

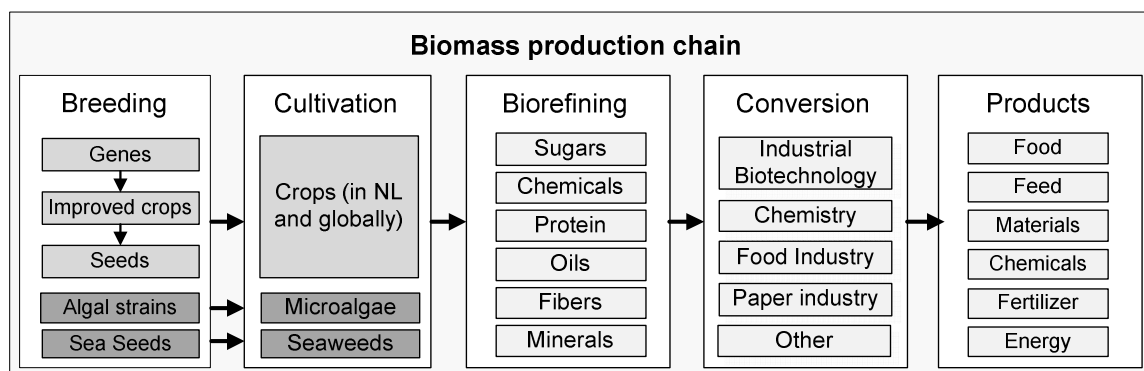
Groeikracht!

Een publiek-privaat programma voor het verkrijgen van duurzame en lucratieve grondstoffen voor de biobasedeconomy

1. Kansen voor Nederland

In de biobasedeconomy (BBE) wordt aardolie als grondstof voor de productie van energie, transportbrandstoffen, chemiegrondstoffen en materialen vervangen door biomassa. Deze biomassa is direct of indirect afkomstig van planten of van fototrofe organismen zoals algen en cyanobacteriën. Om aan de toenemende vraag naar biomassa te kunnen voldoen is ten eerste een sterke verhoging van de plantaardige productie nodig. In de tweede plaats is er behoefte aan planten en algen waaruit specifieke hoogwaardige grondstoffen kunnen worden gewonnen. Nederland is bij uitstek toegerust om in beide behoeften wereldwijd een belangrijke en strategische rol te spelen.

Allereerst beschikt ons land over een belangrijk cluster van kennisintensieve plantenverdelings- en verwerkingsbedrijven die zijn gespecialiseerd in hoogwaardige teelten. Nederlandse bedrijven zijn toonaangevend in de verdeling van groenten, pootaardappelen en siergewassen, en de Nederlandse *high tech* glastuinbouw is internationaal vermaard om zijn hoge productie-efficiëntie en kennisintensieve karakter (linker twee blokken in **Fout! Ongeldige bladwijzerverwijzing.**). De opbrengsten die in Nederland worden gerealiseerd



Figuur 1. In de productieketen van biomassa voor de BBE beschikt Nederland over een unieke en strategische positie, dankzij de hier aanwezige bedrijvigheid en kennis op het gebied van plantenveredeling, productie van hoogwaardig en ziektevrij uitgangsmateriaal, hoogwaardige, kennisintensieve teelten, de offshore industrie, en ruime ervaring met samenwerking in de keten.

zijn gemiddeld vijf maal zo hoog als elders in Europa. Toepassing van deze Nederlandse teelt- en verdelingskennis biedt een geweldige kans voor het beter benutten van het huidige landbouwareaal voor de productie van hernieuwbare grondstoffen voor chemie en energie.

Optimalisering van teelten op het beschikbare landbouwareaal alleen zal echter niet voldoende zijn om te voldoen aan de vraag naar landbouwproducten en grondstoffen voor de BBE. Om in de stijgende vraag te kunnen voorzien zijn ook andere baanbrekende oplossingen nodig. Belangrijke oplossingsrichtingen zijn productie van algen en wieren. Microalgen kunnen geteeld worden in gesloten systemen met zeewater, en op plekken waar geen landbouw mogelijk is, zoals in woestijnen. Algen zetten zonlicht en nutriënten veel efficiënter om in bijvoorbeeld bruikbare olie dan bestaande landbouwgewassen. Ook de overige componenten van algen (o.a. hoogwaardige eiwitten) kunnen via bioraffinage worden gewonnen en benut in veevoer en humane voeding.

Ook de teelt van zeewier biedt bijzondere kansen. Door in kustwateren zeewierbiomassa te produceren wordt de druk op het landgebruik aanzienlijk gereduceerd. Zeewier heeft de potentie dé duurzame eiwitbron van de toekomst te worden. Niet alleen bevatten veel wieren een hoog gehalte aan eiwitten (tot 25% van de droge stof), ook is de eiwitfractie van hoge functionaliteit. Ook de overige fracties zijn vaak van een bijzondere samenstelling, zodat zeewier grondstoffen kan leveren voor hoogwaardige toepassingen, zoals smaakstoffen, vitamines en cosmetica. Groot voordeel is dat zeewier nauwelijks of geen lignine bevat, hetgeen de ontsluiting van inhoudsstoffen met bioraffinage vergemakkelijkt. Als kustland met een belangrijke offshore industrie en een traditie van innovatieve, hoogproductieve landbouw is Nederland bij uitstek geschikt om in de teelt en veredeling van zowel algen als wieren een belangrijke rol te spelen.

Naast het reeds genoemde bedrijfsleven beschikt Nederland over een hoogwaardige en goed georganiseerde kennisinfrastructuur op belangrijke terreinen van plantkundig onderzoek, zoals genomics, metabolisme van inhoudsstoffen, genetica en fysiologie. Op het gebied van de fototrofe algen en micro-organismen is veel kennis over bioprocesstechnologie en microbiologie. Bovendien staan deze kennisinstellingen in een lange traditie van intensieve samenwerking met het bedrijfsleven. Een actueel voorbeeld van een publiek-privaat samenwerkingsverband is BioSolarCells, een omvangrijk programma waarin samen met het bedrijfsleven wordt onderzocht hoe de fundamentele fotosynthesecapaciteit van planten en micro-organismen kan worden verhoogd.

Via intellectueel eigendom - kwekersrecht op nieuwe plantensoorten, wieren en algen, en octrooien op technologie - is Nederland in staat zijn strategische positie op het gebied van veredeling en hoogwaardige en vernieuwende teelten te behouden en te gelde te maken. Voorwaarde voor de ontwikkeling van succesvolle nieuwe biobased ketens is wel dat partijen verderop in de keten nauw betrokken zijn. De projecten binnen dit workpackage zijn daarom bij uitstek co-innovatie-projecten: niet alleen wordt er een nieuwe grondstof ontwikkeld, maar tegelijk doen de beoogde gebruikers van die grondstof ervaring op met de verwerking ervan.

2. Het programma

Om de kansen die zich voor Nederland voordoen optimaal te benutten worden drie programmalijnen ingezet:

- Genen voor groene grondstoffen
- Teelt van groene grondstoffen
- Groene grondstoffen uit aquacultuur

De eerste programmalijn is gericht op veredeling inclusief fundamentele kennis van plantengenomica, metabolisme en -fysiologie. De tweede lijn is gericht op het ontwikkelen en optimaliseren van nieuwe en hoogwaardige teelten. De derde lijn is gericht op biomassa productie met algen en wieren. In de volgende drie paragrafen worden deze lijnen verder toegelicht, deels aan de hand van enkele uitgewerkte voorbeelden.

Bijdrage aan de milestones topsectoren

Het werkpakket *Groeikracht!* draagt op meerdere manieren bij aan de doelen zoals deze zijn geformuleerd door de verschillende topsectoren (samengevat in 'Een punt op de horizon'). Zo is het aanpassen van gewassen aan biobased toepassingen is een expliciete doelstelling van de topsector Agrofood (*Agro*). Aan opbrengstverhoging onder abiotische stress, een doelstelling van de veredelingssector, wordt gewerkt door de fundamentele fotosynthesecapaciteit van planten te verhogen (*Uitgangsmaterialen*). Ook het ontwikkelen van precursor chemicals in gewassen als suikerbiet is een expliciete wens van de veredelingssector, evenals het ontwikkelen van algenteelten voor hogere waarden-segmenten (*Uitgangsmaterialen*). Dit laatste is samen met telen van wieren een ambitie van topsector Agrofood (*Agro*). Via algenteelt op een oppervlak slechts zo groot als Portugal kan worden voorzien in de volledige Europese behoefte aan transportbrandstoffen (*Logistiek*) en 40x de hoeveelheid eiwit die Europa nu invoert in de vorm van soja (*Food*). De tuinbouw wil graag plantaardige reststromen valoriseren en biopesticiden produceren; op de langere termijn is de ambitie om speciale gewassen te telen voor toepassingen in de farmacie en cosmetica (*Tuinbouw*). De teelt van zeewier draagt bij aan een verlaagde footprint van diervoeding bij verbeterde kwaliteit (*Food*) en bespaart het gebruik van zoet water (*Water*).

2.1 Genen voor groene grondstoffen

Deze programmalijn is gericht op veredeling van gewassen die hoogwaardige chemie- en energiegrondstoffen leveren. Projecten binnen deze lijn zijn fundamenteel of strategisch van aard en zijn gericht op de volgende doelen:

1. Domesticeren van nog niet eerder gecultiveerde gewassen;
2. Aanpassen van bestaande raffinagegewassen voor de nieuwe 'biobased' toepassingen;
3. Ontwikkelen en inbouwen van nieuwe eigenschappen, zoals genen die coderen voor specifieke hoogwaardige inhoudsstoffen;
4. Verhogen van de opbrengst van planten door een verhoogde fotosynthese-capaciteit;
5. Ontwikkelen van fundamentele (genoom)kennis over planteigenschappen die essentieel zijn voor het welslagen van de eerstevier doelen.

Een overzicht van de projecten binnen deze programmalijn wordt gegeven in bijlage 1. In de cases A t/m D wordt deze programmalijn verder geïllustreerd.

Case A: Itaconzuur uit suikerbieten

Itaconzuur is een veelbelovende 'biobased' bouwsteen voor chemie, en kan de groene vervanger worden van petroleum-gebaseerde acryluren. Itaconzuur is industrieel toepasbaar als co-monomer voor (absorberende) polymeren, papier, geurstoffen, verzorgingsproducten en verdikkings- en schoonmaakmiddelen. De stof wordt als grondstof ingekocht door bedrijven als DSM. Itaconzuur wordt van nature geproduceerd door de schimmel *Aspergillus terreus*. De huidige wereldwijde productie van itaconzuur op basis van deze schimmel bedraagt circa 80.000 ton/ jaar en vindt plaats in China, met een marktwaarde van €2500/ton. Door de genen die coderen voor de productie van itaconzuur uit *A. terreus* in aardappel te introduceren kon itaconzuur worden opgehoopt tot 2,5% van het drooggewicht (proof of principle en IP). Dit gehalte is nog te laag voor een economische rendabele teelt. Een beter doelgewas is bovendien suikerbiet, dat een zeer hoge biomassaopbrengst heeft en water oplosbare stoffen tot een zeer hoge concentratie kan ophopen. Suikerbieten waarvan 10% van de drooggewicht uit itaconzuur bestaat (en 60-70% uit suiker), worden als realistische uitkomst gezien. Itaconzuur, via bioraffinage gewonnen uit dergelijke suikerbieten, kan op de wereldmarkt concurreren met itaconzuur uit *A. terreus*. De suiker uit de itaconzuurbiet kan worden benut voor productie van ethanol, furanen of als grondstof voor industriële biotechnologie. De geschatte extra omzet in Nederland voor veredelaars, telers en agro-verwerkende industrie wordt geschat op €250 miljoen per jaar. De ontwikkeling van deze suikerbiet vindt plaats in nauwe samenwerking met SESVanderHave, Royal Cosun en DSM, die elk een bijdrage leveren.



Case B: Energie en biomaterialen uit Miscanthus

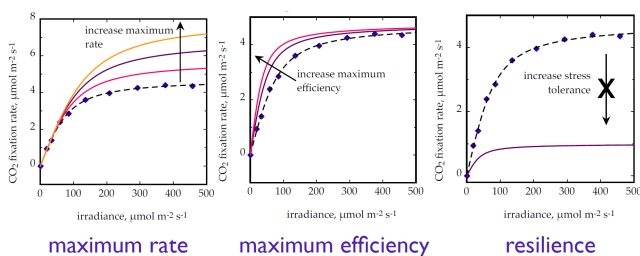
Miscanthus is een nieuw biobased gewas met een snel groeiend areaal in Europa. Alleen al in het Verenigd Koninkrijk is er ca. 20.000 ha Miscanthus geplant, en dit areaal neemt jaarlijks toe. De biomassa van Miscanthus wordt gebruikt voor de productie van energie (biobrandstoffen, elektriciteit en warmte), biochemicalïen en een breed pallet van biomaterialen van bouwmaterialen tot champignon substraat. Miscanthus wordt beschouwd als één van de meest veelbelovende biobased gewassen, en heeft het in zich om het Europese suikerriet te worden (Miscanthus en suikerriet zijn nauw verwante soorten die eenvoudig gekruist kunnen worden). Miscanthus is nu een vegetatief vermeerderd gewas.

Velden worden beplant met onderstammen, die een hoge investering vergen. Hierdoor zijn boeren terughoudend om dit in principe hoogproductieve en duurzame gewas te verbouwen. In deze case richten we ons op: i) een drastische vermindering van de teeltkosten door *Miscanthus sinensis* te ontwikkelen tot een zaadvermeerderd gewas, ii) de ontwikkeling van uniek genetisch materiaal met een zeer hoge kwaliteit voor verschillende biobased toepassingen. De Miscanthus productie keten van veredeling tot verschillende biobased producten wordt ontwikkeld in samenwerking met Van Dijke Semo, CNC, DLF-Trifolium, DSM, Purac, alsmede AELRED en KWS.



Case C: Planten die efficiënter met licht omgaan

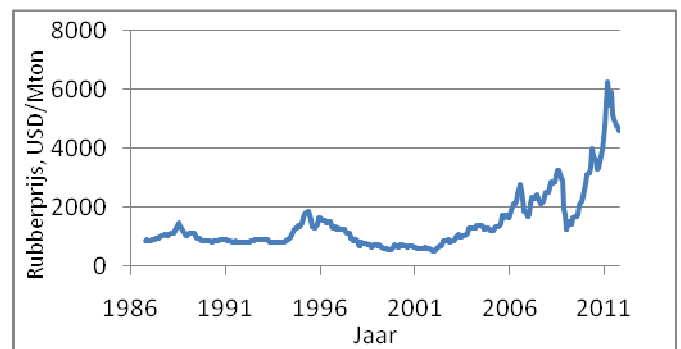
Van het zonlicht dat door planten wordt opgevangen wordt in de regel slechts ca. 1% vastgelegd in de vorm van koolhydraten. Factoren die deze benuttingsgraad beperken zijn o.a. gelegen in de golflengten van het licht die door planten benut kunnen worden voor fotosynthese, de snelheid waarmee koolstofdioxide kan worden vastgelegd (deze bereikt vaak zijn maximum bij lage lichtintensiteit en is gevoelig voor stress), en de architectuur van het gewas. Voor al deze factoren bestaat natuurlijke variatie, zodat er in principe op veredeld kan worden. Om planten te ontwikkelen met een verbeterde fotosynthesecapaciteit wordt gebruik gemaakt van een multidisciplinaire systeem-biologische aanpak bestaande uit genetica, fysiologie en driedimensionale modellering van gewasgroei. Een dergelijke aanpak is nodig omdat de onderliggende mechanismen zich uitstrekken over verschillende domeinen, van de moleculaire processen die betrokken zijn bij de interceptie van fotonen tot en met transport en opslag van koolhydraten in de plant. Bovendien willen we uiteindelijk de genetische achtergrond van al deze eigenschappen kennen. Voor de identificatie van de betrokken genetische factoren wordt gebruik gemaakt van een high throughput systeem voor automatische fenotypering dat meerdere malen per dag de fotosynthetische activiteit meet aan 1500 planten. Door gebruik te maken van populaties die genetisch in kaart gebracht zijn kan de fenotypische variatie die zo wordt gemeten, worden gekoppeld aan de betrokken genen. Deze kennis kan worden ingezet in gerichte veredelingsprogramma's voor gewassen met een daadwerkelijk verhoogde fotosynthese-capaciteit en daarmee een verhoogde productiviteit. In het project wordt gewerkt met de modelgewassen *Camissoniabrevipes*, *Hirschfeldiaincana* en een *Solanum* sp. Het project wordt uitgevoerd in nauwe samenwerking met het bedrijfsleven en bouwt voort op reeds bestaande samenwerkingen met o.a. Philips, Plant Dynamics, Rijk Zwaan en Bejo Zaden.



Figuur 2: de drie doelen van het fotosynthese-onderzoek, verhoging van fotosynthese snelheid, efficiency onder zowel optimale als suboptimale teeltcondities.

Case D: Nieuwe bronnen van rubber

Natuurrubber voor de productie van o.a. autobanden en bouwmaterialen (totaal 40.000 toepassingen) wordt voor vrijwel 100% gewonnen uit latex van de rubberboom (*Hevea brasiliensis*). De rubberboom wordt hoofdzakelijk in Zuidoost Azië geteeld. Deze teelt is gevoelig voor ziekten, en blijft de productiecapaciteit van rubberplantages achter bij de vraag. Bovendien is door toenemende vraag de prijs sterk gestegen (Figur 3). De totale Europese rubberbehoefte is 1,5 miljoen ton per jaar.



Figuur 3. De prijs van rubber is sinds 2000 meer dan vervijfvoudigd.

De plantensoorten guayule (*Partheniumargentatum*) en Russische paardenbloem (*Taraxacum kok-saghyz*) zijn nieuwe bronnen van natuurlijk rubber van zeer hoge kwaliteit. Beide plantensoorten werden in de Tweede Wereldoorlog al gebruikt voor de productie van rubber. Huidig onderzoek aan guayule en Russische paardenbloem is gericht op diverse eigenschappen, waaronder verhoging van totale biomassaopbrengst en verhoging van het rubbergehalte naar 2 ton per hectare. Beide gewassen zijn niet of marginaal gedomesticeerd. Hier ligt een belangrijke uitdaging voor de veredelingsindustrie om met genomics gebaseerde verdelingstechnieken de verdeling aanmerkelijk te versnellen. Belangrijke voorwaarde voor dit project is dat tegelijk kennis wordt ontwikkeld op het gebied van bioraffinage van guayule en Russische paardenbloem, en er ervaring wordt opgedaan met rubberproductie op basis van deze gewassen. Naast latex produceren de planten ook andere stoffen die middels bioraffinage kunnen worden gewonnen, zoals drogende olie uit guayule en inuline (uitstekend geschikt als grondstof voor furanen) uit de Russische paardenbloem. De geschatte omzet uit 100.000 ha rubberplanten is 0,5 miljard euro. De ontwikkeling van deze nieuwe rubbergewassen vindt plaats in samenwerking met Keygene, Apollo-Vredestein, Phytatec en Nederlandse MKB-bedrijven in de rubberindustrie.

2.2 Teelt van groene grondstoffen

Deze programmalijn is strategisch of toegepast van aard en is gericht op de volgende doelen:

1. Ontwikkelen van agronomische kennis van nieuwe gewassen;
2. Ontwikkelen en optimaliseren van de teelt van deze gewassen;
3. Opschalen van nieuwe teelten;
4. Ontwikkelen van nieuwe oogsttechnieken;
5. Optimaliseren of aanpassen van bestaande teelten voor nieuwe toepassingen;
6. Verduurzamen van bestaande biobased teelten;
7. Oogsten en inzamelen van agrarische reststromen voor nieuwe biobased toepassingen.

Een overzicht van de projecten binnen deze programmalijn wordt gegeven in bijlage 1.

Een illustratie van deze programmalijn wordt gegeven in case E.

Case E: Rieteconomie in een westelijk veenweidegebied

De veengebieden in westelijk Nederland kampen met continue bodemdaling door ontwatering. Hierdoor daalt de betrouwbaarheid van het watersysteem, stijgen de beheerkosten (tot een factor 8 van het Nederlandse gemiddelde) en komen grote hoeveelheden CO₂ vrij (3-4% van de totale Nederlandse productie). De teelt van riet kan daar verandering in brengen. Rietteelt is bovendien zeer productief en een nieuwe inkomstenbron voor melkveehouders. Riet is een veelbelovende bron van biomassa voor energie, vezels en grondstoffen voor o.a. bioplastics. Ook biedt deze teelt een geïntegreerde oplossing voor problemen waar waterbeheerders mee kampen, zoals overstromingen, verdroging, vervuiling en bemesting van oppervlaktewater. Op dit moment lopen initiatieven vanuit o.a. Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden om riet te telen op laagliggende grond die te nat zijn voor de gangbare melkveehouderij. De tijd is aangebroken om de systemen op basis van de opgedane ervaringen op te schalen. Dit opschalingsproject richt zich op verschillende aspecten van de rietketen, namelijk de aanleg van de rietvelden, oogsttechniek, teeltoptimalisatie en verwaarding. De ontwikkeling van de rieteconomie in Nederland vindt plaats in samenwerking met Bioforte, landeigenaren, fabrikanten van oogstmachines en verwerkers van biomassa.

2.3 Groene grondstoffen uit aquacultuur

Deze programmalijn draait om het ontwikkelen van duurzame zeewierproductieketens en teeltsystemen van microalgen. Projecten binnen deze lijn zijn fundamenteel en strategisch van aard en zijn gericht op de volgende doelen:

1. Ontwerpen van rationele, efficiënte en duurzame zeewierproductiesystemen, inclusief optimalisatie van de kwantiteit en kwaliteit van zeewierbiomassa;
2. Ontwerp van efficiënte productiesystemen voor micro-algen met hoge opbrengst en lage energie-input;
3. Systeem- en synthetische biologie van algen en wieren, gericht op veredeling en selectie;
4. Opschalen van beproefde productiesystemen voor algen en wieren;
5. Opbouwen van kennis van specifieke unieke eigenschappen van zeewieren (fotosynthesecapaciteit onder lage lichtomstandigheden, metabole routes die leiden tot bijzondere eiwit-, olie- en koolhydraatfracties).

Een overzicht van de projecten binnen deze programmalijn wordt gegeven in bijlage 1. De programmalijn wordt toegelicht in de kaders F en G.

Case F: Zeewier als duurzame eiwitbron

De mondiale vraag naar eiwit neemt toe, voor dier- en humane voeding en voor andere toepassingen. Zeewieren zijn een goede bron van hoogwaardige functionele eiwitten en andere stoffen. Zo produceert *Ulvalactuca* speciale alkanen - ulvanen - die een interessante grondstof vormen voor de chemische industrie. Bovendien kunnen wieren duurzaam worden geteeld op zee, waar ze geen beslag leggen op kostbare landbouwgrond. Om deze teelten mogelijk te maken is nog veel onderzoek en ontwikkeling nodig. Allereerst het nodig om de identiteit van zeewiersoorten goed te kunnen vaststellen. Hiervoor wordt in de komende vijf jaar het genoom van enkele economisch belangrijke zeewiersoorten (o.a. *Ulvalactuca*, *Saccharinalatissima*, *Porphyrapalmata*) gesequenced en van een barcoding voorzien. Kennis van het genoom en metabole routes bieden tevens inzicht in bijzondere eigenschappen van wieren, zoals de relatief hoge fotosynthesecapaciteit bij lage lichtintensiteit en de productie van unieke eiwitten en polysacchariden. In de tweede plaats worden in de komende vijf jaar productiesystemen ontwikkeld voor de teelt en oogst van zeewieren. Er worden drie varianten ontwikkeld voor teelt op zee: een near-shore variant (onder meer toe te passen in estuariën), een off-shore variant (Noordzee) en een geïntegreerde variant, waarbij zeewierproductie wordt gecombineerd met die van vis, schelp- en schaaldieren op zee. Naast teelt op zee bestaan ook aantrekkelijke mogelijkheden voor teelt van zeewier op de oceaan. Deze laatste optie wordt gekarakteriseerd door de grootschaligheid en de lage kosten en is geschikt voor de productie van energiedragers (butanol, ethanol of methaan) en eiwitten. Teelt op zee daarentegen is vooral gericht op hoogwaardige grondstoffen (eiwitten, antioxidanten en vitamines). Naar verwachting wordt de zeewierteelt in de komende vijf jaar van pilot naar de eerste commerciële zeeboerderijen gebracht. Naast Noorwegen en Ierland speelt Nederland een leidende rol. De ontwikkeling van zeewierteelten wordt ingezet in nauwe samenwerking met het bedrijfsleven, waaronder een Nederlandse producent van uitgangsmateriaal (Hortimare), offshore-bedrijven, diervoederfabrikanten, energiebedrijven en partijen in de chemische industrie.

Case G: Ontwikkeling van duurzame en economisch rendabele algenteeltsystemen

Algen zijn een interessante bron van olie, koolhydraten en eiwitten als grondstof voor voeding, chemicaliën, materialen, en biobrandstoffen. Het metabolisme in algen is zodanig te sturen dat tot 30.000 liter olie per hectare wordt geproduceerd, terwijl een hectare raapzaad of oliepalmen 1.500 respectievelijk 6.000 liter olie oplevert. Behalve grote hoeveelheden olie worden ook hoogwaardige inhoudstoffen, zoals voedingssupplementen, uit algen gewonnen. De potentie van algen als leverancier van brandstof- of chemiegrondstoffen is gebaseerd op vier kenmerken: 1) hun hoge productiviteit door o.a. hoge fotosynthese-efficiëntie en een hoge oogst-index; 2) het vermogen om bepaalde moleculen (bijv. olie of koolwaterstoffen) als hoofdcomponent te produceren; 3) het vermogen om waardevolle nutriënten (P en N) uit water te herwinnen; 4) de mogelijkheid om biomassa te produceren op plaatsen waar landplanten niet kunnen groeien. Dit laatste aspect maakt het mogelijk om productiesystemen te ontwikkelen die niet concurreren met land en water voor voedselproductie. De potentie van microalgen is groot, maar is nog grotendeels onbenut doordat het nog ontbreekt aan rendabele en duurzame teeltsystemen. Wij verwachten algen te kunnen produceren tegen een kostprijs van €0,50 per kg. Door verwaarding van olie (40%), eiwit (50%), suikers (10%) en nutriënten vertegenwoordigd de totale waarde van de biomassa €1,65 per kg; € 1,15 meer dan de kostprijs (kosten voor bioraffinage niet meegerekend).

Teelt van algen biedt dus volop kansen voor Nederland. De huidige teeltsystemen zijn echter nog erg divers en onvoldoende geoptimaliseerd. De opbrengst en (energetische) productie-efficiëntie dienen nog verder verhoogd te worden (aansluiting met case C), en de productiekosten (energie en arbeid) verlaagd. Ook is er behoefte aan opschaling van de teelten en aan simultane ontwikkeling van bioraffinagetechnologie (bioraffinage van algen is opgenomen in het werkpakket Geïntegreerde Bioraffinage). Tot slot is er behoefte aan meer fundamentele kennis van de biologie van micro-algen om deze gericht te kunnen veredelen. In de ontwikkeling van rendabele en efficiënte algenproductieketens wordt nauw samengewerkt met partners uit het bedrijfsleven, waaronder levensmiddelenfabrikanten en chemiebedrijven en tuinbouwondernemers. Ook zijn er lopende samenwerkingen met ondernemingen in de glastuinbouw, vanwege de synergie met bestaande infrastructuur en ervaring in de glastuinbouw op het gebied van klimaatregeling, nutriëntendosering en waterbehandelingssystemen. Nederland heeft een unieke faciliteit (AlgaePARC) waarin productieconcepten met algen worden ontwikkeld en getest.

2.4 Aansluiting van MKB, regio's en Europese onderzoeksagenda's

Er is zeer goede aansluiting met het MKB. Niet alleen biedt het programma veel kansen voor primaire producenten (tuinbouwondernemingen en akkerbouwbedrijven). Ook MKB-ondernemingen actief in de plantenveredeling en productie van hoogwaardig uitgangsmateriaal zijn aangesloten, evenals technologieleveranciers (scheidingstechnologie, plantgroei-modellen, offshore-technologie, reactortechnologie, e.d.). Glastuinbouw-ondernemers hebben grote interesse in algenteelt om daarmee hun kennis en infrastructuur extra te verwaarden. Bovendien zijn er veel kansen voor de gebruikers van

de biobased grondstoffen in het MKB, waarmee actief aansluiting wordt gezocht. Het gaat daarbij om bijvoorbeeld producenten van biobased kunststof voorwerpen, biopesticiden en voedingsingrediënten.

De goede aansluiting op de regionale agenda's blijkt onder andere uit de nauwe samenwerking met de kustprovincies op het gebied van zeewieronderzoek (er is onlangs een testlocatie geopend in Zeeland, en een tweede testlocatie is in aanbouw in Noord-Holland). Projecten onder programmalijnen 1 en 2 dragen veelal bij aan de rentabiliteit van de Nederlandse akker- en tuinbouw in specifieke gebieden. De ontwikkeling van biobased raffinagegewassen zoals suikerbiet en zetmeelaardappel zal het verdienvermogen van de akkerbouw in de regio's rondom de verwerkingsfabrieken verbeteren en zo bijdragen aan een leefbaar platteland. Hetzelfde geldt voor andere projecten die zich richten op gewassen waarvan de teelt sterk regionaal geclusterd is, zoals de bollenteelt, de boomkwekerij, en de glastuinbouw (zie ook case E). Voor een aantal projecten is er aansluiting bij de Green Chemistry Campus, Bergen op Zoom.

De programmalijnen dragen bij uitstek bij aan de doelstelling van het Europese Zevende Kaderprogramma voor onderzoek (FP7) om te bouwen aan een 'KnowledgeBased Bio-Economy'. Zo worden enkele lopende zeewierprojecten nu reeds mede gefinancierd uit de programma's NMP¹ en Ocean van FP7, en wordt voor het FP7-Energy programma een project voorbereid voor conversie van zeewier naar energie. Voor de laatste FP7-ronde (november 2011) zijn in de programma's Energy en Agriculture door Wageningen UR zeven EU-projecten ingediend rond productie van groene grondstoffen door planten en algen. Ook sluit het goed aan bij nieuwe Kaderprogramma ('Horizon2020'), de onlangs door de Europese Commissie gepubliceerde *Roadmap to a Resource Efficient Europe*, de recent gepubliceerde *BiorefineryStarColibriVision 2030* en het 'Strategy and Action Plan for a European Biobased Economy' die op dit moment door de Europese Commissie wordt opgesteld.

3. Financiën en organisatie

3.1 Omvang

De totale geschatte omvang van het programma bedraagt in totaal 69,2 miljoen euro voor de periode 2012-2016. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de verdeling van de gelden over de verschillende programmalijnen en door de tijd (alle bedragen x miljoen euro).

Programmalijn	2012	2013	2014-2016	Totaal
Genen voor groene grondstoffen	6,3	7,1	21,2	34,7
Teelt van groene grondstoffen	1,4	1,3	3,4	6,0
Groene grondstoffen uit aquacultuur	4,7	5,4	18,5	28,5
Totaal (in miljoen €)	12,4	13,8	43,1	69,2

Van de benodigde middelen wordt naar verwachting gemiddeld 19,1 miljoen euro (28%) ingebracht door het bedrijfsleven (*in cash* en *in kind*). Nog eens 20% (14,1 miljoen euro) zal afkomstig zijn van de Europese Unie, regionale investeringsmaatschappijen, provincies, waterschappen en gemeenten². Voor

¹Nanosciences, Nanotechnologies Materials and new Production Technologies.

² In dit bedrag is inbegrepen bestaande toezeggingen of geoordeelde middelen in lopende projecten en enkele lopende subsidie-aanvragen.

de resterende 52% (36 miljoen euro) wordt een beroep gedaan op middelen van de rijksoverheid (DLO-gelden, NWO, KNAW, GTI's, Technologische Topinstituten)¹.

Bijdragen	2012	2013	2014-2016	Totaal
Bedrijfsleven	3,2	3,8	12,1	19,1
Overige partijen (niet-rijksoverheid)	2,0	2,1	10,0	14,1
Rijksoverheid	7,2	7,9	20,9	36,0
Totaal (in miljoen €)	12,4	13,8	43,1	69,2

3.2 Betrokkenheid bedrijfsleven

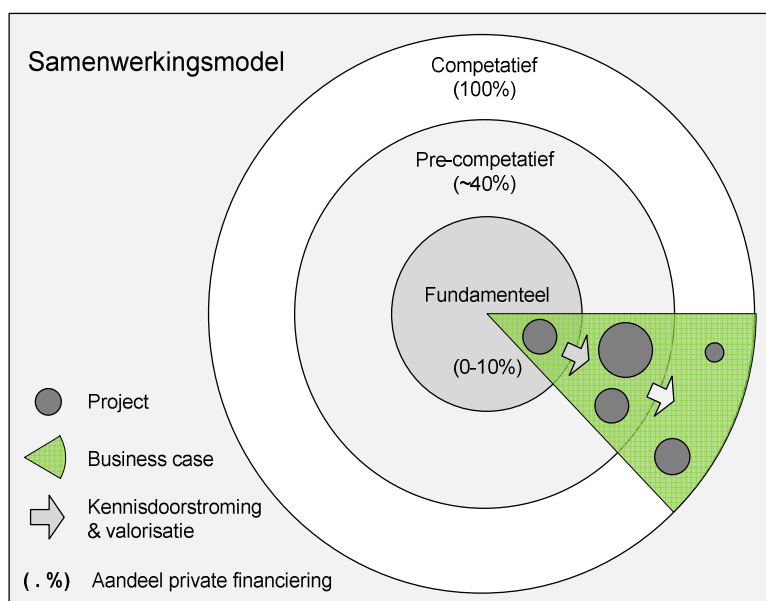
Het bedrijfsleven is reeds nauw betrokken bij de formulering van projecten binnen dit publiek-private programma. De hieronder genoemde bedrijven hebben reeds commitment- of intentieverklaringen afgegeven, participeren in lopende samenwerkingen, of hebben serieuze belangstelling getoond voor dit programma³. Uniek aan dit werkpakket is dat er voor het eerst projecten zijn ontstaan waar verbinding is gemaakt tussen veredelingsbedrijfsleven, agroprocessingbedrijven (bioraffinage) en chemie.

3.3 Verbinding met lopende programma's en organisatie

Er wordt zoveel mogelijk aansluiting gezocht bij bestaande PPS-constructies, zoals BioSolarCells. In deze PPS-constructies wordt in de regel samengewerkt volgens een schillenmodel (Figuur 3). Naarmate het onderzoek meer het karakter heeft van 'toepassen / valoriseren van reeds ontwikkelde kennis' draagt het betrokken bedrijfsleven een groter deel van de kosten. Andersom is de bijdrage van de overheid groter naarmate het onderzoek fundamenteeler van aard is. Figuur 1 toont een voorbeeld van hoe zo'n schillenmodel er uit kan zien⁴. In de

binnenste schil vindt fundamenteel onderzoek plaats, waaraan het bedrijfsleven niet of nauwelijks meebetaalt. In de tweede schil vindt strategisch, precompetitief onderzoek plaats. In de buitenste schil vindt (bilateraal) contractonderzoek plaats, dat volledig wordt gefinancierd door het bedrijfsleven.

In de bestaande PPS-constructies wordt gebruik gemaakt van IP-modellen die hun waarde bewezen hebben. Naarmate bedrijven meer bijdragen en meer risico dragen, krijgen zij ook een grotere aanspraak op het te ontwikkelen IP.



Figuur 3. Schematische weergave van een schillenmodel.

³ Een lijst met betrokken bedrijven wordt in de definitieve versie van dit werkpakket toegevoegd.

⁴ BioSolarCells kent de volgende drie schillen: Fundamenteel (gefinancierd door FOM/ALW en door de overheid), Strategisch (gefinancierd door de overheid en door kennisinstellingen), en Utilisatie (gefinancierd door bedrijfsleven en door overheid).

4. Human Capital Agenda

De Human Capital Agenda bestaat uit verschillende aspecten. In brede zin zal het programma naar verwachting leiden tot nieuwe verdienmodellen en verbeterde economische perspectieven voor primaire producenten in de akker- en tuinbouw. In de primaire sector ontstaat nieuwe bedrijvigheid. Teelt zal in toenemende mate samengaan met verbouwing van biomassa dicht bij de productielocatie. Kennis van primaire productie zal moeten worden verrijkt met kennis over inhoudsstoffen, scheidingstechnologie, fysica en chemie. Zeewierteelt zal bijdragen aan werkgelegenheid in de kustprovincies. Het programma draagt verder bij aan behoud van werkgelegenheid en nieuwe werkgelegenheid in biobased productieketens, en vormt het programma een stimulans voor het ontstaan van nieuwe, gespecialiseerde veredelingsbedrijven.

In de tweede plaats vormt het programma een leerschool voor tientallen studenten en promovendi die in de komende jaren worden opgeleid. Zij komen terecht in zowel de private als de publieke sector, en leveren daar via kennis en onderzoek een belangrijke bijdrage aan de Nederlandse plantaardige productie voor zowel bestaande als nieuwe toepassingen. Er is een grote behoefte aan jong en hoogwaardig gekwalificeerd personeel op het gebied van plantkundig onderzoek.

In de derde plaats wordt er voorlichting gegeven over de biologische bronnen van energie, plantaardige productie en biobasedeconomy. Deze voorlichting, die wordt verzorgd vanuit BioSolarCells, is gericht op scholieren, docenten en andere doelgroepen. Uit onderzoek blijkt dat jongeren onbekend zijn met het begrip biobasedeconomy, maar na uitleg veel interesse hebben om zich hier later in hun studie in te verdiepen. Dit is ook nodig om aan de toekomstige vraag van het bedrijfsleven naar gekwalificeerd personeel te kunnen voldoen. Geschat wordt dat in de komende 20 jaar 10.000-20.000 nieuwe arbeidsplaatsen nodig zijn voor hoogopgeleide professionals in de biobasedeconomy in Nederland.

De bestedingen aan voorlichting en valorisatie bedragen in totaal 2,7 miljoen euro over de periode 2012-2016.

Bijlage 1. Overzicht projecten per programmalijn

Programmalijn 1: Genen voor groene grondstoffen

- Multidisciplinaire aanpak om de benutting van licht door planten te verhogen (*BioSolarCells*)¹:
 - Super C3 (Identify the physiological mechanisms that give rise to very high rates of photosynthesis in the C3 plants *Hirschfeldia incana*, *Camissonia brevipes* and a *Solanum* spp)
 - Photosynthesis under stress (Identify the genetic factors responsible for the tolerance of photosynthesis to cold and high-light stress in *Arabidopsis* and *Brassica*.)
 - Modelling Photosynthesis (Develop models of leaf photosynthesis for C3- and C4 plants)
 - Plants under low light (Determine the spectral dependency of photosynthetic light-use at low light-intensity and account for the loss of light-use efficiency in the green-blue spectral region)
 - Identifying the limits to the use of far-red light in higher plant photosynthesis using *Arabidopsis* as a model
 - Identifying genetic factors responsible for high rates of photosynthesis in *Arabidopsis*
 - Photoprotection (Understand the physiology and regulation of photoprotection in plants)
 - Increase crop photosynthesis by allowing more natural light
 - Optimalisatie van groeipotentie en onderdrukking van veroudering
- Ontwikkelen van raffinagegewassen zoals suikerbiet die platformchemicaliën zoals itaconzuur, fumaarzuur en caprolactam produceren
- Veredeling van paardenbloem en guayule als nieuwe gewassen voor de productie van natuurrubber
- *Pyrethrum* als platform voor de productie van natuurlijke pesticiden
- Ontwikkelen van aardappelen die nieuwe typen zetmeel, pectinen en andere industriegrondstoffen zoals terpenen produceren
- Veredeling van reuzengras (*Miscanthus sinensis*) als energiegewas
- *Crambe* als platform voor industriële olie

Programmalijn 2: Teelt van groene grondstoffen

- Nieuwe boomkwekerijgewassen voor hoogwaardige inhoudsstoffen
- Optimalisatie van de teelt van bloembollen voor hoogwaardige inhoudsstoffen
- Optimalisatie van de teelt van *Taxus* voor taxol
- Biomaterialen van duurzame bronnen
- Energieboerderij 2.0 - aantoonbare duurzaamheid biomassa ketens
- Teelt van nieuwe gewassen voor papier (gebruik grondstoffen papierindustrie in de landbouw en vice versa)
- Rieteconomie in westelijk veenweidegebied
- Teelt van watervaren (*Azolla*) op industriële reststromen
- Algenteelt in de glastuinbouw

Programmalijn 3: Groene grondstoffen uit aquacultuur (*BioSolarCells*)¹

- Zeewier Genomics (opbouwen van systeem- en synthetische kennis van zeewieren met als doel veredeling en selectie van zeewieren)
- Zeewierteelt onder laag licht (opbouwen van fundamentele kennis op het gebied van fotosynthese-kennis bij zeewieren met als doel de productie onder relatieve lage lichtomstandigheden te optimaliseren)
- Eiwit uit de zee (het uitbouwen van business cases gebaseerd op zeewierbiomassa, eiwit uit zeewier als duurzaam aquafeed)
- High efficiency seaweed based photo-bioreactor
- Systeem- en synthetische biologie van microalgen
- Demonstratieproject Alg (ontwikkeling van business cases middels demonstratieprojecten)

¹ De hieronder genoemde projecten maken deel uit van Bio Solar Cells.