Onderzoeksagenda Biobased Economy

2015 – 2027

'B4B: biobased voor bedrijven, burgers en beleid'

BBE. Omdat we de aarde in bruikleen van onze kleinkinderen hebben.

Versie: 3.0, final
Gecondenseerde tbv Innovatiecontracten A&F, Chemie, Energie
Datum: 12 Mei 2015

Inhoudsopgave

1 De Samenvatting 3

2 Nederland in de EU 11

3 De Randvoorwaarden..... 14

4 De Doelen 17

5 Het Programma..... 25

5.1 Raffinage en thermische conversie van biomassa. 27

5.2 Raffinage en chemisch katalytische conversietechnologie. 30

5.3 Raffinage en biotechnologische conversietechnologie. . 33

5.4 Solar Capturing & biomass production. 37

5.5 Actielijnen BBE: samenwerking als ambitie 41

6 De Middelen, De Mensen en de Regels..... 43

6.1 Investering Onderzoek en Innovatie 43

6.2 Rol van de Onderzoeksinstituten:..... 45

6.3 Kansen creëren voor WO, HBO en MBO..... 46

6.4 Open Educational Resources 47

6.5 Governance..... 47

6.6 Wet- en Regelgeving..... 49

1 De Samenvatting

Nederland gaat stappen maken in de biobased economy. Met een zeer sterke Agri & Food- en Tuinbouwsector, Chemie van wereldklasse, en een sterk bewegende Energiesector zijn er grote groeikansen.

De biobased economy is een economie waarin fossiele koolstofverbindingen zoals aardgas, olie en steenkool zijn vervangen door herbruikbare.

Drie jaar na het vorige integrale innovatiecontract biobased economy 'van biomassa naar business' uit 2012 en voortschrijdende plannen in de topsectoren heeft het TKI-BBE de coördinatie gekregen voor een nieuw innovatiecontract BBE voor de komende 8 tot 12 jaar. Het plan is tot stand gekomen na een verzoek van het Ministerie van EZ en de drie boegbeelden van Energie, Chemie en Agri&Food. Tegelijkertijd hebben de drie kennisinstellingen DLO, ECN en TNO een strategie gemaakt aansluitend op deze onderzoeksagenda. Verder bevat het plan bouwstenen voor de NWO wetenschapsagenda die eind 2015 gereed zal zijn. Het plan is tot stand gekomen na brede consultatie van bedrijven en kennisinstellingen in de afgelopen maanden en een open consultatie via internet onder 3000 stakeholders. Het was een uitdaging voor het TKI-BBE om keuzes te maken in de huidige lopende programmering en voorgestelde plannen. Daarbij zijn randvoorwaarden geformuleerd waaraan het onderzoek moet voldoen. Een kern daarbij is om als uitgangspunt te nemen dat kennisontwikkeling moet gebeuren op thema's waar het Nederlandse bedrijfsleven kansen ziet om het tot economische waarde te brengen in Nederland hetzij in productie of in pilotinstallaties. Het TKI-BBE gaat hierover graag het gesprek aan.

BBE is noodzakelijk. Het huidig gebruik van fossiele grondstoffen leidt wereldwijd tot een klimaatprobleem. Daarnaast zijn de voorraden eindig. Elektriciteit is op te wekken met diverse alternatieve bronnen, naast biomassa ook wind, zonne-energie, waterkracht en geothermie. Hetzelfde geldt voor warmte, ook hier is er naast bioenergie de beschikking over zonne-energie, opnieuw geothermie en omgevingswarmte via warmtepompen. Voor de productie van biobrandstoffen, chemicaliën en kunststoffen is biomassa echter de enige alternatieve bron, en onderdeel van de toekomstige circulaire economie.

De balans na 3 jaar 'van biomassa naar business'

Het thema Biobased Economy is meer dan ooit een belangrijk innovatiethema. De Europese Commissie heeft in februari 2012 de "Strategy for a Sustainable Bioeconomy in Europe" uitgebracht in relatie tot de Innovation Union en Resource Efficient Europe. Hiermee is de Biobased economy aangewezen als kansrijk thema om groene groei te realiseren.

De Europese Commissie (EC) geeft aan dat de Europese bioeconomie een omzet vertegenwoordigt van 2000 miljard euro en

goed is voor 22 miljoen banen of 9% van de werkgelegenheid in de Unie. Het Joint Technology Initiative Biobased for Industries (JTI BBI), een initiatief van het Europese bedrijfsleven, heeft een budget van 3,8 miljard euro waarvan 1 miljard van de Europese commissie. De 2e call voor 2015 zal deze zomer worden uitgezet. De regio's in Nederland investeren net zoveel in biobased onderzoek en innovatie, 50 miljoen per jaar als de nationale overheid. De regionale inzet wordt versterkt door de openstelling van EFRO en INTERREG dit jaar.
Door de huidige nationale financiering van onderzoek ligt er een nadruk op energiedoelen met name op de projecten gericht op bioenergie. Uit de evaluatie van Technopolis blijkt dat de ambitie van drie jaar geleden gedeeltelijk gerealiseerd is. De biobased economy is dichterbij gekomen, maar minder snel dan verwacht. Met name is de sterke private belangstelling voor onderzoek op biomaterialen en biobased chemicaliën maar in beperktere omvang omgezet in publiek-private samenwerking in onderzoek. Positief is dat er vanuit de Topsector Agri & Food een impuls kan worden gegeven aan bioraffinage projecten met agrarisch restmateriaal en onderzoek van omzetting van reststromen uit suikerbieten. Daarnaast zijn er vanuit de Topsector Energie voor een omvang van 3,6 miljoen projecten toegekend aan het benutten van biomassa uit rioolslib. Het ontbreken van een centrale financiering van onderzoek, kortere looptijden, evidente versnippering van projecten over regio's met verschillende stimuleringsmaatregelen, EU (inclusief regionale middelen), drie verschillende topsectoren, drie tot vier gebiedsdelen binnen NWO en drie instituten voor toegepast onderzoek, heeft geleid tot een weinig overzichtelijk kennisveld, met name voor de groep waar het allemaal voor bedoeld is: de bedrijven. Bovendien zijn de proceskosten nodeloos hoog.
Vanuit het TKI-BBE is een HCA actieplan opgesteld in samenspraak met de topsectoren. Precompetitief samenwerken in de uitwisseling van digitale informatie is daarvan de kern.

Visie TKI-BBE op cascadering

Energie uit biomassa is voor de korte termijn wellicht de enige praktisch haalbare methode om de emissie van broeikasgassen terug te dringen. Maar met de verbranding ervan vernietigen we tegelijkertijd waardevolle groene grondstoffen voor de chemische industrie. Het TKI-BBE zet zich in om op korte termijn te komen tot een efficientere inzet van biomassa voor energie en materialen en op de langere termijn voor fundamentele doorbraken in de energie- en chemiesector. De door of via het TKI-BBE gefinancierde onderzoek naar duurzaamheid en maatschappelijke en macro economische aspecten van biomassa steunt deze genuanceerde visie.
Wetenschappers en economen laten zien dat de inzet van biomassa efficiënter kan. Naast energie bevatten biomassastromen ook ver-

bindingen die als grondstof voor materialen kunnen worden ingezet. Door biomassa in fracties te scheiden en zo het 'moleculair kapitaal' te verwaarden, wordt de financiële opbrengst vergroot en wordt tegelijkertijd het gebruik van fossiele grondstoffen in de chemiesector teruggedrongen. TKI-BBE stimuleert de ontwikkeling van deze biocascadering.

In de natuur wordt via fotosynthese zonne-energie omgezet in biomassa. Deze omzetting heeft een lage efficiëntie (ongeveer 1%). TKI-BBE ziet interessante mogelijkheden om deze efficiëntie te verhogen. Met behulp van Nederlandse expertise op het gebied van katalyse, biomaterialen, 'biomolecular design' en analysetechnieken is het mogelijk om efficiënter zonne-energie om te zetten in materialen. Ook komt, op langere termijn, de productie van 'solar fuels' met foto-electrochemische technologieën in zicht. Met deze technische mogelijkheden is op lange termijn de tussenstap via biomassa overbodig en kan CO_2 rechtstreeks worden omgezet in chemische bouwstenen.

Wat zijn de drijfveren voor de BBE? 1) economische noodzaak, 2) politieke visie, 3) consumentenvraag.
Ad 1: De industriële revolutie ontstond omdat de winbare steenkoollagen op waren en de bossen gekapt (energiecrisis). De stoommachine om kolenmijnen leeg te pompen zodat ook diepere gelegen steenkoollagen gewonnen konden worden. Ad 2: de straalmotor is het gevolg van de behoefte aan steeds snellere gevechtsvliegtuigen aan de vooravond van de tweede wereldoorlog. Dit soort ontwikkelingen wordt vooral door de overheid gefinancierd. Als Kennedy in 1960 had gezegd: we gaan naar de maan en het bedrijfsleven moet betalen, hadden we daar nooit gestaan. Ad 3: de smartphone, maakt het leven gemakkelijker en de communicatie een stuk sneller.
Voor BBE geldt: er lijkt weinig sprake te zijn van een economische noodzaak. Fossiel is goedkoop. De uitstootrechten voor CO_2 zijn vooralsnog goedkoop. Echter: in toenemende mate is de industrie naar reputatiemechanismen aan het kijken. BBE als Licence to produce komt eraan.
Bovendien: het klimaat hoort voor iedereen de noodzaak van een BBE te onderbouwen.
De politieke visie is er wel, maar hier ligt een budget issue. Exploitatiesubsidie (SDE+) is duur en tijdelijk. Wat mogelijk wel kan veranderen is wetgeving: biobased materialen verplicht gaan stellen.
Inspelen op de consumentvraag is wel een drijfveer. Biologisch voedsel is duurder dan regulier voedsel, toch is er een markt voor omdat een bepaalde groep consumenten bewuster met voeding wil omgaan of het gewoon lekkerder vindt. Voor biobased materialen geldt iets soortgelijks. Duurzame verpakkingen of grondstoffen kunnen een product onderscheidend maken. Voor energie geldt dat niet: we zijn gewend dat groene stroom even duur is als grijze.

Programmalijnen voor energie, chemie en agro

De onderzoeksagenda wordt via bestaande programmalijnen van het TKI-BBE opgezet. Deze programmalijnen hebben draagvlak bij de drie topsectoren. Het gaat, na een raffinagestap (waarbij mogelijk al direct een product beschikbaar is), om i) thermische conversie van biomassa, ii) chemisch katalytische conversietechnologie, iii) biotechnologische conversietechnologie en iv) solar capturing

(&biomassa productie). Daarnaast zijn er de 'actielijnen', namelijk de oude programmalijn 'Economie, beleid en duurzaamheid' uit het IC 2012-2016, en 'Innoveren van kennisoverdracht'. Voor deze programmalijnen en actielijnen is t.b.v. de onderzoeksagenda een verdere onderverdeling gemaakt in hoofdonderwerpen en (sub)onderwerpen. Dit gaat zowel om technologieën, diverse biomassa grondstoffen als toepassingen. Deze onderwerpen zijn ingedeeld in TRL fasen 1-9 (zie hoffdstuk 4.5 en 9). Per onderwerp zijn onderzoeksvragen opgesteld die uitgewerkt kunnen worden, verdeeld over drie TRL-categorieën: fundamenteel (1-3), toegepast (4-6), en valorisatie (8 en 9). Hierbinnen wordt een verdere prioritering aangebracht.
Bezien per programmalijn, bevindt solar capturing zich relatief meer in de fase van fundamenteel onderzoek, terwijl voor andere lijnen het zwaartepunt zich meer in de fasen 'toegepast' en 'valorisatie' bevindt. Voor vooruitgang op de lange termijn, is in deze onderzoeksagenda een combinatie nodig van zowel fundamenteel en toegepast onderzoek als valorisatie. Op alle fronten is technologie verbetering nodig. De onderwerpen die zich in de laatste TRL-fasen bevinden, zijn vlakbij marktintroductie of al in de markt. Dit zijn voorbeelden waar Nederland ver in is, en vormen het laaghangend fruit voor de biobased economy.
Voor Nederland liggen er in het algemeen veel kansen in de keten.
Ook is een focus op hoogwaardige productie passend (bijv. solar capturing) en hoogwaardige toepassing via bioraffinage.

Een meerjarige financiering

In het vorige innovatiecontract werd gesignaleerd dat de oude programma's vanaf 2014 zullen aflopen en de private belangstelling voor biobased een versterking van het thema rechtvaardigt. Een min of meer stabiele basis vormt de financiering van de TO2 instellingen met bijna 12 miljoen per jaar en het NWO met 4 miljoen per jaar. Het budget vanuit de Topsector energie van 10 tot 12 miljoen per jaar is een stabiele, zij het komende jaren dalende, factor voor bioenergieprojecten.

Tabel 1 Budgetdynamiek voor BBE. Bedragen in M€.

Programma	Fase	Totaal Budget Publiek	Eindjaar	2012 Uitgaven	2014 Uitgaven	2016 Verwachte uitgaven
Oud						
BE-basic	IO	€ 60	2019	7,6	6,6	7
BioSolar Cells	FO	€ 25	2016	4,1	4,4	0,7
Biobased Performance Materials	IO	€ 8	2014	1,7	1,1	0
Catchbio	TO	€ 16,5	2016	4,1	4,4	0,7
Carbohydrate Competence Cen-	TO	€ 15	2014	3,0	2,3	0

tre						
TOTAAL OUD				***20,5***	***18.3***	***8,4***
Nieuw topsectoren						
Algemeen						
NWO	FO		Per jaar	3,3	3,3	3,3
TKI toeslag	TO	€ 4,3 (2013-14)	Per jaar		0,2	0,2
TS Energie						
EZ innovatie / SDE+	TO	€ 54,5 (2012-14)	Per jaar	11,1	11,1	11,1
ECN	TO		Per jaar[1]	4,8	4,8	4,8
TS Chemie						
TNO	TO		Per jaar	1,9	1,9	1,9
BPM-2	TO	€ 3	2019		0,2	0,7
TS Agrifood						
DLO	TO		Per jaar[1]	4,1	4,1	4,1
Grand design	TO	€ 2	2016			1
TOTAAL NIEUW				***25,2***	***25,6***	***27,1***

De financiering van onderzoek voor de komende jaren is in het rapport op verschillende manieren benaderd.

- Allereerst is er de sterke teruggang in nationaal gefinancierd onderzoek van 2014 naar 2016 met 8,4 miljoen per jaar door aflopen van bestaande PPS-en. In 2019 gaat het om een teruggang van ongeveer 18 miljoen per jaar door het eindigen van de FES programma's (Tabel 1 Budgetdynamiek voor BBE. Bedragen in M€.

Programma	Fase	Totaal Budget Publiek	Eindjaar	2012 Uitgaven	2014 Uitgaven	2016 Verwachte uitgaven
Oud						
BE-basic	IO	€ 60	2019	7,6	6,6	7
BioSolar Cells	FO	€ 25	2016	4,1	4,4	0,7
Biobased Performance Materials	IO	€ 8	2014	1,7	1,1	0
Catchbio	TO	€ 16,5	2016	4,1	4,4	0,7
Carbohydrate Competence Centre	TO	€ 15	2014	3,0	2,3	0
TOTAAL OUD				***20,5***	***18.3***	***8,4***
Nieuw topsectoren						
Algemeen						
NWO	FO		Per jaar	3,3	3,3	3,3
TKI toeslag	TO	€ 4,3 (2013-	Per jaar		0,2	0,2

[1] Bedrag inclusief beleiddstudies is 5,3 per jaar voor ECN en 4,7 per jaar voor DLO

		14)				
TS Energie						
EZ innovatie / SDE+	TO	€ 54,5 (2012-14)	Per jaar	11,1	11,1	11,1
ECN	TO		Per jaar	4,8	4,8	4,8
TS Chemie						
TNO	TO		Per jaar	1,9	1,9	1,9
BPM-2	TO	€ 3	2019		0,2	0,7
TS Agrifood						
DLO	TO		Per jaar1	4,1	4,1	4,1
Grand design	TO	€ 2	2016			1
TOTAAL NIEUW				***25,2***	***25,6***	***27,1***

-). Het privaat commitment dat bedrijven op basis van de concept onderzoeksagenda hebben afgegeven bedraagt (na reality check) voor nieuwe initiatieven 25 miljoen per jaar.
- Er zijn verschillende nieuwe grotere consortia gericht op biomaterialen, biobrandstoffen, biosolar inclusief algen waarvoor huidig budget niet passend of toereikend is.
- Bij een gewenste opschaling van biobased productie is een totale investering nodig in R&I van 485 M€ over de periode 2016-2023, waarvan 263 publiek en 221 privaat (hoofdstuk 6.1). Daarnaast is een budget van 1 miljoen per jaar wenselijk voor de actielijnen. Het publieke deel komt daarmee op 33,9 miljoen per jaar.

Aan publieke middelen is 7 oplopend naar 15 miljoen per jaar extra nodig. Private co-financiering is geen probleem (LOI's).

De som is na deze analyse eenvoudig: Tabel 1 Budgetdynamiek voor BBE. Bedragen in M€.

Programma	Fase	Totaal Budget Publiek	Eindjaar	2012 Uitgaven	2014 Uitgaven	2016 Verwachte uitgaven
Oud						
BE-basic	IO	€ 60	2019	7,6	6,6	7
BioSolar Cells	FO	€ 25	2016	4,1	4,4	0,7
Biobased Performance Materials	IO	€ 8	2014	1,7	1,1	0
Catchbio	TO	€ 16,5	2016	4,1	4,4	0,7
Carbohydrate Competence Centre	TO	€ 15	2014	3,0	2,3	0
TOTAAL OUD				***20,5***	***18.3***	***8,4***

Nieuw topsectoren						
Alge-meen						
NWO	FO		Per jaar	3,3	3,3	3,3
TKI toeslag	TO	€ 4,3 (2013-14)	Per jaar		0,2	0,2
TS Energie						
EZ inno-vatie / SDE+	TO	€ 54,5 (2012-14)	Per jaar	11,1	11,1	11,1
ECN	TO		Per jaar	4,8	4,8	4,8
TS Chemie						
TNO	TO		Per jaar	1,9	1,9	1,9
BPM-2	TO	€ 3	2019		0,2	0,7
TS Agrifood						
DLO	TO		Per jaar1	4,1	4,1	4,1
Grand design	TO	€ 2	2016			1
TOTAAL NIEUW				***25,2***	***25,6***	***27,1***

laat zien dat er in 2016 27 miljoen per jaar is, en er is 34 miljoen per jaar nodig om de doelstellingen te realiseren. De private belangstelling voor bioraffinage, biomaterialen, biochemicaliën en bio-energie zou op korte termijn dus een versterking van het publieke budget nodig maken van 7 miljoen per jaar met nieuwe additionele middelen. Dit bedrag loopt op tot 15 miljoen euro per jaar vanaf 2019 door aflopende budgitten voor Innovatiemiddelen en TO2.
Met de open consultatie tot 4 april 2015 is tevens een oproep gedaan voor Letters of Intent. Inmiddels is vanuit de ondernemers een committment afgegeven van 407 miljoen euro. Na een reality check is dat nog altijd 278 miljoen euro. Elke publieke euro kan dus worden gecofinancierd door private partijen.

Aanbevelingen en actiepunten

- Versterking van het thema solar capturing door het extra investeren in fundamenteel onderzoek. Een schrijfgroep is geïnstalleerd om het thema uit te werken. Het gaat hier om de directe omzetting van zonlicht in chemische bouwstenen of waterstof. Op dit moment is er 3 M€ vanuit NWO als start beschikbaar voor een eerste call.
- Het versterken van toegepast onderzoek en valorisatie van biomaterialen en de chemische bouwstenen is nodig in samenwerking met gehele keten. Marktverkenning geeft aan dat hier commerciële kansen voor Nederland liggen en met name de

vraag naar duurzame consumentenproducten en verpakkingen. Belangrijke merken zoals IKEA, CocaCola en Danone zetten hier op in en nemen de verpakkingsindustrie hier in mee. Hier liggen kansen in de samenwerking tussen de topsectoren Agri&Food en Chemie op het thema biomaterialen en dat vraagt om duidelijk gezamenlijk commitment.

- Uit een regio-analyse blijkt dat er door Nederland verspreid een keur aan kenniscentra is voor biobased chemicaliën en materialen. Hierin wordt ondersteuning geboden met toegepaste kennis en informatie aan bedrijven en overheid op het gebied van certificering, duurzaamheid, recycling en gebruiksmogelijkheden. Tevens zal BBE een integraal onderdeel moeten zijn van het Steunpunt MKB binnen de topsectoren Chemie en Energie.
- Er moeten gewerkt worden aan heldere waardeproposities naar de consument, via een project dat inzicht verschaft in consumentenwensen en –waardering.
- Vanuit de visie Brandstoffenmix van het ministerie van I&M blijkt dat naar verwachting wordt ingezet op biobrandstoffen voor lucht- en scheepvaart. Dit zal nader worden uitgewerkt. Vanuit het Ministerie van I&M wordt tevens innovatie voor de beleidslijnen van afval naar grondstof (VANG) over het benutten van biomassa afvalstromen en het ontwikkelen van biobased alternatieven voor REACH stoffen belangrijk gevonden.
- Onderwijs en scholing zijn momenteel nog niet toegesneden op de specifieke situatie in de biobased economy. De mogelijkheden voor innovatief onderwijs via ICT en samenwerking tussen instellingen moeten versterkt worden.
- In Europees verband ontstaan de komende jaren sterkere mogelijkheden voor financiering van PPS-programma's vooral ook voor de BBE. Een belangrijke voorwaarde zal voldoende nationale matching zijn.
- Een aanzienlijk deel van de partners in dit innovatiecontract bestaat uit MKB. Er is behoefte bij het MKB in de BBE aan een programma voor businessontwikkeling en bedrijfsgericht toegepast onderzoek. De regionale overheden zijn hier ook in geïnteresseerd. De samenwerking met de regio's en tussen de regio's onderling kan worden versterkt, waarmee wordt beoogd om samen met kennisaanbieders en de regio's een gezamenlijke MKB valorisatiestrategie te ontwikkelen.
- Er is veel winst te halen door een sterkere coördinatie, agendering en informatieuitwisseling tussen topsectoren, regio's, TO2 en Europese fondsen. Voorkomen moet worden dat innovatieve bedrijven door de bomen het bos niet zien of dat het wiel ergens opnieuw wordt uitgevonden. Hier ligt een taak voor het onafhankelijke TKI-BBE met een programmatisch samenwerkend TO2 en NWO. Een sterkere samenwerking van ECN,DLO en TNO door de

publieke financiering in een gezamenlijk programma onder te brengen kan een stevige basis vormen.

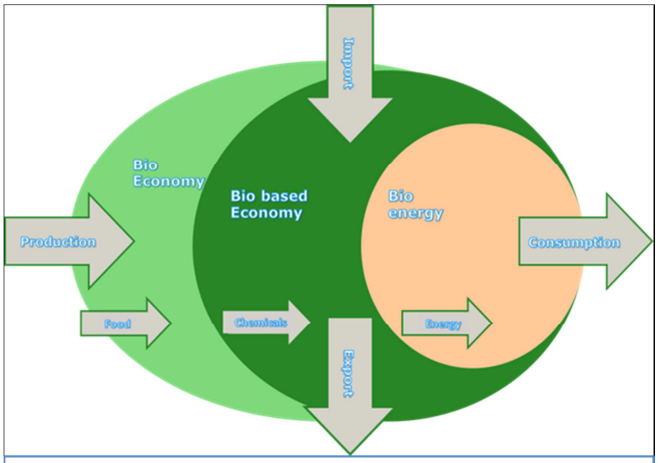
- De governance is te complex. Voorstel is de drie boegbeelden uit te nodigen voor de Raad van Toezicht (zoals nu reeds functioneert met de topsector Chemie), en de Themacommisie 1 van Agri & Food te integreren met de programmaraad van TKI-BBE tot één nieuwe programmaraad.
- Versterk het publieke budget m.i.v. 2016 met 7 miljoen per jaar met nieuwe additionele middelen. Dit bedrag loopt op tot 15 miljoen euro per jaar vanaf 2019.

Al met al is de inzet voor de 8-12 jaars termijn: groene verpakkingsmaterialen, kunststoffen en producten zoals lakken en coatings. Producten in de schappen die consumenten kunnen verleiden om een hogere prijs te betalen in ruil voor duurzaamheid. De markt pakt dit langzaam maar zeker op. Blijkt ook uit de huidige portfolio. En dit is tevens Energie: 20% van ons energieverbruik wordt opgeslagen in materialen. Daarnaast is er de noodzaak voor biobrandstoffen. Tevens uitrol van bio-energie. Voor auto's is elektriciteit een alternatief, voor vliegverkeer en scheepvaart niet. Grote fabrieken mogelijk niet in NL, maar de technologie kan wel hier ontwikkeld en vermarkt worden.

2 Nederland in de EU

Ook Europa ziet de kansen van de 'bio-economy' als een belangrijke maatschappelijke uitdaging. Naast dat de EU Horizon 2020 strategie streeft naar innovatie en het efficiënter omgaan met natuurlijke hulpbronnen, is er een integrale biobased strategie geschreven en maakt de markt voor biobased producten deel uit van het lead market initiative. De Europa 2020 strategie geeft richting aan de economische ontwikkeling van Europa in het komende decennium. In deze strategie wordt gesproken over 'slimme, duurzame en inclusieve groei voor Europa'. Kort gezegd bestaat deze strategie uit drie speerpunten[2]:

- Slimme groei: het ontwikkelen van een economie gebaseerd op kennis en innovatie,
- Duurzame groei: efficienter omgaan met hulpbronnen, vergroening van de economie en zorgen voor een meer competitieve economie,
- Inclusieve groei: creeren van een economie waarin zoveel mogelijk



Europe 2020; *Europe 2020 is the EU's growth strategy for the coming decade.* In a changing world, we want the EU to become a smart, sustainable and inclusive economy. These three mutually reinforcing priorities should help the EU and the Member States deliver high levels of employment, productivity and social cohesion.

Concretely, the Union has set five ambitious objectives - on employment, innovation, education, social inclusion and climate/energy - to be reached by 2020. Each Member State has adopted its own national targets in each of these areas. Concrete actions at EU and national levels underpin the strategy.

[2] http://ec.europa.eu/europe2020/index_en.htm

mensen werk hebben, waarbij sociale en territoriale cohesie gewaarborgd blijft.

De Europese Commissie heeft in februari 2012 de COM (2012)60 "Strategy for a Sustainable Bioeconomy in Europe"[3] uitgebracht. Daarmee beziet de EC de bioeconomy in haar geheel, dus inclusief Agro en Food en niet uitsluitend de biobased economy (Figuur 1). Deze strategie berust op drie pijlers:

- Investeer: in onderzoek, ontwikkeling en de Human Capital agenda,
- Versterk samenwerking: tussen landen, regio's en andere stakeholders via ERAnetten, Bioeconomy panel, Observatory etc.,
- Versterk markten: voor biomassa productie, conversie in bioraffinage en consumptie.

Figuur 1 De Biobased Economy als onderdeel van de Bioeconomy

EU ambitie voor Energie: Being the world leader in developing the next generation of renewable energy technologies, including environment-friendly production and use of biomass and biofuels, together with energy storage.

De europese landen implementeren deze strategie ieder op hun eigen wijze en hebben ook verschillende drijfveren. Daar waar in Nederland en Duitsland de behoefte aan de materialen binnen de biobased economy vooral voortkomt uit de chemische sector, is in Frankrijk de drijfveer meer extra afzet voor de landbouwsector. Vanuit de Bioeconomy observatory[4] is een overzicht gegeven van de stand van zaken en wordt geconcludeerd dat anno 2014 zes[5] landen een bio (based) economy strategy hebben opgesteld.
Recent is door de EU de Energy Union Package uitgekomen met een nadrukkelijke bio-energie ambitie[6].

Financiele ondersteuning uit Europa

FP7: Vanuit Europa hebben diverse programma's ondersteuning gegeven aan de ontwikkeling van de biobased economy in Europa. Vanuit FP7 is tot en met 2013 ondersteuning gegeven en is veel budget beschikbaar gekomen voor de Biobased Economy. De omvang en aandeel van Nederland is vastgesteld en gerapporteerd[7] en blijkt 927 M€ in de periode 2006 – 2012 voor biobased research gecomitteerd te zijn. Hiervan is ongeveer 7% in Nederland besteed. Indien naar de aanvragers gekeken wordt blijkt dat 25 % van de EU middelen naar Universiteiten gaat, waarvan de WU bijna de helft voor haar rekening neemt. Van het budget gaat 35% naar Research

[3] http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/policy/strategy_en.htm
[4] https://biobs.jrc.ec.europa.eu
[5] IEA Bioenergy Task 42: http://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/en/ieabiorefinery.htm , Nederland, Denemarken, Finland, Duitsland, Vlaanderen, Zweden
[6] http://ec.europa.eu/priorities/energy-union/docs/energyunion_en.pdf
[7] http://www.sahyog-europa-india.eu/inventories

instituten (DLO, ECN, NWO, NEN). 40% van het budget gaat naar een 18-tal bedrijven.
Van het genoemde FP7 budget is 1/3 besteed aan onderzoek naar chemicals, en de rest aan biobrandstoffen, materialen etc. 15% van het budget wordt aan biomassa productie en bijna de helft aan biorefineries besteed. Daarbovenop hebben bioeconomy ERAnetten bijgedragen aan de afstemming van nationale programma's en het gezamenlijk financieren van onderzoek via Joint Calls. De 30 Bioeconomy ERANET's[8] hebben gemiddeld 10 M€ per call beschikbaar gesteld, gebruik makend van nationale middelen.
Al met al kan gesteld worden dat FP7 ruim heeft bijgedragen aan onderzoek naar de biobased economy en dat vanuit deze onderzoeksresultaten het nu zaak is om deze in producten en business te verwaarden.

Horizon 2020 is het programma van de Europese Commissie om Europees onderzoek en innovatie te stimuleren. Horizon 2020 loopt sinds 1 januari 2014 en is de opvolger van het Zevende Kaderprogramma (KP7). Met Horizon 2020 wil de Europese Unie (EU) het concurrentievermogen van Europa vergroten door wetenschap en innovatie te stimuleren. Daarnaast wil de EU het bedrijfsleven en de academische wereld uitdagen om samen oplossingen te bedenken voor maatschappelijke vraagstukken die in heel Europa spelen. Binnen het Horizon 2020 programma krijgt in de 2014/15 call de biobased economy op een aantal plaatsen aandacht maar met een nadruk op bioenergie in LCE12 – 14, maar ook de omzetting van CO2 naar chemicaliën, eco innovation en MKB ondersteuning. Uit de Horizon 2020 call in 2014 heeft Nederland 6,8 M€ ondersteuning gekregen met respectievelijk 4, 9 M€ voor Innovative, Sustainable and Inclusive Bioeconomy en 1,9 voor Low Carbon Energy technologies.
Binnen Horizon 2020 heeft Europese Comissie besloten om het instrument Joint Technology Initiative in te zetten. De JTI BioBased Industries (JTI BBI)[9] is een publiek-private samenwerking tussen de EU en het Bio-based Industries Consortium (BIC)[10]. De industrie is georganiseerd in het BIC consortium en bestaat uit meer dan 60 grote en kleine Europese bedrijven, clusters en organisaties op het gebied van technologie, industrie, landbouw en bosbouw. Het doel van de samenwerking is om bij te dragen aan de ontwikkeling van een efficiënter gebruik van hulpbronnen en een duurzame koolstofarme economie.
JTI BBI heeft een omvang van € 3,7 miljard voor de periode 2014-2020. De Europese Commissie financiert 25% en de bijdrage van het bedrijfsleven bedraagt ongeveer 75%. Er zijn twee type pro-

[8] www.era-platform.eu
[9] http://bbi-europe.eu
[10] http://biconsortium.eu

jecten, namelijk Research & Innovation actions (R&I) en Innovation actions (Demonstraties en Flagships).
In een consortium zitten minimaal 3 partners uit 3 verschillende landen. De R&I projecten duren tot ongeveer 4 jaar en Innovation actions zullen 4 tot 5 jaar duren.
De onderwerpen van de calls vallen binnen een van de 5 waarde ketens (VC: value chain):

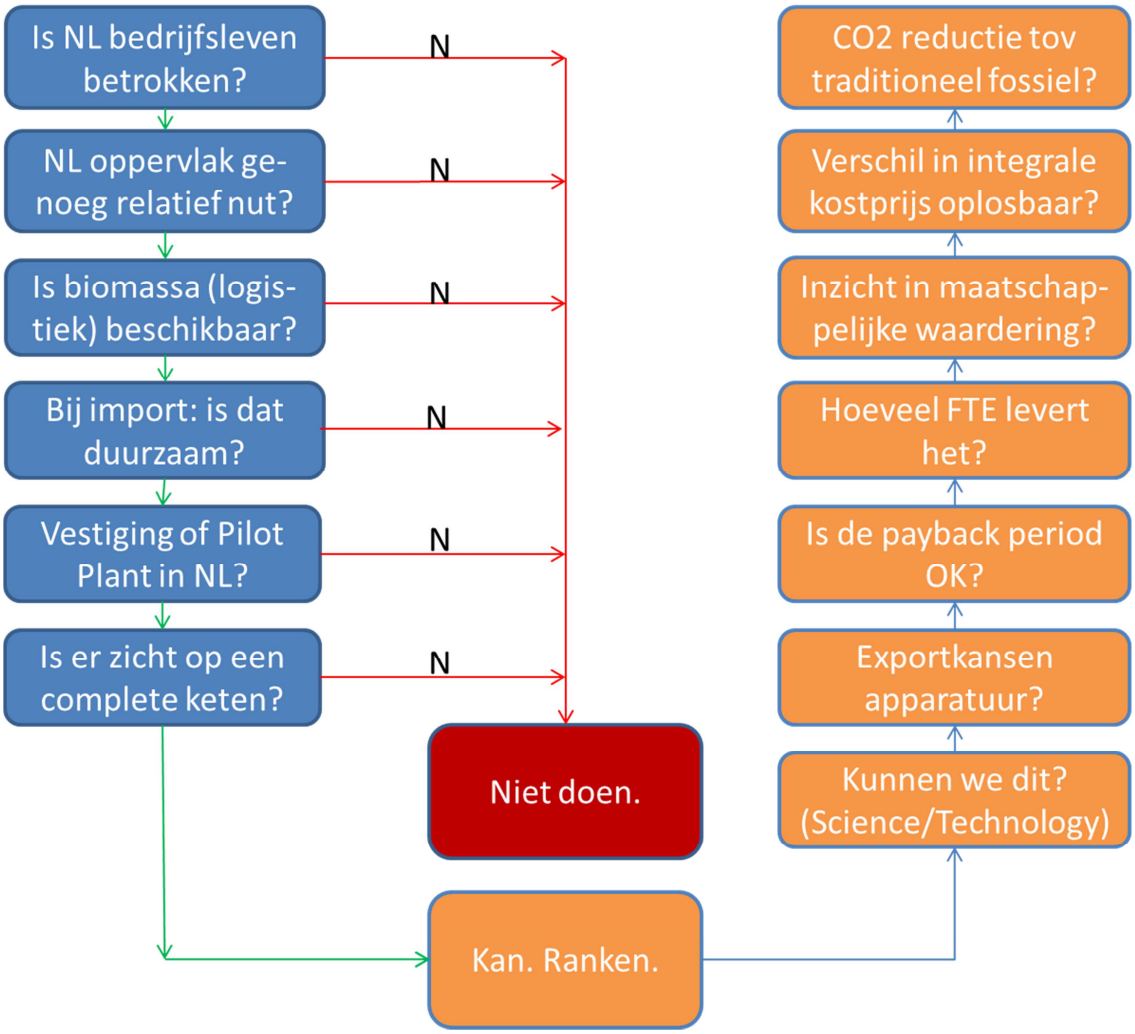
- *Van lignocellulosische grondstof tot geavanceerde biobrandstoffen, biobased chemicaliën en biomaterialen*
- *De volgende generatie houtverwerkende waarde ketens*
- *De volgende generatie agro-gebaseerde waarde ketens*
- *Ontstaan van nieuwe waarde ketens van (organisch) afval*
- *De geïntegreerde energie-, pulp-en chemische bio-raffinaderijen*

In 2014 is vanuit JTI-BBE de eerste call gehouden met een budget van 50 M€ en sluitingsdatum 15 oktober 2014. Het resultaat van deze call is nog niet bekend.
Samenwerking tussen lidstaten wordt geïnitieerd via Joint Programming Initiatives en ERAnetten die in H2020 CoFund worden genoemd. Voor het TKI-BBE is het van belang daar waar relevant aan te sluiten bij gezamenlijke calls op het gebied van de biobased economy en bioenergie (wat reeds gebeurt in ERA-IB en ERA-BESTF2 en ERA-Bioenergy).
Internationale samenwerking buiten de EU wordt met name vormgegeven via www.ieabioenergy.com en bilateraal met enkele landen. Binnen IEA Bioenergy[11] zijn voor het TKI-BBE de tasks met verschillende conversietechnologieën (pyrolyse, vergisting, vergassing, verbranding en bioraffinage) van belang, maar ook de tasks die te maken hebben met biomassa productie (solar capture), handel etc.

3 De Randvoorwaarden

Nederland is een klein land – zeker vanuit het perspectief van vierkante meters. Moet in het kader van de BBE op alles worden ingezet, of zijn er randvoorwaarden waar aan moet worden voldaan? Dit is zeker opportuun na het debat in de Tweede Kamer[12] naar aanleiding van de opening van de DSM-Poet ethanol fabriek in de VS (juni 2014), namelijk waarom de fabriek in de VS staat, terwijl de R&D steun in Nederland werd gegeven. Figuur 2 geeft een aanzet tot deze randvoorwaarden.

[11] Zie ook European Biofuel Technology Platform EBTP http://www.biofuelstp.eu
[12] Verslag debat Groene Groei 04-09-2014,kamerstuk 32637-153.

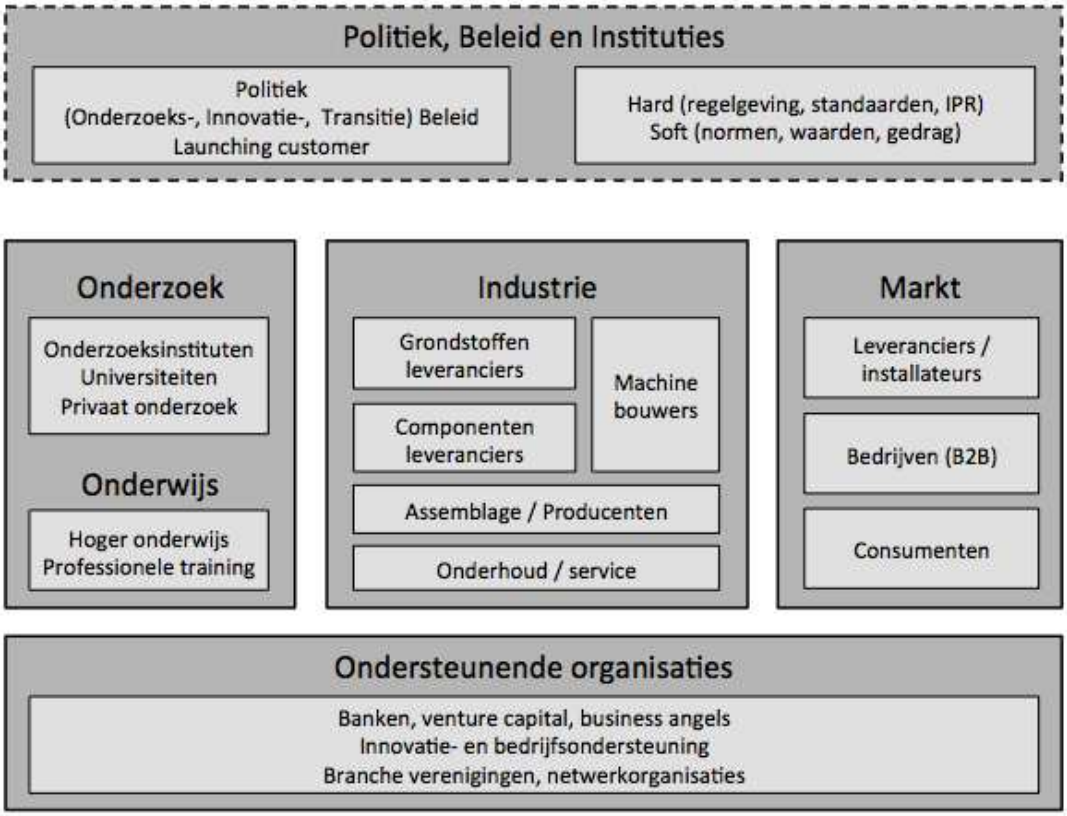


Figuur 2 Randvoorwaarden en opzet Rankingselementen BBE.

Uiteraard moeten deze strategische rankingscriteria (inpassen in TRL niveau, bijvoorbeeld) nader worden geoperationaliseerd.

Deze onderzoeksagenda richt zich op de technologische vraagstukken die opgelost moeten worden om het innovatieproces op gang te houden, oftewel kennisontwikkeling.
Het innovatieproces valt of staat niet alleen met het beschikbaar stellen van financiële middelen om tot de oplossing van technologische vraagstukken te komen. De omgeving, ook wel het innovatiesysteem genoemd, moet zo optimaal mogelijk ingericht worden waardoor de verschillende betrokkenen goed op elkaar afgestemd zijn (Figuur 3).

"Terugkijkend na 30 jaar Biobased is in 80% van de faalgevallen het niet gesloten hebben van de keten de reden."
Emmo Meijer, vz bestuur TKI Agri&Food.



Figuur 3 Het innovatiesysteem behorende bij een bepaalde technologie. Als dit systeem zo optimaal mogelijk functioneert, wordt de kans op innovaties en deze succesvol naar de markt te brengen vergroot. Aan de hand van zeven functies kan getoetst worden hoe dit systeem er voor staat.(Hekkert en Ossenbaard, 2010[13])

In het geval van de Biobased Economy betreft dit innovatiesysteem niet slechts een sector, maar minimaal drie verschillende Nederlandse topsectoren. Op het gebied van landbouw, chemie en energie blinkt Nederland wereldwijd uit. Juist door kruisbestuiving van deze topsectoren kan het niet anders dan dat Nederland grote stappen kan maken naar een groene economie.
Exacte innovaties zijn niet te voorspellen, maar door in te grijpen in het innovatiesysteem wordt het proces versneld en wordt de kans op de baanbrekende innovaties vergroot. Er zijn zeven functies waarvan kan worden afgelezen hoe het innovatiesysteem er voor staat: ondernemersactiviteiten, kennisontwikkeling, kennisdeling, richting geven, marktontwikkeling, middelen (zowel financieel als HCA) en weerstand. Als de bottleneck te vinden is de beperkte kennis die gedeeld wordt, is het niet zo efficiënt om dan extra geld te steken in de ontwikkeling van kennis. Het creëren van contactmomenten binnen het innovatiesysteem heeft dan meer effect. Deze zeven functies zijn signalen en de oplossing licht in het ingrijpen in het innovatiesysteem zelf.

[13] Hekkert M. en Ossebaard M. (2010) De Innovatiemotor, het versnellen van baanbrekende innovaties Uitgeverij Van Gorcum ISBN: 9789023246121

Baanbrekende innovaties ontstaan door keuzes te maken, door goede samenwerking en dit langdurig vol te houden. Waar is Nederland echt goed in? Wat zijn onze speerpunten binnen de Biobased Economy? Hiervoor dient niet alleen gekeken te worden naar onze kennis, maar ook naar onze ondernemers en hun netwerken. Om op betrouwbare wijze deze afweging te maken is er zowel behoefte aan data op het gebied van deze zeven functies als ook aan expert opinions om deze data te duiden door de tijd heen. Deze data ontbreekt nog voor sommige sectoren.

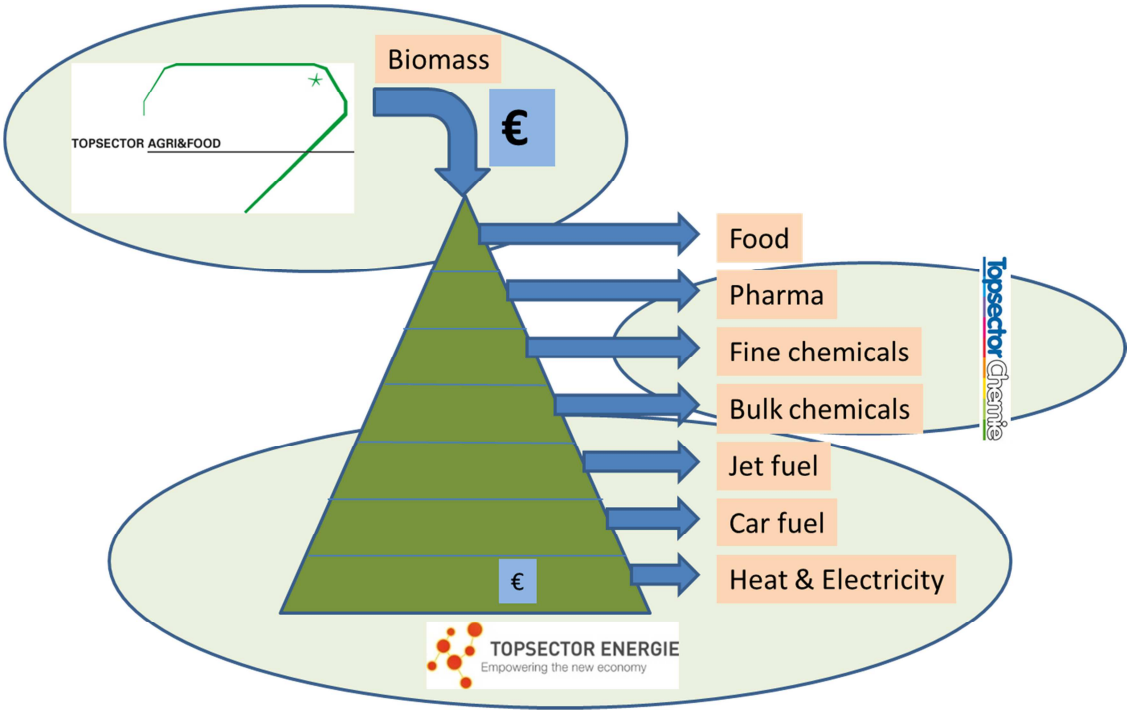
4 De Doelen

Het huidig gebruik van fossiele grondstoffen leidt wereldwijd tot een klimaatprobleem. Daarnaast zijn de voorraden eindig en loopt de aanvoer deels vanuit politiek instabiele landen. Elektriciteit is op te wekken met diverse alternatieve bronnen, naast biomassa ook wind, zonne-energie, waterkracht en geothermie, waarbij biomassa een extra opslagvoordeel biedt. Hetzelfde geldt voor warmte, ook hier bestaat er naast bio-energie de mogelijkheid van zonne-energie, opnieuw geothermie en omgevingswarmte via warmtepompen. Voor de productie van biobrandstoffen, chemicaliën en kunststoffen is biomassa echter de enige realiseerbare alternatieve bron voor de korte-, middellange- en deels lange termijn. Bovendien reduceert biomassa de afhankelijkheid van geopolitiek iets riskantere landen. En, last but most certainly not least, biobased genereert nieuwe banen.
Politiek/bestuurlijk zijn de uitgangspunten voor de innovatie-activiteiten in Nederland en Europa:

- 14% duurzame energie in 2020, en 16 % in 2023
- 20% reductie van CO2 uitstoot in 2020 t.o.v. 1990,
- 80% reductie van CO2 uitstoot in 2050,
- 10% duurzaam energiegebruik binnen de transportsector in 2020.

Kortom, de drijvende krachten achter de beoogde transitie zijn de vermindering van CO2 uitstoot en de nieuwe manieren van energie opwekking. Voor de langere termijn moet ook gekeken worden naar twee andere lonkende perspectieven: directe opslag van zonlicht naar moleculen, en gesloten kringlopen.
Biomassa blijft de komende decennia van cruciaal belang voor food en feed, farma, brandstof en nieuwe materialen. De strategie is daarbij zo maximaal gebruik te maken van de in biomassa aanwezige moleculaire structuren. Dit in contrast met de aanpak naar 'kraken' tot kleine (C1-C3) moleculen om ze vervolgens weer via klassiek chemische processen op te bouwen (C4 en groter). Biomaterialen met een koolstofskelet groter dan C4 zijn synthetisch inherent lastig te produceren en vanuit biomassa eenvoudiger te realiseren. Kennis van in biomassa aanwezige structuren, van processen in levende organismen, van scheidingsmethoden voor biomassa die de

van nature aanwezige moleculaire structuren intact laten, analysemethoden voor bio-systemen en methoden voor het omgaan met grote hoeveelheden data vormen de kennisbasis voor moderne biotechnologie en bioraffinage. Met behulp daarvan kan biomassa worden gescheiden in verschillende fracties die elk op zich kunnen worden verwaard. Het hanteren van dit zogeheten cascaderingsprincipe kan veel meer economische waarde uit biomassa worden gehaald dan door het alleen maar te verbranden. De gedachte is/was dat door de biomassa te scheiden in verschillende afzonderlijk te verwaarden fracties en de reststromen die voor energieopwekking te gebruiken de prijs van biomassa voor energieopwekking kan concurreren met die van fossiele grondstoffen.



Figuur 4 Het cascaderingsprincipe irt de topsectoren: waarde onttrekken aan biomassa.

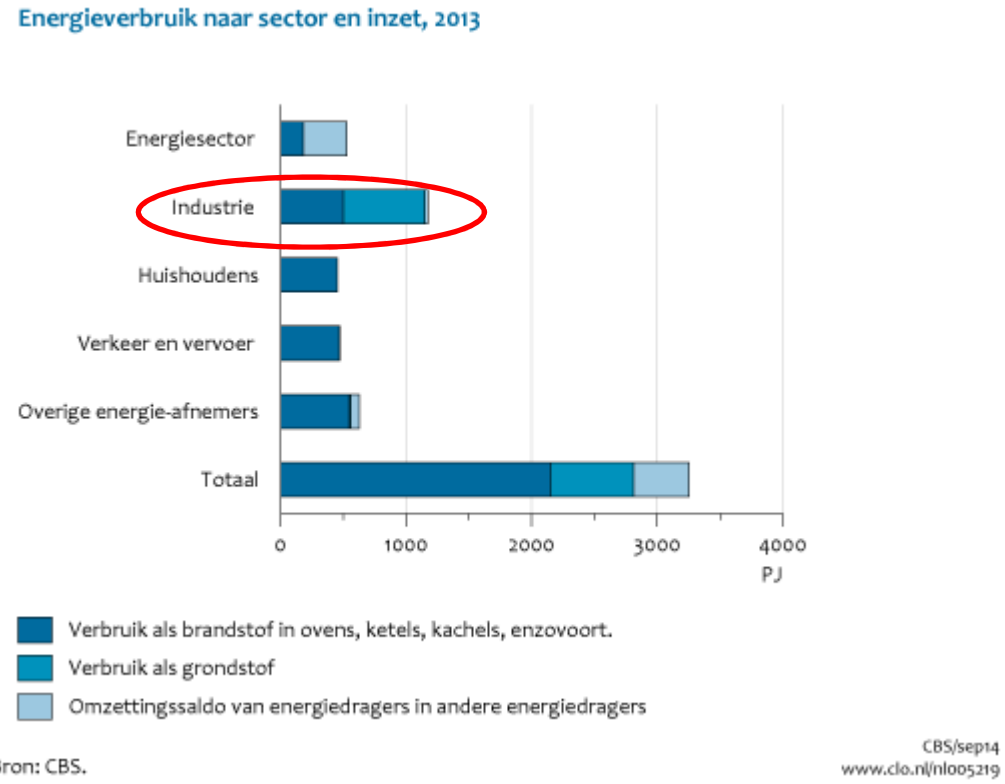
Van de huidige duurzame energieconversie in Nederland is 75% toe te schrijven aan de inzet van biomassa. De doelstellingen van het energieakkoord zijn voor de helft gebaseerd op de extra inzet van biomassa.

Het totale energieverbruik in Nederland bedroeg in 2013 3255 PJ. Daarvan is 1175 PJ, ofwel ruim eenderde, toe te schrijven aan de industrie. Van deze 1175PJ is 648PJ (55%) in gebruik als grondstof (bijvoorbeeld aardolie voor de vervaardiging van kunststoffen).[14]

Agri & Food, of Chemie, of Energie? Het is En En En, niet Of Of Of. Alledrie de topsectoren!

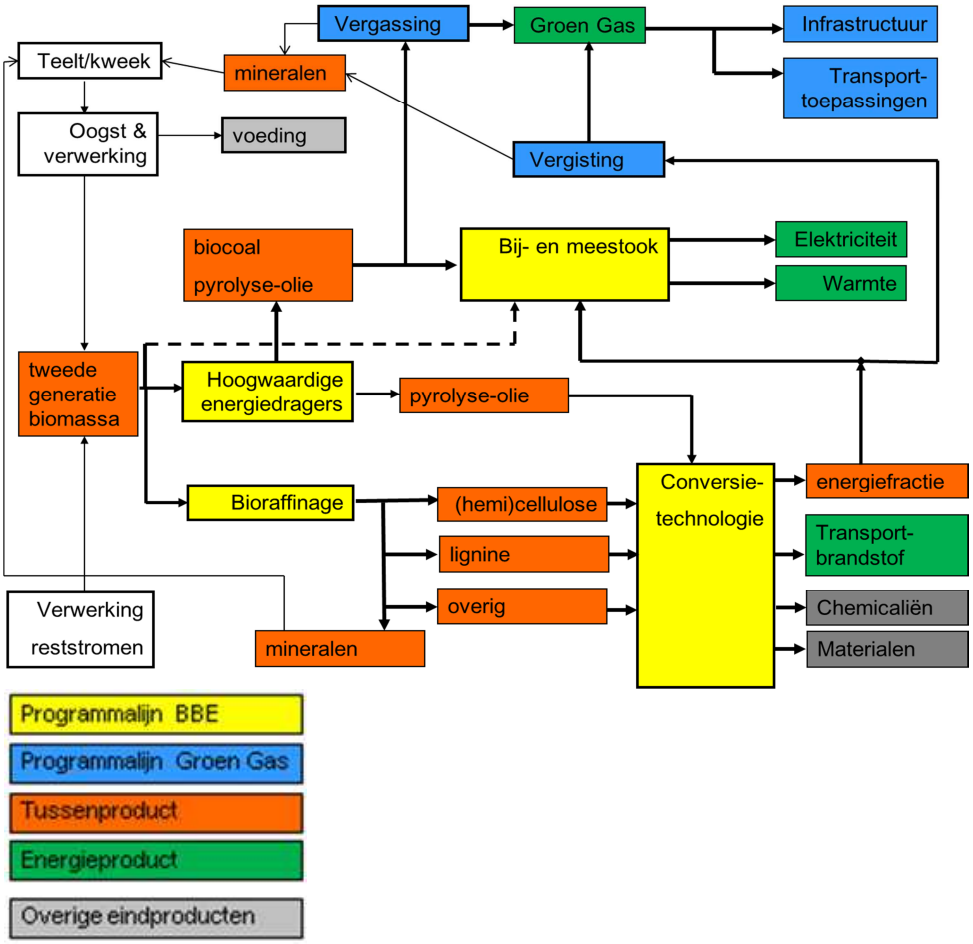
[14] Bron: compendium voor de leefomgeving: http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0052-Energieverbruik-per-sector.html?i=6-40

In totaal is dus 20% van het totale Nederlandse energieverbruik inclusief fossiel materiaal in gebruik als grondstof. Dit energieverbruik is vrijwel volledig fossiel en toe te schrijven aan aardolie en aardgas, energiedragers die uitsluitend door biomassa te vervangen zijn. De vergroening van deze grondstoffen kan daarom een aanzienlijke bijdrage leveren aan de verduurzaming van de Nederlandse Energiehuishouding. De industrie toont hiervoor op dit moment grote belangstelling en wijst in dat verband ook naar de afspraken die zijn gemaakt over cascadering van biomassa in het energieakkoord zoals het ondersteunen van innovatie.



Figuur 5 Energieverbruik naar sectoren in Nederland.

Daarbij moet benadrukt worden dat de productie van biobased grondstoffen in de meeste gevallen samengaat met de productie van energiedragers zoals stoom, en vergistbare dan wel verbrandbare reststromen. Zo produceert de geprognotiseerde 50 kton FDCA fabriek van Avantium ook circa 40 MWh aan warmte. Dit geldt ook voor biomassa-naar energietoepassingen. De BTG-pyrolyse fabriek wordt nu opgestart levert warmte aan AkzoNobel in Hengelo, en olie aan FrieslandCampina in Borculo. Een samenhang tussen de verschillende bronnen / bewerkingen / markten staat hieronder (Figuur 6).



Figuur 6 Samenhang markten, sectoren en producten.

Voor de chemie is de volgende ambitie geformuleerd[15]: In 2050 staat Nederland wereldwijd bekend als hét land van de groene chemie. 'Groen' is de algemene aanduiding voor grondstoffen, producten en productieprocessen die zijn gebaseerd op biomassa, en/of milieuvriendelijk en schoon zijn geproduceerd en/of duurzaam zijn in de bredere zin van people en planet (zoals recyclebaarheid, biodiversiteit en de sociale aspecten van productie). Voor de productie van voeding, energie en kunststoffen worden in 2050 voornamelijk groene grondstoffen ingezet. Productieprocessen zijn schoon en efficiënt. Nederland heeft de kennisinfrastructuur, organisatiegraad en logistieke voorzieningen om volledig duurzaam te zijn en een total solution provider te zijn. Direct en indirect heeft de chemie bijgedragen aan de Europese doelen voor energiebesparing en emissiereductie.

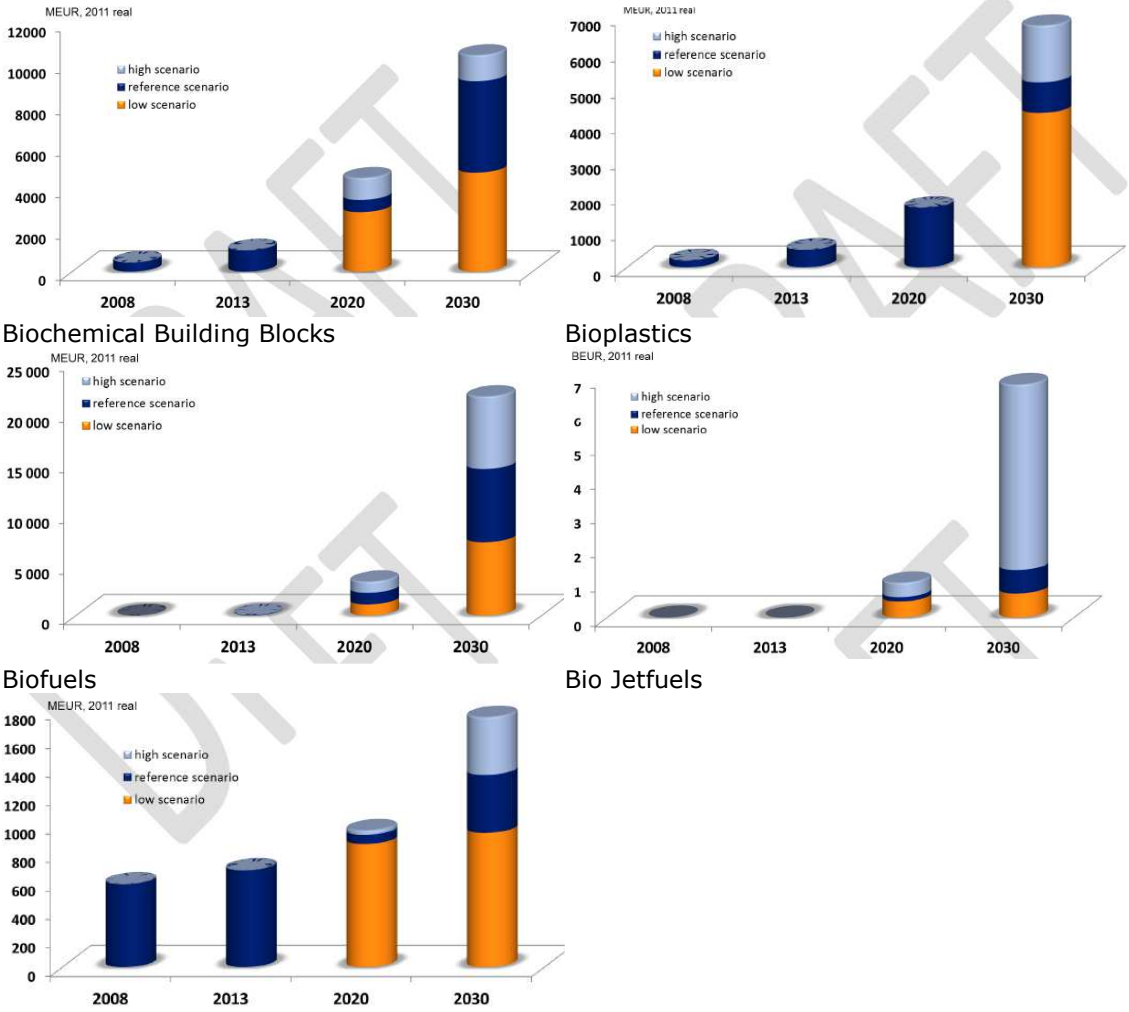
De markt

Ambities en doelen is één, maar zijn er ook marktvooruitzichten? Een recente analyse[16] via stakeholderanalyse laat een schatting zien

[15] Innovatiecontract Chemie 2012-2016

[16] Bio-Tic market roadmap, Europabio, 2014 (concept), http://www.industrialbiotech-europe.eu/downloads/

van verschillende markten in de toekomst met een base/worst/best case benadering (Figuur 7). Ruimte lijkt er voldoende te zijn – met forse verschillen tussen de lidstaten.



Figuur 7 Verwachte markt voor BB products.

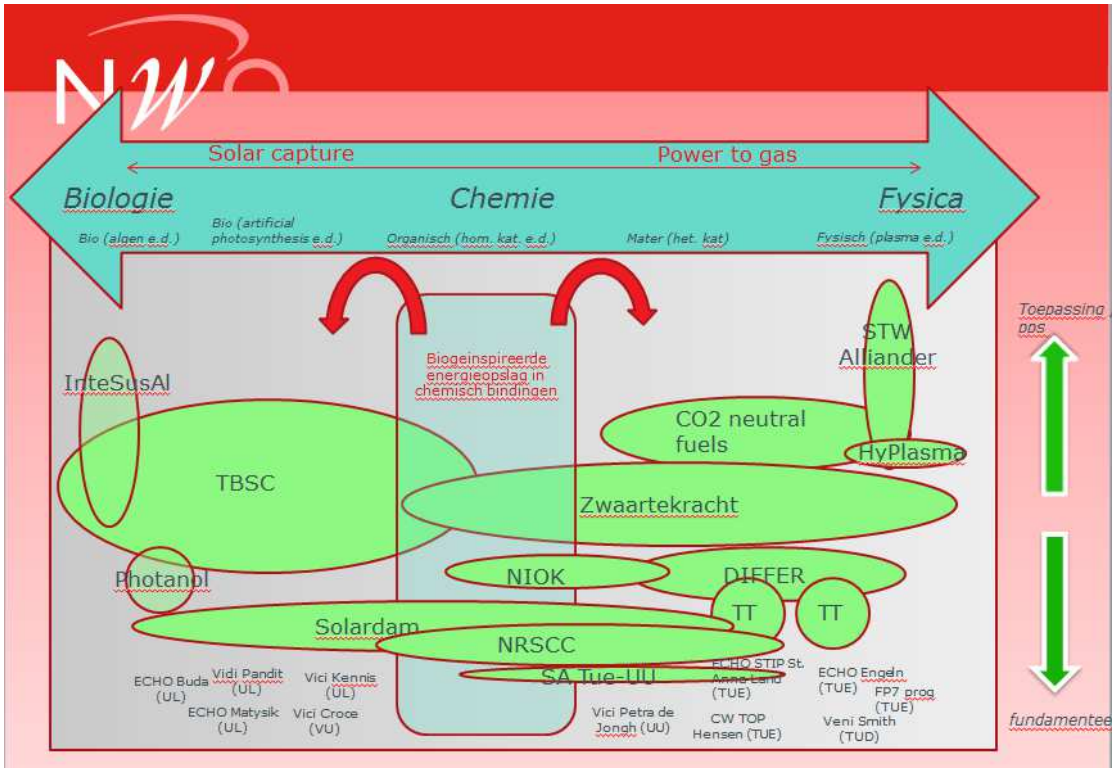
Biofuels

In de afgelopen jaren is aangetoond dat er veilig en duurzaam gevlogen kan worden op biokerosine. Nederlandse bedrijven zoals KLM, Schiphol en SkyNRG spelen hierbij een hoofdrol, mede door biokerosinegebruik te demonstreren op reguliere trajecten.
Een belangrijke doelstelling van "Deelrapport Brandstofvisie Duurzame Luchtvaart" is vertaling van deze wereldwijde ontwikkeling naar de Nederlandse situatie. Het beschouwt drie scenario's (Vandaag, Morgen, Overmorgen) met een verschillende tijdshorizons waarin biobrandstoffen kunnen bijdragen aan een significante vermindering van de uitstoot van broeikasgassen door de luchtvaartindustrie. Het Nederlandse beleidskader hieromtrent is vastgelegd in o.a. de Luchtvaartnota. Voor de scheepvaart is door de SER samen

met het ministerie van I&M de Brandsftofvisie[17] ontwikkeld. Voor martitiem transport worden de Liquefied Natural Gas (LNG) en biobrandstoffen als de voornaamste duurzame oplossingen genoemd, beiden voornamelijk vanwege de compatibiliteit die ze vertonen met de huidige infrastructuur en technieken. De biobrandstof aandelen voor 2030 en 2050 worden ingeschat op respectievelijk 5% en 9%. De aandelen biodiesel en bio-LNG worden voor 2030 ongeveer even groot ingeschat. Voor 2050 wordt verwacht dat de hoeveelheid biodiesel toeneemt en dat de hoeveelheid bio-LNG stabiel blijft. Voor de binnenvaart wordt het aandeel van LNG voor 2030 en 2050 ingeschat op respectievelijk 10% en 15%. Ook wordt een forse groei verwacht van de inzet van bio-LNG en biodiesel. Het aandeel voor beide biobrandstoffen zullen ongeveer gelijk zijn in 2030 (2% biodiesel en 3% bio-LNG) en respectievelijk 14 en11% in 2050.
Het introduceren van alternatieve brandstoffen wordt nog beter gestimuleerd als er ook gebruik gemaakt wordt van opportunity's in andere markten, de zogeheten koppelkansen tussen biobrandstoffen voor wegtransport, aviation en maritiem met ieder hun specifieke eisen. R&D is nodig om deze koppelingen te optimaliseren.

De langere termijn
Voor de langere termijn krijgt de directe conversie en opslag van zonne-energie in chemische bindingen op de wetenschappelijke agenda meer en meer aandacht. Het ziet er naar uit dat de eerste toepassingen van deze nieuwe technologie met een vijf maal zo hoge efficiëntie als de huidige biomassapraktijk op de lange termijn (>12 jaar, TRL 1) tegemoet gezien kunnen worden. Hierop moet een aantal jaren continuïteit van het fundamenteel onderzoek geboden worden (Figuur 8).

[17] http://www.energieakkoordser.nl/nieuws/brandstofvisie.aspx



Figuur 8 Verdeling tussen Biologie, Chemie plus Chemical Engineering en Fysica rondom solar capturing (NWO).

De doelen versus de programmalijnen

De transitie naar een biobased economy wordt begeleid door de grenzen van duurzaamheid, zoals blijkt uit menig rapport. Volgens de SER moet de overheid inzetten op verdere ontwikkeling van de biobased economy, binnen een gemeenschappelijk gedragen proces van verduurzaming[18]. Ook de Commissie Duurzaamheidsvraagstukken Biomassa benadrukt de grenzen van duurzaamheid (door onafhankelijke partijen te verifiëren op basis van een set heldere eisen) en signaleert tegelijkertijd de kansen voor de Nederlandse economie. Het Rathenau Instituut en de Wetenschappelijke en Technologische Commissie voor de BBE zijn dezelfde mening toegedaan. Rathenau[19] stelt dat innovatie de sleutel is, en concludeert dat de optimale waardebenutting van de biomassa (cascadering) leidraad moet zijn in de bio-economie: dat voorkomt conflicten met de wereldvoedselvoorziening. En Rathenau stelt dat nationale lef (het grijpen van kansen) en internationale voorzorg (het verdedigen en toepassen van duurzaamheidscriteria) hand in hand moeten gaan, in lijn met de commissie Corbey[20].

Het TKI-BBE formuleert de volgende doelen in relatie tot de programmalijnen voor 2023 en verder:

[18] SER rapport Meer chemie tussen groen en groei: de kansen en dilemma's van een biobased economy

[19] Rathenau rapport Naar de kern van de bio-economie: de duurzame beloftes van biomassa in perspectief

[20] Uitwerking Visie Bio-economie 2030 voor de Commissie Corbey

Tabel 2 Doelstellingen vs programmalijnen TKI-BBE 2023. Doel of programmalijn kwantitatief: percentages; kwalitatief: + of -.

Doel \ Programmalijn	1Thermisch	2 Chemisch kat.	3 Biotechn	4 Solar Capturing
Bioenergie 1TWh/jr	85%	7%	7%	1%
2 biostromen nieuw	+	+	+	-
Pilot cascadering	+	+	+	-
5 BioChemicaliën	5%	40%	40%	5%
5 BioMaterialen	0%	45%	45%	10%
10 produkten in schap	-	+	+	+
18,5 G€ bij BNP	32%	32%	32%	4%
HCA	-	+	+	+
Certificering	+	-	-	-
4550 banen	22%	33%	33%	12%
10% bio mobiliteit	40%	25%	25%	10%

Uiteraard blijft de vraag of er voldoende biomassa beschikbaar is – en hoe duurzaam deze is. De commissie Corbey heeft hiervan een analyse gemaakt:

Hebben die biomassa-producerende landen dat niet zelf nodig dan? Hans Alders, voorzitter RvT TKI-BBE

Tabel 3 Biomassabeschikbaarheid (commissie Corbey)

	2030	2030 (2050)
	vraag (PJ)	aanbod (EJ, PJ)
Biobrandstoffen Landgebonden vervoer: Bunkers internat. lucht- en scheepvaart	 50 – 400 30 – 300	
Elektriciteit en warmte	220 – 400	
Chemie en materialen	0 – 200	
TOTAAL excl. bunkers *incl. bunkers*	***270 – 1000*** *300 – 1300*	
Aanbod biomassa in Nederland (2030)		**150 – 400 PJ**
Overschot Europees aanbod (2030)		2.4-13.2 EJ = **2400 – 13200 PJ**
Overschot mondiaal aanbod (2050)		15-35 EJ = **15000 – 35000 PJ**

Duidelijk is dat er voldoende biomassa in de EU beschikbaar is, en dat er globaal weinig problemen lijken te zijn.

5 Het Programma

Het onderzoeksveld van het TKI-BBE is veelomvattend en bevat de gehele keten van biomassa productie, inzameling, opwerking, conversie in verschillende stappen naar een veelheid van eindproducten. De bioraffinage benadering staat hierbij centraal. Bioraffinage van biomassa betekent dat een veelheid aan componenten en energie uit de grondstof wordt verkregen en het systeem zowel ecologisch als economisch geoptimaliseerd. Veel voorbeelden van bioraffinagesystemen zijn beschikbaar (IEA Bioenergy Task 42[21]) of worden ontwikkeld. Valorisatie door bioraffinage van biomassa is daarom het leidende principe binnen de onderzoekslijnen.
Het TKI-BBE heeft ervoor gekozen om het totale onderzoeksveld (zie figuur 12) langs een aantal programmalijnen in te delen. Vanaf 2014 heeft in overleg met het Topteam Energie een herdefinitie van de programmalijnen plaatsgevonden[22], leidend tot de volgende vier nieuwe programmalijnen binnen TKI-BBE:

1. Thermische conversie van biomassa
2. Chemisch katalytische conversietechnologie

[21] http://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/en/ieabiorefinery.htm
[22] TKI BBE, 2014. TKI Biobased Economy - Aangescherpte programmalijnen. Werkdocument, 12 pp.

3. Biotechnologische conversietechnologie
4. Solar capturing

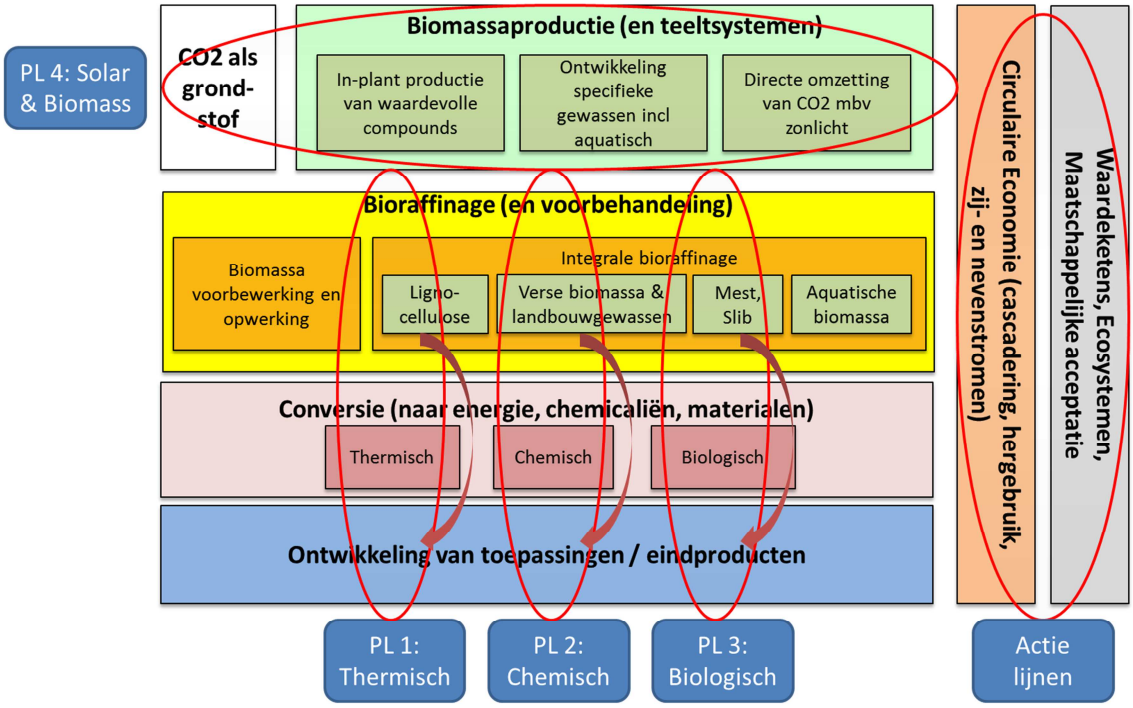
Leidend principe bij de formulering van de programmalijnen is de waardeketen geweest, van grondstof via conversie tot eindproduct, omdat daarmee deze programmalijnen vergelijkbaar zijn met andere duurzame energie opties binnen de topsector energie. Deze benadering is ook zeer goed toepasbaar indien de waardeketen van grondstof tot materialen wordt beschouwd. Bioraffinage speelt dan een rol binnen deze waardeketens en programmalijnen, maar ook tussen deze programmalijnen en zal integraal in het onderzoek binnen de programmalijn worden meegenomen.

Daarnaast is er gekozen om de focus te leggen op technologieën en niet op biomassastromen of eindproducten. Het is ten slotte onduidelijk welke biomassastromen er beschikbaar zijn in de toekomst en tegen welke prijs. Datzelfde geldt voor de vraag vanuit de markt voor specifieke producten. Door de technologie, en daardoor de kennis, in handen te hebben en deze te ontwikkelen is het mogelijk deze flexibel in te zetten en zullen er ook in de toekomst innovatieve producten de markt op gebracht kunnen worden. Het zijn technologieen die verkocht en geïmplementeerd worden, zodat de beoorgde doelen zoals CO2-reductie behaald worden.

Geen keuze voor biomassa /waardeketen of eindproduct: Te volatiel.

Voor de ontwikkeling van de BBE is het van belang om binnen de BBE te komen tot een goede systeembenadering over de gehele waardeketen, waarbij een juiste afweging tussen waardeketens wordt gemaakt (zie ook rapportage ondersteuning formulering onderzoeksagenda van de TO2).

Om deze afweging te realiseren zijn naast deze programmalijnen actielijnen geformuleerd, waarbinnen socio-economische analyses, landgebruik, cascadering, Levens Cyclus Analyses etc. zullen worden uitgevoerd. Hiermee wordt de ontwikkeling en marktintroductie van het totale Biobased Economy systeem gefaciliteerd. Deze actielijnen zullen in nauwe samenhang met, of, voor Energie in, het programma STEM worden uitgevoerd.



Figuur 9 Schematische weergave van het onderzoeksveld BBE, programmalijnen TKI-BBE vergeleken met aanbevelingen TO2 en Groene Groei.

Ten opzichte van de oorspronkelijk programma lijn Solar Capturing, heeft er nu een uitbreiding plaatsgevonden met alle conversies van CO2 en zonlicht naar grondstof, naast molecuul niveau, nu ook op plant of gewas niveau en aquatisch. Daarom zal de nieuwe naam van programmalijn 4 Solar Capturing & biomass production worden.

5.1 Raffinage en thermische conversie van biomassa.

De programmalijn 'Thermische conversie van biomassa' richt zich op technologieën waarmee biomassa bij verhoogde temperatuur, al dan niet in aanwezigheid van zuurstof, wordt omgezet naar:

- Elektriciteit en, of warmte.
- Hoogwaardige energiedragers die geschikt zijn voor de productie van elektriciteit en, of warmte.

Bestaande praktijk die de programmalijn wil veranderen:

Ten opzichte van klassieke fossiele brandstoffen zoals steenkool en aardolie heeft biomassa een aantal nadelen: de energiedichtheid is laag, de houdbaarheid is beperkt en biomassa houdt vocht vast (hygroscopische eigenschappen) waardoor de verbrandingswaarde daalt. Daarnaast zijn veel laagwaardige biomassareststromen op dit moment niet geschikt voor energieproductie, onder andere omdat zij door hoge gehaltes aan alkalimetalen en chloriden leiden tot snelle vervuiling en corrosie van ketels en warmtewisselaars.
Voor kolencentrales wordt nu vooral gebruik gemaakt van schone houtpellets die voor het overgrote deel worden geïmporteerd. Deze kunnen tot 20% met kolen worden bijgestookt. Bij hogere percen-

tages ontstaan problemen met vervuiling en corrosie. De duurzaamheid van deze biomassa staat maatschappelijk ter discussie.
Daarnaast kent Nederland een aantal grote en veel kleine centrales die uitsluitend op biomassa worden gestookt. Hiervoor wordt meestal gebruik gemaakt van houtchips. Dit is –in vergelijking met steenkool- een dure brandstof. De economie van biomassacentrales zou kunnen verbeteren indien laagwaardige reststromen verstookt konden worden, zoals landbouwresiduen en reststromen uit bioraffinage. Dit stuit echter tot nu toe op problemen die vergelijkbaar zijn met die van kolencentrales: vervuiling en corrosie.

Wijze waarop:
Inzet op restromen uit bioraffinage en/of afval ter vervanging van relatief hoogwaardige biomassastromen door:
- Verdichten biomassa door pyrolyse en torrefactie, met als eindproducten pyrolyse-olie en biocoal,
- Laagwaardige biomassa geschikt maken voor energietoepassingen door ontzouting, verdichting en hydrofoob maken,
- Onderzoek beperking corrosie en fouling in verbrandingsinstallaties,
- Onderzoek brandstofadditieven,
- Onderzoek inzetbaarheid (mengsels van) laagwaardige biomassastromen in verbrandingsinstallaties,
- Ontwikkeling van duurzaamheidscriteria,
- Ontwikkeling nieuwe supply chains en downscaled toepassingen, onderzoek naar voorbewerkingstechnieken.

Resultaat 2023:
- Kwalitatief: 6 G€ bij BNP, 4 nieuwe biomassastromen waaronder materialen uit bioraffinage, certificeringssyteem voor biomassa met breed maatschappelijk draagvlak,
- Kostprijsverlaging elektriciteit en warmte uit biomassa tot onder €4/GJ,
- CO2: 850 GWh/jaar, overeenkomend met een CO2-reductie van 625.000 ton/jaar,
- Fte: 1000 banen.

Tijdpad:
- Certificeringssysteem in 2015,
- Demonstratie bijstook 50% houtpellets in 2016,
- In 2018 demonstratie torrefactie en pyrolyse van schoon hout op grote schaal,
- in 2018 eerste kleinschalige demonstratie van torrefactie en pyrolyse laagwaardige reststromen,
- Demonstratie bijstook 2 nieuwe biomassastromen in 2023.

Bedrijven die in Nederland actief zijn:
Topell, Torr-coal, Biolake, Biotortech, Essent, NUON, EON, BTG, HoSt, diverse andere MKB-bedrijven.

Universiteiten en onderzoeksinstituten:
ECN, UT, RUG, DHV Kema.

Samenhang met andere programmalijnen:
- pyrolyseolie kan via chemisch-katalytische weg gedeeltelijk omgezet worden in biobrandstoffen (programmalijn 2),
- getorrificeerd materiaal kan worden vergast, waarna het geproduceerde synthesegas chemisch-katalytisch kan worden omgezet in biobrandstoffen (programmalijn 2),
- Vergassing is ook een thermische conversietechnologie die als aparte programmalijn is opgenomen in TKI Gas.

Programma's:

1. Voorbehandeling

Dit programma omvat torrefactie, pyrolyse en andere voorbehandelingstechnieken om laagwaardige biomassa geschikt te maken voor de opwekking van energie en warmte.
Zwaartepunt Innovatiestap: TRL start: 7, TRL eind: 8.
Risico's/kritische succesfactoren: verhogen rendement, inzet laagwaardige biomassastromen (kostprijsreductie), goede eigenschappen t.a.v. maalbaarheid, houdbaarheid, verbrandingseigenschappen, handling, opslag en logistiek, ontzouting, ontwatering met laag energieverbruik, definitie SMART duurzaamheidscriteria, ontwikkeling nieuwe supply chains en downscaled toepassingen, bewijzen technologie op demoschaal.

2. Bij- en meestoken

Dit programma omvat het geschikt maken van installaties voor hogere percentages bij- en meestook biomassa.
Zwaartepunt Innovatiestap: TRL start: 7, TRL eind: 8.
Risico's/kritische succesfactoren: beperking corrosie en fouling in de verbrandingsinstallatie.

Onderzoeksvragen
In onderstaande Tabel 4 staan onderzoeksvragen die per onderwerp binnen deze programmalijn uitgewerkt kunnen worden. Dezelfde indeling is gebruikt zoals in hoofdstuk **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** is geïntroduceerd.

Tabel 4 Onderzoeksvragen programmalijn 1.

Onderwerp	Fundamenteel TRL 1-3	Toegepast TRL 4-6	Valorisatie TRL 7-9
Bio-energie			

Vergisting	Kan de genomica aanpak uit de darm-gezondheid leiden tot een efficiëntiestap in vergisting?	Hoe kunnen bestanddelen uit het digestaat nuttig ingezet worden? (bijv. vezels voor plaatmaterialen) Hoe kan het vergistingsproces van laagwaardigere en goedkopere feedstock geoptimaliseerd worden? Hoe kan de kwaliteit van groen gas verbeterd worden zodat het makkelijker bijgemengd kan worden?	Hoe kunnen nutriënten verwaard worden om de business case voor vergisting rendabel te maken?
1a Voorbehandeling: (zie onderstaande vier onderwerpen)			
Pyrolyse	Is het productspectrum te beïnvloeden dmv katalysatoren of grondstofaanpassing?	Hoe kunnen verontreinigingen en ongewenste stoffen uit pyrolyse olie verwijderd worden?	Hoe kan uit laagwaardiger biomassa dan schoon hout, bruikbare pyrolyse-olie geproduceerd worden?
Torrefactie		Verbetering homogeniteit, waterafstotende eigenschappen en fysische stabiliteit.	Ontwikkeling torrefactie voor niet houtige biomassa o.a. snoeiresten, oogstresten,riet, gras, etc., moeten eerst voorbehandeld worden. Toepassing in vergassing en kleine ketels
Vergassing	-	Wat zijn de risico's/kritische succesfactoren voor groen gas en synthesegas: voorkomen vorming/condensatie teren, gasreiniging, degradatie katalysatoren. [prog. lijnen TKI gas]	Het opschalen van vergassing om zo inzicht te krijgen in de business case.
Andere voorbehandelings- technieken (o.a. wassen, drogen, pelleteren)			Uitontwikkeld en toegepast op commercieel schaal.
1b Bij- en meestook	-	-	Verhogen bijstookpercentages met zo beperkt mogelijk effect op rendement, vervuiling en corrosie, alternatieve feedstocks voor houtpellets, toevoegen toeslagstoffen voor beperken vervuiling en corrosie

5.2 Raffinage en chemisch katalytische conversietechnologie.

'Chemisch katalytische conversietechnologie' betreft de ontwikkeling van nieuwe geavanceerde technologieën voor de omzetting van -al dan niet voorbewerkte- biomassa naar groene materialen, chemicaliën en brandstoffen via chemokatalytische routes. Conversieprocessen worden bij voorkeur vooraf gegaan door bioraffinage. Bij bioraffinage worden plantaardige en dierlijke grondstoffen op efficiënte, ecologisch verantwoorde en economische wijze ontrafeld, zodat de

volledige potentie van haar inhoudsstoffen benut kan worden. Het streven is daarbij om bestaande functionaliteiten en koolstofskeletstructuren in de moleculen zo veel mogelijk te behouden, eventueel is na de bioraffinage al een product voorhanden. Conversieprocessen worden gevolgd door energie-efficiënte scheidingstechnieken, alsook de ontwikkeling van processen voor eindproducten (bijvoorbeeld polymerisatie en materiaalontwikkeling).

Bestaande praktijk die de programmalijn wil veranderen:
Brandstoffen voor verkeer en vervoer zijn op dit moment nog grotendeels gebaseerd op aardolie. Door Europese en nationale wetgeving (bijmengverplichting) komt de productie van biobrandstoffen voor het wegverkeer langzamerhand op gang. Deze brandstoffen zijn nog grotendeels gebaseerd op eerste generatie grondstoffen zoals suikers en plantaardige oliën en vetten. Voor de luchtvaart is nog geen economisch rendabel duurzaam alternatief voor kerosine voorhanden. De ligninefractie van biomassa kent op dit moment nog geen hoogwaardige toepassing. Er zijn geen commerciële technieken voorhanden om houtachtige biomassa om te zetten naar biobrandstoffen en chemicaliën.

Wijze waarop:
Binnen deze programmalijn wordt onderzoek gedaan naar de omzetting van biomassa en biomassafracties naar verkoopbare eindproducten zoals (transport)brandstoffen, grondstoffen, chemicaliën, elektriciteit en warmte. Processen worden gekarakteriseerd door de fractionering en cascadering van biomassa, gevolgd door de conversie van de verschillende fracties naar brandstoffen en chemicaliën die met minder energie en kleinere CO2-footprint zijn te produceren dan de fossiele alternatieven. De conversie vind plaats met behulp van katalysatoren. Bedrijven en kenninstellingen werken op dit terrein samen in de PPS CatchBio.

Tijdpad:
- 2016: model voor grondige analyse bepalen aantrekkelijke componenten,
- 2018: pilot voor fractionering 2^{e} generatie feedstocks naar suikerstropen,
- 2020: marktintroductie furanic fuels en furanic polymers,
- 2020: pilot voor conversie pyrolyse-olie naar transportbrandstof,
- 2022: pilot kleinschalige productie biobrandstoffen via vergassing,
- 2024: routes naar aromaten uit lignine op pilotschaal aangetoond,
- 2030: commerciële chemicaliën (aromaten) uit pyrolyse-olie en lignine die met minder energie en kleinere CO2-footprint zijn te produceren.

Resultaat:

- Kwalitatief: 6 G€ bij BNP,
- CO2: 70GWh/jaar duurzame energieproductie, staat gelijk aan 52.000 ton CO2-reductie per jaar en 25% bijdrage aan 10% biomobiliteit, overeenkomend met 925.000 ton CO2/jaar,
- Fte: 1500 banen.

Programma's:

3. Verwerking lignocellulose

Onderwerpen:

- fractionering lignocellulose naar cellulose, hemicellulose en lignine,
- valorisatie lignine: kraken lignine, conversie naar aromaten en andere waardevolle componenten,
- conversie van cellulose en hemicellulose naar furanen als bouwstenen voor hoogwaardige transportbrandstoffen en materialen.
- Ontsluiting van waardevolle bouwstenen voor materialen uit reststromen. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan de winning van cellulose en vetzuren uit afvalwater en de winning van vezels uit grassen, om deze in te zetten in bijvoorbeeld de productie van kunststoffen en de vervaardiging van verpakkingsmaterialen.

Zwaartepunt Innovatiestap: TRL start: 3, TRL eind: 7.
Risico's/kritische succesfactoren: Opschaling naar continuproces, voldoende hoge opbrengsten en kwaliteit van de biomassa fracties, adequate solvent recycling, conversiesnelheid en rendement, samenstelling eindproduct, scheiding met laag energieverbruik, katalysator en procesontwikkeling.

4. Conversie van pyrolyse-olie naar biobrandstoffen en chemicaliën

Zwaartepunt Innovatiestap: TRL start: 4, TRL eind: 6.
Risico's/kritische succesfactoren: energie/waterstofgebruik voor stabilisering en opwerking pyrolyse-olie, productkwaliteit, conversierendement, kostprijs ten opzichte van fossiele routes.

5. Productie biobrandstoffen en chemicaliën uit vaste biomassa via vergassing

Zwaartepunt Innovatiestap: TRL start: 4, TRL eind: 6.
Risico's/kritische succesfactoren: voorkomen vorming / condensatie teren, gasreiniging, degradatie katalysatoren.
Onderzoeksvragen:
In onderstaande Tabel 5 staan onderzoeksvragen die per onderwerp binnen deze programmalijn uitgewerkt kunnen worden.

Tabel 5 Onderzoeksvragen programmalijn 2.

Onderwerp	Fundamenteel TRL 1-3	Toegepast TRL 4-6	Valorisatie TRL 7-9

Biobased chemie			
Drop-in	Ontwikkelen van katalysatoren en reactieprocessen voor productie van drop-in bouwstenen.	Opschalen en optimaliseren van productie proces.	Testen van biobased vervangers voor commerciële productie.
Zuren, alcoholen	Welke alternatieve producten zijn voorstelbaar uit platformzuren? Zijn eigenschappen te voorspellen mbv structuuranalyse?	Welke biomassa (reststromen) is geschikt voor een bepaald product? Welke (bio)katalytische route is het beste?	Welke toepassingen in producten en materialen zijn mogelijk? Welke zijn economisch rendabel om opgeschaald te worden?
Aminozuren	Ontwikkelen van chemische reacties voor omzetting naar chemicaliën.	Isolatie, fractionering en functionalisering aminozuren uit biomassa en reststromen. Voor welke toepassingen kunnen de aminozuren gebruikt worden?	Pilot en demo voor raffinage.
Aromaten	Wat zijn de moleculaire eigenschappen en structuren? Welke routes geschikt voor productie aromaten: thermisch, chemisch katalytische? Welke grondstoffen: e.g. koolhydraten, lignocellulose of lignine? Downstream processing met laag energieverbruik.	Verkennen en optimaliseren van routes voor productie uit lignine. Optimaliseren van productie processen uit eerste generatie grondstoffen.	Pilot en demo voor productie.
Andere ringvormige moleculen (e.g. Furanen, isosorbide, caprolactam)	Welke routes geschikt voor productie aromaten: thermisch, chemisch katalytische, welke grondstoffen: lignocellulose, lignine en koolhydraten?	Welke productie routes zijn interessant met lignine en koolhydraten als grondstof? Welke voorbehandeling? Welke katalysatoren?	Zuivering, opschaling, polymerisatie. Pilot en demo voor productie.
Biobrandstoffen (uit thermische en/of chemische voorbehandeling)			
Conversie van pyrolyse-olie naar biobrandstoffen en chemicaliën	Is het productspectrum te beïnvloeden dmv katalysatoren of grondstofaanpassing?	Hoe kan pyrolyse-olie optimaal verwerkt worden tot biobrandstof of materialen? Fractionering en upgrading pyrolyse-olie met laag energieverbruik	Doorontwikkelen naar verschillende type biobrandstoffen.
Productie biobrandstoffen en chemicaliën uit vaste biomassa via vergassing		Optimalisatie vergassingsproces, m.n. de scheiding van chemicaliën in de gasvormige fase, diepe teerreiniging, voorkomen dat katalysator snel deactiveert (iom TKI chemie)	Doorontwikkelen naar verschillende type biobrandstoffen.
Productie biobrandstoffen uit lignocellulose materiaal	Zijn er additieven die prestaties verbeteren cq emissies sterk verminderen?	Aantonen dat bioraffinagereststromen geschikt zijn voor scheepvaartbrandstof.	Doorontwikkelen naar verschillende type biobrandstoffen.

5.3 Raffinage en biotechnologische conversietechnologie.

'Biotechnologische conversietechnologie' betreft ontwikkeling van nieuwe geavanceerde technologieën voor de omzetting van -al dan niet voorbewerkte- tweede generatie biomassa naar groene materialen, chemicaliën en brandstoffen via biotechnologische routes (met

aandacht voor biotechnologie/genomics). Conversieprocessen worden bij voorkeur vooraf gegaan door bioraffinage. Bij bioraffinage worden plantaardige en dierlijke grondstoffen op efficiënte, ecologisch verantwoorde en economische wijze ontrafeld, zodat de volledige potentie van haar inhoudsstoffen benut kan worden. Het streven is daarbij om bestaande functionaliteiten en koolstofskeletstructuren in de moleculen zo veel mogelijk te behouden, eventueel is na de bioraffinage al een product voorhanden. Conversieprocessen worden gevolgd door energie-efficiënte scheidingstechnieken, alsook de ontwikkeling van processen voor eindproducten (bijvoorbeeld polymerisatie en materiaalontwikkeling).

Bestaande praktijk die de programmalijn wil veranderen:
Brandstoffen voor verkeer en vervoer zijn op dit moment nog grotendeels gebaseerd op aardolie. Door Europese en nationale wetgeving (bijmengverplichting) komt de productie van biobrandstoffen voor het wegverkeer langzamerhand op gang. Deze brandstoffen zijn nog grotendeels gebaseerd op eerste generatie grondstoffen zoals suikers en plantaardige oliën en vetten. Voor de luchtvaart is nog geen economisch rendabel duurzaam alternatief voor kerosine voorhanden. Huidige routes naar brandstoffen, chemicaliën en polymeren verlopen vaak bij hoge temperatuur en druk en zijn daarom energie-intensief. Productieprocessen voor twee generatie biobrandstoffen uit lignocellulose zijn in ontwikkeling maar halen vooralsnog een laag conversierendement.

Wijze waarop:
Binnen deze programmalijn wordt onderzoek gedaan naar de omzetting van biomassa en biomassafracties naar verkoopbare eindproducten zoals (transport)brandstoffen, elektriciteit, warmte, grondstoffen en chemicaliën. Biotechnologische processen verlopen bij lage (doorgaans atmosferische) druk en lage temperaturen, waardoor een belangrijke energiebesparing ten opzichte van fossiele routes kan worden bereikt. De uitdagingen zijn gelegen in het ontsluiten van de suikers via voorbehandeling en hydrolyse en de biologische omzetting van C5 en C6-suikers met hoog rendement naar alcoholen en aanverwante eindproducten. Bedrijven en kenninstellingen werken op dit terrein samen in de PPS BE-Basic.

Resultaat:
- Kwalitatief: 6 G€ bij BNP,
- CO2: 70GWh/jaar duurzame energieproductie, staat gelijk aan 52.000 ton CO2-reductie per jaar en 25% bijdrage aan 10% biomobiliteit, overeenkomend met 925.000 ton CO2/jaar,
- Fte: 1500 banen.

Tijdpad:

- 2018: voor NL aantrekkelijke route naar tweede generatie alcoholen aangetoond,
- 2022 voor NL aantrekkelijke route naar brandstoffen voor de luchtvaart aangetoond.

Samenhang met andere programmalijnen:

- Solar capturing (programmalijn 4) kan ook plaatsvinden met gebruik van micro-organismen.

Programma's:

6. Biotechnologische conversietechnologie

Zwaartepunt Innovatiestap: TRL start: 4, TRL eind: 6.

Risico's/kritische succesfactoren: voorbehandeling en ontsluiting, conversierendement, zuivering met laag energieverbruik, concurrentiepositie ten opzichte van fossiele routes naar deze producten.

Onderzoeksvragen

In onderstaande Tabel 6 staan onderzoeksvragen die per onderwerp binnen deze programmalijn uitgewerkt kunnen worden.

Tabel 6 Onderzoeksvragen programmalijn 3.

Onderwerp	Fundamenteel TRL 1-3	Toegepast TRL 4-6	Valorisatie TRL 7-9
Bioraffinage			
Gras- en andere groene biomassa raffinage		Optimaliseren raffinage van heterogene grondstofstromen. Functionalisering van verkregen fracties.	Pilot / demo voor raffinage. Markttoepassingen voor fracties.
Bioraffinage algemeen		Welke biomassa (reststromen) is geschikt voor een bepaald product? Als nodig, welke (bio) katalytische route is het beste?	Aansluitingen bij bestaande productieketens en ontwikkelen van nieuwe ketens.
Eiwitscheiding en raffinage	Zijn er nieuwe laagenergetische scheidingen denkbaar?	Optimalisering scheiding uit diverse bronnen. Hydrolyse en scheiding tot aminozuren.	Toepassingen voor voeding en veevoer.
Lignine uit houtraffinage		Welke voorbehandeling is het meest geschikt bij een bepaalde product? Optimaliseren van voorbewerkingsprocessen.	Hoogwaardige toepassingen ontwikkelen voor lignine.
Verwerking lignocellulose	Zijn er nieuwe laagenergetische scheidingen denkbaar (e.g. deep eutectic solvents)? Welke routes zijn denkbaar voor de productie van diolen?	Scheidingstechnologie voor lignocellulose grondstoffen en reststromen. Welke voorbehandlingsmethode is het meest geschikt voor bepaalde value chain? Welke value chains met lignocellulose als feedstock kunnen gerealiseerd worden? Optimaliseren van scheiding in fracties.	Welke aansluitingen zijn er met chemie en energie? Welke geïntegreerde bioraffinage business cases zijn mogelijk na fractionering?
Nanocellulose	Is de relatie proces / functie / structuur voldoende bekend?	Optimaliseren proces voor productie van nanocellulose. Voor welke producten en toepassingen kan het gebruikt worden? Wat zijn de verkre-	Opschalen productie. Opschalen van toepassingen in producten voor commerciële doel-

		gen eigenschappen en structuren?	einden.
Verwaarding reststromen uit rioolslib (o.a. PHA, alginaat)	Selectie en ontwikkeling van bacterie stammen voor afvalwaterzuivering.	Welke applicaties zijn er voor de diverse PHA's? Bewerking tot product/materiaal. Procesoptimalisatie voor extractie van PHA uit bacterie. Aansluiting met vetzuur productie uit biomassa.	Pilots en demo raffinage faciliteiten.
Vetzuren uit reststromen	Optimaliseren van scheidingsproces.	Welke reststromen bevatten welke vetzuren en in welke samenstelling? Welke materialen en platformchemicaliën zijn mogelijk?	Toepassen van verkregen vetzuren in bestaande ketens. Demo en pilots voor scheiding.
Planteninhoudsstoffen farma	Vorm te geven met topsector T&U	Welke medisch interessante stoffen en nutriënten kunnen gehaald worden uit planten en gewassen? Functionaliseren van fractie na raffinage voor farmaceutische toepassingen.	Optimaliseren van raffinage proces.
Planteninhoudsstoffen 'chemie''		Welke interessante stoffen en nutriënten kunnen gehaald worden uit planten en gewassen? Optimaliseren van de raffinage proces en functionaliseren van stoffen.	
Biobased materialen			
Drop in		Bewijs naar pilot schaal dat business cases ontwikkeld kunnen worden.	Testen van biobased vervangers voor commerciële productie.
Produkten uit fermentatieve monomeren (hydroxyzuren e.g. PLA of PHA)	Zijn de produkteigenschappen van het polymeer voorspelbaar adhv procesparameters, stabiliteitsverhogingen haalbaar?	Verhogen stabiliteit bij hoge temperatuur. Optimalisatie en kosten efficiënt productie uit andere bronnen zoals lignocellulose. Bewerking in producten en materialen.	Fabricage van nieuwe producten / materialen
Biobitumen uit lignine, hout, of koolhydraten		Wat zijn de structuren en eigenschappen? Welke toepassingen zijn mogelijk?	
Verf en coatings	Zijn eigenschappen, structuren irt de toepassing voorspelbaar en controleerbaar?	Wat zijn de eigenschappen, structuren en waarvoor kan het toegepast worden? Uit Welke bronnen kan het verkregen worden? Optimaliseren van productie.	Uittesten en ontwikkelen van biobased varianten.
Smeermiddelen	Zijn eigenschappen, structuren irt de toepassing voorspelbaar en controleerbaar?	Wat zijn de eigenschappen, structuren en waarvoor kan het toegepast worden? Uit welke bronnen kan het verkregen worden? Optimaliseren van productie.	Uittesten en ontwikkelen van biobased varianten.
Vezelversterkte materialen (o.a. composieten, beton)	Zijn eigenschappen, structuren irt de toepassing voorspelbaar en controleerbaar?	Wat zijn de eigenschappen, structuren van natuurlijke vezels en waarvoor kan het toegepast worden? Uit Welke bronnen kunnen vezels verkregen worden? Optimaliseren van productie. Lange termijn eigenschappen, zoals vochtbestendigheid.	Uittesten en ontwikkelen van biobased varianten. Toepassingen sectoren als bouw, autoindustrie, design, textiel.
Biobrandstoffen (biotechnologisch)			

2e generatie bio-ethanol		Robuustere micro-organismen m.n. alcoholtolerantie, betere conversie C5-suikers. Optimaliseren en fractioneren van cellulose uit biomassa.	-
1e generatie bio-ethanol	-	Opwaardering DDGS stroom naar feed toepassing.	Productie uitontwikkeld en commercieel beschikbaar.
Rijden op groen gas	-	Zuivering, ontstoffing en ontzwaveling.	
Scheepsvaart brandstof	Onderzoek naar diverse grondstoffen, routes en platformmoleculen	Procesontwerp, Testen van diverse biobrandstoffen in scheepsmotoren.	
1e generatie biodiesel			Uitontwikkeld en commerciële productie draait
Biokerosine	Onderzoek naar diverse grondstoffen, routes en platformmoleculen	Procesontwerp, voornamelijk via fermentatie.	Testen in vliegtuigmotoren.

5.4 Solar Capturing & biomass production.

Solar Capturing & biomass production omvat teelt, veredeling en de directe omzetting van CO2 en zonlicht in een scala aan eindproducten, in micro-organismen of via chemokatalytische processen. Bij Solar Capturing gaat het in essentie om het direct (met zonne-energie of warmte als input) of indirect (met op duurzame wijze opgewekte electiciteit als input) opslaan van zonne-energie in chemische bindingen van een, afhankelijk van de gekozen benadering, breed spectrum aan verbindingen met een koolstofskelet die interessant zijn vanuit economisch perspectief. Veelal starten de omzettingen met koolstofdioxide en water als input en dit draagt bij aan het sluiten van de koolstofcyclus. Een uitgebreide rationale staat in bijlage 3.

Bestaande praktijk die de programmalijn wil veranderen:

In de huidige situatie wordt vooral biomassa afkomstig uit planten gebruikt voor de productie van energie en energiedragers. Planten zetten zonlicht met CO2 via de fotosynthese om in enkelvoudige suikers, (hemi)cellulose, lignine en andere verbindingen. Om plantendelen geschikt te maken voor energietoepassingen moeten deze lange koolstofketens weer worden afgebroken tot 'kleine' moleculen zoals ethanol en methaan. Hiermee gaat een deel van de ingevangen koolstof verloren als CO2 en gaat ook een deel van de ingevangen zonne-energie verloren. Algen, wieren en andere micro-organismen zijn in staat om CO2 en zonlicht rechtstreeks, in één stap, om te zetten in een scala aan eindproducten. Deze producten worden soms opgeslagen in de cel, soms uitgescheiden. De teelt van algen vind tot nu toe op kleine schaal plaats door enkele partijen en richt zich met name op nichetoepassingen (voedingssupplementen). In de regel worden de algen in zijn geheel geoogst en ge-

conserveerd. De teelt en gebruik van zeewier staat in Nederland nog in de kinderschoenen. In het buitenland vindt teelt al op grotere schaal plaats, met name in Korea en Japan, als voedingsmiddel. Daarnaast dient de mobilisatie van inlandse biomassa verder te worden geëxploreerd.

Wijze waarop:
Zonne-energie direct opslaan in chemische bindingen voor energiegebruik voor mobiliteit, productie van platformchemicaliën en back-up voor fluctuaties in beschikbaarheid van elektriciteit. Zonlicht wordt via chemokatalytische en bio-katalytische processen rechtstreeks omgezet naar eindproducten, zoals 'solar fuels'. Raffinage van de algen, met focus op winning van de oliefractie en eiwitfractie. Verkenning van de mogelijkheden om in Nederland zeewieren te raffineren en de aanwezige suikers te gebruiken als grondstof voor onder andere transportbrandstoffen. Onderzoek naar de rechtstreekse productie van fuels en chemicaliën is ondergebracht in de PPS 'biosolar cells'. In Nederland is er één kleine pilot: Photanol, een spin off van de Universiteit Amsterdam, heeft in een kas een proefopstelling staan voor de productie van o.a. melkzuur uit zonlicht met behulp van gemodificeerde cyanobacteriën. Bedrijven en kenninstellingen werken op dit terrein samen in de PPS Biosolar Cells. Bedrijven en kenninstellingen werken op het terrein van micro-algen samen in de PPS Algae Parc. Rondom ECN is een cluster met bedrijven en kennisinstituten gevormd op het gebied van macro-algen (Wieren).

Resultaat:
- Kwalitatief: Lange termijn onderzoek om inzicht te krijgen in de mogelijkheden van de realisatie van de visie om rechtstreeks CO2 om te zetten in platformmoleculen, demonstratie raffinage van algen op pilotschaal,
- Kwalitatief: CO2: 10GWh/jaar duurzame energieproductie, staat gelijk aan 7.000 ton CO2-reductie per jaar,
- Fte: 550, de sector kan zich ontwikkelen tot een omvang die vergelijkbaar is met de huidige tuinbouwsector.

Tijdpad:
- 2018: demonstratie algenraffinage op pilotschaal,
- 2020: eerste pilot wierenraffinage,
- Biosolar cells: lange termijn onderzoek om inzicht te krijgen in de mogelijkheden van de realisatie van de visie om rechtstreeks CO2 om te zetten in platformmoleculen.

Programma's:

7. Biosolar cells

Dit omvat de rechtstreekse omzetting van CO2 (of H2O) en zonlicht via te produceren katalysatoren naar verbindingen die geschikt zijn

als brandstof en/of grondstof voor de productie van chemicaliën en materialen.

Zwaartepunt Innovatiestap: TRL start: 1-4, TRL eind: 6.

Risico's/kritische succesfactoren: Conversierendement, winnen van eindproducten met laag energieverbruik, opschaling, investeringskosten versus opbrengsten. Het programma wordt samen met universitaire groepen en NWO (en DIFFER) in 2014 en 2015 gebouwd.

8. Aquatische plantaardige bronnen

Dit betreft de raffinage van algen en wieren om waardevolle componenten te isoleren die geschikt zijn voor hoogwaardige toepassingen.

Zwaartepunt Innovatiestap: TRL start: 1, TRL eind: 3.

Risico's/kritische succesfactoren: Energieverbruik, opbrengst, haalbare suikerconcentraties, conversierendement, investeringskosten versus opbrengsten.

9. Genen en gewassen voor groene grondstoffen

Deze programmalijn is gericht op gewassen die hoogwaardige chemie- en energiegrondstoffen leveren. Dit programma valt strikt genomen niet onder solar capturing dat zich immers op de korte route van zon zonder opslag in de plant richt, en valt volledig onder thema 1 van de Topsector Agrifood. De sector Tuinbouw richt zich hierop met het Kenniscentrum Planteninhoudstoffen.

Via de route via planten kunnen we nieuwe markten voor de agrosector ontsluiten en een groene grondstofvoorziening voor o.a. chemie realiseren. Projecten binnen deze lijn zijn fundamenteel of toegepast van aard en gericht op de volgende doelen:

- Domesticeren van nog niet eerder gecultiveerde gewassen (bijvoorbeeld voor unieke oliën, natuurrubber, vezels voor papier en textiel, eiwit en energie);
- Aanpassen van bestaande raffinagegewassen voor de nieuwe 'biobased' toepassingen (b.v. suikerbiet, aardappel of houtachtigen en vezelgewassen);
- Ontwikkelen en inbouwen van nieuwe eigenschappen, zoals genen die coderen voor specifieke hoogwaardige inhoudsstoffen;
- Verhogen van de opbrengst van planten door een verhoogde fotosynthese-capaciteit;
- Ontwikkelen van fundamentele (genoom)kennis over eigenschappen van planten, wieren en algen, die essentieel zijn voor het welslagen van de eerste vierdoelen.

Onderzoeksvragen

In onderstaande Tabel 7 staan onderzoeksvragen die per onderwerp binnen deze programmalijn uitgewerkt kunnen worden.

Tabel 7 Onderzoeksvragen programmalijn 4.

Onderwerp	Fundamenteel TRL 1-3	Toegepast TRL 4-6	Valorisatie TRL 7-9

4a Biosolar cells			
Kunstmatige fotosynthese / solar waterstof	Fotosynthese proces ontrafelen. Ontwikkelen van processen met hoge fotoefficiëntie.	Prototype ontwikkelen van kunstmatig blad.	
Algen (heterotroof en fototroof, raffinage)	Ontwikkelen en identificeren van nieuwe soorten alg en interessante metabolieten. 'Omics' analysetechnieken en genetische modificaties.	Welke inhoudsstoffen kunnen gemaakt worden uit welke soort alg? Raffinage proces optimaliseren. Kostenreductie van algen productie. Energiezuinig oogsten én raffineren.	Markt toepassingen van inhoudsstoffen. Raffinage en scheiding
Heterogene katalyse	Ontwikkel biogeïnspireerde responsieve matrices. Hoe werkt het katalyse/halfgeleider grensvlak? Nieuwe foto-anodes en kathodes nodig. Ontkoppel charge generation, scheiding en transport in artificial leaves (Nano?) Fluctuerende condities bij katalyse (intermittency).	Solar water splitting devices.	-
Energie-opslag in energierijke moleculen	Kostenreductie electrolyse in P2G via synthese nieuwe materialen (e.g. prolymeermembranen) en nieuwe concepten (e.g. heat-integration en co-electrolyse bij high pressure solid oxide electrolysis)	-	-
Photanol-technologie	Ontwikkelen van nieuwe cyanobacterien door middel van synthetische biologie.	Verhogen productie, downstream processing. Identificeren verbindingen met hoge toegevoegde waarde (bijvoorbeeld terpenen) die via deze route gemaakt kunnen worden.	Opschaling voor commerciële toepassingen
Overige aquatische biomassa			
Zeewier	Identificatie en ontwikkeling van nieuwe soorten, omics en modificaties.	Welke producten en toepassingen zijn er? Wat is de meest geschikte conversie technologie? Verhogen van productiviteit en groeioptimalisatie. Bioraffinage.	Opzetten van teelt faciliteiten. Markt toepassingen van producten na bioraffinage.
Overig (e.g. Eendenkroos, azolla)	Modificatie/veredeling voor hogere opbrengst.	Bioraffinage. Welke applicaties zijn er voor de verkregen eiwit, suiker en vezel fractie?	Teelt faciliteiten. Markttoepassingen van fracties na bioraffinage.
Overige biomassaproductie			
Oliën / vetten (zoals palmolie, soja, etc.)	Vetzuurscheiding.	Building blocks voor hoogwaardige chemicals. Aansluiting bij eiwitten (eiwit/oliegewassen).	Inbedding in geïntegreerde bioraffinageconcepten.
Koolhydraten (zoals suikerbieten)	Structuuranalyse. Structuur/functie-relaties. Koolhydraatfunctionaliteit. Biotechnologische en	Ontsluitings-, voorbehandelings-, scheidings- en fractioneringstechnologieen (minder energie, decentraal, verlenging beschikbaarheid).	Implementatie koolhydraatbouwstenen voor chemicaliën en materialen. Nieuwe product-marktcombinaties. Inbedding in geïntegreer-

	chemo-enzymatische conversie: niet alleen nieuwe moleculen met extra functionaliteit t.o.v. fossiele variant, maar ook in een keer omzetting naar gewenste molecuul.	Functionalisering d.m.v.(bio) chemische en fysische modificaties.	de bioraffinageconcepten.
Vezelgewassen (zoals miscanthus, hennep)		Verhogen biomassa (in droge stof) per hectare. Verwerking in nieuwe producten met nieuwe eigenschappen.	Op welke terreinen kan het gewas beplant worden zodat het ook een ecologisch effect kan hebben? (bijv. CO2-afvangen, weghouden van diersoorten).
Veredeling	Verhogen van efficientie fotosynthese.	Toepassen van omics technieken voor verkrijgen van betere gewassen (groei, resistentie, product vorming etc.). Selectie van haalbare soorten	Testen van nieuwe soorten tbv marktintroductie.

5.5 Actielijnen BBE: samenwerking als ambitie

Een apart deel van de onderwerpenmatrix gaat over actielijnen. Dit omvat de oude programmalijnen 'Economie, beleid en duurzaamheid' uit het IC 2012-2016, en 'Innoveren van kennisoverdracht'. Deze onderwerpen zijn niet toe te delen aan één van bovenstaande specifieke programmalijnen.

Tabel 8 Onderzoeksvragen Actielijnen BBE

Onderwerp	Fundamenteel	Toegepast	Valorisatie
Ecosysteembenadering en maatschappelijke waardering			
markt en consument (design)	Wat zijn de drivers voor gedragsverandering van consumenten?	Hoe kun je biobased producten positioneren in de (duurzame) markt. Kennis ontwikkelen over duurzaamheid van biobased producten.	Toepassingsmogelijkheden van biobased materialen in verschillende sectoren.
duurzaamheid	Wat zijn de drivers voor gedragsverandering van consumenten?	Onderzoek is nodig bij de grenswaarden van o.a. biodiversiteit, bodemkwaliteit e.a. duurzaamheidscriteria.	Hoe kan op meest efficiënte en effectieve wijze duurzaamheid geïmplementeerd worden in biomassaproductie en gebruik. LCA's van biobased productie ketens.
Sociaal-economische analyses tbv beleidskeuzes	-	Doorrekenen en ontwerpen van productieketens.	
Logistiek		Ontwikkelen van logistieke concepten en inpassen in regionale infrastructuur.	
Wet- en regelgeving		Ontwikkelen LCA's voor bepaling van CO2 reductie bij biobased productie.	Langs welke regelgeving kunnen biobased producten bijdragen aan de CO2 reductie en via wetgeving daartoe gestimuleerd worden.
Innoveren van kennisoverdracht naar verschillende doelgroepen			

	-	Ontwerpen van open leeromgevingen gericht op functioneren op de arbeidsmarkt, waarin kennis, ontmoetingen met praktijksituaties en ICT instrumenten in onderlinge interactie een plaats hebben.	Hoe kunnen CoEs en lectoraten in het HBO bijdragen aan het implementeren van innovatieve open leeromgevingen, waarbinnen regionale kennis-, innovatie- en opleidingsvragen leidend zijn. Hoe kunnen hierbij bruggen geslagen worden tussen het HBO (CoEs) en MBO (CIVs).

Maatschappelijke en Economische Verkenningen

Vanwege de dynamiek in de biobased ontwikkeling heeft het TKI-BBE opdracht gegeven voor een nieuwe macro economische verkenning (MEV II). De project coördinatie is momenteel in handen van het WUR-LEI te Den Haag.

Doelstellingen van deze MEV-II:

- Het inzichtelijk maken van de macro-economische effecten en van de grootschalige toepassing van biomassa voor verschillende toepassingen (elektriciteit, warmte, biobrandstoffen, chemicaliën) in Nederland tot 2030 en gerelateerde duurzaamheidsaspecten.
- Inzicht te geven in de technologische ontwikkelingen van de belangrijkste routes om energie en chemicaliën te produceren waaronder veranderingen in fossiele routes, CO2 afvang en opslag en alternatieve vormen van hernieuwbare energie (bv. wind, zon).
- Het inzichtelijk maken van macro-economische ontwikkelingen op regionaal niveau als het gevolg van de opkomende biobased economie in Nederland
- Het inzichtelijk maken van biomassa export naar Nederland en de gerelateerde duurzaamheidsaspecten van de productie in exporterende landen.

Het project zal voor de zomer van 2015 de eerste resultaten opleveren en eind 2015 worden afgerond. De verkenning is van belang om de economische effecten te kunnen beoordelen van snelheid van technologieontwikkeling, en de beleidsveranderingen in biomassa importen en energie en klimaat beleid. Het uitvoeren van verkenningen naar de economische en duurzaamheidsaspecten van de biobased economy zal afhankelijk van de actuele vragen worden uitgezet.

Maatschappelijke waardering

Naast de uitdagingen op het gebied van R&D is er nog een ander aspect wat essentieel is voor de transitie naar een Biobased Economy: maatschappelijke waardering van BBE producten. De commissie Corbey heeft sinds 2009 de opdracht om een forum te bieden voor maatschappelijke discussie op het gebied van biomassa en duurzaamheid. Er is echter een grotere maatschappelijke waarde-

ring en vraag vanuit de maatschappij nodig voor de transitie naar BBE.
Er vindt een maatschappelijke kanteling plaats naar een samenleving met meer aandacht voor kwaliteit en betrokkenheid. Dat is belangrijk, want technologische innovatie is niet voldoende om de transitie naar een Biobased te voltooien. Dit vraagt niet alleen maatschappelijk draagvlak, maar ook gedragsverandering bij consumenten en producenten. Juist instituties (normen en waarden, wet- en regelgeving) en sociale innovaties zullen doorslaggevend zijn.[23]
Er is dan ook aandacht voor deze maatschappelijke factoren binnen regelingen vanuit de overheid. Binnen de topsector Energie draait het STEM programma wat zich focust op niet-technologische innovatie uitdagingen. Projecten die hieruit voortgekomen zijn, zijn gericht op verkrijgen van inzicht in het effect van sociale prikkels op energiegebruik, de behoeftes van consumenten en hoe bottom-up projecten opgeschaald kunnen worden. Deze projecten zijn gericht op de energiesector, maar er zijn ook zeker lessen uit te halen voor de gehele BBE. Via het programma Maatschappelijk Verantwoord Innoveren van NWO-Geesteswetenschappen wordt er onderzoek gedaan naar maatschappelijke factoren zodat duurzame productie van bijvoorbeeld voedsel en energie meer gewaardeerd wordt. Voor de volle breedte van de biobased economy is deze maatschappelijke waardering zeer belangrijk. Er lijkt behoefte te zijn aan een 'micro-economische' verkenning: om het MKB zijn dynamische rol te laten vervullen is een inzicht in de opbouw van Unique Selling Propositions of Waardeproposities naar de consument essentieel.
De applicatie Biobased Huis op de website van biobasedeconomy.nl is een eerste stap in het zichtbaar maken van de BBE. Met behulp van deze infographic kunnen consumenten zien welke biobased producten nu al op de markt verkrijgbaar zijn. Overheden kunnen hierin tot voorbeeld zijn door biobased in te kopen. Het Expertisecentrum Aanbesteden PIANOo besteedt hier aandacht aan en adviseert overheidsinkopers in biobased inkopen. Normering en certificering van Biobased producten is dan wel van groot belang.

6 De Middelen, De Mensen en de Regels

6.1 Investering Onderzoek en Innovatie

[23] Ganzevles, J. & R. Van Est (red.) (2011). Energie in 2030. Maatschappelijke keuzes van nu. Boxtel: Aeneas. Rotmans, J. (2012). In het Oog van de Vulkaan. Nederland in Transitie. Boxtel: Aeneas.

Wat is nu een realistisch budget (zowel aan de publieke als aan de private kant)? Hiervoor is de volgende aanpak ontwikkeld: er zijn doelstellingen (hoofdstuk 8). Vanuit deze doelen kan met een vuistregel de totale investering tot en met fabriek of centrale worden berekend. Om daar te komen (en dat is uiteraard een einddoel) wordt een percentage van die investering gezien als R&I uitgave. Deze kan worden teruggerekend met een bepaalde verhouding naar de verschillende TRL blokken. Vervolgens kan via het OO&I steunkader worden aangegeven wat de publieke en wat de private R&I inspanningen zullen zijn.

Budget wordt berekend vanuit de doelen via de uiteindelijke investering terug naar benodigde middelen voor de drie TRL-blokken.

Uitgangspunten:

- Gemiddeld wordt gerekend dat voor 100 kton biomassa een investeringsvolume van 100 M€ benodigd is voor een full-scale fabriek (is 1000 € / ton);
- Voor materialen / biochemicaliën toepassingen geldt een factor 2 op upstream / downstream investeringen;
- Berekeningen gelden tot en met een pilot-plant of flagship / first-of-a-series, hiervan wordt een percentage genomen van de full-scale investeringen;
- Om op dit punt te komen wordt voor onderzoek over de gegroepeerde TRL's een verdeelsleutel gezet;
- Er wordt gecorrigeerd voor de slaagkans van projecten (zit een programmalijn overwegend in hoge TRL's dan zal de slaagkans van een afgeleid project in lage TRL's een hogere slaagkans hebben);
- Er wordt gerekend met droge en natte biomassa (18 of 9 GJ/ton);
- De verdeling over publiek en privaat komt overeen met het OO&I Europese Steunkader (90% - 60% - 25% publiek over de 3 TRL blokken).

Tabel 9 Budgetbehoefte uitgaand van de doelstelling per programmalijn.

							----- TRL 1-3 -----			----- TRL 4-6 -----			----- TRL 7-8 -----			
	Doel	Hout	Massa	Invest	R&D	R&D	SR	Deel	Budget	SR	Deel	Budget	SR	Deel	Budget	Totaal
PL	GWh/jr	MJ/ton	ton/jr	M€	%	M€	-	-	M€	-	-	M€	-	-	M€	M€
1	*850*	*18000*	*485714*	486	5	24	*0.5*	*0.01*	0.5	*0.3*	*0.39*	31.2	*0.5*	*0.6*	28.8	60.5
2	*70*	*9000*	*80000*	240	25	60	*0.1*	*0.05*	30	*0.3*	*0.35*	70	*0.5*	*0.6*	72	172
3	*70*	*9000*	*80000*	240	25	60	*0.1*	*0.05*	30	*0.3*	*0.35*	70	*0.5*	*0.6*	72	172
4	*10*	*9000*	*11429*	34	40	14	*0.1*	*0.4*	56	*0.3*	*0.4*	18.7	*0.5*	*0.2*	5.6	80.3
				1000		158			116.5			189.9			178.4	484.8
					Waarvan Publiek				104.85			113.94			44.6	263.39
					Waarvan Privaat				11.65			75.96			133.8	221.41

De totale budgetbehoefte blijkt 485 M€ over de periode 2015-2023, waarvan 263 publiek en 221 privaat. Dit is exclusief de actielijnen, waarvoor 1 M€ per jaar een reëel budget is.

Met de open consultatie tot 4 april 2015 is tevens een oproep gedaan aan private partijen om Letters of Intent af te geven. Inmiddels is vanuit de ondernemers (grote bedrijven, en opvallend veel MKB) een committment afgegeven van 407 miljoen euro. Na een reality check is dat nog altijd 278 miljoen euro. De conclusie is dan ook dat elke publieke euro dus worden gecofinancierd door private partijen.

6.2 Rol van de Onderzoeksinstituten:

Aan de Onderzoeksinstituten is gevraagd na te gaan, welke onderzoeksagenda ze zelf hebben en hoe ze bij kunnen dragen aan het Biobased onderzoek in Nederland[24]. Binnen deze integrale onderzoeksagenda is de complementariteit op technologie-niveau in belangrijke mate het gevolg van een toenemende focussering/specialisatie op (unieke) speerpunten en technologieën. Deze focussering is nodig om bij een toenemende globalisering van de R&D een sterke rol te kunnen blijven spelen. De focussering is bovendien sterk industrie-gedreven, want de TO2 instituten zijn voor een substantieel deel afhankelijk van private financiering en ook bij publieke financiering is industriële participatie meestal een vereiste. Binnen BBE vormt het toegepast onderzoek een belangrijke schakel naar valorisatie.
De focusgebieden van de drie TO2 instituten kunnen als volgt worden samengevat:

- ECN: thermochemische conversie (biomassaopwerking, verbranding, vergassing, pyrolyse, fractionering, chemo-katalytische processing, resource-efficiency), accent op energie + coproductie chemicaliën/materialen, focus op milieu-impact biomassa inzet, economische studies en beleidsondersteuning met name energie-gerelateerd.
- TNO: biomassa voorbewerking en bioraffinage, performance materialen op basis van renewables, elektrochemie en CO2-benutting, sustainability assessment en innovatie decision support.
- Wageningen UR-DLO: biomassaproductie (incl. aquatisch) en –beschikbaarheid (incl. reststromen), pre-treatment technologie, bioraffinage, (bio-)chemische conversietechnologie en procesontwerp, ontwikkeling van biobased chemicaliën, bioplastics en andere biomaterialen, sociaaleconomische studies en duurzaam ketenontwerp.

De drie TO2 instituten zien belangrijke synergie-mogelijkheden in het versterken/intensiveren van de onderlinge samenwerking, gericht op het vergroten van de positieve economische en maatschappelijke impact. Deze komen in belangrijke mate voort uit de noodzaak bij BBE-ontwikkelingen van een integrale (sector

[24] www.tki-bbe.nl/downloads

overschrijdende, multidisciplinaire) aanpak vanuit een waardeketenbenadering en betreffen o.a.:

- Het gezamenlijk inzetten van complementaire expertise en faciliteiten op het gebied van o.a. voorbewerking, thermochemische, katalytische en biochemische conversietechnologie en scheidingstechnologie.
- Het afstemmen van biomassateelt en -oogst op BBE processen en toepassingen
- Het samenbrengen van (industriële) netwerken vanuit verschillende sectoren (energie, chemie, materialen, agrifood, tuinbouw & uitgangsmaterialen).
- Het samenbrengen van expertise m.b.t. de rol van TO2 instituten als innovatiekatalysator en het delen van de verschillende inzichten over innovatiestrategieën.
- Samen als TO2 instituten, en samen met de Nederlandse industrie, ontwikkelen van BBE markten in het buitenland (bijv. BRICS landen) en het verder uitbouwen van internationale R&D samenwerking.
- Samen op nationaal en Europees niveau sterker agendavormend bezig zijn en nadrukkelijker gezamenlijk aanwezig zijn in het publieke debat.
- Het gezamenlijk met het HBO en WO mee ontwikkelen van BBE opleidings- en scholingsprogramma's.

6.3 Kansen creëren voor WO, HBO en MBO

Het realiseren van een Biobased Economy vraagt om innovatieve oplossingen op allerlei gebieden. Het gaat niet alleen om het ontwikkelen van nieuwe kennis en het vertalen daarvan naar toepassingen, maar ook om het opleiden van mensen die dat allemaal waar moeten gaan maken. Het kan daarbij, gezien de maatschappelijke urgentie, niet alleen gaan om het opleiden van jonge mensen binnen het formele onderwijs, ook mensen die al actief zijn op de arbeidsmarkt moet de gelegenheid worden geboden zich de nieuwe kennis eigen te maken op een manier die bij het eigen leven en werken past. Dat laatste vraagt, nog sterker dan het organiseren van opleidingen binnen het formele onderwijs, om flexibiliteit en opleiden op maat. Het noodzaakt tot reflectie op de manier waarop opleidingen voor die verschillende doelgroepen worden ontworpen en geïmplementeerd.

Deze wijze van denken heeft consequenties voor de manier waarop kennisoverdracht georganiseerd wordt. Omdat onderwijs een historisch gegroeide en dure infrastructurele voorziening is geldt dat op innovatie van kennisoverdracht gerichte activiteiten niet vanzelf gaan. Het streven naar systeeminnovatie binnen het onderwijs lijkt dan ook geen kansrijke route en de voor BBE gewenste vernieuwingen zouden georganiseerd moeten worde als een 'drop-in' stroom

binnen de bestaande infrastructuur. Verder lijkt het tot samenwerking brengen van bestaande initiatieven een conditio sine qua non.
Het flexibel en op maat opleiden van mensen biedt kansen voor WO, HBO en MBO. Echter, ook het benutten van die kansen vraagt om innovatieve oplossingen en niet om doorgaan langs de bekende paden. Veel instellingen denken over opleidingen gericht op de BBE, maar dat gebeurt veelal vertrekkend vanuit het eigen bestaande kader en gangbare praktijken. Het wiel wordt op die manier wellicht op meerdere plaatsen tegelijk uitgevonden en dat lijkt niet zo efficient. Verder zal het als er sprake is van samenwerking in veel gevallen om samenwerking binnen bestaande netwerken gaan terwijl de BBE juist vraagt om nieuwe combinaties tussen chemie, agri en andere disciplines. Pre-competitief samenwerken en daar vervolgens competitief mee acteren op de opleidings- en scholingsmarkt zou wel eens zeer de moeite waard kunnen zijn.
Het lijkt verstandig de verschillende regionale biobased economy clusters in Nederland te kiezen als vertrekpunt en uit te gaan van de daar levende opleidingswensen voor wat betreft het formele onderwijs en Leven Lang Leren. Het is uiteraard niet de bedoeling dat die regio's 'territoriumgedrag' gaan vertonen, maar juist dat ze actief kennis uitwisselen en daarbij volop gebruik maken van de mogelijkheden die de moderne ICT biedt.

6.4 Open Educational Resources

Precompetitief samenwerken aan Open Educational Resourcers (OER's) lijkt in het licht van het voorgaande een voor de hand liggende optie. Het in interactie met kennisinstellingen, overheid en bedrijven ontwerpen en digitaal opslaan van bouwstenen waarmee vervolgens op flexibele manier opleidings- en scholingstrajecten op maat kunnen worden gemaakt lijkt uitermate kansrijk. Een bijkomend voordeel is dat zulke bouwstenen ook buiten de Nederlandse grenzen kunnen worden toegepast en zo kunnen bijdragen aan HCA-ontwikkelingen binnen internationale netwerken en aan de 'branding' van Nederland als koploper op het gebied van de biobased economy. In dat zelfde perspectief kan gedacht worden aan het verder ontwikkelen van een aantal Massive Online Open Courses (MOOCs) zoals die van TU Delft, Wageningen Universiteit, RUL, RUG, en Avans, die laten zien waar Nederland op het gebied van BBE goed in is.
Uitwerking geschiedt via het TKI-BBE HCA actieplan binnen de topsector Energie[25], i.o.m. Chemie en Agri&Food[26].

6.5 Governance

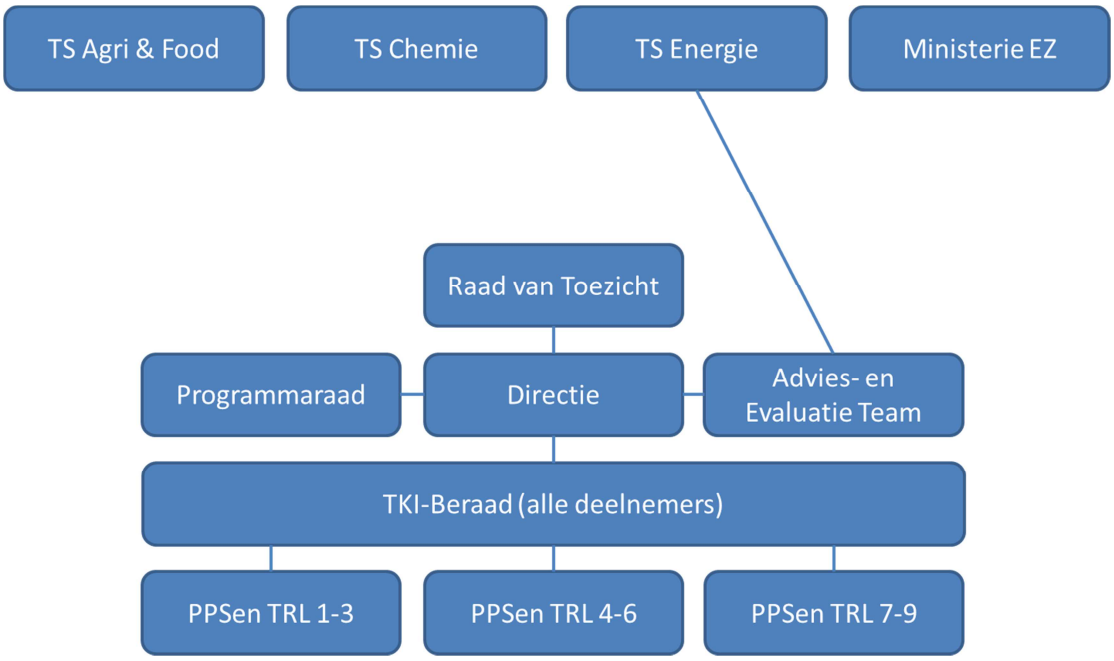
De stichting Topconsortium voor Kennis en Innovatie BioBased Economy (TKI-BBE) bestaat uit een directie en een Raad van Toezicht

[25] TKI-BBE HCA actieplan september 2014
[26] Onderwijs en Biobased Economy, Center for Biobased Economy, 2014

(RvT). Het TKI opereert vanuit een "lean & mean" gedachte, met een minimale bezetting. Het TKI faciliteert PPSen, waarin al het werk (kennisontwikkeling en innovatie) gebeurt. TKI-BBE verwelkomt (of: financiert in een open competitieve tender-setting) PPsen ook uit andere gremia, bijvoorbeeld BE-Basic, BPM, CCC, DBC, DPI, ISPT, PCC, en Wetsus.

Het werk gebeurt in PPSen. Niet in het TKI.

Figuur 10 toont de huidige governancestructuur. De drie boegbeelden van de drie betrokken topsectoren plus de DG Bedrijfsleven en Innovatie van EZ fungeren momenteel als opdrachtgever van voorliggend plan.



Figuur 10 Governancestructuur TKI-BBE

Het plaatje toont een evidente complexiteit. De brede scope van het onderzoeksprogramma en projectvoorstellen vraagt om een bredere opzet van de structuur. Voorstel:

- Integraal bestuur: nodig de drie boegbeelden uit voor de RvT (zoals nu reeds functioneert met de topsector Chemie).
- Brede inhoudelijke discussie: integreer Themacommisie 1 van Agri & Food met de programmaraad van TKI-BBE tot één nieuwe programmaraad.
- Brede onafhankelijke beoordeling voorstellen: de rankingcommissie (nu tevens de programmaraad) uitbreiden met deskundigheid uit Chemie en Agri & Food.
- Evaluatie per instrument met brede doorkijk: overweeg het Advies- en Evaluatieteam uit te breiden met bestuurlijke expertise uit Agri & Food en Chemie.

6.6 Wet- en Regelgeving

Nationale en internationale regelgeving werpen belemmeringen op die de transitie naar een biobased economy in de weg staan. De 'valley of death' voor een innovatie in de biobased economy is langer en dieper door wet en regelgeving die niet is aangepast aan innovatie en door bestaande belangen die dat graag zo laten.
Het ministerie van EZ werkt samen met het ministerie van I&M aan het oplossen van deze knelpunten in het programma 'Ruimte voor regels'. Ook wordt op verzoek van de sector chemie een analyse gemaakt van belemmeringen in de toepassing van biomassa in de chemie.
Vanuit de onderzoeksagenda is daar aan toe te voegen dat de diversiteit in het beleid in de stimulering van biobased toepassingen ook leidt tot een ongelijke stimulering in het onderzoek en innovatie:

- Het ontbreekt momenteel aan een stimulans voor demonstratie van biobased chemie en materialen terwijl die er voor energie wel is (DEI, SDE+ innovatiemiddelen).
- Er mag vanuit de Europese commissie geen subsidie worden gegeven aan innovatie en opschaling van biobrandstoffen die vallen onder de bijmengverplichting.

Kennis-en Innovatieagenda 2016 – 2019
Supplement op de Onderzoeksagenda Biobased economy 2015-2027
TKI BBE voor de TS energie, 28-5-2015

1. Beschrijving thema's Kennis- en Innovatieagenda 2016-2019

- De onderzoeksthema's en relevante wetenschappelijke vakgebieden ter versterking van uw excellente positie. Welke mijlpalen wilt u daarbij bereiken voor 2025? (zie onderzoeksprogramma)
- Op welke grote maatschappelijke uitdagingen wilt u inzetten en wat zijn daarbij uw specifieke onderzoeksthema's en mijlpalen voor 2025?

Maatschappelijke uitdagingen irt biobased economy en energie

Thema	**Subthema**	**Cross sectoraal**	**Beleidsdossier**
Thema 2 Voedselveiligheid, duurzame landbouw, circulaire economie, biodiversiteit	Biobased materialen Duurzame biomassa productie	Energie, Chemie, A&F	Biobased economy
Thema 3 Schone energie, circulaire economie	Biobased materialen	Energie, Chemie, A&F	Biobased economy
	Bioenergie	Energie, Chemie, A&F	Energieakoord
	Biobrandstoffen	Energie, Chemie, A&F	Energieakkoord Brandstoffenvisie
Thema 4 Klimaat en hulpbronefficiëntie, grondstoffen circulaire economie	Conversie: nieuwe chemische bouwstenen voor energiedragers en materialen	Energie, Chemie, A&F	Biobased economy Reach (I&M) VANG (I&M)
	Grondstoffen terugwinning afvalwater	Energie, Chemie, A&F, water	VANG (I&M)
Thema 5 Slim, groen, geïntegreerd vervoer	Biobrandstoffen	Energie, Chemie, A&F	Brandstoffenvisie

- Kunt u aangeven op welke onderzoeksthema's Nederland tot internationale doorbraken kan komen bij een intensivering van de inspanningen vanuit de sectoren en de wetenschap? (Prioritering)
- Kunt u aangeven op welke thema's hierbij een gezamenlijke programmering vanuit verschillende topsectoren belangrijk is en hoe u deze samenwerking wilt vorm geven? Met welke topsectoren gaat u gezamenlijke thema's uitwerken en op welke wijze?
- Samen met TS chemie en TS Agrifood: Het versterken van toegepast onderzoek en valorisatie van biomaterialen en de chemische bouwstenen is nodig in samenwerking met gehele keten. Marktverkenning geeft aan dat hier commerciële kansen voor Nederland liggen en met name de vraag naar duurzame consumentenproducten en verpakkingen. Belangrijke merken zoals IKEA, CocaCola en Danone zetten hier op in en nemen de verpakkingsindustrie hier in mee. Hier liggen kansen in de samenwerking tussen de topsectoren Agri&Food en Chemie op het

thema biomaterialen en dat vraagt om duidelijk gezamenlijk commitment.
- Samen met TS chemie en TS HTSM:
- Versterking van het thema solar capturing door het extra investeren in fundamenteel onderzoek. Een schrijfgroep is geïnstalleerd om het thema uit te werken. Het gaat hier om de directe omzetting van zonlicht in chemische bouwstenen of waterstof. Op dit moment is er 3 M€ vanuit NWO als start beschikbaar voor een eerste call.

Valorisatie (nieuwe bedrijvigheid, bijdragen aan nieuwe producten en processen)
- Kunt u aangeven op welke thema's komende jaren aandacht nodig is om de ontwikkelde kennis zijn weg naar de markt te laten vinden en op welke wijze dit kan worden ingevuld.

A. Werkwijze en gebruik instrumenten

NWO en KNAW-instituten
- Beschrijf de impact van de Kennis-en Innovatieagenda op de onderzoeksprogrammering van NWO en de KNAW-instituten.
- Geef aan welke indicatieve inzet u met NWO heeft afgesproken. Welk deel is daarbij voorzetting van bestaande programma's en welk deel daarvan betreft nieuwe inzet?
- Geef aan hoe een verdere samenwerking in de komende periode geïntensiveerd kan worden?

- Versterking van het thema solar capturing door het extra investeren in fundamenteel onderzoek. Een schrijfgroep is geïnstalleerd om het thema uit te werken. Het gaat hier om de directe omzetting van zonlicht in chemische bouwstenen of waterstof. Op dit moment is er 3 M€ vanuit NWO als start beschikbaar voor een eerste call.

TO2 Programmering
- Beschrijf de impact van de Kennis-en Innovatieagenda op de huidige en toekomstige strategie van de TO2 instituten.
- Geef aan welke indicatieve inzet u met de TO2 instituten heeft afgesproken. Welk deel is daarbij voorzetting van bestaande programma's en welk deel daarvan betreft nieuwe inzet?
- Geef hierbij ook expliciet aan waarop het onderzoek van de TO2 instituten zich volgens u zou moeten richten. (ook in relatie met de wetenschapsvisie en nog uit te werken Wetenschapsagenda)
- Kunt u aangeven hoe een verdere samenwerking in de komende periode geïntensiveerd kan worden, dit mede in relatie tot verwacht privaat commitment?

- Er is veel winst te halen door een sterkere coördinatie, agendering en informatieuitwisseling tussen topsectoren, regio's, TO2

en Europese fondsen. Voorkomen moet worden dat innovatieve bedrijven door de bomen het bos niet zien of dat het wiel ergens opnieuw wordt uitgevonden. Hier ligt een taak voor het onafhankelijke TKI-BBE met een programmatisch samenwerkend TO2 en NWO. Een sterkere samenwerking van ECN,DLO en TNO door de publieke financiering in een gezamenlijk programma onder te brengen kan een stevige basis vormen.

Universiteiten en hogescholen

- Kunt u aangeven met welke kennisinstellingen u de samenwerking wil intensiveren?

Overheden

- Welke onderwerpen zou u met de nationale overheid willen oppakken? Welke rol ziet u hierbij voor de overheid?

Vanuit de visie Brandstoffenmix van het ministerie van I&M blijkt dat naar verwachting wordt ingezet op biobrandstoffen voor lucht- en scheepvaart Een deel van de technologieontwikkeling in het onderzoeksprogramma richt zich op de conversie naar geavanceerde biobrandstoffen.

EU en regionale partners

- Welke onderwerpen uit uw programma passen binnen Horizon 2020 of zouden daarin moeten worden opgenomen;
- Welke onderwerpen zou u samen met partners in andere landen (ook buiten Europa) willen oppakken, bijvoorbeeld in het kader van Joint Programming; En voor welke initiatieven wenst u EU-cofinanciering via NWO in te zetten.

Welke onderwerpen zou u samen met regionale partners willen oppakken.

Voor de TKI-BBe zijn de volgende (Europese) samenwerkingsverbanden van belang:

1. De Joint Technology Initiatiev Biobased Industries
2. ERANET IB; ERANET BESTF2 en 3, ERA Bioenergy
3. IEA Bioenergy

<u>De Joint Technology Initiatiev Biobased Industries</u>

In een consortium zitten minimaal 3 partners uit 3 verschillende landen. De R&I projecten duren tot ongeveer 4 jaar en Innovation actions zullen 4 tot 5 jaar duren.

De onderwerpen van de calls vallen binnen een van de 5 waarde ketens (VC: value chain):

- *Van lignocellulosische grondstof tot geavanceerde biobrandstoffen, biobased chemicaliën en biomaterialen*
- *De volgende generatie houtverwerkende waarde ketens*
- *De volgende generatie agro-gebaseerde waarde ketens*
- *Ontstaan van nieuwe waarde ketens van (organisch) afval*
- *De geïntegreerde energie-, pulp-en chemische bio-raffinaderijen*

In 2014 is vanuit JTI-BBE de eerste call gehouden met een budget van 50 M€ en sluitingsdatum 15 oktober 2014. Het resultaat van deze call is nog niet bekend.
Samenwerking tussen lidstaten wordt geïnitieerd via Joint Programming Initiatives en ERAnetten die in H2020 CoFund worden genoemd. Voor het TKI-BBE is het van belang daar waar relevant aan te sluiten bij gezamenlijke calls op het gebied van de biobased economy en bioenergie (wat reeds gebeurt in ERA-IB en ERA-BESTF2 en ERA-Bioenergy).
Internationale samenwerking buiten de EU wordt met name vormgegeven via www.ieabioenergy.com en bilateraal met enkele landen. Binnen IEA Bioenergy[27] zijn voor het TKI-BBE de tasks met verschillende conversietechnologieën (pyrolyse, vergisting, vergassing, verbranding en bioraffinage) van belang, maar ook de tasks die te maken hebben met biomassa productie (solar capture), handel etc.

-

Totstandkoming richtinggevende PPS projecten

- Met welke richtinggevende PPS-projecten danwel PPS-programma's gaat u de onderzoeksagenda uitvoeren?

  Kunt u hierbij zo mogelijk ingaan op:

  a. de organisatie van de programmering, wie is de trekker, welke publieke en private partners zijn nodig
  b. benoemen van mijlpalen
  c. andere zaken die bepalend zijn voor de werkwijze van de topsector in dit kader.

ZIE VOLGENDE PAGINA

[27] Zie ook European Biofuel Technology Platform EBTP http://www.biofuelstp.eu

4. Kennis- en Innovatiecontract 2016-2017

Indicatie van de financiële inzet voor het Kennis-en Innovatiecontract voor de periode 2016-2017 die volgt uit de ambities van de Kennis- en Innovatieagenda's 2016-2019. Met behulp van onderstaande tabellen kunt u een indicatie geven van de inzet van financiële middelen op de thema's die u benoemt in de innovatieagenda. Indien van toepassing kunt u hierbij ook aangeven aan welke maatschappelijke uitdaging dit thema bijdraagt, en met welke andere **topsectoren u op dat thema samenwerkt.**

		Privaat: indicatieve inzet in pps binnen IA/IC € x1.000		**Publiek: indicatieve inzet in € x1.000**					
aat-happe-ke uitda-ng	**Topsector(en) waarmee wordt samengewerkt**	**Indicatieve inzet in € x1.000**	**Potentiële private partners**	**Depar-temen-ten**	**NWO**	**KNAW - institu-ten**	**TNO**	**TO2 insti-tuut[28]**	**UniversiteitHoge-school**
hema 2, 4, 5	**Energie, Chemie en Agrifood**				**3,6**				
		4,7		**7**					
		20,5				**0**		**ECN 4,8**	
				5					
				14					
				6					
		25,2							

[28] Hier kunt u de voor uw topsector relevante TO2-insituten (naast TNO) invullen. Mocht u met meer TO2-instituten samenwerken, dan kunt u zelf kolommen bijvoegen.

		Privaat: indicatieve inzet in € x1.000		Publiek: indicatieve inzet in € x1.000					
aat-happe-ke uitda-ng	Topsector(en) waarmee wordt samengewerkt	Indicatieve inzet in € x1.000	Potentiële private partners	Depar-temen-ten	NWO	KNAW - institu-ten	TNO	TO2 instituut	Universitei Hogeschoo
nema 2, 4, 5	Energie, Che-mie en Agrifood				3,6				
		4,7		7					
		20,5				0		ECN 4,8	
				5					
				14					
				6					
		25,5							