

B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie¹

De hieronder beschreven MMIP's zijn allemaal nog in ontwikkeling. Sommige MMIP's zijn al verder ontwikkeld dan anderen. Gepland is om de MMIP's in de tweede helft van 2019 allemaal uit te werken om sturend te kunnen zijn voor de ondersteuning met kennis en innovatie van de uitvoering van het klimaatakkoord.

B.1 E11A Emissiereductie methaan veehouderij

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

De ontwikkeling van een nationaal onderzoeksprogramma Methaanemissie uit de veehouderij kan de volgende onderdelen bevatten:

- Snelle uitrol van bewezen technieken in de praktijk, door:
 - o Pilots en demo's waar onderzoekers, ondernemers en ondernemersorganisaties gezamenlijk onderzoeken waar oplossingen liggen en hoe implementatie van de oplossingen is te verwezenlijken
 - o De pilots en demo's behelzen zoveel mogelijk het inzetten van maatregelen in de bedrijfsketen waar zowel naar enterische als naar mestemissies wordt gekeken en de samenhang. Daarbij gaat het van diereigenschappen (incl. fokkerij), voeropname (met of zonder additieven), fysiologie in de pens (o.a. microbiom), mestproductie tot en met de omstandigheden gedurende mestopslagen.
 - o Communicatie is nodig voor draagvlak, zowel binnen de veehouderijsector t.b.v. implementatie, als maatschappelijk.
- Nieuwe marktconcepten en beprijzingsmechanismen, met oog voor de internationale positie van onze veehouderij.
- Onderzoeksprioriteiten:
 - o Voorkomen van methaanvorming in dier en mestopslag
 - o Reduceren van emissie uit open stallen, bijvoorbeeld door snel verwijderen van mest uit duurzaam ontworpen stallen

¹ Missie B van de KIA LWV is dezelfde als missie E van het Klimaatakkoord. MMIPs hebben daarom een dubbele nummering.

- o Opwaarderen nutriënten in de mest

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 dit 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
<i>Veehouderij: emissiereductie methaan en lachgas</i>				
Reductie methaanemissie door pens- en darmfermentatie	KB-34-005-003 Epigenetica KB-Big data for methande emission EU Horizon 2020 Grazing for carbon Scheiden urine en feces (melkveefonds)	BO-53-003-010 Enterisch methaan: emissievariatie rassen en beweidingssystemen BO-53-003-011 Enterische methaanemissie in de Nederlandse melkveestapel BO-53-003-012 Stand van zaken kennis mbt voeradditieven		

Reductie emissies uit stal en mestopslag		BO-53-003-004 Methaan-oxidatie; 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 een toekomstbeeld van 2050 geschetst. Om dit te realiseren is onderzoek nodig zoals die in onderstaand schema is gegeven.

Onderzoeksprogramma Emissiereductie methaan en lachgas veehouderij

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase
<i>Veehouderij: emissiereductie methaan en lachgas</i>				
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 of in de omgeving, zowel voor herkauwers als eenmagigen -Onderzoek naar optimalisatie van huidig ruwvoer om lage	- 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 in methaan ni combinatie met participatie van bedrijfsleven	- 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? - advisering en implementatie van integraal optimaal natuurinclusief grasland

	<p>procesniveau te remmen (beïnvloeden acetogenese, slimme additieven, vetten, industriële bijproducten, antilichamen).</p> <p>- 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</p> <p>- Het effect van reststromen op de methaanemissie</p> <p>- Verkennen van mogelijkheden voor gewasveredeling om tot lagere methaanemissies te komen.</p>	<p>methaanemissie te bewerkstelligen.</p> <p>-Onderzoek naar erfelijkheid van methaanvorming/voerefficiëntie in dikke darm van herkauwers en eenmagigen (paarden, varkens).</p> <p>-onderzoek naar effect van huidige praktijk en toekomstig natuurinclusief grasland op methanogenese.</p>	<p>- Inpassing van het effect van additieven in NEMA en daarmee de nationale Emissie Registratie</p> <p>- inventarisatie van voorkomend microbiom in de huidige praktijk en het gebruik maken van de variatie in microbiom die gerelateerd is aan waterstofvorming in de pens en methaanemissie</p> <p>- inventarisatie van mogelijkheden om genetisch te selecteren op dieren met lage methaanuitstoot</p> <p>- Beprijzingsconcepten in economische zin ontwikkelen</p>	<p>- Opfok/management-historie tbv een lagere methaanemissie, en selectie van dieren met een lagere methaanemissie</p>
<p>Reductie emissies uit stal en mestopslag</p>	<p>- onderzoek naar mogelijkheden om methaan in stallucht te concentreren</p> <p>- 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.</p> <p>Aanpasbaar om in te spelen op eisen van de tijd.</p> <p>- 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</p> <p>- Onderzoek om op basis van sensortechnologie te komen tot het</p>	<p>- Doorrekenen en vaststellen voor- en nadelen stalsystemen en nageschakelde technieken (vloertypes, aanzuren, koelen, bellenmixen, methaanoxidatie) of bij mestopslagen.</p> <p>-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).</p> <p>-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 nutriëntenstromen</p> <p>-Onderzoek naar het toepassen van het kweken van insecten op mest in de praktijk om stalemissies te reduceren.</p> <p>-Onderzoek naar mestverwaarding van verschillende meststromen, mestproducten en mestnutriënten (NPKC, maar ook ureum, humuszuren, micronutriënten) met oog voor bodem, natuur, vastlegging C – Toepassen van methode om datastromen op bedrijven te genereren en op te slaan voor</p>	<p>- Ombouw bestaande conventionele melkvee stallen naar stallen met lekdichte beloopbare vloeren en directe/frequente mestverwijdering naar gesloten mestopslag (onder stalvloer of extern)</p> <p>- Minimalisering van methaanvorming in opslag (door bv. grondkoeling /mechanische koeling, omzetting van resterende methaan-productie in headspace mestopslag naar CO2 via affakkelen/oxidatie)</p> <p>- maatregelen ter vermindering emissies potstallen en andere strooiselsystemen</p> <p>- Voorspellen van N en C verliezen op basis van verhoudingen tussen nutriënten in de mest (N/K, N/P, C/K, C/P)</p> <p>- Ontwikkelen van tools in samenwerking met bedrijfsleven (o.b.v. berekende en/of gemeten</p>	<p>- Welke maatregelen zijn nodig om bestaande stallen met drijfmestkelders om te laten bouwen naar stallen met dagontmesting en mestscheiding?</p> <p>-Implementatie van integraal duurzame stalconcepten of modules van deze stalconcepten.</p> <p>-Implementatie van insectenkweekmodules op stalniveau</p> <p>- Implementatie van methaanreducerende en/of methaanoxiderende technieken bij stallen en/of mestopslagen.</p> <p>-Wat is nodig om mestproducten toe te passen i.p.v. kunstmest?</p>

	formuleren van doelvoorschriften ipv middelvoorschriften.	datagedreven onderzoek (Big data, FAIR principe, arduino) in aanvulling op hypothese-gedreven onderzoek.	mestwaarden) waarmee 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 Topsectoren Agri & Food. Het sluit in zijn geheel aan bij MMIP (Emissiereductie in bodem- en landgebruik) en Duurzame veehouderij. Het deelt doelstellingen met Missie A (Kringlooplandbouw, Circulaire voedselsystemen (PS1); Robuuste teeltsystemen en biodiversiteit). Tevens interacteert het met Klimaatadaptieve landbouw-systemen (PS10a).

Stand van zaken

Ten aanzien van de 5 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, financiële instellingen en intermediairs. Op dit moment is vooral de overheid degene die de financiële 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 stalemis-sies 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 ieder-een 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 broeikasgas-sen, 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.

B.2 E11B Landbouwbodems, emissiereductie lachgas en verhoging koolstofvastlegging

Reductie 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 meststof-type,
- -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.

Inleiding

Doelstelling van MMIP B2 E11B 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. 2018²; Lagerwerf et al. 2019³). De N₂O-emissie uit de landbouw heeft aandeel van 3,1% van de totale broeikasgasemissie in Nederland (Coenen et al. 2017⁴); hiervan is 90% afkomstig van landbouwgronden.

² 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)

³ 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, NO_x, NMVOC, PM₁₀, PM_{2.5} 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.

⁴ 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,

Er is veel inzicht in de factoren die een rol spelen bij N₂O-emissie, zie bijvoorbeeld de literatuurstudie van Velthof en Rietra (2018).⁵ 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 stikstofaanvoer via meststoffen is gedaald onder invloed van het mestbeleid (Velthof et al., 2017⁶).

S, 2017. Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2015 : National Inventory Report 2017. Emissies van broeikasgassen tussen 1990 en 2015.

⁵ G.L. Velthof and R.P.J.J. Rietra, 2018. Nitrous oxide emission from agricultural soils Wageningen, Wageningen Environmental Research, Report 2921.

⁶ 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 ec-postvragen in

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 (Klimaatenvelophe) 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, grondbewerking 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 Klimaatenvelophe 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 ₂ O 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 meststof - een nieuwe generatie bemestingsproducten (zowel kunstmest als producten uit mestbewerking)	- Technieken voor precisielandbouw gericht op adequate bemesting (type meststoffen, eventueel met remstoffen) - Onderzoek naar de relatie tussen organische stof en lachgasemissie en strategieën om koolstofopslag te stimuleren zonder toename lachgasemissie - Vaststellen van emissies van lachgas bij	-Toepassing precisiebemesting - Toepassing verbeterde en/of meer geschikte meststoffen - Kennisverspreiding rondom betere bemesting (4R strategie, right time, right place, right quantity and right type)	-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 hierbij een rol kunnen spelen -Advisering aan erfbedraders die voorlichting over

het kader van de evaluatie van de meststoffenwet. Wageningen Environmental Research (Wageningen Environmental Research rapport 2782)

	- Ontkoppelen C, N zodat hogere bodem-C niet leidt tot hogere N emissie	bemesting met verschillende typen meststoffen en bemestingstrategieën		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 mestsamenvorming 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 mestsamenvorming 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's⁷

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 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

⁷ Indien deelprogramma's op elkaar lijken of in elkaars verlengde liggen, kan ervoor gekozen worden om deze beschrijving op deelprogramma-niveau naar MMIP-niveau te verplaatsen om herhalingen te vermijden.

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 PAS⁸:

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.

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.

CO2 vastlegging met link naar biomassawinning

⁸ 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

Dit deelthema gaat over koolstofvastlegging in bodems en de uitdaging om dit te combineren met de toenemende vraag naar bio-massa 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 tegen-gaan 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 klimaat-adaptatie (betere watervasthoudend vermogen).

Binnen een circulaire economie zouden de reststromen die over-blijven 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 geogoste 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 landbouw-ambitie, 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 bodembiochemie, -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 & 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 opga-ven 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, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteun end 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 (MultiHemp 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 gewasproductiesystemen met een verbeterde totale gewasrotatie C-fixatie	KB-34-005-001 - Peatlands in the new circular 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 circular & 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 economy naar de bodem	KB-34-012-002 - Closing the technocycle & circular houshold - sustainable lignocellulosic biomass supply for the circular bio-based economy with the international setting considering the local possibilities and traded lignocellulosic biomass.	H2020 Nutri2Cycle, (verbeteren van CNP kringlopen)	H2020 Systemic (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-	Slim landgebruik programma (pilots, incentives, onderwijs)	Carbon Valley, Koolstofboeren, Interreg

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteun end onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9	Implementatiefase
		ontwikkeling, monitoring, metingen)		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, beleidsondersteun end 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 voor voedsel als voor niet-voedingsdoeleinden	<ul style="list-style-type: none"> -Kenmerk in kaart brengen van de verschillende componenten van biomassa uit verschillende gewassen, 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 <i>partitioning</i> process - Begrijpen wat de beste gewassen zijn om de verschillende nuttige te gebruiken plantcomponenten te produceren 	<ul style="list-style-type: none"> -Identificeren van de belangrijkste kenmerken om door te stromen naar gewassen 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 	<ul style="list-style-type: none"> -Evalueren prestaties van gewassen voor volledige biomassa in veldproeven -Evalueren van de opties voor verwerking van biomassa op een demonstratieschaal , inclusief oogstsystemen -Evalueer de veiligheid van de verschillende componenten voor voedseltoepassingen 	<ul style="list-style-type: none"> - 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, beleidsondersteuning end onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	(koolhydraten, eiwitten, lipiden)			
Ontwikkeling van hoogrenderende gewassen die in staat zijn om grote hoeveelheden CO2 te fixeren	<p>Hoog efficiënte biomassagewassen / meerjarige planten;</p> <p>Eenjarigen: oliegewassen voor oleochemie: verbeterde opbrengst, hogere fractie van product tot oogstrestanten energiegewassen voor C-neutrale bio-energie</p>	<p>Identificeren sleuteleigenschappen om de productiviteit van planten te verbeteren (koppeling met dubbele fotosynthese)</p> <p>Identificeer sleuteleigenschappen in planten die de petitionering naar eindproducten beïnvloeden (bijvoorbeeld om een hoger oliegehalte te bereiken)</p> <p>Identificeer factoren die de verhoogde opslag van C in de bodem bepalen (bijvoorbeeld lagere mineralisatiesnelheid van gewasresten) Gebruik nieuwe technieken voor het kweken van planten om verbeterde CO2-fixatie in producten en in de bodem te creëren</p>	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
Ontwikkeling van gewassen en gewasproductiesystemen met een verbeterde totale gewasrotatie C-fixatie	ontwikkelen van methoden om vruchtwisselingssystemen te evalueren in termen van productiviteit en C- en N-dynamiek	<p>Analyseer de C- en N-dynamica van de bodem Ontwikkel gewasrotaties "Klimaatverandering bestendig"</p> <p>Studie-effect van bredere rotaties inclusief gewassen voor C-fixatie en biobased producten op biodiversiteit / natuur.</p>	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 veredelings-technologie voor de ontwikkeling	Ontwikkeling oliehoudende gewassen voor oleochemie:	Evalueren verbeterde rassen in het veld om de geschiktheid en	Een praktische demonstratie opzetten met boeren en eindgebruikers

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteun end onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	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) -technologie om eigenschappen te verbeteren (bijvoorbeeld CRISP-CAS9, mutatiefokkerij)	verbeterde opbrengst, hogere fractie van product tot oogstrestanten energiegewassen voor C-neutrale bio-energie; 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.	prestaties in verschillende omgevingen (marginaal en niet-marginaal land) te laten zien	
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 dubbeldoelgewassen 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: 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	Optimaal gebruik van gewasresten in de praktijk, logistiek en passend bij duurzaam bodembeheer	

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.)
		met behoud van nutriënten in bodem		
Hogere koolstofvastlegging in landbouwbodems	<p>Manipuleren C-N dynamiek in landbouwsystemen: fundamentele kennis opbouw over opbouw en afbraak van C en N in plant, mest en bodem</p> <p>Veredeling gericht op gewassen met meer (ondergrondse) biomassa voor C vastlegging</p>	<p>Kennisopbouw CO2 vastlegging in grotere teelten (optimalisatie bouwplan, dieper wortelende gewassen)</p> <p>Zoeken naar mogelijkheden om de relatie tussen landgebruik en koolstofvastlegging te veranderen en mogelijk ontwikkeling nieuwe combinaties landgebruik (b.v. agroforestry)</p> <p>Hoe kan meer waarde gekoppeld worden aan vastleggen van CO2 in de bodem.</p> <p>Nieuwe verdienmodellen die de vastlegging van koolstof in de bodem stimuleren.</p>	<p>Ontwikkeling gevalideerde technieken voor monitoring CO2 vastlegging in bodems</p> <p>Welke concrete maatregelen (effectief en efficiënt) zijn nodig om de CO2 vastlegging in de bovenste bouwvoor van landbouwbodems te vergroten</p>	<p>Wat is nodig om meer blijvend grasland en/of landschapselementen te realiseren voor vastlegging C vanuit perspectief stakeholders</p>
Nieuwe gewassen in veenweidegebieden die veenoxidatie tegengaan	Fundamentele kennis over broeikasgas- en nutriëntenemissies en mogelijke afwenteling bij omschakeling naar natte landbouw (paludicultuur) in veenweidegebieden	<p>Ontwikkeling oogstmethoden om nieuwe gewassen met minimale bodemverstoring te oogsten</p> <p>Kansenkaart voor nieuwe gewassen op basis van lokale omstandigheden (bodem, ontwatering), waterbeschikbaarheid, marktpotentie, etc.</p> <p>Verbetering en ontwikkeling van methoden om emissies uit bodems te meten</p>	Pilots voor testen en demonstreren van de nieuwe gewassen en oogsttechnieken	Opzetten keten en verdienmodellen voor nieuwe gewassen in veenweide

B.3 E11C Veenweide

Doel: De oxidatie van de veenweidegebieden in 2030 met 1 Mton verminderen in samenhang met de regionale aanpak van de bodemdaling.

Prioritering: De vermindering van oxidatie van het veen kent een regionale aanpak met pilots. Deze pilots zullen met kennis worden ondersteund vanuit het nationale kennisprogramma bodemdaling. In afstemming met dat programma zullen nog prioriteiten worden vastgesteld voor de missie klimaatneutraal binnen het thema landbouw, water, voedsel.

B.4 E11D Bos en natuur

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 biomassaketten. 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 opga-ven 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, coulissen-landschap), 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 de volgende tabel gepresenteerd. Vervolgens zijn uit het overzicht in deze tabel de witte vlekken naar voren gekomen en die worden gepresenteerd in de tabel erna.

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, 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				
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 nutriëntenvoorraden 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)		
Biomassa uit beheer bos en landschap		Veel verkennend onderzoek naar potenties (biomassa uit bos en natuur, en biomassa uit landschap) en naar voorbeeldprojecten. Ook onderzoek naar toepassingsmogelijkheden van		

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.)
		berm- en natuurgras (voor LNV, diverse projecten voor Rijkswaterstaat en in EU-TKI projecten Biomass Policies & S2BIOM)		
Klimaatenvolop 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.	<p>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.</p> <p>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)</p> <p>Klimaatenvoloppe onderzoek naar de effecten van verschillende natuurherstelmaatregelen in verschillende natuurtypen op koolstofemissies en – vastlegging.</p> <p>Blue Carbon in Nederlandse kwelders. Analyse van oppervlakte en mogelijke mitigatie potentie in Nederlandse kwelders (Waardenburg voor Natuurmonumenten)</p>	LNV Klimaatakkoord gelden: tevens fieldlabs gericht op demo en communicatie. Gereedschapskist gericht op informatie voor praktijk: https://vbne.nl/klimaatlimbosennatuurbeheer/	Pilots binnen de klimaatenvoloppe bos en natuur
LULUCF rapportage		<ul style="list-style-type: none"> - Jaarlijkse rapportage naar de VN van de broeikasgasrapportage van het landgebruik in Nederland: bos, landbouw. - LULUCF rapportage (jaarlijks) 		
VERIFY	EU H2020 project: verbetering van inzichten in de huidige GHG balans van het landgebruik in Europa, incl ontwikkeling onafhankelijk systeem voor verificatie			
Deelprogramma: Beheer ecologische systemen in schelpdierproductie in Waddenzee en Zeeuwse wateren met winning biomassa				
<u>KOMPRO – Kennis en</u>		Onderzoek en advisering ten behoeve van duurzame kweek		

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.)
<u>Onderzoek Mossel Productie</u>		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.		
<u>PRODUS - Project onderzoek duurzame schelpdiercultuur</u>		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			

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 biomassa-oogst op bodem en nutriënten 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 agrobosystemen. Daarbij is met name inzicht in de trade-offs nodig ten aanzien van CO₂ vast-legging 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 land-schappen. 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, beleidsondersteuning 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 landgebruikssystemen voor biomassa winning en versterking ecosysteemdienst en (natuur & C-opslag)	<p>Onderzoek naar boomsoorten en planten die aangepast zijn aan veranderend klimaat met maximale koolstofvastlegging en hoge biodiversiteit</p> <p>Onderzoek naar specifieke boom-natuur-combinaties, passend bij bodem</p> <p>Inpassing van biomassaproductie activiteiten in NL landschap die biodiversiteit en ecosysteemdiensten versterken (win-win)</p> <p>Opties voor beheer van dijken, waterwingebieden, grondwaterbeschermingsgebieden, overloopgebieden met winning biomassa en versterking koolstofvastlegging</p> <p>Onderzoek naar relatie bodembiodiversiteit en productievermogen bossen (in aanvulling op lopend nutriëntenonderzoek)</p> <p>Systeemonderzoek naar productiesysteem bos met als doel goede functievulling in combinatie met hogere productie en goede vastlegging C</p>	<p>Overzicht van gebieden en bodems in NL met grootste potenties voor opslag CO₂ (natuur en bossen, landschappelijke beplantingen) en mogelijkheden voor optimaler beheer.</p> <p>- Voedselbossen: Systeem met zwaartepunt op verduurzaming voedselproductie NL</p> <p>Ontwerp agro-bomen (agroforestry) systemen die beter aangepast zijn aan klimaatverandering, goed voor biodiversiteit en CO₂ vastlegging met productie van food en non-food</p> <p>Onderzoek naar nieuwe oogstsystemen en -machines voor gebruik inlands hout (bossen en landschappelijke beplantingen in stedelijk en landelijk groen)</p> <p>Beheer bossen gericht op kwaliteitshout</p> <p>Landschappelijke beplantingen: 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.</p> <p>Bottom-up inventarisatie beschikbare gronden voor biograndstoffen productie (gemeenten,</p>	<p>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 biograndstoffen</p> <p>Inzicht in maatregelen die ontwikkeld kunnen worden om bos, natuur, recreatiegebieden te beschermen, herstellen en reactiveren.</p> <p>Praktijkonderzoek inzet en beheer van landschapselementen voor verbetering biodiversiteit en mitigatie van broeikasgassen (win-win toepassingen)</p> <p>Praktijkonderzoek/de mo projecten inzet agro-bosystemen (agroforestry)</p> <p>Inventarisatie typen ongebruikte gronden en opties voor gebruik voor biograndstoffen productie</p> <p>Pilots dijkenbeheer met biomassaproductie/oogst</p> <p>Pilots overloopgebieden met biomassaoogst</p> <p>Pilots beheer gronden rond Schiphol en andere vliegvelden, militaire oefenterreinen</p>	

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteuning onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
		<p>vliegvelden, provincies, waterschappen etc.)</p> <p>Ontwikkelen van een systeem van zonerings van gronden naar functiecombinaties die wel en niet duurzaam gecombineerd kunnen worden.</p>	<p>Pilots bos-klimaat: Voedselbossen</p>	
<p>Ketenontwikkeling en toepassingen</p>	<p>Biothermische en biochemische toepassingen van diverse en gemengde biomassa stromen uit landschap</p>	<p>Analyse van biomassa samenstelling in waardevolle componenten van biomassa uit bos en landschap en ontwerp optimale bioraffinage toepassingen</p> <p>Ontwerp van logistieke ketens & principes voor verzameling en economisch haalbaar gebruik van biomassa uit landschap, (inclusief biomass yards)</p> <p>Optimalisering van huidige composteringstoepassingen waarbij alle waardevolle componenten in biomassa nuttig worden aangewend</p> <p>Vorbewerkingen ontwikkelen van biomassa die sterk gemengd en vervuild is (hoge as niveau's)</p>	<p>Voorbeeldbedrijven: ervaring opdoen o.a. technische en economische haalbaarheid; dit ten behoeve van grotere uitrol komende jaren</p> <p>Demonstratieprojecten biomassaverwaarding uit landschap&bos/ ontwikkelen van intermediates & commodities die marktontwikkeling helpt</p> <p>Nieuwe businessmodellen voor biomassa uit landschap die vraag en aanbod bij elkaar brengen en security of supply garanderen</p>	<p>Proeftuinen met bos, landshaps-beherende organisaties en biomassa verwerkende industrie</p> <p>Voorbeeld-projecten beheer gronden met biomassa oogst (e.g. vliegvelden, dijken, overloopgebieden etc.) en andere functies</p>
<p>Afwegingskader duurzaamheid en trade-offs biomassa winning-natuur en landschap-klimaat</p>	<p>Onderzoek aan nutriëntenbalans van bestaande en nieuwe beheersystemen: rol van bodemleven (opname nutriënten)/ aanvullende data uitspoeling/ gehalten in bodem en biomassa)</p> <p>Effecten op biodiversiteit van oogst en beheeractiviteiten in bossen en landschap gericht</p>	<p>Nutriëntenbalans: mitigerende maatregelen testen in praktijk in Klimaatlimbosbeheer</p> <p>Optimaliseren bijgroei en C-opslag in bos en landschapselementen</p> <p>Ontwerp en BKG en economische evaluatie van logistieke ketens voor verzameling en gebruik van biomassa uit landschap, (inclusief biomassa yards)</p>	<p>Testen van toolbox afwegingskader in de praktijk</p>	

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteuning onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	<p>op biomassa productie en oogst.</p> <p>Landschappelijke beplantingen en wateropvang : hoe kunnen beplantingen in (nood)overloopgebieden bijdragen aan C-vastlegging, productie biomassa en biodiversiteit; kan dit met oude concepten (grienden) of kunnen er nieuwe concepten worden ontwikkeld</p> <p>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.</p>	<p>Meenemen van effecten op bodem C opslag en broeikasgasemissies in levenscyclus analyses bij nieuwe landschapsbeheer en biomassa oogstsystemen</p> <p>Bijdrage aan UNECE Timber committee outlook studies voor de bos en hout sector, ook gericht op biodiversiteit, CO2 vastlegging en klimaat.</p> <p>Monitoringskader ontwikkeling voor meten van effecten op natuur, landschap en CO2 vastlegging in nieuwe en bestaande landbouwsystemen</p> <p>Ontwikkeling toolbox voor economisch, milieutechnisch en maatschappelijk afwegingskaders voor producenten en gebruikers van biomassa uit natuur en landschap</p>		
Deelprogramma: Beheer ecologische systemen in schelpdierproductie in Waddenzee en Zeeuwse wateren met winning biomassa				
<p>Evaluatie van productie scenario's (soorten, productie methodes en gebieden) voor mariene biomassa winning en versterking ecosysteemdiensten (natuur & C-opslag)</p>	<p>Onderzoek naar de relatie tussen koolstofvastlegging (biomassa productie) en biodiversiteit voor verschillende management strategieën, productie-methodes en soorten.</p> <p>Onderzoek of en hoe ecosysteem diensten (biodiversiteit) verder versterkt kan worden door productie van mariene biomassa (win-win)</p> <p>Onderzoek naar de effecten van klimaatsverandering (temp, verzuring,</p>		<p>Inzicht in maatregelen die ontwikkeld kunnen worden om duurzame productie in natuurgebieden beter te integreren met beleid van deze kustgebieden.</p> <p>Demo-projecten waarbij de effecten van verschillende management beslissingen getest worden op C-fixatie en biodiversiteitsdoelstellingen</p> <p>Inzicht in maatregelen (beleid) die nodig zijn om mariene productie en gerelateerde ecosysteem diensten bestendig te maken</p>	

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteuning onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
	zeespiegelstijging) op de productie van mariene biomassa en gerelateerde ecosysteem diensten		voor toekomstige klimaatsveranderingen.	
Afwegingskader duurzaamheid en trade-offs mariene biomassa winning-natuur en klimaatdoelstellingen		Overzicht genereren van de trade-offs van mariene biomassa productie in huidige (oosterschelde en Waddenzee) en toekomstige productiegebieden	Integraal framework ontwikkelen om cumulatieve effecten (positief en negatief) van biomassa productie op natuurwaarden te evalueren	

Internationale afstemming

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.

Innovatiesysteem en consortiumvorming

In deze deel 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 agrobosystemen en gebieden beheerd door grotere organisaties als waterschappen, natuurbeheerders, Rijkswaterstaat, gemeentes en provincies.

B.5 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:** Diesilverbruik 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 kwaliteitsgestuurde 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.
- **Kas als energiebron:** Het programma Kas als Energiebron heeft als langere termijn ambitie een duurzame (en dus ook rendabele) glastuinbouw sector, die klimaat-neutraal is, waarbij gewerkt wordt vanuit een integrale visie Duurzame Glastuinbouw die volledig circulair en gezond is, 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.

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: Diesilverbruik 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 investeringsregelingen 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, investerings, 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	In kaart brengen welke mogelijkheden er zijn om zonnepanelen te combineren met	Praktijkexperimenten	-Demonstratie -Verdienmodellen

	zonnepanelen met landbouwproductie	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		
Deelprogramma 2: Fossielvrije landbouw				
Fossielvrije teelten en graslandbeheer.	-onderzoek nieuwe technologieën (o.a. in automotiv / 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 -elektrificatie van na-oogst behandelingen en voedselprocessing	-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
Kleinschalige en regionale aanpak voor energiebesparing na-oogst		-ontwikkeling regionale concepten voor energiereductie en hergebruik	-praktijk-experimenten op regionale en lokale schaal, kleinschalige verwerking,	-modelconcepten voor kleinschalige regionale aanpak

		-ontwikkeling kleinschalige naooogstbehandelingen en voedselverwerking - ontwikkeling nieuwe aanpak ontwateren	koppeling verschillende ketenpartners, fieldlabs -evaluatie duurzaamheid en economische impact van regionale verwerking	
--	--	---	---	--

*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 Preventieakkoord
- 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 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.

Kas als Energiebron

Samenvatting

Het programma Kas als Energiebron heeft als langere termijn ambitie een duurzame (en dus ook rendabele) glastuinbouw sector, die klimaat-neutraal is, waarbij gewerkt wordt vanuit een integrale visie Duurzame Glastuinbouw die volledig circulair en gezond is, 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.

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 kas-omgeving. Voor de gewasgroei in daarbij essentieel dat voldoende externe CO₂ bronnen ontwikkeld worden.

Binnen deze 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.

Vanuit de visie Duurzame Glastuinbouw wordt ook uitvoering gegeven aan het deelprogramma Het Nieuwe Doen in Plantgezondheid, en het deelprogramma Glastuinbouw Waterproof in missie A. In genoemde deelprogramma's wordt gestreefd naar:

- Een emissieloze kas in 2027 voor zowel grondteelten als substraatteelten door recirculatie, zuiveren van reststromen en voldoende goed gietwater. Een water-efficiënte productie en klimaat-bestendig 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.

Er wordt gewerkt aan een integrale samenhang van bovenge-noemde innovatie sporen, waarbij inzicht komt in negatieve en positieve interacties.

Inleiding

In het hoofdstuk Energie van de KIA Klimaat, Landbouw en Land-gebruik 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 Klimaat-bestendig 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 klimaatneutraal is. Er wordt in dit MMIP ook gewerkt aan een integrale samenhang van de innovatie sporen op het gebied van plantgezondheid en water/milieu (onderdeel elders), 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.

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 glastuin-bouw zelf geen productie van CO₂ meer plaatsvindt, moet CO₂ van elders aangevoerd worden voor de gewasgroei. Bij de juiste rand-voorwaarden 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 be-drijven uiterlijk in 2030
- Realisatie van warmtenetten in alle glastuinbouwclusters uiterlijk in 2030
- Doorontwikkeling van aardwarmte met 2 tot 3 nieuwe bron-nen per jaar
- Herstructurering en nieuwbouw van het areaal met minimaal 300 ha per jaar

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 het thema energie. Dit betreft met name het Topsector-TU programma Energie en CO₂ (jaarlijks), waarbinnen tientallen projecten zijn uitgevoerd op het gebied van energiezuinig telen en toepassing/winning van duurzame energie. Daarnaast enkele specifiek PPS'n: Winterlichtkas, Fo-tosynthesesensoren, Lichtkleuren t.b.v. gewasontwikkeling, LED-toepassing.

www.kasalsenergiebron.nl/onderzoek/

<https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/plant-research/glastuinbouw.htm>

<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, beleidsondersteuning onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Kas als Energiebron				
Het Nieuwe Telen; Energiebesparing	Plantfysiologie m.b.t. fotosynthese, lichtbenutting, lichtspectrum, gewasflexibiliteit i.r.t. warmte, CO ₂ dosering, water, voeding en plantweerbaarheid, -gezondheid.	Sturing op gewasarchitectuur, assimilatenbalans, LED: lichtspectrum, gemis warmtestraling Veredelen op planteigenschappen/QT L's voor teelt onder energiezuinige condities.	Optimale inzet LED en lichtspectrum, sensoren en big data technieken. Interacties energie, water, plantgezondheid, veredeling Teeltconcepten met 50% CO ₂ reductie in bestaande kassen	Kennisuitwisseling, -opbouw en ondersteuning telers, adviseurs toeleveranciers, veredelaars via cursussen, e-learning, monitoren en demo praktijktoepassingen

	Kasdek- en schermmaterialen voor spectrumselectie, vochtdoorlatendheid i.c.m. hoge isolatiewaarde	<p>Integrale duurzaamheid van energie, water en plantgezondheid.</p> <p>Techniek: Ontvochtiging en terugwinning latente warmte, nieuwe schermmaterialen, lagere piekvraag e.d.;</p> <p>Energiezuinige kasconcepten in combinatie met nieuwe materialen ICT: big data, (licht)sensoren, algoritmes/modellen</p> <p>Houding en gedrag telers, toeleveranciers, adviseurs; ontwikkeling beleids-interventies</p>	Verlagen winterpiek door isolatie en teeltstrategieën Beste manier om onderscheid in de consumentenmarkt te scheppen	<p>Campagne best practices</p> <p>Integreren in onderwijsprogramma's: lesmateriaal, stages, afstudeerprojecten, bijscholing docenten</p> <p>Monitoring energiegebruik en CO2-emissie glastuinbouw, penetratiegraad opties, besparing; methodebepaling CO2-emissie i.s.m. WEcR, PBL/CBS</p> <p>Bevorderen marktinitiatieven productpositionering duurza(a)m(er) geteeld</p> <p>Kennisinzet t.b.v. verbetering subsidie instrumenten energiebesparing</p>
Duurzame energie inzet: aardwarmte, bio-energie, zonne-energie, aquathermie, all-electric	Kasdek- en schermmaterialen voor hernieuwbare warmte- en elektraproductie.	<p>Klimaatneutrale teeltconcepten met inzet van duurzame bronnen (incl. benutting WKO, warmtepompen e.d.) i.r.t. energiebesparing.</p> <p>Aardwarmte: mogelijkheden van (on)diepere aardwarmte, nieuwe materialen en (boor)technieken; professionalisering sector</p>	Klimaatneutrale bedrijfs- en gebiedsconcepten (basis-middenpieklust), incl. aandacht voor solitaire bedrijven en extensieve teelten	<p>Roadshow Fossielvrij t.b.v. strategisch denken over energietransitie op eigen bedrijf.</p> <p>Ontwikkelen hulpmiddelen (factsheets over opties, rekentools, gebiedsplannen etc.) Communicatie over kennis en resultaten o.m. via website, EnergiekEvent, roadshow fossielvrij, gewasbijeenkomsten, studiegroep bio-energie</p> <p>Makel- en schakelrol gebiedsgerichte aanpak, verbinding met bestaande of potentiële energiebronnen, en input op RES</p> <p>Aardwarmte: implementatie industriestandaarden en professionalisering; inzet op benutting aardwarmte</p> <p>Bevorderen marktinitiatieven productpositionering duurza(a)m(er) geteeld</p> <p>Kennisinzet t.b.v. verbetering subsidie instrumenten duurzaam</p>
CO2 voorziening		Benutten CO2 uit buitenlucht; Direct Air Capture (DAC)	DAC op praktijkschaal resp. in de praktijk/regio	Uitrol CCU

		CCU met industrie- en afvalsector incl. CO2 seizoensbuffering (lege gasvelden e.d.)	Praktijkdemo's CCU met industrie en afvalsector	
--	--	---	---	--

Positionering MMIP

De glastuinbouwondernemers hebben in hun dagelijkse praktijk met zowel de doelstellingen op CO₂ en energie, water, en plantgezondheid 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. Dit MMIP heeft daarom 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 in samenhang met 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 het bestaande programma Kas als Energiebron dat in nauwe samenspraak met tuinbouwondernemers wordt 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 (Kennis in je Kas) 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 drie 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 is een van de instrumenten in de tuinbouwagenda, in samenhang met het thema 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 (versnellingsstafels), 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

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 TU, Water en AF. 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 de programma's 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.

In dit MMIP wordt naast klimaatneutraal mede ingezet op een integrale aanpak voor een duurzame glastuinbouw. De ondernemer van nu staat voor een heel aantal vraagstukken en opgaven die voor de toekomstbestendigheid van de onderneming in samenhang ingepast moeten worden. Dat is geen sinecure, omdat het gaat om complexe processen en voorkomen moet worden dat de oplossing van het ene vraagstuk niet een probleem voor een ander vraagstuk veroorzaakt. Bij meerdere doelen is het een kwestie van optimum zoeken. Denken vanuit het bedrijf van de glastuinbouwondernemer waar alle uitdagingen en vraagstukken samenkomen en het bedrijfsrendement bepalen is daarom ook vanuit beleid, onderzoek en belangenvertegenwoordiging noodzakelijk.

B.6 E12B Biomassa

Samenvatting

Doel: Deze MMIP draagt bij aan de missie 'In 2050 is het systeem van landbouw en natuur klimaatneutraal'. Bij een stijgende vraag naar voedsel en biomassa voor (bouw)materialen en energie zijn de innovatieopgaven voor vermindering van de CO₂ -uitstoot en vastlegging in de Nederlandse agri-horti-food sector en landgebruik in breder perspectief uitermate groot. Dit MMIP schetst de kennis- en innovatieopgaven 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 biograndstoffen.

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

1. verhoging biomassaproductie met verdubbelde fotosynthese in 2050 en zeewierteelt.
2. vaste biomassa als bouw materiaal
3. Koolstof als grondstof is volledig biobased

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 biomassa productie 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 als gevolg van een optimale productie en gebruik van biograndstoffen.

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 verhoging biomassateelt met verdubbelde fotosynthese in 2050 en zeewierteelt
- 2 vaste biomassa als bouw materiaal
3. Koolstof als grondstof is volledig biobased

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.

Biomassaproductie – fotosynthese

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 klimaatbehoudige 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 biograndstoffen 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.)	Ontwikke fase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9	Implementatiefase
Verdubbelde fotosynthese			
BioSolar Cells: <ul style="list-style-type: none"> - 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: <ul style="list-style-type: none"> - 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/ Grootchalige 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 Grootchalige 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 interactions 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 biomassa-productie 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 vertonen. 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 geïntroduceerd.

Nieuwe Kennis en Innovatieopgaven i.r.t. 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 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
Deelprogramma 1: Verdubbelde fotosynthese			
<ul style="list-style-type: none"> - 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 efficiëntie van fotosynthese en het elimineren van knelpunten onder suboptimale omstandigheden 	<ul style="list-style-type: none"> - 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 (pre-breeding) 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 	<ul style="list-style-type: none"> - 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. 	<ul style="list-style-type: none"> -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.

	van gewas-specifieke, optimale allelen -Pre-breedingsmateriaal met een hogere fotosynthese-efficiëntie, hogere 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 deelresultaten door middel van het tijdig opstarten van strategisch/toegepast onderzoek op hogere TRL-niveaus.

Biomassaproductie - 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 geogoste 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 geogoste 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 geogoste 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 geogost 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 geogoste 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 geogoste 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 geogoste 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	BE-programma Seaconomy (afgesloten) H2020 Genialg (lopend o.a. WR) Interreg Bio4Save	BE-programma Seaconomy (afgesloten) H2020 Genialg (lopend o.a. WR) Interreg Bio4Save (lopend		

van afzet en business cases	(lopend) AF-16202 Proseaweed (lopend WR) Interreg-Valgorize (lopend o.a. NIOZ) Zeevivo (lopend o.a. NIOZ, WUR en VHL)	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 demovelden op de Noordzee, van waar uit deelvraagstukken kunnen worden opgepakt.

Innovatietraject nationaal programma Zeewierproductie in de Noordzee

Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkeelfase	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 hebben op lokale nutriëntenconcentratie, biodiversiteit, zeestroming etc Gemechaniseerde enten oogstmethodes	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 zeewiersystemen o.b.v. uitkomsten onderzoek in deelprogramma 3 en 4 Ontwikkeling van numerieke modellen gebaseerd op realistische data Ontwikkeling van gemechaniseerde enten oogstmethodes	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.
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 demovelden, valideren van modelstudies	Monitoring binnen demovelden, valideren van modelstudies	Uitkomsten onderzoek meenemen in programma van eisen voor nieuwe windmolenparken (kavelbesluiten)
3. Ecologische haalbaarheid en ontwikkeling ecosysteemdiensten				

<p>Zeewierproductievelden met een locatieafhankelijke omvang zonder negatieve ecologische gevolgen voor nutriënten-beschikbaarheid, biodiversiteit, schaduwwerking, visstand, bodem, verspreiding exoten. Inzicht in ecologische effecten van zeewierproductie, visproductie, en schelpdierproductie. Zeewierproductie in combinatie met natuurontwikkeling. Maximaliseren positieve ecologische effecten Zeewierproductie in combinatie met ecosysteemdiensten (CO2 vastlegging en kraamkamerfuncties voor zeedieren)</p>	<p>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?</p>	<p>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</p>	<p>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</p>	<p>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</p>
<p>Deelprogramma</p>	<p>Onderzoeksfase</p>	<p>Ontwikkelfase</p>	<p>Demonstratiefase</p>	<p>Implementatiefase</p>
<p>4. Ontwikkeling duurzame grootschalige productiewijzen</p>				
<p>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.</p>	<p>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 jaarrondeelten en wisselteelten Ontwikkeling van systemen voor monitoring van groei en kwaliteit op afstand</p>	<p>Monitoring van het optreden van ziekten en plagen in demo-velden. 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 demo-velden. Testen jaarrondeelten en wisselteelten in demo-velden</p>	<p>Monitoring van het optreden van ziekten en plagen in demo-velden. 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 jaarrondeelten en wisselteelten i.s.m. ondernemers</p>	<p>Toepassing van ontwikkelde methodieken en systemen in commerciële productievelden</p>
<p>5. Fysiologie en veredeling van Noordzeesoorten</p>				
<p>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</p>	<p>Verdiepende kennis over genetica, fysiologie, morfologie van Noordzeesoorten. Brede inventarisatie Noordzeesoorten en eigenschappen daarvan i.r.t. seizoenen 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.</p>	<p>Veldexperimenten met geselecteerde cultivars in demo-velden. Implementatie van in situ sensoren, testen van indicatoren voor groei en kwaliteit, testen rotatieteelten in demo-velden</p>	<p>Centrale demo-velden waarbij ondernemers, onderzoeksinstellingen en overheid doorlopend onderzoek kunnen doen naar nieuwe zeewiersoorten en productietechnieken</p>	<p>Gebruik van veredelde rassen en ontwikkelde methodes in commerciële zeewierproductievelden</p>
<p>6. Verwerking geoogste biomassa en ontwikkeling fractioneringstechnieken</p>				

Voorbewerking en bewaring van geogoste biomassa dichtbij het kweekveld en in nabij gelegen havens Extractie van hoogwaardige componenten (hydrocolloïden, koolhydraten, eiwitten, steroïden, polyphenolen etc). Benutting als grondstof voor voeding, chemie, en energie	Ontwikkeling voorbewerkings- en bewaringstechnieken Ontwikkeling fractioneringstechnologieën en isolatie van functionele componenten in geogost materiaal. Proof of principle op labschaal	Opschaling voorbewerkings- en bewaringstechnieken naar demoschaal Opschaling fractioneringstechnologieën naar demoschaal. Ontwikkeling van business i.s.m. deelprogramma 7	Opschaling naar industriële schaal	Certificering van zeewiergrondstoffen
Deelprogramma	Onderzoeksfase	Ontwikkelfase	Demonstratiefase	Implementatiefase

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 duurzaamheidsclaims 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 biostimulant en gewasbeschermingsproduct.	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 geogoste 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 beroepsopleiding		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.	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 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 productiegebieden Stimuleringsinstrumenten en garantiestelling voor voorinvestering die ondernemers in staat stelt te gaan produceren. De stimuleringsinstrumenten worden zo
--	---	--	---	--

<p>Certificering van verwerking van biomassa en toepassingen hiervan in veilige en duurzame producten</p>	<p>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 geooogste biomassa en certificeren van toepassingen in veilige en duurzame producten i.s.m. deelprogramma 6 en 7</p>			<p>ingericht dat de zeeviersector wordt "uitgedaagd" om de investerings- en operationele kosten te reduceren Publieksinformatie over producten en diensten van de Noordzee. Ontwikkeling van maatschappelijk draagvlak.</p>
---	---	--	--	---

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 medege-bruik 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 schattin-gen van de natuurlijke ecologische draagkracht van de Noordzee dat een maximale zeewierproductie van enkele honderden vier-kante kilometers binnen het Nederlands deel van de Noordzee mo-gelijk is. Dit komt overeen met het uitgangspunt van de zeewier-sector zelf. Zij streven naar 500 km² Noordzee voor multifunctio-nele zeewierproductie. Dit is een oppervlak ter grootte van onge-veer 25% van het Nederlandse landbouwareaal. Het ruimtelijk po-tentieel is dus enorm. Op dit moment vindt er nog geen grootscha-lige zeewierteelt (> 10 ha) plaats op de Noordzee. De keten dient nog grotendeels ontwikkeld te worden. Dit is een enorme innova-tieopgave. 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 stimuleringsin-strumentarium.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

- Innoveren met een missie. Integrale kennis- en innovatie-agenda voor klimaat en energie. Taakgroep innovatie Klimaatak-koord (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 gekop-pelde 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 omliggende 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 natuurontwikkeling en commerciële schelpdierteelt, vergt een multidisciplinaire ketenaanpak. Zeewierondernemers, kennisinstellingen en overheden werken hierbij nauw samen in grootschalige demo-projecten (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.

Vaste biomassa 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.

- Markontwikkeling 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 onderzoeklijnen:

- 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 emissies⁹. 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 gebruiksfase¹⁰.

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

⁹ ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings

¹⁰

www.circulair economienederland.nl/transitieagendas/transitieagenda+bouw/default.asp
X

hergebruik en minder milieu-impact) ¹¹. De Transitie-agenda Circulaire Bouweconomie spreekt over compleet circulaire bouw in 2050 met daarbij grootschalig gebruik van biobased materialen¹². 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 bouw¹³. 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 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

¹¹ <https://www.ser.nl/nl/actueel/werkprogramma/circulaire-economie.aspx>

¹² <http://www.debouwagenda.com/actueel/downloads+en+brochures/handlerdownloadfile.s.ashx?idnv=955001>

¹³ <https://www.buildingholland.nl/themas>

- 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'¹⁴ met maatschappelijke actoren in de thema's grondstoffen, bouw en biobased economie. Diverse hogescholen hebben ook een lectoraat voor biobased bouwen ingesteld¹⁵, 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

¹⁴ <https://www.greendeals.nl/>

¹⁵ <https://www.avans.nl/onderzoek/expertisecentra/centre-of-expertise-biobased-economy/lectoraten/biobased-bouwen>

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 bouw materiaal in demonstratie bouwproject	Investering in opschaling productie, marketing en sales
Teelt van specifieke oliezaadgewassen	Ontwikkeling nieuwe rassen, uitbreiding teelt areaal, oogstmethode	Extractie oliezaad 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				
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) biograndstoffen	Identificatie van beschikbare volumes en evaluatie geschiktheid geselecteerde biograndstoffen voor inzet in bouwtoepassingen	Ontwikkeling bouwsystemen op basis van geselecteerde biograndstoffen	Aantonen van toepasbaarheid en functionaliteit van nieuwe bouwsystemen in praktijk demo	Marktintroductie nieuwe bouwsytemen
Deelprogramma 4 - Ontwikkeling van circulaire bouwsystemen, met lage CO₂ impact				
Ontwikkeling van milieuvriendelijke methoden voor verduurzaming van biobased bouwmaterialen	Verhoging van de functionele levensduur van biobased bouwmaterialen dmv milieuveilige verduurzaming	Onderzoek naar effecten van omgevingsfactoren (weer en wind /uv of micro-organismen) 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				
Klimaattaafel 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 agri-food 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 bouwketen, 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.

Nieuwe koolstof is volledig biobased

Een deel van de als grondstof benodigde koolstof¹⁶ 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 nodig¹⁷ 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.
- Ontwikkeling van kennis, concepten en ondersteunende technologie om kleine biobased moleculen maximaal efficiënt 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. industrieproducten 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 cascaderingstechnologieën 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

¹⁶ Biomassa als grondstof voor elektriciteits- of warmteproductie valt buiten de scope van deze missie

¹⁷ 20% van verbruik grondstoffen 2016 (CBS)

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/Kernthemabeschrijving-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-grondstoffenefficiëntie-duurzame-circulaire-impact/>
- Nationale wetenschapsagenda 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 ¹⁸	- Implementatiefase	- Ontwikkel- & demonstratiefase	- Onderzoeksfase
Omschakelen van productie gebaseerd op olefines naar productie gebaseerd op koolhydraten	<ul style="list-style-type: none"> - Koplopers faciliteren - Implementatie van makkelijk recycleerbare (biobased) materialen bv door een bio-circulair preferred programma 	<ul style="list-style-type: none"> - Biobased building blocks uit zeewier: selectie profitable winning (na eiwit), demoschaal ontwikkelen (polymeren) - Demonstratie van makkelijk recycleerbare (biobased) materialen 	<ul style="list-style-type: none"> - Biobased building blocks uit zeewier: compound identification en schets process design voor winning - Design van makkelijk recycleerbare (biobased) materialen
Productie kleine molecuul building blocks	<ul style="list-style-type: none"> - Vergassing afval (incl. RDF, SRF) voor productie syngas (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 bio-naphtha en/of BTX en olefines: schaalstappen faciliteren - Bioraffinage & bio-ethanol fermentatie: fiscaal regime aanpassen - Novel biobased building blocks (PLA, PHA, PHB, FDCA, succinic acid etc): fermentatie, chemo-katalytisch: schaalstappen faciliteren 	<ul style="list-style-type: none"> - Vergassing afval (incl. RDF, SRF) voor productie syngas (overlap met lijn chemisch afval) uitwerken demo - Biomassa vergassing voor productie groen gas & chemicaliën en/of syngas uitwerken demo - Biomassa pyrolyse voor productie bio-naphtha en/of BTX en olefines: hydrogenering kostprijsreductie - Bioraffinage & bio-ethanol 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-efficiënte processing - Biobased building blocks uit zeewier: 	<ul style="list-style-type: none"> - Novel biobased building blocks (naar PLA, PHA, PHB, FDCA, succinic 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

¹⁸ Hier kunnen systeemrollen ontstaan (afstemmen met integratie): *In Brazilië 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.*

		process design voor alcoholen	
Biomassa als materiaal component	<ul style="list-style-type: none"> - Implementatie van het gebruik van biomassa in de gebouwde omgeving: isolatie, bouwmaterialen, bioasfalt/biobitumen, cement etc - Verdere vergroening van paints, lubricants, etc 	<ul style="list-style-type: none"> - Ligninefractie naar bouw materiaal ontwikkelen 	-
Koolstof als reductiemiddel staalindustrie	<ul style="list-style-type: none"> - Biomassareststroom torrefactie voor gebruik in staal industrie: doorzetten pilot/demo 	<ul style="list-style-type: none"> - Biomassareststroom torrefactie voor gebruik in staal industrie: ontwikkelen torrefactie voor natte zij/nevenstromen 	-
<i>Transitie-ondersteunende kennis en tools (publiek perspectief) t.b.v. adaptief programmeren</i>			
Gedrag m.b.t. industrieproducten en adoptie van nieuwe technologieën en concepten	<ul style="list-style-type: none"> - Verkenning van handelingsperspectief en ontwikkelen van scenario's en roadmaps - Verbeteren en verdiepen kennis van gedrag met meer focus op koopmotieven consument - Verbeteren en verdiepen kennis van gedrag met meer focus op koopmotieven producent - Versterken van de inzet van methoden voor transitie management - 	<ul style="list-style-type: none"> - Kennis en tools voor inschatten van effecten van niet-technische CO2-reductiemaatregelen in personenmobiliteit en logistiek - Methodieken voor opzetten en monitoren 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 	<ul style="list-style-type: none"> - (Methodieken voor) systeemanalyse en systeemoptimalisatie binnen de industrie irt landschapsgebruik, de mobiliteits- en energiesector - Versterken kennis van gedrag koopkrachtig individu in consumptie en productie
Cascaderings-technologie naar verschillende deelsectoren (mobiliteit, chemie, energie)	<ul style="list-style-type: none"> - Sleuteltechnologieën versneld naar de markt brengen in PPS (triple helix). Vergassing, pyrolyse, bioraffinage. - 	<ul style="list-style-type: none"> - 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. 	<ul style="list-style-type: none"> - 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
----------------	---	---	--

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 bi-omassa en B4: Energieopwekking: biograndstoffenproductie.

Deze 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 deze MMIP zijn er ook raakvlakken met de MMIPs 11 (Noordzee, oceanen en binnenwateren). Er heeft dan ook veel afstemming plaats gevonden om de inhoud van deze 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 kern-competentie 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 gedrags-wetenschappen, gevoed door het NWO pakket "Transities de menselijke maat". Rondom de inzet van biomassa voor non-food doel-einden 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 deze 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 onderzoeksinstituten samen met 38 bedrijven bij de uitvoering van een breed, multidisciplinair onderzoeksprogramma op het gebied van het begrijpen, optimaliseren en toepassen van het foto-synthese 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 foto-syntheseonderzoek deel kan gaan uitmaken van een voorgestelde Mission in het agro-food domein: "Soil Health and Food".

Maatschappelijk: Het verhogen van de globale biomassa-productie 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 vra-gen 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 Eu-ropese en Internationale policies waarvan het Parijse Klimaatakkoord wel de meest aansprekende is.

Met het voorgestelde onderzoek zal Nederland een belangrijke bij-drage 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 bi-omassa, 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 verorde-ning).

Financieel / economisch: Voor Nederland als een van de groot-ste 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 om-schakeling 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 toege-past worden. Dit vergt ook bedrijfsmatig opwerken van biomassa stromen en creëren van biorafinage processen die de vraag naar biomassa in de markt moeten zetten. De logistiek, ketenvorming zijn belangrijk, naast de technieken van oogsten en naogverwerking waarbij bij de winning scheiding van bodemdeeltjes en zwerf-afval 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 biomassaproduktie 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 vastlegging. 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 Europese 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-Maximilians University Munchen, The University of Nottingham, University of Essex, Imperial College Londen, Forschungszentrum Juelich 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 Melinda Gates Foundation bestaan uitstekende relaties met Wageningen UR. Fotosyntheseonderzoekers 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.

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 BioBased 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 financiële 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, gecoördineerd door Wageningen Research) die samenwerken 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.