en te leren, waardoor niet alleen de sector maar vooral ook de medewerkers die deze sector vorm en gezicht geven bedreven raken in het omarmen van digitale innovatie's (data vakmanschap). Het is duidelijk dat er veel intensiever moet worden samengewerkt (ook met andere sectoren) om de transitie naar NL digitaal waterland te realiseren. Het innovatiesysteem moet zich de komende jaren nog verder ontwikkelen.

F.4 Energie uit Water

Missie
In 2030 is energie uit water integraal onderdeel van het energie- en klimaatbeleid. Nederland zet daarbij haar oppervlaktewateren in als bron van duurzame energie (alsook van warmte), als opslagmedium en om ruimte te bieden voor infrastructuur voor duurzame energie. Het waterbeheer is energetisch efficient ingeregeld en levert met haar waterpeilbeheer een bijdrage aan klimaatmitigatie door het tegengaan van de uitstoot van broeikasgassen. Waar mogelijk worden energiestrategieen en -oplossingen verbonden aan andere (gebieds)opgaven.

Wat beoogt het MMIP?
Het oppervlaktewater in de Nederlandse delta biedt diverse mogelijkheden voor duurzame opwek, opslag en transport van energie (inclusief warmte). Typisch gaat het hierbij om de omzetting van potentiele of bewegingsenergie van water (golven, getijstroming, (laag verval) hydropower) of van verschillen in osmotische waarden (concentratieverschillen) naar elektriciteit of groene waterstof, het gebruik van de warmte (- en koude)capaciteit van water in warmte-koude systemen of OTEC systemen in het Caribisch gebied. Daarnaast biedt de ruimte die het oppervlaktewater inneemt mogelijkheden voor win, opwek en opslag van energie (bijvoorbeeld energie-opslag in osmotische verschillen, zonnecellen, kweken van biomassa). Ook is er nog veel energie te winnen en te besparen door innovatieve waterzuivering en slimmer waterbeheer, bijvoorbeeld door op de waterzuivering de stikstofcyclus te verkorten (huidige situatie: ammonium afbreken tot stikstof kost veel energie, terwijl ammonium maken uit stikstof ten behoeve van kunstmest ook veel energie kost), door direct electriciteit of waterstof of andere energiedragers te produceren uit afvalwater (met (bio)electrochemische systemen), of door pompen en gemalen efficiënter in te zetten.

Vanwege de grote diversiteit aan functies van ons watersysteem is steeds een locatie-specifieke afweging nodig waarin (maatschappelijke) kosten en baten en belangen gekoppeld aan functionele of gebruikswaarden (zoals waterveiligheid, zoetwatervoorziening, sociaaleconomische waarden) en intrinsieke waarden (bijvoorbeeld belevingswaarden gekopeld aand landschap, cultuurhistorie, natuur) zorgvuldig worden afgewogen. Er zal daarbij gestreefd moeten worden naar oplossingen die optimaal passen bij de diverse sets aan multidisciplinaire eisen. Juist ook de grootschaligere effecten en mogelijke interferentie tussen diverse technieken vragen gedegen integrale afwegingen en planning op niveaus van gemeenten, waterschappen, provincies tot aan complete (inter)nationale stroomgebieden. In combinatie met de bedrijven die investeren in duurzame technieken en deze implementeren zijn er daarmee veel diverse belanghebbenden bij een goede invulling van dit MMIP.
Besluitvorming over investeringen en bewegingen richting een maximale implementatie in de praktijk vragen verdere ontwikkeling en het breed beschikbaar maken van kennis, concepten en ondersteunende technologie. Dit MMIP richt zich daarom op:

- Versnelling van implementatie en verlaging van operationele kosten inclusief onderhoudskosten, verhogen van de betrouwbaarheid en efficiency van de systemen en verlaging van de mogelijke negatieve effecten op de omgeving
- De ontwikkeling van tools die gedegen inzichten kunnen verschaffen over reëel te verwachten energieopbrengsten van diverse technologieën en kosten-baten analyses voor heldere sets van toekomstscenario's;
- Heldere kaders, richtlijnen en regelgeving omtrent pilots en verdere uitrol naar de markt en de praktijk;
- Het testen van technologieën in testomgevingen en praktijk in de vorm van grootschalige demonstratieprojecten.
- Nederland is onderdeel van de Europese onderzoeks- en testinfrastructuur voor energie uit water en aantrekkelijk voor buitenlandse ontwikkelaars om innovaties hier te testen, valideren en certificeren.

Doelstellingen MMIP:

De ambities voor dit MMIP voor 2030 zijn:

- Aquathermie (uit zowel oppervlaktewater als afval- en drinkwater) is een volwaardig inzetbaar alternatief voor verwarming van de bebouwde omgeving en is ingezet op invulling van tenminste 10% van de warmtevraag;
- Diverse innovatieve, goed voorspelbare, vormen van energie uit water (zowel aquathermie als bijv. getijdenenergie, zoet-zout energie, golfslagenergie, etc.) zijn getoetst op haalbaarheid (pa-

pier & praktijk technisch op demoschaal, ecologisch en socio-economisch) en zijn grootschalig geïmplementeerd daar waar de haalbaarheid is aangetoond;
- De opslagpotentie van oppervlaktewater is volledig in beeld gebracht en klaar om te gaan benutten. Water kan dan een belangrijke bijdrage leveren aan de eis van leveringszekerheid;
- Energie uit water is integraal onderdeel van het energie- en klimaatbeleid.

Deelprogramma's en fasering

MMIP LWV F4.1: warmte en koude uit oppervlakte water (TEO)
De doelstelling van dit deelprogramma is ervoor te zorgen dat het plannen, ontwerpen, bouwen en onderhoud van het interface tussen het oppervlaktewater en het warmtenet geen bottleneck vormen voor grootschalig gebruik van Thermische Energie uit Oppervlaktewater, en dat de inpassing van TEO in de watersystemen zoveel mogelijk positief bijdraagt aan overige functies van het watersysteem en negatieve effecten verwaarloosbaar zijn.

Dit deelprogramma heeft sterke raakvlakken (mogelijk overlap) met het Thema Energietransitie & Duurzaamheid – Missie B Gebouwde omgeving: MMIP 4: Duurzame warmte en koude in de gebouwde omgeving (inclusief glastuinbouw)- deelprogramma's 4.4 en 4.5.

Onderzoeksfase	**Ontwikkelfase**	**Demonstratiefase**	**Implementatiefase**
-robuuste inlaat en uitlaatsystemen inclusief filters en warmtewisselaars die minder gevoelig zijn voor fouling en slib, met minimale impacts op de omgeving -mogelijkheid inzet van de Noordzee als aanvullend potentieel -potentie van kleinere wateren	-inpassingsmogelijkheden van het interface tussen oppervlaktewater en warmte-koudenet al dan niet als onderdeel van bestaande of te vervangen waterbouwkundige constructies (bijvoorbeeld stuwen, gemalen) en oevers. -aanbevelingen voor landelijke regelgeving rondom aquathermie (lozingen, onttrekking etc.) -inzicht in de kosten en opbouw daarvan door generieke kostenparameters tbv transparante haalbaarheidsberekeningen en opname in beleidsanalyses.	-grootschalige warmte-opslag in de bodem(bijv. HEAT-STORE project) of op een andere manier -technische en economische haalbaarheid van nieuwe systeemcomponenten -integrale haalbaarheid van combinaties van warmte-koude winning met andere functies zoals natuurbeheer, waterbeheer, recreatie, ecologie	-nieuwe regelgeving voor koudelozingen -verlagen van projectrisico's -monitoren van omgevingseffecten, opbrengsten en kosten -prijsmodellen voor koude levering

MMIP LWV F4.2: Voorspelbaar (itt zon en wind) elektriciteit opwekken met water als energiebron
De doelstellingen van dit deelprogramma zijn om de haalbaarheid van water gebaseerde innovatieve duurzame energiewinning (laag-verval, getijdestroming, getijdelagunes, golven (als enige minder goed voorspelbaar), Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) en osmotische verschillen (zoet/zout)) te vergroten en te toetsen in de relevante fasen van ontwikkeling.

Onderzoeksfase	**Ontwikkelfase**	**Demonstratiefase**	**Implementatiefase**
-verbeteren van de beschikbaarheid, betrouwbaarheid en levensduur van concepten voor het oogsten van energie uit water. -een open database waarop relevante onderzoeks- en monitoringsgegevens worden gedeeld. -datacollectie van interactie van micro, meso en macro	-verbeteringen van energie uit water technologie, robuuste inlaat- en uitlaatsystemen, filtratie en membranen die minder gevoelig zijn voor biofouling en slib, met minimale impacts op het milieu (vastzuigen en inname van aquatisch leven), zonder chlorinering, met name voor Blue Energy toepassingen	-Handreikingen en aanbevelingen voor het opstellen van (MER)studies inclusief effecten op habitats, soorten, incl. vis(migratie) en selectie van projectlocaties waarmee de sector pro-actief kan inzetten op naleving van de wet- en regelgeving en vergunningen vlot verstrekt kunnen worden.	-ontwikkeling van innovatieve financieringsinstrumenten tbv support van implementatieprojecten en het aantrekken van private investeerders -mitigatie recirculatie brak water naar zoutinnamepunt bij opschaling Blue Energy (zoet/zout) op grote demonstratieschaal

aquatisch leven met concepten voor duurzame energiewinning uit water. - gebruiken van watertechnologie gebaseerde elektrochemische processen voor efficiente Carbon Capture and Storage/Use (CCS/CCU) - Nederland is onderdeel van de Europese onder-zoeks- en testinfrastructuur voor marine energie (bijv via Marenerg-i)	-heldere planning en adviestools die ontwikkelaars helpen met locatiekeuzes, komen tot realistische locatiespecifieke kosten- batenanalyses, en het voldoen aan wettelijke voorschriften en reguleringen voor ruimtelijk inrichting -inpassingsmogelijkheden van innovatieve concepten al dan niet als onderdeel van bestaande of te vervangen waterbouwkundige constructies(bijvoorbeeld keringen, stuwen, gemalen). - heldere methode(s) en tools om innovatieve concepten te kunnen toetsen op prestatie en betrouwbaarheid (Technology Readiness) en commercieel succes (Commercial Readiness)	-realiseren van kostenreducties leidend tot 10 cEUR/kWh voor getijdenergie en Blue Energy (zoet/zout), 15 cEUR/kWh voor golfenergiewinning. -onderzoeken van politiek en maatschappelijk draagvlak van de technologieën: identificatie van (perceptie van) voor- en nadelen bij implementatie in of nabij de gebouwde omgeving	-opname van energie uit water in RES en gebiedsagenda's

MMIP LWV F4.3: Oppervlaktewater biedt ruimte voor duurzame energiewinning en opslag in osmotische waarden (opslag), PV systemen (Opwek), en biomassa

De doelstelling van dit deelprogramma is om de haalbaarheid van het gebruik van de ruimte die oppervlaktewater biedt voor duurzame energiewinning te toetsen op technische, economische, ecologische en sociologische gronden.

Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
-vergroten van energiedichtheid van electriciteitsopslag in water tot >5 kWh/m^3 met een round-trip efficiency >60% door toepassing van nieuwe membranen en beter procesontwerp -haalbaarheidstoets van valmeer- of andere concepten voor energieopslag en de bijdrage daarvan aan leveringszekerheid. -effecten op waterkwaliteit en ecologie helder in kaart en beschikbaar voor ontwikkelaars drijvende systemen -ruimtelijke impact verkleinen door slimme combinaties van energiesystemen en andere gebruiksfuncties op het water	-ontwikkelen van robuuste drijvende systemen voor PV of biomassa voor extreme omstandigheden (op zee)	- realiseren van kostenreducties tot <10 cEUR/kWh cyclus voor energieopslag in osmotische verschillen. -Technische en eonomische haalbaarheid van drijvende PV systemen (zie ET&D – Missie A: MMIP2 -deelprog. 2.2) -identificatie van potentiele socio-economische voor- en nadelen voor gemeenschappen op diverse niveaus tbv politiek en maatschappelijk draagvlak. -testen van drijvende systemen voor PV of biomassa -haalbaarheid met voor- en nadelen van kweek van biomassa bij verschillende watersystemen	-schaalvergroting van energieopslag in osmotische verschillen) -opschalen van drijvende zonnevelden met minimale impact op de omgeving, zoals op waterreservoirs

MMIP LWV F4.4: Terugwinning van energie en energiebesparing in de waterzuivering en in waterbeheer

De doelstelling van dit deelprogramma is om op duurzame wijze energie te winnen of te besparen in de waterketen (van drinkwater tot afvalwater) en in slim waterbeheer.

Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
- onderzoeken van de mogelijkheden van nieuwe (bio)(elektro)chemische technologie voor het kortsluiten van de stikstofcyclus en/of het produceren van duur-	- potentie en risicobeheersing van Thermische Energie uit Afvalwater (TEA) en Thermische Energie uit Drinkwater (TED) aantonen	-technische en economische haalbaarheid aantonen van energiewinning –en besparing van decentrale zuiveringsconcepten	-realiseren van schaalvergroting van decentrale zuiveringsconcepten (bijv. op basis ervaringen in Noorderhoek in Sneek)

zame elektriciteit of energiedragers (waterstof, ammoniak, acetaat, ...)	- ontwikkelen van elektrochemische systemen voor efficiëntere (afval)waterzuivering - terugdringen van energieverbruik van pompen en gemalen door slimme sturing en verbetering van onderhoud strategieën door gebruikmaking van innovatieve monitoringtechnieken, kunstmatige intelligentie, voorspellingsmodellen en analyse tools.	- demonstreren energetische voordelen van nieuw concept van centraal zuiveren: concentreren van (communaal) afvalwater alvorens biologisch te zuiveren (bijv. CoRe project)	

Positionering MMIP

Een grote verscheidenheid aan partijen spelen een rol in deze sector die vooral gekenmerkt wordt door (vooralsnog) relatieve kleinschalige projecten die lokaal oplossingen bieden en globaal een bijdrage leveren aan de energietransitie. Overheden spelen een belangrijke rol en zijn tegelijkertijd stakeholder: Rijkswaterstaat, waterschappen en havens hebben duurzaamheidsdoelstellingen, bezitten en beheren arealen en kunstwerken met potentieel voor energie uit water toepassingen, en verstrekken vergunningen waarbij brede belangen afgewogen worden. Gemeenten en de Gebouwde Omgeving zijn (mede)ontwikkelaars en gebruikers van duurzame warmte en energie. Zij zijn op hun beurt afhankelijk van de ontwikkelaars van en investeerders in energie uit water technologie, waaronder warmte- en energiebedrijven en MKB. De bouw-, offshore- en installatiesector heeft evident een rol bij de aanleg. Dit MMIP heeft interactie met:

- Thema Energie & Duurzaamheid: Missie A (een volledig CO2-vrij energiesysteem in 2050) – MMIPs 1 en 2 (Hernieuwbare Energie op zee en op land); en Missie B (Gebouwde omgeving): MMIP 4: Duurzame warmte en koude in de gebouwde omgeving (inclusief glastuinbouw)- deelprogramma's 4.4 en 4.5
- Thema Landbouw, Water & Voedsel – Missie E: Duurzame Noordzee, oceanen en binnenwateren, subthema's Noordzee en Rivieren, meren en intergetijdegebieden

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

Projecten hebben een doorgaans uniek karakter en risico's zullen mede daardoor door investeerders als vrij hoog worden ingeschat. Het opwekken van elektriciteit met water als energiebron is voorlopig (in Nederland) nog niet financieel haalbaar zonder subsidie: de prijzen per kilowattuur zijn niet concurrerend ten opzichte van elektriciteit opgewekt met wind en conventionele centrales. Omdat het doorgaans lokale initiatieven betreft kan de investeringsbereidheid van (delen van) lokale gemeenschappen wel groter zijn.

Bij deze prijsvergelijking mag niet worden vergeten dat wind en zon/PV back-up capaciteit vereisen, die met de continu (365/24/7) levering van energie uit water niet of veel minder nodig is. Deze back-up kosten behoren dus – bij vergelijking - onderdeel te zijn van de kosten van wind en zon/PV bovenop de "kale" productiekosten daarvan. Door deze zeer goede voorspelbaarheid van energie uit water zijn continuïteit, leveringszekerheid en daarmee netstabiliteit grote voordelen van energie uit water. Het is dus belangrijk dat deze schone, CO2-vrije technologieën ontwikkeld worden en gaan bijdragen aan de duurzame energievoorziening in te toekomst.
Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's
Green deals; Kansen voor West; Klimaatakkoord; Aardgasvrije wijken; EU kennisagenda's voor ontwikkeling en implementatie van marine energie streven soortgelijke doelen na.

Strategie internationaal
Op stuwdamcentrales en riviercentrales na wordt ook internationaal de duurzame warmte- en energiepotentie van water nog nauwelijks benut. Er wordt ook internationaal een toename van maatschappelijke en politieke interesse in de inzet van energie uit water verwacht, en het streven van dit MMIP is om Nederland, mede gebruik makend van haar sterke reputatie op het gebied van watermanagement, een gidsrol te gaan laten spelen, en wereldwijd exporteur te worden van kennis, diensten en technologie op dit gebied. Sterke internationale positionering vereist aansprekende demonstratieprojecten en bredere uitrol in Nederland op de verschillende technologieën in dit MMIP. Een sterke internationale positionering vereist extra marketing inspanningen waarin gemeenschappelijkheid in deze relatieve fragmentarische sector gezocht en benut moet worden, en de partijen uit de goeden driehoek intensief moeten samenwerken bijvoorbeeld via Dutch Marine Energy Centre (DMEC) en Netherlands Water Partnership (NWP).

Innovatiesysteem en consortiumvorming
Via diverse samenwerkingsverbanden wordt al effectief aan innovaties gewerkt, ook in internationaal verband. Implementatie vraagt een brede combinatie van disciplines en cross-sectorale verbanden. De TKI Watertechnologie en de watercampus Leeuwarden zijn voorbeelden van innovatiesystemen. Ook de Greendeal tussen de Waterschappen en het Rijk is een sterke stimulans voor initiatieven. Er is een duidelijk link met TKI Urban Energy voor de winning van warmte- en koude uit oppervlaktewater en de electriciteitsopslag in de gebouwde omgeving in concentratieverschillen en de electriciteitsopslag

in de gebouwde omgeving in concentratieverschillen (pilot Blue Battery op de The Green Village), en een belangrijke relatie met Deltatechnologie voor duurzame opwekmogelijkheden. Ontwikkelaars en investeerders hebben subsidieregelingen nodig om voor verdere ontwikkeling en implementatie van de innovaties. Overheden spelen een belangrijke rol door het stroomlijnen en inzichtelijk maken van vergunningsverleningtrajecten en regelgeving voor demonstratieprojecten en uitrol. In de ontwikkelingsfase van deze sector is een brede uitwisseling van data, kennis en ervaring van cruciaal belang, niet alleen technisch, maar juist ook op de cruciale organisatorische, sociale, economische, en juridische aspecten.

S. Sleuteltechnologieën

S.1 Smart Technologies in Agri-Horti-Water-Food

Samenvatting

Doel
'Smart Technology' is technologie die via digitalisering bijdraagt aan oplossingen voor diverse maatschap-pelijke opgaven in het Agri-Horti-Water-Food domein. Dit MMIP beoogt het agri-horti-water-food-systeem efficiënter, intelligenter, transparanter, veiliger, adaptiever en weerbaarder te maken door inzet van 'Smart Technology'.

Deelprogramma's en prioriteiten
Het MMIP voor Smart Technology in Agri-Horti-Water-Food richt zich op het benutten van Smart Technology in de betreffende domeinen. Zwaartepunten liggen op twee deelprogramma's:

1. Smart Technology voor meten, beslissen en handelen op meer gedetailleerde schaal: van veld naar plot, van kas naar plant, van groep naar dier, van batch naar product, van watervoorziening naar leidingsegment, van bevolkingsgroep naar individu. Hiervoor moeten kennis- en innovatieopgaven op de gebieden sensoren, niet-destructieve en niet-invasieve meetmethoden, decision support systemen, autonome robots en digital twins worden opgepakt.
2. Geavanceerde robots en dedicated mens-machine-interactie voor optimale beslissingen: de essentie van dit deelprogramma is dat er nieuwe kennis nodig is om mens-machine-ecosystemen op te zetten, waarin de sterke punten van mensen (creativiteit, flexibiliteit, context-awareness) en machines (logisch redeneren, 24/7

online, mogelijkheid om veel data te behappen) met elkaar gecombineerd worden voor het maken van optimale beslissingen ten behoeve van de LWV-missies.

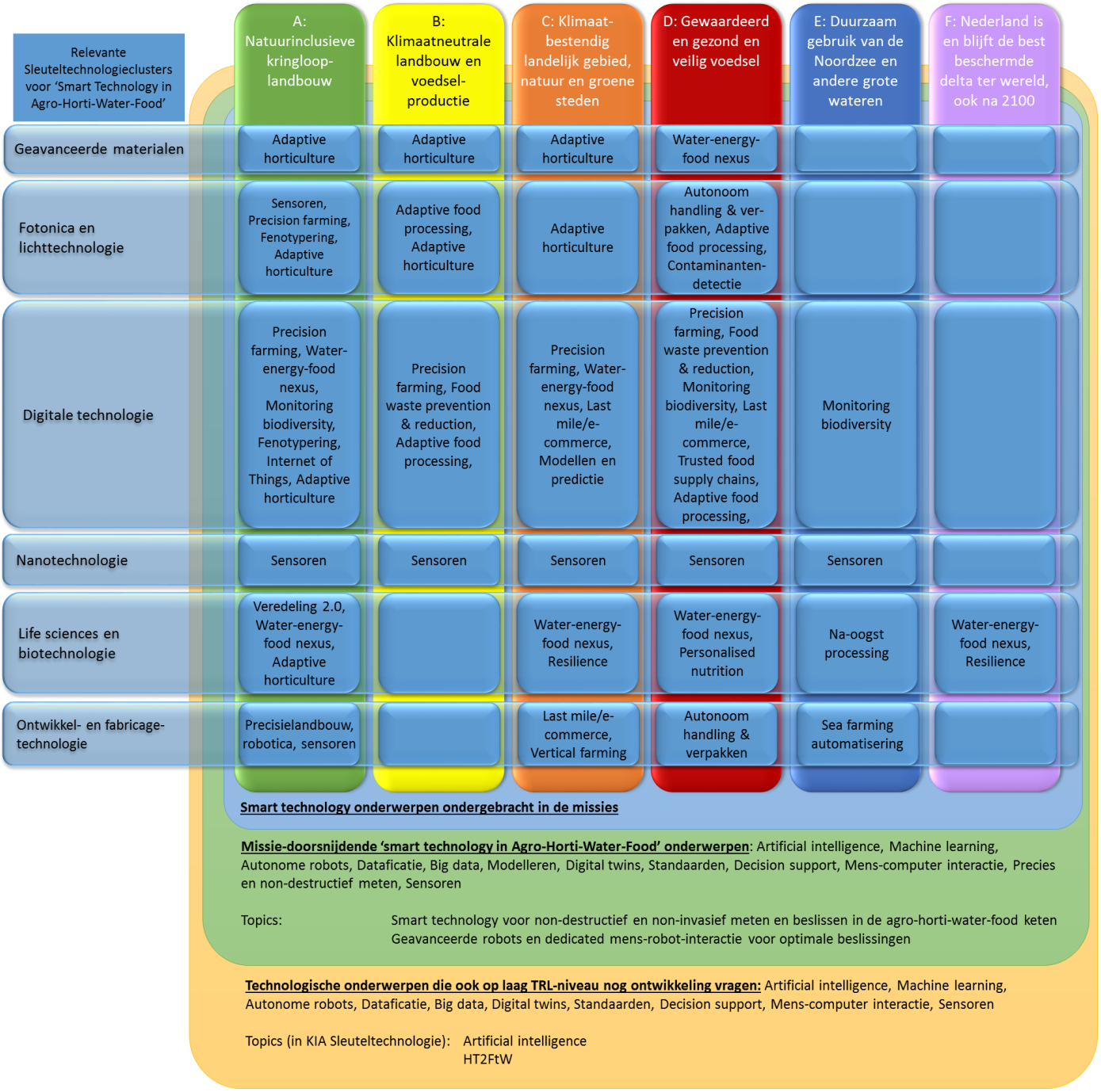
De beide deelprogramma's gaan uit van een samenhangende kennis- en innovatieagenda die in een aantal deelonderwerpen is opgeschreven, maar waarvoor het advies is deze integraal uit te voeren.

Afbakening

Smart technology in Agri-Horti-Water-Food is een onderwerp dat op drie niveaus speelt: enerzijds zijn er onderwerpen die één op één aan een of meer missie gekoppeld zijn, zoals bijv. Precision farming, Trusted food supply chains of Water-energy-food nexus (zie de blauwe cellen in Figuur 1). Anderzijds zijn er missie-doorsnijdende smart technology onderwerpen die in alle missies een belangrijke rol kunnen spelen en waar ontwikkeling op zit op TRL-niveaus 3 t/m 6, zoals bijv. robots, artificial intelligence, digital twins. Op dat niveau hebben we twee topics gedefinieerd die in dit MMIP beschreven staan (groene blok in Figuur 1). Tot slot zijn er ook op lager TRL niveau 1 t/m 3 op dezelfde smart technology onderwerpen ontwikkelingen nodig. Deze onderwerpen zijn in de KIA van HTSM ondergebracht (gele blok in Figuur 1). Dit MMIP behandelt de topics uit het groene blok en richt zich dus nadrukkelijk op de missie-doorsnijdende onderwerpen. De onderwerpen uit het blauwe blok zijn in de MMIPs van de missies ondergebracht.

Inleiding

In de gehele agro-horti-water-food sector komt steeds meer data geautomatiseerd beschikbaar door de ontwikkeling van sensoren, data-acquisitie technieken en netwerken. Daarnaast zijn er veel historische data beschikbaar in documenten, spreadsheets en databases. Idealiter worden deze data geautomatiseerd geanalyseerd en geïnterpreteerd. Algoritmes kunnen verbanden blootleggen, beslissingen onderbouwen, risico's inschatten, en redeneertaken uitvoeren voor de mens. Machines en robots kunnen – vaak autonoom – acties uitvoeren in de keten, waarbij de kennis verkregen uit data en modellen gecombineerd met expertkennis en menselijke intuïtie een belangrijke rol speelt. De interfaces tussen machines en mensen, en tussen machines onderling worden steeds effectiever. Dit geheel vatten we samen onder de noemer 'Smart Technology'. 'Smart Technology' omvat de sleuteltechnologie Digitale Technologie, en delen van de sleuteltechnologieën Fotonica & Lichttechnologie, Ontwikkel- & Fabricagetechnologie, Nanotechnologie, Life sciences en biotechnologie en Ontwikkel- en fabricagetechnologie.



Figuur 1: de drie niveaus van Smart Technology in Agro-Horti-Water-Food: (i) onderwerpen ondergebracht in de missies, (ii) missie-doorsnijdende onderwerpen ondergebracht in dit MMIP, (iii) smart technology in Agro-Horti-Water-Food op laag TRL niveau, ondergebracht in de KIA Sleuteltechnologie. NB: van de 8 sleuteltechnologieclusters zijn chemie en quantumtechnologie weggelaten omdat zij geen raakvlak hebben met Smart Technoogy zoals in deze studie gedefinieerd. De indeling op TRL-niveau wordt schijnbaar gepresenteerd als zwart-wit-indeling. In de werkelijkheid is hier een glijdende schaal van toepassing en zullen onderwerpen op verschillende plekken geprogrammeerd kunnen worden.

'Smart Techology in Agri-Horti-Water-Food' omvat een aantal technologische pilaren (sensoren, data analyse, modellering, interpretatie, beslissingen, standaarden, robots, sociale en economische impact). De komende jaren raken deze pilaren steeds meer vervlochten; ze worden op nieuwe wijzen gecombineerd en samengevoegd en

ingebed in maatschappij en industrie. Autonome en AI-gebaseerde analyse en beslissystemen zullen leren omgaan met expert kennis, intuïtie en logica om zo nieuwe data in nieuwe situaties te kunnen interpreteren en behandelen en te leren van bestaande data. Deze technologische ontwikkelingen dragen bij aan oplossingen voor het agri-horti-food-water domein.
Aandacht voor societal en economic concerns (privacy, security, business modellen etc.) is daarbij onmisbaar.

Wat beoogt het MMIP?
Het MMIP beoogt door toegepast onderzoek op het gebied van 'Smart Technology' de LWV-missies verder te brengen. Hierin is een systeembenadering op basis van sense-think-act cruciaal: door context-gevoelige informatie te benutten in context-relevante beslissingen, waarbij mens en machine samenwerken vanuit hun eigen kracht, worden grensoverschrijdende transities mogelijk op het domein van Landbouw, Water en Voedsel.
De kracht van dit MMIP zit in het combineren van technologische (ICT) kennis, analytische kennis en domein-specifieke agro-horti-water-food kennis in relevante innovaties. De essentiële bijdrage van het MMIP ligt dan ook op de cross-over tussen smart technology en het agro-horti-water-food toepassingsgebied.

Doelstellingen MMIP
Dit MMIP is geformuleerd vanuit 'Smart Technologies in Agro-Horti-Water-Food' en draagt bij aan alle missies. Waar 'Smart Technologies' sterk missie-gerelateerd zijn, is de bijdrage van 'Smart Technologies' opgenomen bij de MMIPs van de specifieke missies. In dit MMIP ligt de focus op missie-overschrijdende bijdragen van Smart Technologies ten behoeve van de Agro-Horti-Water-Food sector.
Inzet van dit MMIP is om het agro-horti-water-food-systeem efficiënter, intelligenter, transparanter, veiliger, adaptiever en weerbaarder te maken door inzet van 'Smart Technology'. Dit MMIP richt zich op het voorzien van het agro-horti-water-food systeem van de digitale tools die essentieel zijn voor het realiseren van de LWV-missies.
De zwaartepunten liggen op twee deelprogramma's:
1. Smart Technology voor meten, beslissen en handelen op meer gedetailleerde schaal: van veld naar plot ("pixel farming"), van kas naar plant, van groep naar dier, van batch naar product, van watervoorziening naar leidingsegment, van bevolkingsgroep naar individu. De essentie van dit deelprogramma is dat er nieuwe kennis nodig is om op het niveau van de individuele plant, dier, mens, product en/of het individuele onderdeel van een watersysteem te

kunnen meten, beslissingen te kunnen nemen en deze beslissingen te kunnen uitvoeren. Dit deelprogramma omvat een aantal kennis- en innovatieopgaven op TRL-niveau 4-6, die op een termijn van een tot vijf jaar kunnen worden gerealiseerd. De kennis- en innovatieopgaven vragen om ontwikkelingen in verschillende "Smart Technology"-pilaren: sensoren, data en modellen op het gebied van non-destructief en niet-invasief meten, decision support systemen, autonome robots en digital twins. Door dit deelprogramma te financieren wordt het in het gehele agro-horti-water-food domein mogelijk om real-time te meten aan en beslissingen te maken over individuele producten/dieren/planten/mensen/watersysteemonderdelen en om te komen tot autonome processen met minimale menselijke interactie. Voorbeelden van potentiele impact liggen op het reduceren van voedselverspilling door een betere inschatting van productkwaliteit (missie A), het verduurzamen van de veehouderij door betere metingen aan het individuele dier (missie B), het beter inrichten van de water-food-energie-nexus door actuele metingen aan waterkwaliteit (missie C), het verstrekken van transparante informatie aan consumenten over het gekochte product (missie D), en het correct uitvoeren van vangstanalyse aan boord van vissersschepen (missie E).

2. Geavanceerde robots en dedicated mens-machine-interactie voor optimale beslissingen.
   De essentie van dit deelprogramma is dat er nieuwe kennis nodig is om mens-machine-ecosystemen op te zetten, waarin de sterke punten van mensen (creativiteit, flexibiliteit, context-awareness) en machines (logisch redeneren, 24/7 online, mogelijkheid om veel data te behappen) gecombineerd worden voor optimale beslissingen ten behoeve van de LWV-missies. Dit deelprogramma geeft een aantal kennis- en innovatieopgaven weer op TRL-niveau 4-6 die binnen een tot tien jaar kunnen worden gerealiseerd. De kennis- en innovatieopgaven vragen om ontwikkelingen in verschillende "Smart Technology"-pilaren: decision support systemen, dataficatie en big data, artificial intelligence en mens-machine-interactie. Door dit deelprogramma te financieren wordt het mogelijk om optimale beslissingen te maken door menselijke expertise en kunstmatige intelligentie met elkaar te combineren en integreren. Voorbeelden van potentiële impact liggen op het benutten en automatisch interpreteren van bestaande data. Voorbeelden zijn het beter begrijpen van biodiversiteitsveranderingen (missie A), het autonoom aansturen van de kas (missie B), het doorrekenen en begrijpen van effecten van klimaatverandering op de waterhuishouding en watervoorziening, primaire productie en

de versketen (missie C), het maken van gepersonaliseerde gezonde en duurzame beslissingen m.b.t. voedsel (missie D), en het omgaan van energie- en watervraagstukken in geval van schaarste of overvloed (missie E).

Deelprogramma's en fasering

Lopend of recent afgesloten projecten en programma's: Voor deelprogramma 1 zijn de PPS- en EU-projecten gekozen die te maken hebben met metingen op individueel niveau (plant, dier, mens, product). Voor deelprogramma 2 zijn de PPS- en EU-projecten gekozen die te maken hebben met mens-machine interactie. Voor een nadere analyse van het lopend onderzoek wordt de lezer verwezen naar de programmeringsstudie "Smart Technology in Agri-Horti-Water-Food".

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, field-labs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma 1: Smart Technology voor non-destructief meten en beslissen in de agro-horti-water-food-keten				
	MIT-16011 Geautomatiseerd oogsten en transporteren van chrysanten	TU18009 Prediction of seed vigour	KV 1406-031 Green-CHAINge Groente & Fruit	AF-EU-16013 Smart AKIS
	HT17222 Exploitation of high-tech plant phenotyping tools	TU18098 Fresh on Demand	KV1406-060 Mechanische aspergeoogst	NPPL
	TU1509-087 Patterns for Profit	EU SWEEPER	EU IoF2020	
	TU18084 Waterkwaliteit snel in beeld	STOOP Sensortechnologie voor ondergrondse pijpleidingen		
	EU EPPN	AIR Ontwikkeling Autonome Inspectie Robots voor het drinkwaterdistributienet		
	EU HOMED	AF-16067 Smart Tools voor Vitale Varkens		
		AF-16190 SMARAGD		
		AF-16191 DISAC		
Deelprogramma 2: Geavanceerde robots en dedicated mens-machine-interactie voor optimale beslissingen				
	TU1509-087 Patterns for Profit		MIIP 004 Toepassing van zwerm algoritmen	
	EU NEXTGEOSS		MIIP 023 Haptic control for small ships	
			EU VALERIE	
			EU Smartagrifood 2	
			EU IoF2020	

Kennis- en innovatieopgaven

De beide deelprogramma's gaan uit van een samenhangende kennis- en innovatieagenda die in een aantal onderwerpen (de rijen in onderstaande tabel) is opgeschreven, maar waarvoor het advies is deze integraal uit te voeren.

Onderwerp	Onderzoeks-fase TRL 1-3	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratie-fase	Implementatie-fase
Deelprogramma 1: Smart Technology voor non-destructief meten en beslissen in de agro-horti-water-food-keten				
Sensoren		Ontwikkeling en toepassing van sensorsystemen die on-site en autonoom metingen kunnen doen, ook in praktijkomstandigheden die technologisch uitdagend zijn (nat, koud/heet, vies, ...). Aandacht nodig om het proces minimaal te verstoren.		
Non-destructieve metingen		Onderzoeken welke (combinatie van) niet-destructieve en niet-invasieve meettechnologieën (NIR/VIS, XRT, THz, MRI, 2D/3D, volatiles, ...) een specifieke product/plant/dier/mens/systeemonderdeel-eigenschap real-time kan meten; ontwikkelen van onderbouwde modellen om de gemeten data te koppelen aan product/plant/dier/mens/systeemonderdeel-eigenschappen.		
Decision support systemen		Combineren van de beschikbare data in de keten van primaire sector tot retail om tot optimale besluiten te komen van producenten en consumenten. Systemen ontwikkelen voor data- en kennisgebaseerde beslissingsondersteuning met als speerpunt: Hoe kun je data over processen vroeg in de keten (veredeling, teelt, houderij, waterkwaliteit) en later in de keten gebruiken voor voorspellingen en beslissingen?		
Autonome robots voor handelingen in het primaire proces		Ontwikkeling van autonoom opererende en lerende robots voor automatische handelingen in open teelten, kassen, dierhouderijsystemen en in de verwerkende industrie. Uitdaging ligt in het juist herkennen en interpreteren van situaties en producten, het voldoende snel en nauwkeurig werken, het voeden van het beslissingsondersteunende systeem met nieuwe data.		
Autonome robots voor diagnostiek		Ontwikkeling van manieren om expertkennis met AI te integreren voor het monitoren van plant, dier, mens, watersysteem, geoogst product of verwerkingsproces: wanneer gaat het goed, wanneer moet er worden ingegrepen. Dit vraagt om context-specifieke interpretatie van beschikbare data.		
Digital twins		Ontwikkelen van model om plant, dier, watersysteem, geoogst product, of verwerkingsproces digitaal te modelleren om effecten van handelingen (bijv. op het gebied van smart farming of smart factory) te simuleren en zo snel en efficiënt het effect van beslissingen te kunnen doorrekenen.		
Deelprogramma 2: Geavanceerde robots en dedicated mens-machine-interactie voor optimale beslissingen				
Sensoren		Ontwikkeling en toepassing van sensorsystemen die optimaal gebruik maken van augmented en virtual reality.		
Decision support systemen		Ontwikkeling van modulaire beslissingsondersteunende systemen die op basis van (combinaties van) eerder onbenutte data nieuwe inzichten genereren. Zwaartepunt ligt op integraal beeld, real-time monitoring, early warning.		
Dataficatie / Big Data		(Geautomatiseerd) meten, verzamelen en koppelen van meer en meer gedetailleerde data over producten, grondstoffen, processen en context en die benutten om geavanceerdere modellen te maken en te voeden die nauwkeurig en		

		robuust zijn t.a.v. onzekere inputdata. Aandacht voor datakwaliteit en standaardisatie.		
Artificial intelligence & autonome robots		Investeren in de volgende generatie AI voor betere beslissingen in de Agro-Horti-Water-Food sector: semantisch-verrijkte AI (combinatie van expertkennis met machine learning), explainable AI (waarom maakt het AI systeem de beslissing), hybride AI (reinfocement learning, learning by imitation), en ethical AI (is de toepassing van het AI systeem in deze context wenselijk, onder welke omstandigheden kan het wel/niet (denk bijv. aan dierenwelzijn in animal-computer interacties)). Robots opereren autonoom in de praktijk en maken gebruik van de optimale redeneer- en beslискracht.		
Mens-computer interactie		Ontwikkeling van 'smart spaces': systemen waarin mens en machine gezamenlijk observeren, beslissen en handelen met speciale aandacht voor samenwerking met vele actoren, optimale taakverdeling, integrale afweging voor het bereiken van optimale beslissingen in elke relevante context. Hieronder valt zowel systeemontwerp als ontwikkeling van de bouwstenen voor de smart spaces. Aandacht voor vraagstukken rond implementatie in de beroepspraktijk (bijv. user interactie, sociale aspecten, organisatie, wetgeving en economische aspecten)		

Positionering MMIP

Dit MMIP heeft interactie met alle andere MMIP's via de missie-gedreven technologische ontwikkelingen, waarbij smart technologies direct gekoppeld zijn aan missiegedreven toepassing. Beide type ontwikkelingen lopen in parallel: de kennis- en innovatie-agenda uit dit MMIP en de missiegedreven toepassingen in de MMIPs die gekoppeld zijn aan de missies A t/m F met veel onderlinge interactie.

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

Sterktes: Ondernemerszin: Er is volop ondernemerszin in Nederland om op basis van nieuwe beschikbare technologieën de kansen te zien en te benutten om nieuwe producten en diensten te ontwikkelen in de verschillende sectoren.
Organisatiegraad: Bedrijfsleven heeft in Nederland een hoge organisatiegraad met brancheverenigingen, producenten-organisaties en andere koepelorganisaties om sector-breed zaken als kennisontwikkeling, kennisuitwisseling en innovatie te organiseren en te stimuleren. Deze organisaties weten voor de bij hen aangesloten bedrijven goed de weg naar de kennisinstellingen te vinden om de technologische ontwikkeling richting praktijk te brengen.
Digitale infrastructuur: We beschikken in Nederland over een uitstekende digitale infrastructuur die, met o.a. de komst van 5G, op een nog hoger niveau gebracht zal worden qua capaciteit en snelheid. Deze infrastructuur is cruciaal als drager van de nieuwe digitale technologieën en toepassingen die in dit MMIP beschreven zijn.
Kennispositie: Op de beschreven gebieden Landbouw, Voedsel, Water hebben we een ijzersterke kennispositie die wereldwijd uitstraling

heeft. Deze voorsprong moeten we niet alleen behouden, maar ook verder uitbouwen om te kunnen blijven bijdragen aan de verschillende transities en duurzaamheidsdoelstellingen waar we in de wereld voor staan.

Zwaktes: Legacy: Zeker waar systeemsprongen noodzakelijk zijn om nieuwe (digitale) technologie in bedrijven in te zetten, zullen behoorlijke investeringen nodig zijn om die sprong te kunnen maken. Dit zal zeker voor MKB niet altijd binnen bereik zijn. Er moet vaak eerst afgeschreven worden op eerdere investeringen of er moet door snelle technologieontwikkeling zelfs versneld afgeschreven of gedesinvesteerd worden. Hier zal voor veel bedrijven de wet van de remmende voorsprong z'n werk doen. Nieuwe bedrijven / startups hebben het voordeel te kunnen starten met 'state of the art' technologie en kunnen daar meteen de vruchten van plukken zonder 'de last van het verleden'.
Technologisch absorptievermogen / kennispositie bedrijven: Technologische ontwikkelingen gaan zo snel de laatste jaren, dat het voor bedrijven steeds moeilijker wordt om de mensen hierin voldoende mee te ontwikkelen en voldoende kennis op te bouwen (en te onderhouden) om optimaal gebruik te kunnen maken van deze nieuwe technologieën. Hier ligt o.a. een opgave voor het technisch en groen onderwijs om voldoende mensen met de juiste kwalificaties af te leveren om aan de groeiende vraag vanuit bedrijfsleven te voldoen.
Doorvertaling kennis: Bedrijven zijn soms terughoudend in het laten uitvoeren van onderzoek i.v.m. de lange weg die vaak afgelegd moet worden om tot een (eerste) praktijkimplementatie te komen. Anderzijds kunnen ook onderzoeksresultaten nog actiever 'aan de man' gebracht worden. Er dient daarom voldoende aandacht besteed worden aan de doorvertaling van onderzoek naar de praktijk om te kunnen blijven zorgen voor de benodigde impact en innovatie in de beschouwde sectoren.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

De nationale agenda op dit onderwerp wordt gezet door de 6 LWV-missies. Dit MMIP draagt daaraan bij juist door de cross-over van technologie met het LWV-domein af te dekken en hierdoor digitale oplossingen voor alle zes de missies aan te dragen. Ook internationaal is de samenhang er. Vijf belangrijke transities in de komende jaren zijn de eiwittransitie (de overgang naar meer plantaardige eiwitten), de transitie naar gezonde voeding (meer groente, fruit, noten, minder vlees en suiker), een transitie naar efficiënt grondstof-

en energiegebruik in de water en food industry, minder voedselverspilling in de gehele keten, en de energietransitie van fossiel naar duurzaam. De 193 lidstaten van de Verenigde Naties (VN) hebben een ontwikkelingsagenda voor 2015 – 2030 vastgesteld, bestaande uit 17 zogenaamde werelddoelen voor duurzame ontwikkeling (Sustainable Development Goals, SDG's). Voor deze programmeringsstudie zijn de volgende SDG's het meest van toepassing: SDG 2, 6, 7, 11, 12, 13, 14 en 15.
Dit MMIP draagt bij aan de nationale en mondiale agenda door in te zetten op het slimmer maken van het agro-horti-water-food systeem met behulp van 'Smart Technology' en daarmee bij te dragen aan de nationale en internationale thema's.

Strategie internationaal
Dit MMIP is goed ingebed in de internationale onderzoeksagenda. Er zijn dwarsverbanden met de EU-projecten Internet of Food & Farms (IoF2020), Smart AgriHub, AgROBOFood, ERANET ICT AGri, EU-PLF, Gentore, en vele andere. Uitgangspunt is dat met dit MMIP de kennis- en innovatieagenda op het gebied van Smart Technologies in de Agri-Horti-Water-Food toekomstbestendig wordt ingevuld. Dit leidt ertoe dat Nederland haar positie behoudt en uitbouwt als innovatie-motor op het gebied van digitale mogelijkheden in het Agro-Horti-Water-Food systeem.

Innovatiesysteem en consortiumvorming
Om de interesse voor de verschillende deelonderwerpen binnen 'Smart Technology in Agri-Horti-Water-Food' te peilen bij het bedrijfsleven, is een enquête uitgezet bij 18 koepelorganisaties en 32 bedrijven. Deze partijen komen uit het gehele domein. In de enquête is voor verschillende technologieën gevraagd of de partijen de genoemde technologie al gebruikten en er in investeerden, en of ze er potentie in zagen voor toekomstig gebruik, en dat ze daarmee investering in de technologie van belang vonden:
A. Welke van de volgende technologieën gebruikt of ontwikkelt uw branche / organisatie / bedrijf?
B. In welke van de volgende technologieën of toepassingen bent u geïnteresseerd en wilt u dit realiseren in pre-competitief onderzoek met derden (Publiek-Private-Samenwerking)?
Een samenvatting van de resultaten uit de enquête is weergegeven in de tabel hieronder. Voor beide deelprogramma's uit dit MMIP is veel animo vanuit het bedrijfsleven.

	Benodigd voor DP 1	Benodigd voor DP 2	Gebruik	Onderzoek
Artificial intelligence / machine learning		X	***	****

(Autonome) robots	X		***	***
Dataficatie / Big Data / Modelleren / Digital twins	X	X	***	****
Datamodellering en standaarden		X	****	****
Decision support / simulaties / scenario-studies / monitoring & control	X	X	****	*****
Mens-computer interactie		X	**	**
Non-destructieve kwaliteitsmetingen	X		****	****
Sensoren	X	X	***	***

Bijlage: Nieuwe kennis en innovatieopgaven 'Smart Technology in Agri-Horti-Water-Food' ondergebracht bij de afzonderlijke Missies. Missie-gedreven 'smart technologies in agro-horti-water-food' zijn ondergebracht bij de MMIPs van de verschillende missies. Voor de volledigheid is de koppeling tussen de smart technologies en de missies ook in deze bijlage opgenomen.

	Missie A. Kringlooplandbouw	Missie B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie	Missie C. Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied	Missie D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel	Missie E. Duurzame en veilige Noordzee, oceanen en binnenwateren	Missie F. Nederland is en blijft de best beschermde delta ter wereld
Precision farming	x	x	x	x		
Food waste prevention & reduction		x		x		
Water-Energy-Food nexus/Smart water systems	x		x	x		x
Monitoring Biodiversiteit	x			x	x	
Personalised nutrition				x		
Last mile /e-commerce			x	x		
Trusted food supply chains				x		
Autonomous handling & packaging		x		x		
Adaptive food processing		x		x		
Fenotypering	x					
Adaptive horticulture	x	x	x			

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Precision farming / smart farming				
Sensoren		Ontwikkeling van nieuwe lichte en pervasive sensorsystemen - waaronder micro- en nanobots - gericht op indoor-navigatie, energiegebruik, emissies en koolstof-opslag ten behoeve van precisielandbouw, precisiedierhouderij en precisieverwerking.		
Dataficatie / Big Data / Modelleren / Digital twins		Ontwikkelen van methodes voor het meetbaar maken en managen van dierwelzijn, diergezondheid en biodiversiteit in verschillende omgevingen met aandacht voor productdifferentiatie en kringloop denken.		
Autonome robots		Ontwikkeling van autonome landbouwvoertuigen, drones: precisielandbouw heeft de laatste jaren een enorme vlucht genomen. de belangrijkste uitdagingen liggen op het beter afstemmen van vraag en aanbod, en het natuur-inclusief en energiezuinig produceren met oog voor biodiversiteit.		

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Food waste prevention & reduction				
Dataficatie / Big Data / Modelleren / Digital twins		Ontwikkelen van computer vision algoritmen voor het nauwkeurig automatisch meten van voedselverspilling in de keten.		

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Smart water systems / water-energy-food nexus				
Non-destructieve meetmethode		Ontwikkeling van geavanceerde 'on site' en 'real time' meettechnologieën voor waterkwaliteit en waterzekerheid: slimme en snelle detectiemethoden,		
Decision support		Ontwikkelen van modellen die opbrengst van zuiveringsinstallaties voorspellen met aandacht voor natuur-gebaseerde technologieen (green liver), membraanvervuilingen, zandfilters, tweede generatie korrelslib reactoren, etc.		
Sensoren		Ontwikkeling van zelflerende netwerken van sensors en soft sensors, alarmeringssystemen op basis van data mining algoritmes (zowel fore-casting als back-casting)		

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Monitoring biodiversiteit				
Sensoren		Ontwikkelen methodiek voor automatische detectie en tellingen van indicator soorten		
Artificial intelligence		Ontwikkelen van de combinatie van Artificial Intelligence technieken, beeld herkenning en citizen science voor de interactieve ontsluiting van biodiversiteits-prestaties (van de landbouw)		
Dataficatie / Big Data / Modelleren / Digital twins		Ontwikkelen van methoden voor datafusie van in situ en verschillende remote sensing databronnen (Sentinel 1, Sentinel 2, Landsat) voor biodiversiteitsmonitoring		

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Personalised nutrition				
Dataficatie / Big Data / Modelleren / Digital twins		Onderzoeken hoe onafhankelijk en wetenschappelijk valide Digital Dietary Advice kan worden gegeven op basis van verzamelde gezondheidsinformatie / levensstijl (o.a. door steeds geavanceerde human sensoring) en modellen van kennis over interactie tussen voeding en gezondheid.		
Sensoren		Ontwikkeling nieuwe principes voor het niet-invasief meten van gezondheidsstatus (bijvoorbeeld via het 'slimme toilet').		
Non-destructieve metingen		Ontwikkeling nieuwe principes voor het niet-invasief meten van voedselinname, zowel via gedragsobservatie als biomarkers in het lichaam.		
3D food printing		Ontwikkelen van methodes voor het printen van gepersonaliseerde voeding met complexe structuren en functionele producteigenschappen.		

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Last mile /e-commerce				
Decision support		Ontwikkeling van universeel concept waarbij last mile van alle aanbieders van online (vers en vries) bestellingen gezamenlijk en emissieloos bezorgd kunnen worden.		
Sensoren		Ontwikkelen van adaptieve zero emissie geconditioneerde bezorgwagen/fietsaanhanger, die de specifieke transportvolume en koudevraag van de bestellingen minimaliseert.		

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Trusted food supply chains				
Dataficatie / Big Data / Modelleren / Digital twins		Ontwikkelen van privacy-veilige en concurrentie-veilige ketentransparantie door linked data standaarden en blockchains en blockchain-gelijkende technieken toe te passen in de supply chain (Linked Food Data).		
Decision support		Ontwikkeling van het concept 'true transparency' op basis van data-uitwisseling in combinatie met beslissingsondersteuning, als alternatief voor certificering.		

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Autonomous handling & packaging				
Autonome robots		Ontwikkelen van slimme camera-systemen die op een robuuste manier de vorm, kwaliteit en aangrijpingspunten van producten met hoge nauwkeurigheid en snelheid kunnen herkennen om producten met variabele vorm en gewicht autonoom te kunnen grijpen en verplaatsen voor sorteer-, verwerkings- en verpakkings-toepassingen		
Non-destructieve meetmethoden		Onderzoeken welke (combinatie van) non-destructieve meettechnologieën (NIR/VIS, XRT, THz, MRI, 2D/3D, ...) een specifieke product/plant/diereigenschap real-time kan meten; ontwikkelen van onderbouwde modellen om de gemeten data te koppelen aan product/plant/diereigenschappen.		

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Adaptive food processing				
Dataficatie / Big Data / Modelleren / Digital twins		- Ontwikkelen van productietechnologieën die het maken van kleinere productseries mogelijk maken (quick change-overs) en die beter met variatie van grondstoffen kunnen omgaan (reststroomverwaarding).		
Sensoren		Toepassen van nieuwe sensoren die directe kwaliteitsparameters kunnen meten (bijv. concentratie, uniformiteit, vervuiling) ipv zuiverheid. Dit leidt tot minder water, energie-input in het food processing proces.		

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Fenotypering				
Sensoren		Ontwikkeling van multi-sensor fenotyperings-technieken om gewas- en diereigenschappen, ziekten en plagen non-invasief en kwaliteit van voedsel geautomatiseerd kwantitatief te kunnen beoordelen.		
Non-destructieve meetmethoden		Onderzoeken welke (combinatie van) non-destructieve meettechnologieën (NIR/VIS, XRT, THz, MRI, 2D/3D, ...) een specifieke product/plant/diereigenschap real-time kan meten; ontwikkelen van onderbouwde modellen om de gemeten data te koppelen aan product/plant/diereigenschappen.		
Dataficatie / Big Data / Modelleren / Digital twins		Ontwikkelen van modellen en AI technieken om autonoom opererende en lerende machines en/of robots voor fenotyperende handelingen in open teelten, kassen en in dierhouderij systemen te realiseren voor gebruik in de praktijk (high speed throughput, heldere classificatie, toetsbare resultaten)		

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
Adaptive horticulture				
Autonome robots		Ontwikkeling van indoor autonome robots (zie autonome robots).		
Dataficatie / Big Data / Modelleren / Digital twins		Onderzoek naar verbeterde simulatiemodellen voor kasklimaat, energie- en waterverbruik in verschillende buitenomstandigheden, doorontwikkeling van bestaande klimaat en gewasproductiemodellen, en integratie van verschillende modellen, uitbreiding met nieuwe kennis (bijv. LED belichting, 3D gewasgroei etc.)		
Non-destructieve meetmethoden		Ontwikkeling van nieuwe vroegtijdige detectiemethodes voor gewasweerbaarheid, ziekttes, plagen en biologische bestrijders.		
Sensoren		Ontwikkeling van nieuwe sensoren gericht op het begrijpen en monitoren van gewasfysiologie, groei, ontwikkeling,		

S.2 Biotechnologie en veredeling

Samenvatting
De missie-overstijgende bijdrage van onderzoek op het gebied van plantenveredeling en fokkerij duidt op het grote belang ervan en maakt dat Biotechnologie en Veredeling beschouwd moet worden als een belangrijke sleuteltechnologie voor de realisatie van diverse maatschappelijke opgaven zoals beschreven in de 10-pager van Landbouw, Water en Voedsel. Het doel van de MMIP Biotechnologie en Veredeling is het ontwikkelen van kennis, concepten en ondersteunende technologieën om de landbouw te voorzien van optimaal uitgangsmateriaal als robuust zaaizaad en pootgoed en door veredeling van nieuwe gewassen en dieren te versnellen en nauwkeuriger te maken ('precision breeding'). Daarnaast is de inzet om de veredeling in staat te stellen om eigenschappen te combineren en te voorspellen, zodanig dat de veredeling sneller kan inspelen op van gewenste veranderingen in productiesystemen, bijvoorbeeld passend onder Kringlooplandbouw.

De **deelprogramma's** zijn:
1. Genoomtechnologie (genomics) om de genetische variatie in kaart te brengen, en voor het koppelen van genetische informatie met onderliggende genen en allelen (DNA-informed breeding).
2. Bioinformatica en big data om de zeer complexe plant- en diergenomen te reconstrueren, te vergelijken, en de verschillen te interpreteren, om voor zowel planten als dieren modellen en software te ontwikkelen.
3. Genome prediction gericht op de ontwikkeling van modellen om op grote schaal (miljoenen fenotypes en miljoenen DNA merkers) fenotypische eigenschappen te voorspellen op basis van genoominformatie.
4. Gene editing om genetische variatie te creëren en de functie van genen vast te stellen.
5. Overige innovatieve methoden om genetische variatie te kunnen sturen, waardoor nieuwe vormen van veredeling mogelijk zijn (o.a. haploideninductie, aseksuele vermeerdering, recombinatie).
6. Fenotypering gericht op de ontwikkeling van nauwkeurige meetmethoden.
7. Zaaizaadtechnologie is gericht op ontwikkeling van methoden ter verkrijging en behoud van een hoge kwaliteit zaaizaad en pootgoed dat vrij is van ziektes en een hoge vigour bezit.

Prioriteiten: Plant

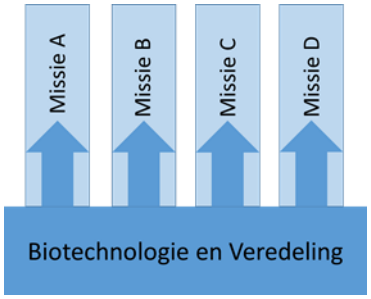
A. Kringlooplandbouw
   Veredeling van rassen gericht op 1) resistentie tegen biotische en abiotische stress en aangepast aan klimaatverandering, 2) betere nutriëntenbenutting, en 3) optimaal gebruik maken van het microbioom, 4) verhogen eiwitproductie en 5) dubbeldoelgewassen en paddenstoelen voor hergebruik reststromen.
B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie
   Veredeling van rassen gericht op 1) efficiënter gebruik van water en/of energie in kassen en robotisering, 2) eiwitproductie, veevoer, polymeren voor chemie en energietoepassingen, 3) efficiëntere fotosynthese.
C. Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied
   Veredeling van rassen gericht op 1) aanpassing aan veranderde klimaatomstandigheden (extreme droogte, verzilting, vernatting of tijdelijke overstromingen, en 2) biobased en dubbeldoelgewassen.
D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel
   Veredeling van rassen gericht op 1) lang houdbare producten ter voorkoming van verliezen, 2) variatie in producten (smaak, inhoudsstoffen), 3) gezondheid (personalized nutrition, maar ook voorkomen van mycotoxine-besmettingen), en 4) veredeling van siergewassen en bomen voor een gezonde leefomgeving.

Ten behoeve van Missie A t/m D: Verbetering zaaizaadtechnologie in verband met beschikbaarheid van gezond en robuust uitgangsmateriaal.

Dier

A. Kringlooplandbouw
   Veredeling van rassen gericht op 1) minder nutriënten uitspoeling, en 2) het fokken van dieren passend in nieuwe productiesystemen.
B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie
   Ontwikkelen van dieren die 1) efficiënter met water en energie om kunnen gaan, en 2) minder broeikas-gassen uitstoten.
C. Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied
   Dierrassen die aangepast zijn aan de lokale ecologische omstandigheden (bv. zilte omgeving, natte omstandigheden, etc.).
D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel
   Ontwikkelen van dieren, die weerbaarder zijn tegen ziektes en daardoor minder medicijngebruik behoeven.

Inleiding



Onderzoek op het gebied van Biotechnologie en Veredeling draagt bij aan de verschillende Missies onder het Thema Landbouw, Water en Voedsel (LWV), namelijk A. Kringlooplandbouw, B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie, C. Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied en D. Gewaardeerd, gezond en veilig (zie beschrijving KIA). Biotechnologie en Veredeling is daarmee een Missieoverstijgende Sleuteltechnologie. De landbouw staat voor een aantal grote uitdagingen: meer kwalitatief hoogwaardig voedselproductie met minder inputs, in een circulair systeem, en robuust met betrekking tot de nieuwe productiesystemen en klimaatverandering. Kringlooplandbouw start met robuust en gezond uitgangsmateriaal, dat minder vatbaar is voor ziekten en plagen, optimaal gebruikt maakt van de inputs en afgestemd is op de huidige en komende systeemveranderingen. Voor plantaardige productie is robuust en gezond zaaizaad en pootgoed essentieel voor een jaarlijks betrouwbare start van de teelt.
Het onderzoek dat in Nederland wordt uitgevoerd draagt onmiddellijk bij aan veredeling en verduurzaming van de landbouw elders in de wereld. Nederland staat op het gebied van Biotechnologie en Veredeling (zowel voor plantenveredeling als fokkerij) mondiaal aan de top. Deze positie is verworven door een lange historie van uitstekende samenwerking tussen wereldwijd excellerende universiteiten, kennisinstellingen en bedrijven en de continue innovaties in technologieën, die ontwikkeld en geïmplementeerd worden. Deze samenwerking is mondiaal uniek te noemen.

Wat beoogt het MMIP?
Inzet van dit MMIP is het ontwikkelen van kennis, concepten en ondersteunende technologieën om de landbouw te voorzien van optimaal uitgangsmateriaal als robuust zaaizaad en pootgoed en door veredeling van nieuwe gewassen en dieren te versnellen en nauwkeuriger te maken (‘precision breeding’). Daarnaast is de inzet om de veredeling in staat te stellen om eigenschappen te combineren en te voorspellen, zodanig dat de veredeling sneller kan inspelen op gewenste veranderingen in productiesystemen, bijvoorbeeld passend onder Kringlooplandbouw.
De MMIP richt zich vooral op de veredeling van plant en dier, alsmede op het gebruik van micro-organismen die het uitgangsmateriaal robuuster kunnen maken. Ook de veredeling van paddenstoelen past goed in het kader van LWV. Een interessant veld dat daarnaast steeds

meer in de belangstelling komt, maar buiten de kaders van deze opdracht ligt, betreft de veredeling van organismen zoals zeewier en algen voor food- en feedproductie.

Bijdrage van het MMIP aan de missiedoelstellingen
De missie-overstijgende bijdrage van onderzoek op het gebied van plantenveredeling en fokkerij duidt op het grote belang ervan en maakt dat Biotechnologie en Veredeling beschouwd moet worden als een belangrijke Sleuteltechnologie voor de realisatie van diverse maatschappelijke opgaven zoals beschreven in de 10-pager van Landbouw, Water en Voedsel.

Plant

A. Kringlooplandbouw
   Veredeling van rassen gericht op 1) resistentie tegen biotische en abiotische stress en aangepast aan klimaatverandering, 2) betere nutriëntenbenutting, en 3) optimaal gebruik maken van het microbioom, 4) verhogen eiwitproductie en 5) dubbeldoelgewassen en paddenstoelen voor hergebruik reststromen.
B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie
   Veredeling van rassen gericht op 1) efficiënter gebruik van water en/of energie in kassen en robotisering, 2) eiwitproductie, veevoer, polymeren voor de chemie en energietoepassingen, 3) efficiëntere fotosynthese.
C. Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied
   Veredeling van rassen gericht op 1) aanpassing aan veranderde klimaatomstandigheden (extreme droogte, verzilting, vernatting of tijdelijke overstromingen, en 2) biobased en dubbeldoelgewassen.
D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel
   Veredeling van rassen gericht op 1) lang houdbare producten ter voorkoming van verliezen, 2) variatie in producten (smaak, inhoudsstoffen), 3) gezondheid (personalized nutrition, maar ook voorkomen van mycotoxine-besmettingen), en 4) veredeling van siergewassen en bomen voor een gezonde leefomgeving.

Ten behoeve van Missie A t/m D: Verbetering zaaizaadtechnologie in verband met beschikbaarheid van gezond en robuust uitgangsmateriaal.

Dier

A. Kringlooplandbouw

Veredeling van rassen gericht op 1) minder nutriënten uitspoeling, en 2) het fokken van dieren passend in nieuwe productiesystemen.

B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie
   Ontwikkelen van dieren die 1) efficiënter met water en energie om kunnen gaan, en 2) minder broeikas-gassen uitstoten.
C. Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied
   Dierrassen die aangepast zijn aan de lokale ecologische omstandigheden (bv. zilte omgeving, natte omstandigheden, etc.).
D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel
   Ontwikkelen van dieren, die weerbaarder zijn tegen ziektes en daardoor minder medicijngebruik behoeven.

Deelprogramma's en fasering voor zowel Plant als Dier

Plantenveredeling is complex en voor elk gewas uniek. Dit heeft onder andere te maken met 1) de specifieke overerving van eigenschappen per gewas, en 2) de samenstelling en grootte van het genoom. De overerving is relatief eenvoudig in diploïde gewassen, die alle chromosomen in tweevoud hebben (veel akkerbouw- en groentegewassen, niet aardappel) en complex in polyploïde gewassen, die de chromosomen in vier- (aardappel, diverse siergewassen), zes- (tarwe) of achtvoud (aardbei) hebben. Daarnaast verschilt de grootte van het genoom sterk per gewas. Zo heeft een ui acht chromosomen, waarbij één chromosoom van ui net zo groot is als het volledige genoom van mais! Dit geeft goed aan hoe verschillend plantengenomen zijn. Daarnaast zijn er grote verschillen tussen gewassen (maar ook rassen) als het gaat om toepassing van transformatie (bijvoorbeeld gene-editing) en vervolgens regeneratie in weefselkweek (opkweek van een plantje uit een cel of callus). Sommige gewassen zijn zeer recalcitrant, dat wil zeggen dat het niet of nauwelijks lukt om planten te krijgen in weefselkweek na transformatie, waardoor toepassing van gene-editing moeilijk dan wel onmogelijk is. Daarom is het belangrijk dat men zich realiseert dat een uitvinding of toepassing voor één gewas niet één op één geïmplementeerd kan worden in een ander gewas en dat voor elk gewas telkens opnieuw onderzoek noodzakelijk is om het gewas te verbeteren.

Lopend of recent afgesloten projecten en programma's

Op het gebied van veredeling is er geen of nauwelijks KB- of BO-onderzoek. Voor de implementatie van onderzoeksresultaten loopt er geen of nauwelijks onderzoek met bedrijven, omdat bedrijven dit vooral zelf oppakken. Kleine bedrijven hebben soms wel behoefte aan deze begeleiding.

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennis-verspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma ST1: Genoomtechnologie In kaart brengen van genetische variatie, koppelen genetische informatie (QTL's) met onderliggende genen/allelen (DNA-informed breeding) en ontwikkelen van tools voor breeding.				
QTL-studies, marker assisted breeding en DNA-informed breeding, ontwikkeling van breeding tools.	**Ongeveer de helft van de NWO projecten en een kwart van de EU projecten** zijn gericht op genfunctieonder-zoek en onderzoeken naar onderliggende vaak in modelgewas Arabidopsis.	**Ongeveer een kwart van de EU projecten en driekwart van de TKI projecten** houden zich bezig met de identificatie van QTL's voor belangrijke eigenschappen. **Het grote aantal projecten in deze categorie geeft het grote belang van dit type projecten aan.** Onderdelen van deze projecten zijn op TRL-niveau 1-3. Ontwikkelen van software voor genetische studies, **onder andere TKI projecten op het gebied van polyploide gewassen.**	Aantonen van effect van QTL's **in diverse EU en TKI projecten.** Cursussen: **onder andere TKI projecten polyploïde gewassen.** Ontwikkelen fokwaarde-schatting voor de praktijk. **Dit betreft projecten op het gebied van fokkerij.**	
Deelprogramma ST2: Bioinformatica en big data Reconstrueren van de zeer complexe genomen van plant en dier, verschillen te kunnen interpreteren voor de ontwikkeling van modellen en software met als doel om variatie tussen genomen te kunnen aantonen en eigenschappen aan te koppelen om gericht te kunnen veredelen en potentieel nuttige variatie in genenbanken te kunnen identificeren.				
Ontwikkeling van bioinformatica-software en tools voor gebruik door niet-bioinformatici.	**Weinig NWO projecten hierop**, in elk geval één in een polyploid siergewas met een groot genoom, wel **twee grote EU projecten aan tomaat**.	**Ongeveer 20% van de TKI projecten richt zich op bioinformatica en big data. De scheiding tussen TRL-niveaus is hier niet zo duidelijk: ook binnen deze TKI projecten wordt namelijk zeer fundamenteel onderzoek verricht op TRL niveau 1-3.**	**Genoemde TKI projecten** richten zich vrijwel altijd ook op het ontwikkelen van gebruikersvriendelijke tools voor partners en derden.	
Deelprogramma ST3: Gene-prediction Gericht op de ontwikkeling van modellen, waarmee op grote schaal (miljoenen fenotypes en miljoenen DNA merkers) eigenschappen voorspeld kunnen worden op basis van genoominformatie. Dit is cruciaal om de veredeling te versnellen van complexe kenmerken (waarbij veel genen betrokken zijn) om zo vroeg mogelijk in te spelen op verandering in productiesystemen.				
Gericht op de ontwikkeling van voorspellende modellen.		**Er lopen enkele projecten gericht op software ontwikkeling voor genomic prediction.**		
Deelprogramma ST4: Gene-editing				
Creëren van genetische variatie of vaststellen van genfunctie.	**Beperkt aantal NWO en EU projecten**.	**Op dit moment richt zo'n 10% van de TKI projecten zich op gene-editing.** Onderdelen van deze projecten zijn op TRL-niveau 1-3.	**Enkele TKI projecten (met vooral MKB).**	**Op gebied van GMO wetgeving hebben in het verleden BO-projecten gelopen.**

Deelprogramma ST5: Nieuwe vormen van veredeling				
Nieuwe veredeling zoals haploiden-inductie, asexuele vermeerdering, gerichte recombinatie.	**Ongeveer een kwart van de NWO projecten en de helft van de EU projecten** richten zich op fundamenteel onderzoek naar epigenetica, plant- en celfysiologie en/of metabole processen in de plant.	**Ongeveer 20% van de TKI projecten richt zich op diverse vormen van nieuwe veredeling**. Onderdelen van deze projecten zijn op TRL-niveau 1-3.	**Enkele TKI projecten (met vooral MKB).**	
Deelprogramma ST6: Fenotypering				
Ontwikkeling van nauwkeurige meetmethoden om eigenschappen op grote schaal eventueel in de loop van de tijd in kaart te brengen als onderdeel van het selectieprogramma.	**Niet duidelijk hoeveel NWO projecten hierop gericht zijn, wel zijn er verschillende EU projecten** die zich hier mee bezig houden.	**Ongeveer 10% van de TKI projecten richt zich specifiek op de ontwikkeling van fenotyperingstechnieken.**	**Een deel van genoemde TKI projecten organiseren cursussen.**	
Deelprogramma ST7: Zaaizaadtechnologie				
Onderzoek ter verkrijging en behoud van een hoge kwaliteit zaaizaad en pootgoed dat vrij is van ziektes en een hoge vigour bezit.	**Op dit moment lijken er geen NWO projecten te zijn. Er is wel een EU project** waarin de relatie tussen aardappelgeno-typen en het microbioom wordt onderzocht.	**Ongeveer 10% van de TKI projecten richt zich op onderzoek voor zaaizaadtechnologie.**	**Een deel de TKI projecten organiseren cursussen** voor zaadtechnologen. **Interessant is dat de kennis ook gedeeld wordt met boeren in ontwikkelingslanden.**	

Kennis en innovatieopgaven

Zoals hierboven is aangegeven is plantenveredeling voor elk gewas uniek. Een uitvinding of toepassing voor één gewas kan dan ook niet één op één geïmplementeerd kan worden in een ander gewas en voor elk gewas is telkens opnieuw onderzoek noodzakelijk is om het gewas te verbeteren. Daarnaast leidt klimaatverandering tot veranderende vragen en eisen die bedrijven en burgers aan gewassen stellen. Er zijn telkens nieuwe ziekten en plagen, maar ook problemen met abiotische stress zoals bijvoorbeeld tijdelijke overstromingen of juist droogte. Voorts veranderen de eisen van eindgebruikers, zo is er bijvoorbeeld een toenemende behoefte aan plantaardige eiwitten als grondstof voor allerlei producten. Voor de veredeling is het noodzakelijk eerst de eisen te formuleren waaraan die grondstoffen moeten voldoen, waarna onderzocht kan worden hoe deze te realiseren zijn met veredeling en selectie. Dat betekent dat een ketenaanpak in de toekomst steeds belangrijker kan worden. Het aanpassen van gewassen door het ontwikkelen van nieuwe rassen maakt dat de technologieën en onderzoeksonderwerpen, die hierboven beschreven staan allemaal terug moeten komen in de Kennis en innovatieopgaven.

Plantenveredeling is nooit af. Fokkerij evenmin. De technologieën zullen worden doorontwikkeld en gebruikt moeten worden om de planten en dieren van de toekomst te realiseren.
Naast deze meer technische aspecten zijn technologieën ook nodig om de maatschappelijk acceptatie van deze nieuwe ontwikkelingen in goede banen te leiden. Er is meer en intensievere communicatie en betrokkenheid van de maatschappelijke actoren nodig. Niet bij de introductie van de nieuwe technologieën, maar eigenlijk al vanaf het ontwerpen daarvan en de eerste toepassingen.
Voorts is het belangrijk dat nieuws veredelingsonderzoek ten behoeve van de biologische landbouw een plaats krijgt, omdat de biologische landbouw deels op zoek is naar andere raseigenschappen en omdat de biologische landbouw een beperkte markt betreft hetgeen publiek onderzoek legitimeert. Te denken valt aan een nieuw programma zoals Groene Veredeling, een onderzoeksprogramma gericht op de biologische en gangbare landbouw en waarin bedrijven voor het grootste deel via een in-kind bijdrage in kunnen participeren.

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennis-verspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Deelprogramma ST1: Genoomtechnologie In kaart brengen van genetische variatie, koppelen genetische informatie (QTL's) met onderliggende genen/allelen (DNA-informed breeding) en ontwikkelen van tools voor breeding.				
QTL-studies, marker assisted breeding en DNA-informed breeding, ontwikkeling van breeding tools.	Genfunctie-onderzoek. Onderzoeken naar onderliggende pathways van eigenschappen.	Ontwikkelen van software voor genetische studies (zoals voor polyploïde gewassen) en/of gebruik van gedetailleerde genoom informatie. Identificatie van QTL's door identificeren van genetische variatie voor gewenste eigenschappen, ontwikkelen van fenotyperings-methoden voor nieuwe kenmerken en verkrijgen van populaties, die uitsplitsen voor genetische eigenschappen.	Aantonen van effect van QTL's in verschillende genetische achtergronden. Cursussen voor projectpartners en derden om ontwikkelde software in eigen beheer te leren gebruiken. Ontwikkelen fokwaarde-schatting voor de praktijk.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine sierteeltveredelaars of veredelaars op het gebied van biologische landbouw en start-ups.
Deelprogramma ST2: Bioinformatica en big data Reconstrueren van de zeer complexe genomen van plant en dier, verschillen te kunnen interpreteren voor de ontwikkeling van modellen en software met als doel om variatie tussen genomen te kunnen aantonen en eigenschappen aan te koppelen om gericht te kunnen veredelen en potentieel nuttige variatie in genenbanken te kunnen identificeren.				
Ontwikkeling van bioinformatica-software en tools voor gebruik door niet-bioinformatici.	Ontwikkelen van trainings-data sets en algoritmes voor identificatie van genen en genfunctie.	Ontwikkelen van bioinformatica software voor evaluatie van big data in 'korte' tijdsperiodes (enkele weken i.p.v. maanden/jaren). Ontwikkelen van modellen en software om genoomsequenties van rassen of gewassen met elkaar te kunnen vergelijken.	Ontwikkelen van gebruikersvriendelijke tools zodat resultaten uit onderzoek ook in de praktijk door partners en door derden gebruikt kunnen worden.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine sierteeltveredelaars of veredelaars op het gebied van biologische landbouw en start-ups.

Deelprogramma ST3: Gene-prediction Gericht op de ontwikkeling van modellen, waarmee op grote schaal (miljoenen fenotypes en miljoenen DNA merkers) eigenschappen voorspeld kunnen worden op basis van genoominformatie. Dit is cruciaal om de veredeling te versnellen van complexe kenmerken (waarbij veel genen betrokken zijn) om zo vroeg mogelijk in te spelen op verandering in productiesystemen.				
Gericht op de ontwikkeling van voorspellende modellen.	Ontwikkelen van modellen en software die fenotypes en genotypes in een trainingspopulatie kunnen combineren met miljoenen dieren.	Ontwikkelen van modellen en software om fenotype en genotype van gekruiste dieren te koppelen aan zuivere dieren in de fokprogramma's. Ontwikkelen van genomic prediction voor kleinere rassen, zodat ze gebruik kunnen maken van de informatie uit "grotere rassen".	Op praktijkschaal valideren dat genomic prediction werkt.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine sierteeltveredelaars of veredelaars op het gebied van biologische landbouw en start-ups.
Deelprogramma ST4: Gene-editing				
Creëren van genetische variatie of vaststellen van genfunctie.	Onderzoeken hoe breed gene-editing toepasbaar is. Gebruik van genoom editing om de biologie van kenmerken en processen te onderzoeken.	Ontwikkelen van nieuwe efficiente transformatie en regeneratiemethoden. Ontwikkelen van snelle selectiemethoden om effect van uitschakelen of aanpassen van genen te kunnen toetsen. Kijken waar de natuurlijke variatie beschikbaar is in de praktijk.	Cursussen voor projectpartners om ontwikkelde technologie in eigen beheer te kunnen gebruiken.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine sierteeltveredelaars of veredelaars op het gebied van biologische landbouw en start-ups.
Deelprogramma ST5: Nieuwe vormen van veredeling				
Nieuwe veredeling zoals haploïden-inductie, asexuele vermeerdering, gerichte recombinatie.	Fundamenteel onderzoek naar epigenetica, plant- en celfysiologie en metabole processen in de plant.	Methodiekontwikkeling b.v. om haploïden bruikbaar te maken in veredeling van polyploide gewassen.	Cursussen voor projectpartners.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine sierteeltveredelaars of veredelaars op het gebied van biologische landbouw en start-ups.
Deelprogramma ST6: Fenotypering				
Ontwikkeling van nauwkeurige meetmethoden om eigenschappen op grote schaal eventueel in de loop van de tijd in kaart te brengen als onderdeel van het selectieprogramma.	Onderzoek naar nieuwe generatie sensoren. Onderzoek naar non-invasieve technieken voor fenotypering.	Ontwikkeling van multi-sensor-feno-typeringstechnieken om eigenschappen geautomatiseerd kwantitatief te kunnen vaststellen met robots of camera's aan drones. Ontwikkelen van fenotypering voor QTL-studies om gewenste eigenschappen te kunnen vaststellen.	Cursussen voor projectpartners om ontwikkelde technologie in eigen beheer te kunnen gebruiken.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine sierteeltveredelaars of veredelaars op het gebied van biologische landbouw en start-ups.
Deelprogramma ST7: Zaaizaadtechnologie				
Onderzoek ter verkrijging en behoud van een hoge kwaliteit zaaizaad en pootgoed dat vrij is van ziektes en een hoge vigour bezit.	Onderzoek naar de potentie van het zaadmicrobioom en biologicals voor gezond zaaizaad onafhankelijk van chemische gewasbescherming. Fundamenteel fysiologisch onderzoek gericht op	Onderzoeken naar verbetering zaad-productie gericht op verkrijgen van hoge vigour en behoud ervan tijdens behandelingen en bewaring. Toepassen van fundamentele kennis in de ontwikkeling van methoden om zaadkwaliteit te optimaliseren. Ontwikkelen van methoden om de invloed van het zaadmicrobioom te bestuderen en te sturen.	Trainen van zaadtechnologen om methoden voor het meten van vigour en bewaarbaarheid te kunnen implementeren. Demonstreren van positieve effecten van microbioom-componenten op zaadgezondheid en methoden om die te versterken.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine sierteeltveredelaars of veredelaars op het gebied van biologische landbouw en start-ups.

	dessicate-toleran-tie, dormancy, en kieming.	Ontwikkeling van methoden om zaad-overdraagbaarheid van ziekten te beperken en patho-genen te doden.		

Positionering MMIP

Dit MMIP heeft interactie met Landbouw, Water en Voedsel en de plantaardige en dierlijke sectoren op het gebied van Biotechnologie en Veredeling via plantenveredeling en fokkerij. Daarnaast heeft het MMIP interactie met de MMIP's Circulaire Systemen, Gezonde robuuste bodem en teelsystemen, Herstel en benutten Biodiversiteit, Klimaatadaptieve Landbouw, Biogrondstoffenproductie en Waardering Voedsel, Gezonde en duurzame voeding. Fokkerij heeft nog interactie met Duurzame veehouderij.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

- Onderzoeksagenda TKI A&F Klimaatneutraal (2018-2021)
- Onderzoeksagenda TKI T&U Duurzame Plantaardige Productie (2018-2021)
- Toekomstvisie gewasbescherming 2030, naar weerbare planten en teeltsystemen
- Ambitie Plantgezondheid 2030 LTO Nederland
- Actieplannen plantgezondheid BO Akkerbouw
- Nitraatrichtlijn / Kaderrichtlijn Water
- LNV bodemstrategie en –programma
- LNV programma Groene Gewasbescherming, gericht op akkerbouw- groenteteelt-, sierteelt- en fruitgewassen.
- Kringlooplandbouw visie LNV: " Landbouw, Natuur en Voedsel: Waardevol en Verbonden"
- Nationale wetenschapsagenda: duurzame productie van gezond en veilig voedsel
- Deltaplan herstel biodiversiteit
- Eiwittransitie

Plant

Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven:

Nederland staat op het gebied van plantenveredeling en uitgangsmaterialen mondiaal aan de top. Dit geldt voor alle sectoren: akkerbouw, groenteteelt, sierteelt, bomen en fruit. Deze positie is verworven door een lange historie van uitstekende samenwerking tussen wereldwijd excellerende universiteiten, kennisinstellingen en bedrijven (Elsevierstudie T&U 2014) en de continue innovaties in technologieën, die ontwikkeld en geïmplementeerd worden. Deze samenwerking is mondiaal uniek te noemen. Om deze positie te behouden investeert het veredelingsbedrijfsleven een aanzienlijk percentage in R&D (10-25%

van de omzet). De uitdagingen zijn nu echter zo groot dat we de snelheid waarmee nieuwe rassen kunnen worden gemaakt, drastisch moeten opvoeren. Dit kan alleen door de precisie te vergroten zodat rassen ontwikkeld kunnen worden die passen bij een veranderend klimaat en veranderende productiesystemen. Marktintroductie van nieuwe rassen is echter (vooralsnog) een langdurig proces (van kruising tot marktbeschikbaarheid duurt, afhankelijk van het gewas, vanaf enkele jaren tot wel 20 jaar) en daarom is te verwachten dat rassen, die m.b.v. een sleuteltechnologie uit dit MMIP gegenereerd zijn, tussen 5 jaar (groentes zoals tomaat), 10 jaar (houtige gewassen zoals fruit) op de markt kunnen komen op TRL niveau 4-7. Een aantal van de technologieën beschreven onder 3) bevindt zich nog in de ontwikkelingsfase en moeten nog verder verbeterd worden voor specifieke toepassingen (TRL niveau 2-4).

Strategie internationaal

Nederlandse veredelingsbedrijven zijn voor een groot deel internationaal opererende bedrijven. Dat betekent dat zij op allerlei plaatsen in de wereld veredelingsstations hebben waar zij rassen van allerlei gewassen lokaal veredelen zodat deze aangepast zijn aan de lokale omstandigheden en aan de lokale wensen van stakeholders verderop in de keten.

De maatschappelijke opgaven waar Nederland voor staat met betrekking tot duurzame voedselproductie, duurzaam gebruik van water en nutriënten en het omgaan met klimaatveranderingen spelen over de hele wereld. De sector Uitgangsmaterialen, al sterk internationaal opererend, kan met haar kennis en nieuwe en robuuste rassen, plant en pootgoed een grote bijdrage leveren aan het oplossen van deze vraagstukken all over the world. Met de ontwikkelde technologie kan overal ter wereld, in de context van de regionale omstandigheden, zoals bodem, klimaat en afzetmogelijkheden, gewerkt worden aan meer robuust uitgangsmateriaal. Het is daarmee een sector die Nederland met succes kan inzetten om ook samen met andere landen hun Substainable Development Goals binnen bereik te brengen.

Daarnaast wordt voor onderzoek gebruik gemaakt van EU gelden, bijvoorbeeld op het gebied van het sequensen van 2500 sla genomen is er een samenwerking met BGI (China) en in een ander consortium (International Lettuce Genomics Consortium (ILGC)) dat mede gefinancierd wordt vanuit de TKI T&U en bedrijfsleven vindt er samenwerking plaats met UC-Davis (US). International Potato Pangenome Consortium (WUR, met Nederlandse bedrijven en VS partners). EU projecten: EU-Chic (gene editing technologieën), EU-COSMOS (oliecompositie oliegewassen gebruik makend van gene editing), EU-

MAGIC (breeding biobased crops on marginal lands), EU-G2PSol (management of genetic resources using genomics), Elixir (NL and EU data science consortium).
Verder is het TKI-TU project "Novel genetic tools and genomic tools" een voorbeeld waarin op basis van de kennis binnen sierteelt op het gebeid van polyploide gewassen technologie ontwikkeld kan worden die cruciaal is voor voedselgewassen van de toekomst in binnen en buitenland.

Dier
Dierfokkerijbedrijven zijn wereldwijd belangrijke spelers, die elk jaar de prestaties van miljarden nieuw geboren productiedieren beïnvloeden. Het gebruik van excellente genetica voegt aanzienlijk meer waarde toe aan de dierlijke productieketen in binnen- en buitenland, en stelt ketens in staat te innoveren in de gewenste richting. Vanuit de missie's zijn grote aanpassing nodig voor de veehouderij, en de fokkerij moet daarvoor de koers aanpassen die beter aansluit bij de behoefte van de nieuwe systemen. Samen met aanpassing van huisvesting, voeding en technologische veranderingen maakt dit dan de gewenste systeemverandering mogelijk. De toegevoegde waarde van genetische verbetering voor alle belanghebbenden in de veeteelt neemt nog verder toe met de opname van genomische informatie in commerciële fokprogramma's. Het gebruik van genomica betekent dat betrouwbare informatie eerder beschikbaar is tegen lagere kosten, en het heeft ook een groot effect op de genetische verbetering van kenmerken waarbij observaties alleen met hoge kosten kunnen worden geregistreerd (bijvoorbeeld individuele voeropname). De economische impact van genetische verbetering gaat hand in hand met maatschappelijke impact, omdat de maatschappij in grote mate invloed heeft op doelen. Bij veerassen is het vooral belangrijk om de top lijnen blijvend te laten aansluiten bij de toekomstige behoefte binnen veehouderijsystemen, en blijvend bij te sturen op basis van innovaties. Verdere valorisatie wordt door de veredelingsbedrijven zelf gedaan. Een aantal van de technologieën beschreven onder 3) bevindt zich nog in de ontwikkelingsfase en moeten nog verder verbeterd worden voor specifieke toepassingen (TRL niveau 2-4).

Strategie internationaal
Nederlandse fokkerij bedrijven zijn internationaal opererende bedrijven. Vanwege de leidende positie zijn ze gerangschikt in de wereldwijde top 5 van hun respectieve soort. Dat betekent dat zij op allerlei plaatsen in de wereld fokdieren hebben en dat ze markten proberen te bedienen over de hele wereld. De Nederlandse veehouders is vaak

een klein gedeelte van de markt, terwijl de veehouders wel eigenaar zijn van de bedrijven. Veel kennis ontwikkeling en innovatie vinden wel in Nederland plaats vind, en de impact is door de wereldwijde verspreiding van sperma en levende jonge dieren. Vooral in fokprogramma's die ook vermenigvuldigingsstappen bevatten (pluimvee en varkens) en er komen dan ook miljarden dieren met genetica elk jaar in de voedselproductieketen.

Innovatiesysteem en consortiumvorming

In Nederland zijn vier fokkerij bedrijven verbonden via het Breed4Food consortium.

Bijlage: Nieuwe kennis en innovatieopgaven Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling in relatie tot de Missies – Plant.

Onderstaande deelprogramma's richten zich op de veredeling en/of zaaizaadtechnologie van gewassen voor diverse teelten, zoals bijvoorbeeld akkerbouw, groenten, sierteelt, fruit en bomen, maar ook paddestoelen en wieren.

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3**	**Ontwikkelfase TRL 4-6**	**Demonstratiefase TRL 7-9**	**Implementatiefase**
Deelprogramma 1: Veredelen van nieuwe robuuste rassen van voedsel- en sierteeltgewassen aangepast aan nieuwe teeltsystemen en klimaatverandering met resistentie tegen biotische en abiotische stress, efficiëntere benutting van nutriënten en/of optimale interactie met microbioom (Missie A1, A2).				
Veredelen op resistentie tegen biotische of abiotische stress.	Kennis van het pathogeen of plaagorganisme. Identificeren van kruisbare bronnen van resistentie/tolerantie. Ophelderen van onder-liggende mechanismen of pathways.	Ontwikkelen van fenotyperings-methoden voor gewenste eigenschappen (resistentie tegen ziekten en plagen, tolerantie tegen onkruiden, zoutstress e.d.) Identificeren van QTL's.	Validatie van merkers door gebruik van verschillende populaties met resistentie/tolerantie in het onderzoek.	Gebruik van merkers voor QTLs in veredelings-programma's door bedrijven. Inkruisen van eigenschappen in cultuurmateriaal.
Veredelen op efficiëntere benutting van nutriënten.	Onderzoeken welke planteigenschappen en genen/pathways in verschillende gewassen bijdragen aan NUE.	Ontwikkelen van fenotyperings-methoden voor gewenste eigenschappen. Identificeren van QTL's.	Validatie van merkers door gebruik van verschillende populaties in het onderzoek.	Gebruik van merkers voor QTLs in veredelings-programma's door bedrijven. Inkruisen van eigenschappen in cultuurmateriaal.
Veredelen van rassen die optimaal gebruik maken van het microbioom in de bodem en daardoor robuuster zijn tegen biotische en abiotische stress.		Technieken zijn nodig om de (positieve) effecten van microbioom op de plant te meten en te optimaliseren.	Identificeren van gunstige microbiomen voor verschillende gewassen.	Toepassing door veredelingsbedrijven.
Deelprogramma 2: Veredelen van uitgangsmateriaal geschikt voor nieuwe, energiezuinige teeltsystemen onder glas en robotisering (Missie B4).				

Veredelen van kasgewassen (food en non-food) voor rendabele teelt onder energiezuinige condities.	Onderzoeken welke effecten het gewijzigde kasklimaat heeft op het gewas in de kas (bijv. vatbaarheid voor schimmels door veranderd microklimaat, enz.)	Identificeren welke plant-eigenschappen aangepast moeten worden voor teelt onder energiezuinige condities. Identificeren welke QTL's bijdragen aan deze eigenschappen.	Disseminatie van ontwikkelde kennis.	Toepassing door veredelingsbedrijven.
Veredelen van kasgewassen geschikt voor robotisering.	Onderzoeken hoe plantarchitectuur van kasgewassen aangepast dient te worden i.v.m. robotisering. Onderzoeken welke genen en pathways hieraan bijdragen.	Aanpassen van plant-architectuur via de gevonden genen, evt. in co-creatie met ontwikkelaar robot.	Aantonen dat aangepaste plant betere resultaten laat zien, i.s.m. robotleverancier.	Toepassing door veredelingsbedrijven.
Deelprogramma 3: Veredelen van stresstolerante, klimaatbestendige gewassen geschikt voor extreme droogte, verzilting, vernatting of tijdelijke overstroming (Missie C2).				
Veredelen van stresstolerante gewassen, die geschikt zijn voor extreme droogte, verzilting, vernatting of tijdelijke overstroming.	Identificeren van plant-eigenschappen die planten in staat stellen om perioden van droogte en wateroverlast te doorstaan.	Identificeren van QTL's voor genoemde eigenschappen in cultuurgewassen.	Aantonen dat het mogelijk is om op basis van genoemde QTL's droogte- of overstromingstolerante gewassen te ontwikkelen.	Toepassing van de ontwikkelde kennis door veredelingsbedrijven.
Deelprogramma 4: Veredelen van uitgangsmaterialen voor eiwitrijkere grondstoffen en meer biomassa, bijvoorbeeld bonen en lupinen, maar ook algen, zeewier en zoetwaterplanten) (Missie A4).				
Veredelen op opbrengstverhoging en oogststabiliteit van vlinder-bloemigen voor plantaardige eiwitten.	Onderzoeken welke planteigenschappen en genen/pathways bijdragen aan opbrengst.	Onderzoeken welke gewassen het meest geschikt zijn voor eiwitproductie. Ontwikkelen van fenotyperings-methoden voor gewenste eigenschappen. Identificeren van QTL's.	Validatie van merkers door gebruik van verschillende populaties in het onderzoek.	Gebruik van merkers voor QTLs in veredelings-programma's door bedrijven. Inkruisen van eigenschappen in cultuurmateriaal.
Zeewier (veredeling, vermeerdering, teelt, verwerking).		Inzicht in beschikbare variatie in zeewier. Fundamenteel inzicht in zeewierveredeling-processen.	Teeltwijzen testen passend bij WOZ.	Onderzoeken hoe het gebruik van huidige teeltpilotmogelijkheden vergroot kunnen worden.
Deelprogramma 5: Veredelen van gewassen voor non-food toepassingen, bijvoorbeeld biobased gewassen of dubbeldoel-gewassen, maar ook paddenstoelen voor verwerking reststromen of voor de productie van interessante inhoudsstoffen (Missie A3, C2).				
Veredelen van gewassen en paddestoelen voor hoogwaardige toepassingen voor productie van specifieke eiwitten, veevoer, polymeren voor de chemie, en verwerken van reststromen voor energietoepassingen.	Fundamenteel onderzoek aan 'nieuwe' gewassen en in kaart brengen van potentieel voor veredeling. Identificeren van key traits voor specifieke toepassingen (b.v. eiwitten, polymeren) en identificatie van onderliggende genen. Onderzoek naar omzetting ligno-cellulose door diverse paddestoel vormende schimmels.	Zoeken naar genetische variatie in de bewuste eigenschappen. Identificeren van QTL's voor key traits. Identificeren van nieuwe materialen en/of chemische bouwstenen (lignine derivaten, gemodificeerd cellulose, schimmels componenten zoals chitine en glucanen).	Aantonen dat het mogelijk en rendabel is om op dubbeldoel-gewassen te veredelen in enkele pilotprojecten in een representatief gewas. Testen toepasbaarheid nieuwe materialen en/of chemische bouwstenen.	Toepassing bij veredelingsbedrijven in nauwe samenwerking met andere ketenpartners (verwerkende industrie, diervoederindustrie, enz.). Productie materialen/ chemische bouwstenen d.m.v. paddenstoel

				vormende schimmels. Verbetering van processen d.m.v. veredeling.
Deelprogramma 6: Veredelen op verhoogde fotosynthese-efficiëntie (Missie B5).				
Verbeteren van gewassen door gerichte veredeling op fotosynthese: verdubbelde fotosynthese.	Fundamenteel begrip van fotosynthese. Ontrafelen van de genetische basis van processen die een rol spelen in de verhoging van de fotosynthese. Inzicht krijgen in verdeling assimilaten over oogstbare delen en wortelstelsel en sturing daarop e.g. "carbon partitioning" transport, en source-sink relationship. Fundamentele kennis over het verbeteren van de efficiëntie van fotosynthese.	Selectie van planten die een van nature extreme hoge fotosynthese-activiteit vertonen. Identificatie en analyse van onderliggende genen. In kaart brengen van de genetische diversiteit. Introduceren van beste allelen voor verbeterde fotosynthese via moderne verdelings-technieken in cultuurgewassen. Optimalisatie van "carbon partitioning" per gewas door introductie van gewas-specifieke, optimale allelen.	Evaluatie in kassen van verbeterde gewassen met een hogere efficiëntie van fotosynthese, water en voedingsstoffen-gebruik onder optimale en suboptimale condities. Evaluatie in kassen van "carbon partitioning" van de verbeterde gewassen. Evaluatie in het veld in verschillende productie-systemen. Evaluatie in het veld van "carbon partitioning" van de verbeterde gewassen in verschillende productiesystemen.	Ontwikkeling van nieuwe rassen op basis van het verkregen pre-breeding materiaal. Evaluatie van deze nieuwe gewassen in verschillende productiesystemen onder diverse klimatologische omstandigheden. In samenwerking met de agrarische sector integratie en evaluatie van deze verbeterde gewassen in gewasrotaties.
Deelprogramma 7: Veredelen op voorkomen van naoogstproblemen, gezond en smakelijk voedsel (Missie D1, D3).				
Veredelen van gewassen met lang houdbare en hoogwaardige producten (vruchten, zaden, bloemen) ter voorkomen van verliezen, maar ook gericht op personalized nutrition.	Onderzoeken welke genen en pathways ten grondslag liggen aan houdbaarheid, gezondheid en smaak van producten van diverse gewassen.	Maken van populaties en identificeren van QTL's voor de eigenschappen in verschillende gewassen.	Aantonen dat het mogelijk en rendabel is om rassen te ontwikkelen met minder na-oogstverliezen in co-creatie met ketenpartijen.	Toepassing bij veredelingsbedrijven.
Deelprogramma 8: Greening the cities (Missie D5).				
Veredelen van siergewassen, perkplanten en bomen voor een gezonde en groene leefomgeving.	Onderzoeken welke planteigenschappen bijdragen aan een gezond klimaat (wegvangen fijnstof en schadelijke stoffen, verkoelen van stedelijk gebied).	Ontwikkelen van tools om genetische en fenotypische variatie te creëren.	Aantonen dat nieuw ontwikkelde rassen een positieve bijdrage leveren aan gezonde en groene leefomgeving.	Op de markt brengen van nieuwe rassen
Deelprogramma 9: Herstel en benutten biodiversiteit via veredeling (Missie A5).				
Verbetering van methoden voor bewaring van gene-tische diversiteit in (*ex-situ* planten) genenbanken, waar-door genetische achteruitgang trager gaat.	Onderzoek naar de fases in de vermeerdering, oogst en opslag die de bewaarbaarheid beïnvloeden.	Ontwikkelen van protocollen om de meest kritische fases te verbeteren.	Demonstraties en publicatie gericht op internationale (planten) genenbanken, workshops, cursussen.	Implementeren bij CGN en die tonen als modelvoorbeeld voor internationale genenbanken.

Deelprogramma 10: Zaaizaadtechnologie (Missie A, B).				
Onderzoek ter verkrijging en behoud van een hoge kwaliteit zaaizaad en pootgoed dat vrij is van ziektes en een hoge vigour bezit.	Onderzoek naar de potentie van het zaadmicrobioom en biologicals voor gezond zaaizaad onafhankelijk van chemische gewasbescherming. Fundamenteel fysiologisch onderzoek gericht op dessicate-tolerantie, dormancy, en kieming.	Onderzoeken naar verbetering zaad-productie gericht op verkrijgen van hoge vigour en behoud ervan tijdens behandelingen en bewaring. Toepassen van fundamentele kennis in de ontwikkeling van methoden om zaadkwaliteit te optimaliseren. Ontwikkelen van methoden om de invloed van het zaadmicrobioom te bestuderen en te sturen. Ontwikkeling van methoden om zaad-overdraagbaarheid van ziekten te beperken en pathogenen te doden.	Trainen van zaadtechnologen om methoden voor het meten van vigour en bewaarbaarheid te kunnen implementeren. Demonstreren van positieve effecten van microbioom-componenten op zaadgezondheid en methoden om die te versterken.	Toepassing bij veredelingsbedrijven, zaadproducenten en zaadtechnologie bedrijven.

Nieuwe kennis en innovatieopgaven Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling in relatie tot de Missies - Dier

Onderwerp	**Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)**	**Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleids-ondersteunend onderzoek)**	**Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)**	**Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)**
Herstel en benutten biodiversiteit (Missie A5)				
Ontwikkelen van rassen en dieren die goed passen in landbouwsystemen met veel biodiversiteit, cq voor productiesystemen die niet ten koste gaan van de biodiversiteit.	Onderzoeken welke eigenschappenrassen (genebank) meer geschikt maken voor genoemde ecologische functies.	Identificeren van QTLs voor deze eigenschappen.	Aantonen dat het mogelijk en rendabel is om deze eigenschappen in de huidige populatie in te kruisen ecologische functies.	Toepassing door rasorganisaties.
Emissiereductie in bodem en landgebruik in de landbouw (Missie B1)				
Onderzoek verdien-modellen t.o.v. de thans gangbare melkveehouderij in veenweidegebieden indien klimaat-maatregelen worden toegepast.	Kritische eigenschappen van huidige dieren onderzoeken; genetische variatie bepalen en mogelijkheden om hierop te fokken	Fenotypering op grotere schaal en erfelijkheidgraad schatten en genetische correlaties met productiviteit, gezond en welzijn. Voorspellingen maken en fokdoel uitwerken, en mee nemen in verdien model voor toekomst scemnarios	Laten zien hoe genetische variatie kan bijdragen aan het verdienmodel	Opzetten van indexen om stieren te ranken door fokkerij organisaties en fokken specifiek lijnen.
Duurzame veehouderij (Missie B2)				
Pens- en darmfermentatie: Onderzoek gericht op het verminderen van de emissies van rundvee en andere herkauwers en eenmagigen. Ook onderzoek op hobbymatig	Fenotypering op grotere schaal en erfelijkheidsgraad schatten en genetische correlaties met productiviteit, gezond en welzijn.	Voorspellingen maken en fokdoel uitwerken, door reken verschillende scenario's, in combinatie met LCA.	Door rekenen effecten van de fokkerij op emissie vermindering.	

gehouden dieren zoals schapen en paarden.				
Inzet op doorbraaktechnologie om tot een reductie van 80-95% te komen.	Onderzoek naar genetische merkers, en genetische variatie in het microbiome en interactie met host.			
Klimaatadaptieve landbouwsystemen (Missie C2)				
Dierrassen die aangepast zijn aan de lokale ecologische omstandigheden (bv. zilte omgeving, natte omstandigheden, etc.).	Onderzoeken welk genetische relevante variatie beschikbaar is.	Aantonen waar genetische variatie nog aanwezig is en introductie programma ontwikkelen, zonder inteelt risico.		
Veilige voeding met een One Health aanpak (focus op veiligheid, zoönose, antibioticaresistentie en schadelijke emissies uit stallen) (Missie C3)				
Opzetten van een diagnostiek gericht op biomarkers i.p.v. ziekteverwekkers als indicatie van de gezondheid van het dier.	Biomarkers en variatie in mircobiome zoeken en vinden die indicatief zijn voor gezondheid.	Op schalen van de biomarker technologie zodat die op veel dieren voor een acceptabele prijs toegepast kan worden.	Demonstratie-experiment op praktijkbedrijven.	
Fijnmazig meetsysteem voor meting gezondheid en groei van gewassen en dieren	Combineren van de mogelijkheden van big data combinatie van verschillende sensoren om gezondheid en welzijn te fenotyperen	Meten op praktijbedrijven en genetische variatie vast stellen.		
Gezondheid, welzijn en integriteit dier op orde (Missie C4)				
Ontwikkeling van meer weerbare dieren	Fenotypering en DNA kenmerken ontwikkelen die een maat zijn voor weerbaarheid van een dier.	Fenotypering op grotere schaal en erfelijkheidsgraad schatten en genetische correlaties met productiviteit, gezond en welzijn om een duurzaam fokdoel op te stellen	Fokwaardeschatting ontwikkelen en uitvoeren	Toegepast door fokkerijbedrijven
Terugdringen sterfte van jonge dieren	Fenotypering en DNA kenmerken ontwikkelen die een maat zijn voor weerbaarheid van een dier.	Fenotypering op grotere schaal en erfelijkheidsgraad schatten en genetische correlaties met productiviteit, gezond en welzijn om een duurzaam fokdoel op te stellen	Fokwaardeschatting ontwikkelen en uitvoeren	Toegepast door fokkerijbedrijven
Alternatieven voor dierproeven in de voedselproductie	Ontwikkeling van organoid systemen om genetische variatie te kunnen onderzoeken ter vervanging van dierproeven/testen en kijken naar genetische variatie	Op grote schaal organoids ontwikkelen van fokdieren, en testen in het lab voor gezondheid, efficiency, resilience	Koppelen van de test resultaten op organoids aan parkrijkinformatie van de nakomelingen.	Organoids toegepast door fokkerijbedrijven