



---

# Samenvatting

## Macroeconomic outlook of sustainable energy and biorenewables innovations (MEV II)

H. van Meijl, I. Tsiropoulos, H. Bartelings, M. van den Broek, R. Hoefnagels, M. Van Leeuwen, E. Smeets, A. Tabeau and A. Faaij

---

# Samenvatting

## Macroeconomic outlook of sustainable energy and biorenewables innovations (MEV II)

H. van Meijl<sup>1</sup>, I. Tsiropoulos<sup>2</sup>, H. Bartelings<sup>1</sup>, M. van den Broek<sup>2</sup>, R. Hoefnagels<sup>2</sup>, M. Van Leeuwen<sup>1</sup>, E. Smeets<sup>1</sup>, A. Tabeau<sup>1</sup> and A. Faaij<sup>2</sup>

1 LEI Wageningen UR

2 Copernicus Instituut Universiteit Utrecht

Dit onderzoek is uitgevoerd door LEI Wageningen UR en het Copernicus Instituut van Universiteit Utrecht in opdracht van en gefinancierd door het topsector platform voor kennisontwikkeling en innovatie van het overkoepelende thema biobased economie (TKI-BBE) en het ministerie van Economische Zaken. De studie is uitgevoerd binnen het BE-Basic R&D programma en project partners Essent, DSM en Corbion hebben met kennis bijgedragen op de economische en technische aspecten van het werk.

LEI Wageningen UR

Wageningen, Maart 2016



SAMENVATTING

LEI 2016-001

ISBN 978-94-6257-737-4

---

*Samenvatting behorende bij:*

Van Meijl, H., I. Tsiropoulos, H. Bartelings, M. van den Broek, R. Hoefnagels, M. Van Leeuwen, E. Smeets, A. Tabeau and A. Faaij, 2016. *Macroeconomic outlook of sustainable energy and biorenewables innovations (MEV II)*. Wageningen, LEI Wageningen UR (University & Research centre), LEI Report 2016-001. 168 pp.; 96 fig.; 40 tab.; 67 ref.

De Nederlandse overheid verwacht dat een grootschalige toepassing van biomassa nodig is om aan de emissiedoelstellingen te voldoen, maar de macro-economische effecten hiervan op de Nederlandse economie zijn onbekend. Deze studie onderzoekt de effecten van een bio-economie op zowel systeem- als macro-economisch niveau en toont aan dat de bio-economie positief kan bijdragen aan de Nederlandse economie, het behalen van broeikasgasreductiedoelstellingen en aan het reduceren van de kosten van het terugdringen van broeikasgasemissies. Om deze effecten te realiseren zijn grootschalige technologische veranderingen en wereldwijde markten belangrijk, maar lage prijzen van fossiele energie leiden tot minder macro-economische voordelen. Om de positieve macro-economische effecten en CO<sub>2</sub>-reductie te realiseren is een stimuleringsbeleid noodzakelijk.

To meet the emission targets, the Dutch government expects that a large-scale deployment of biomass is needed but the macroeconomic impacts on the Dutch economy are unknown. This study analyses the impacts of the bio-based economy at both system and macroeconomic levels and shows that large-scale deployment of biomass up to 2030 positively contributes to the Dutch economy, contributes to meeting the emission reduction targets and to reducing its macroeconomic costs. High technological change and global markets are important to achieve these impacts, but low fossil energy prices reduce the macroeconomic benefits. To achieve the positive macroeconomic impacts and emission reduction, a stimulus by policies is necessary.

Key words: Bioeconomy, macro-economic impacts, technological change, international markets, bottom-up analyses, modelling, renewable energy policies, bio-refineries, Netherlands.

Het volledige rapport is gratis te downloaden via <http://dx.doi.org/10.18174/370901> of op [www.wageningenUR.nl/lei](http://www.wageningenUR.nl/lei) (onder LEI publicaties).

© 2016 LEI Wageningen UR  
Postbus 29703, 2502 LS Den Haag, T 070 335 83 30, E [informatie.lei@wur.nl](mailto:informatie.lei@wur.nl),  
[www.wageningenUR.nl/lei](http://www.wageningenUR.nl/lei). LEI is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).



LEI hanteert voor haar rapporten een Creative Commons Naamsvermelding 3.0 Nederland licentie.

© LEI, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2016

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Het LEI aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

LEI is ISO 9001:2008 gecertificeerd.

LEI 2016-001 | Project code 2271000340

Foto omslag: Shutterstock

---

# Samenvatting

*De overgang van een fossiele economie naar een bio-economie heeft als doel dat we minder afhankelijk worden van fossiele brandstoffen en dat de aan onze doelen voor klimaatverandering voldoen. Daarnaast is de overgang naar een bio-economie goed voor de Nederlandse economie. Uit macro-economisch onderzoek naar een grootschalig gebruik van biomassa voor energie en materialen blijkt dat de bio-economie positief kan bijdragen aan: de Nederlandse economie, het behalen van broeikasgasreductiedoelstellingen en de kosten van het terugdringen van broeikasgasemissies reduceert. Om deze effecten te realiseren, zijn grootschalige technologische veranderingen en wereldwijde markten met lage biomassaprijzen belangrijk. De macro-economische effecten zijn erg afhankelijk van de fossiele energieprijzen. Lage prijzen van fossiele energie leiden tot minder macro-economische voordelen, maar de bijdrage van de bio-economie aan de CO<sub>2</sub>-reductie blijft onveranderd. Om de positieve macro-economische effecten en CO<sub>2</sub>-reductie te realiseren is een stimuleringsbeleid (bijvoorbeeld CO<sub>2</sub>-belastingen, R&D-beleid) noodzakelijk.*

## **Inleiding**

De Nederlandse overheid verwacht dat een grootschalige toepassing van biomassa nodig is om aan de emissiedoelstellingen te voldoen (Min EZ, 2015). Dit werpt de vraag op wat de macro-economische effecten zijn van het gebruik van biomassa op de Nederlandse economie. Deze studie onderzoekt de effecten van een bio-economie op zowel systeem- als macro-economisch niveau. Tot de effecten op systeemniveau behoren toepassing van hernieuwbare energie, reductie van het gebruik van fossiele brandstoffen en verlaging van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Tot de effecten op macro-economisch niveau behoren het Bruto Nationaal Product (BNP), de toegevoegde waarde, werkgelegenheid en handelsbalans. In het MEV-II-onderzoek worden vier hoofdscenario's tot 2030 en een reeks gevoeligheidsscenario's bekeken. Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Nederlandse ministerie van Economische Zaken (Min EZ) en het Topconsortium voor Kennis en Innovatie voor de Biobased Economy (TKI-BBE) in Nederland.

## **Status van de Nederlandse bio-economie in 2013**

De huidige primaire energievoorziening in Nederland wordt gedomineerd door het gebruik van fossiele brandstoffen, voornamelijk voor de energiesectoren (elektriciteit, verwarming, vervoer). Er wordt een aanzienlijke hoeveelheid fossiele energie gebruikt voor niet-energiedoeleinden (circa 25% van het eindverbruik). Het aandeel van hernieuwbare energie bedroeg 4,5% van het totale eindverbruik van energie in 2013. Dit komt bij lange na niet in de buurt van de doelstelling van 14% in 2020 die volgens de EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie voor Nederland is gesteld.

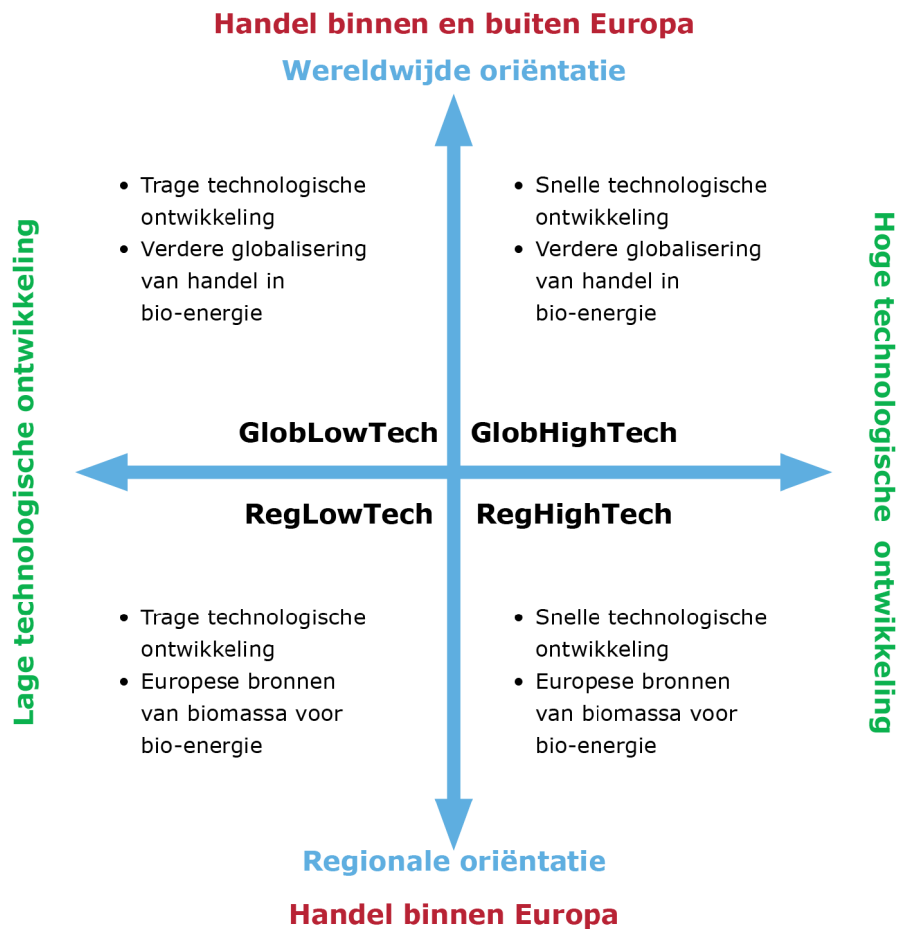
Het eindverbruik van biomassa steeg van 42 PJ<sub>final</sub> in 2005 naar bijna 70 PJ<sub>final</sub> in 2013. De belangrijkste toepassingen waren biobrandstoffen voor transport, meestoken van biomassa met kolen, verbranding van de organische fractie van stedelijk afval en de verbranding van biomassa in houtovens voor verwarming. In 2013 werd 50% van het eindverbruik van biomassa gebruikt voor verwarming, circa 31% voor elektriciteit en de resterende 19% voor transportbrandstoffen. In 2011 bedroeg de geïnstalleerde capaciteit van bio-ethanol 422 kton, van biodiesel 761 kton en van biopolymeren 140 kton.

In 2013 leverden de bio-economiesectoren een bijdrage van 7,7% aan de nationale omzet en 4,9% aan de nationale toegevoegde waarde en nationale werkgelegenheid. Met een aandeel van 80 tot 85% in de totale bio-economie leverden de primaire sector, de sector voedingsmiddelen en de sector diervoeders de grootste bijdrage. Hout, papier en textiel waren goed voor 10% en nieuwe energie- en arbeidsintensieve biobased sectoren (bio-elektriciteit, biobased chemicaliën, biobrandstoffen) leverden een bijdrage van circa 5%. De multiplier effecten voor chemicaliën en energie zijn relatief hoog (>2). Dit betekent dat de productie van chemische producten of energieproducten relatief meer bijkomende activiteiten (die niet per definitie biobased zijn) in de rest van de economie genereert dan overige

biobased sectoren. Wanneer deze indirecte effecten worden meegerekend, voegt de bio-economie 12% toe aan de omzet en 10% aan zowel de toegevoegde waarde als aan de werkgelegenheid binnen de Nederlandse economie.

#### De 4 MEV-II-scenario's

Vier scenario's (RegLowTech, RegHighTech, GlobLowTech, GlobHighTech) zijn op basis van twee onzekerheidsassen ontwikkeld voor de periode 2015-2030: het tempo van de technologische ontwikkeling van biobased technologieën en de beschikbaarheid van biomassa bronnen uit regio's buiten de EU.



**Figuur S.1** Vier scenario's in MEV-II

De MEVII-studie bekijkt technologische verbeteringen (onder andere procesefficiency) en de opschaling van technologieën, die met name kosten reduceren in de energie en chemische sectoren. Deze ontwikkeling is van vele factoren afhankelijk, zoals R&D-inspanningen en stimulerend beleid, en brengt daardoor grote onzekerheden met betrekking tot technologische ontwikkelingspaden met zich mee. In het scenario met lage technologische ontwikkelingen (LowTech-scenario) worden alleen technologieën meegenomen die nu al beschikbaar zijn, waarbij een beperkte opschaling van al bestaande of geplande productiecapaciteit is meegenomen. Incrementele innovaties op onder andere procesgebied en autonome efficiencyverbeteringen zijn beperkt in dit scenario. De HighTech-variant veronderstelt de implementatie van zowel meerdere technologieën en een hoger schaalniveau. Incrementele innovaties op onder andere procesgebied en autonome efficiencyverbeteringen zijn optimistischer in dit scenario.

De Reg(ionale) en Glob(ale) scenario's analyseren het effect van een beperkte levering van biomassa uit uitsluitend binnenlandse EU28-productie versus de open handel en levering van vaste biomassa, vloeibare biobrandstoffen en overige feedstocks uit zowel binnen als buiten de EU28-landen. Er is een referentie ('NoBioBased'-)scenario ontworpen, waarin de productie van nieuwe biobased sectoren niet

wordt gestimuleerd door beleid of technologische ontwikkeling om zo het macro-economische effect van biobased technologieën te kunnen beoordelen. Er worden aanvullende gevoeligheidsanalyses uitgevoerd voor lage en hoge prijzen van fossiele brandstof en CO<sub>2</sub>-beleidsmaatregelen (hogere belasting op CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>-emissieplafond). Daarnaast worden er sectorspecifieke ondersteuningsscenario's (bijvoorbeeld biogas) en chemische vraagscenario's op systeemniveau geanalyseerd, terwijl er op macro-economisch niveau analyses van landbouwproductiviteits- en suikerscenario's worden uitgevoerd. In onderstaand venster (BOX 1) worden de belangrijkste aannames wat betreft macro-economie en beleid weergegeven.

#### BOX 1 Belangrijkste aannames wat betreft macro-economie en beleid van MEV-II

- De groei van het BNP en de bevolking zijn gebaseerd op het scenario 'Shared Socioeconomic Pathway 2' (SSP2) van het IPCC (O'Neill et al., 2015).
- De prijs van ruwe olie is € 90/vat in 2030 (IEA, WEO, 2014).
- Het aandeel hernieuwbare energie in de eindvraag naar elektriciteit, verwarming en vervoersbrandstoffen zal 14% in 2020 en 16% in 2023 bedragen (SER Energieakkoord). Toepassing van wind- en zonne-energie wordt ondersteund en het meestoken van biomassa wordt beperkt tot maximaal 25 PJ<sub>final</sub> energie. Er wordt van uitgegaan dat alle energiebeleidsmaatregelen tot 2030 worden voortgezet.
- In 2020 bedraagt het aandeel biobrandstof voor wegvervoer 10% van het totale brandstofverbruik in het vervoer op basis van EU RED. Dit zal naar verwachting worden verlengd tot 2030 (dubbeltelling van tweede-generatie biobrandstoffen is hierin opgenomen).
- In 2030 bedraagt de CO<sub>2</sub>-belasting € 26/ton CO<sub>2</sub> binnen de EU (IEA, 2014). Deze CO<sub>2</sub>-belastingen gelden voor de uitstoot binnen alle sectoren.

#### Methode

De methode van dit MEV-II-onderzoek bouwt voort op die van het eerste beoordelingsonderzoek naar het macro-economische effect (MEV-I) dat in 2009 werd uitgevoerd (Hoefnagels et al. 2009, 2013). MEV-I maakte gebruik van spreadsheets om bottom-upscenario's te berekenen. In MEV-II wordt het model voor kostenoptimalisatie MARKet ALocation (MARKAL-NL-UU) (voor de sectoren energie en chemische industrie) als bottom-upmodel gebruikt. MARKAL is aangepast voor opkomende sectoren van de bio-economie en integreert deze met het energiesysteem. Binnen MARKAL worden multi-outputprocessen gemodelleerd en aan de hand van het model worden sectoroverschrijdende synergiën aangetoond. Als top-downmodel wordt een geavanceerde versie van het wereldwijde Modular Applied GeNeral Equilibrium Tool (MAGNET) gebruikt. Deze tool bestrijkt de hele economie en is uitgebreid met diverse biomassaproducerende sectoren, biobased vervoers-, elektriciteits- en chemische sectoren en sectoren voor hernieuwbare energie en fossiele energie. Met MAGNET kan het verband tussen de opkomende bio-economie en de rest van de economie worden aangetoond, waaronder het gebruik van productiefactoren en handel met de rest van de wereld.

#### De bio-economie in 2030

Naar verwachting zal elektriciteit de grootste hernieuwbare bron van energie worden in 2030, met een aandeel van meer dan 50% van de totale productie van hernieuwbare energie. Dit is voornamelijk het gevolg van grote investeringen in on- en offshore windcapaciteit, zoals gepland in het SER Energieakkoord voor 2015-2019. Windenergie zal in 2030 meer dan 40% van de hernieuwbare elektriciteit (oftewel circa 120 PJ<sub>e</sub>) leveren. Dit aandeel blijft constant binnen alle scenario's. De resterende vraag naar hernieuwbare energie bestaat uit verwarmings- en transportbrandstoffen, waarbij biomassa de enige gebruikte grondstof is. De diverse sectoren hebben de volgende omvang: bio-energie (~4-7% van de totale hernieuwbare geleverde energie), warmte uit biomassa (~30-40%) en biobrandstoffen (~10-20%).

Tabel S.1

Samenvatting van belangrijkste resultaten voor de 4 scenario's uit MARKAL-NL-UU/bottom-upmodel/op systeemniveau

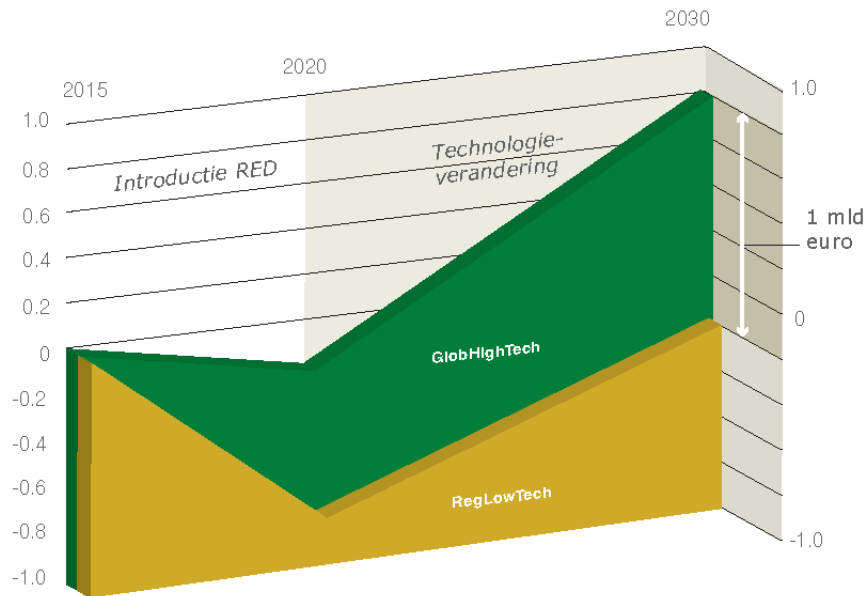
	2010	2030			
		RegLowTech	GlobLowTech	RegHighTech	GlobHighTech
<b>Primaire energie [PJ]</b>					
Fossiel	2.705	2.541	2.531	2.503	2.421
Biomassa	133	233	224	289	345
<b>Eindverbruik [PJ]</b>					
Fossiel					
Energie	1.579	1.479	1.478	1.480	1.458
Niet-energie	484	612	606	581	521
Biomassa					
Energie	62	145	148	145	167
Niet-energie	0	11	16	29	65
Overige hernieuwbare energiebronnen	19	139	139	139	139

Technologische ontwikkeling is een belangrijke sturende kracht achter het verbruik van biomassa. In de HighTech-scenario's verschuift de productie van biobrandstoffen van eerste-generatie naar biobrandstoffen van de tweede generatie. In de LowTech-scenario's worden voornamelijk eerste-generatie biobrandstoffen gebruikt. Geavanceerde thermochemische bioraffinaderijen zetten grote hoeveelheden lignocellulose om in FT-brandstoffen, waarbij de bijmengverplichting van 10% uit de Europese richtlijn voor hernieuwbare energie (RED = Renewable Energy Directive) in de HighTech-scenario's overschreden wordt.

In de HighTech-scenario's worden aanzienlijke hoeveelheden lignocellulosehoudende biomassa gebruikt voor de productie van vergistbare suiker en/of ethanol, die voor een groot gedeelte worden gebruikt als feedstocks voor de chemische sector. In de HighTech-scenario's wordt de bijdrage van de chemische sector aan de totale productie van hernieuwbare energie (energie en niet-energie) steeds belangrijker. Biomassa blijft de grootste bron van hernieuwbare energie (55% van de totale eindhoeveelheid hernieuwbare energie) en bestrijkt meer dan 10% van de vraag naar chemicaliën in 2030.

#### Macro-economisch effect

Gegeven de aannames over macro-economische ontwikkeling en beleid heeft grootschalige toepassing van biomassa een positief effect op de toegevoegde waarde van de Nederlandse economie op de middellange termijn (tot 2030). Binnen alle scenario's laat alleen het RegLowTech scenario in 2030 nog een negatief effect zien op het BNP van -€ 0,2 mld. (figuur S.2). Open markten en investeringen in technologische ontwikkelingen leiden tot een positief effect op het BNP tot € 0,8 mld. per jaar in 2030 (GlobHighTech-scenario). Vanaf 2030 voegen een hoge mate aan technologische ontwikkelingen en wereldwijde markten daarom jaarlijks € 1 mld. toe aan het BNP (Figuur S.2).



**Figuur S.2** Effect op BNP van RegLowTech- en GlobHighTech-scenario's ten opzichte van het NoBioBased-scenario (absoluut verschil in € miljarden).

In de 2015-2020 periode leidt het voldoen aan de doelstellingen voor hernieuwbare energie in alle scenario's tot een negatief effect op het BNP in 2020 vergeleken met een NoBioBased-scenario. Dit komt omdat bio-energie technologieën niet kunnen concurreren met hun fossiele tegenhangers. Dit negatieve effect is sterker in de regionale scenario's (-€ 0,8 mld., zie 'RED + Regional': rode pijl) dan in de wereldwijde scenario's (-€ 0,2 mld., zie 'RED + Global': blauwe pijl). De reden hiervan is dat de EU geen (relatief goedkope) biobrandstoffen uit Zuid- en Noord-Amerika kan importeren. Het positieve effect van technologische ontwikkelingen wordt zichtbaar in de 2020-2030 periode en is groter voor het scenario HighTech (€ 1 mld. jaarlijks, zie 'HighTech': blauwe pijl) dan voor het scenario LowTech (€ 0,6 mld. jaarlijks, zie 'LowTech': rode pijl). Binnen de bio-economie vormt de landbouw een belangrijke sector in termen van toegevoegde waarde. Tussen 2015 en 2030 daalt de toegevoegde waarde van deze sector licht (met -€ 160 mln.) in de NoBioBased-scenario's. In de vier MEV-II-scenario's stijgt de toegevoegde waarde van de landbouw in Nederland door de opkomst van een bredere bio-economie. De toegevoegde waarde in de biochemische sectoren stijgt met € 130 mln. in de LowTech-scenario's en met € 250 mln. in de HighTech-scenario's (vergeleken met een NoBioBased-scenario in 2030). Het gebruik van bio-energie wordt in hoge mate gestuurd door beleidsmaatregelen en de toegevoegde waarde is redelijk constant in alle scenario's. Ten opzichte van het NoBioBased-scenario is de toegevoegde waarde van bio-energie circa € 280 mln. hoger in 2030.

In het NoBioBased-scenario is de werkgelegenheid in de landbouw-, bio-energie- en biochemische sectoren in 2030 lager dan in 2015 vanwege de daling van de werkgelegenheid binnen de landbouw op de langere termijn. De groei van de bio-economie doet dit effect slechts gedeeltelijk teniet. De grootste effecten op de werkgelegenheid komen uit de productie van biobased chemicaliën in de HighTech-scenario's en in mindere mate in het GlobLowTech-scenario.

### Productiewaarde

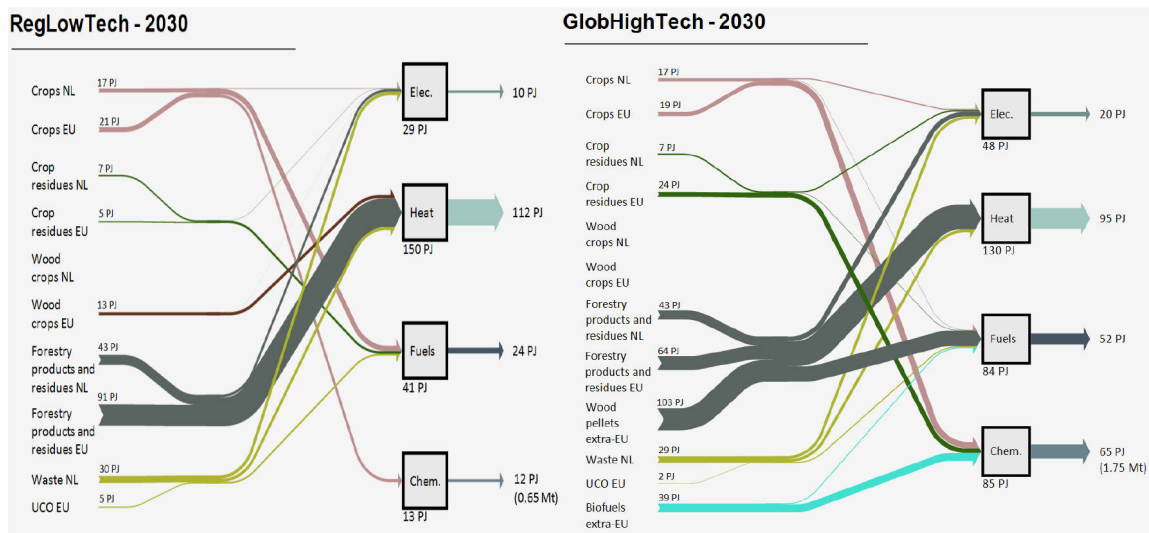
In 2030 verdubbelt de productiewaarde (dit is hetzelfde als omzet) van de nieuwe bio-economiesectoren; van circa € 1,7 mld. in het LowTech-scenario naar bijna € 4 mld. in het HighTech-scenario. De productie van bio-energie blijft redelijk stabiel op 9% van de totale energieproductie, wat neerkomt op bijna € 600 mln. Groei vindt voornamelijk plaats in de productie van biobrandstoffen en nieuwe biobased chemicaliën, waarbij de productie stijgt van circa € 0,4 mld. en € 0,7 mld. in de



LowTech-scenario's naar € 1,2 mld. en € 2 mld. in de HighTech-scenario's. De nieuwe biobased chemische productie voegt 1% toe aan de totale chemische productie in de LowTech-scenario's en 4% in de HighTech-scenario's, en beperkt daarmee gedeeltelijk de negatieve trend (-10%) in de chemische productie.

### Vraag naar biomassa

De nieuwe bio-economie heeft aanzienlijk meer biomassa nodig dan in 2015. Figuur S.3 geeft de vraag naar biomassa in 2030 weer. De vraag naar biomassa in 2030 varieert van 224 PJ tot 345 PJ. Dit laat zien hoe afhankelijk de bio-economie is van technologische ontwikkelingen en van de beschikbaarheid en prijs van biomassa. Bosbouwproducten, restproducten en hout van houtteelt met een korte omlooptijd leveren meer dan 50% van de totale verbruikte biomassa, dat gedeeltelijk als houtpellets wordt geïmporteerd uit landen buiten de EU28. Bio- en thermochemische bioraffinaderijen verbruiken maximaal 154 PJ biomassa in ongeveer gelijke delen.



Figuur S.3<sup>2</sup> Biomassastromen voor de RegLowTech- en GlobHighTech-scenario's

### Handelsbalans

De import van biomassa en de vervanging van fossiele brandstoffen hebben invloed op de handelsbalans. De handelsbalans van Nederland verslechtert op de korte termijn (tot 2020) ten opzichte van het NoBiobased-scenario. Dit negatieve effect wordt veroorzaakt door de introductie van de hernieuwbare energiedoelstellingen (RED), waarin fossiele technologieën vervangen moeten worden door duurdere biobased technologieën. De handelsbalans van fossiele energie en totale energie verbetert, maar dit effect wordt meer dan tenietgedaan door een hogere import van biomassa en met name een verslechtering van de handelsbalans van overige industrieën en diensten. Na 2020 worden biobased technologieën echter efficiënter en de Nederlandse export van tweede-generatie biobrandstoffen en vooral biobased chemicaliën zal stijgen. Dit remt de algemene daling van de handelsbalans. In de LowTech-scenario's wordt fossiele energie vervangen door eerste-generatie biobrandstoffen. Maar aangezien deze deels nationaal worden geproduceerd, zal de energiehandelsbalans hierdoor verbeteren. In de HighTech-scenario's neemt de productie van biobased en conventionele brandstof en chemicaliën toe. Dit leidt tot een hogere export van deze producten, waardoor de verlaging van de import en het gebruik van fossiele energie wordt beperkt. In andere landen zorgt de export van biobased producten echter voor vervanging van het gebruik van fossiele energie en een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen.

<sup>2</sup> Equivalent houtpellet = 17,1 PJ per mt droge biomassa

---

## **Uitstoot van broeikasgassen**

Onder het bestaande energiebeleid en de gematigde CO<sub>2</sub>-belasting (zie Box 1), en ondanks de flinke toename van hernieuwbare energie uit wind en biomassa, blijft de uitstoot gelijk aan het niveau van 2010, en is hiermee ver van het doel van een reductie van 40% in 2030. Reductie wordt voornamelijk gerealiseerd door de sectoren elektriciteit en industrie. Door het gebruik van regionale en mondiale biomassa daalt de uitstoot met 1 tot 3% in de bottom-up analyses.

## **Gevoeligheidsresultaten**

Bovenstaande resultaten zijn zeer gevoelig voor het klimaatbeleid en de prijzen van fossiele brandstof en feedstock. Via gevoeligheidsanalyses wordt geanalyseerd in hoeverre diverse aannames de systeem effecten en de macro-economische effecten door de opkomst van de bio-economie beïnvloeden.

### *Hoge CO<sub>2</sub>-belasting*

Een hoge CO<sub>2</sub>-belasting (€ 71/tCO<sub>2</sub>) kan leiden tot een flinke daling van de uitstoot (circa 35% ten opzichte van 1990). Dergelijke belastingniveaus verhogen het verbruik van biomassa in het energiesysteem met een factor twee vergeleken met de referentiescenario's. Ze stimuleren de toepassing van windenergie tot boven het doelniveau van het Energieakkoord voor duurzame groei en leiden tot de ontwikkeling van CO<sub>2</sub>-mitigatietechnologieën zoals Carbon Capture & Storage (CCS) en Bio-energie met CCS (BECCS). Daarnaast moet de efficiency van voertuigen worden verbeterd, wat mogelijk is met hybride voertuigen.

Een hoge reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in Nederland kent echter ook een prijs. Om de uitstoot binnen Nederland met 40% te verlagen, daalt het BNP met meer dan € 8 mld. (1%) in het NoBioBased-scenario ten opzichte van het NoBioBased-hoofdscenario waarin de CO<sub>2</sub>-prijs € 26/tCO<sub>2</sub> bedroeg. Indien de biomassamarkten wereldwijd van aard zijn en de technologische verandering in biobased technologieën hoger is (waarvan wordt uitgegaan in het GlobHighTech-scenario), dan kan deze daling van het BNP worden beperkt tot € 5 mld. (0,6% van het BNP). Een grotere technologische vooruitgang en verdere opening van wereldwijde biomassamarkten vormen daarom een voorwaarde om de uitstoot met 40% te verlagen ten opzichte van 1990.

### *Prijzen van fossiele brandstoffen*

De grootschalige toepassing van biomassa wordt grotendeels aangestuurd door de prijs van fossiele brandstoffen. Als de prijs van fossiele brandstoffen met 50% stijgt, dan komt het verbruik van biomassa uit op tweederde van het beschikbare potentieel (770 PJ van circa 1 EJ) met een groter aanbod in sectoren als biobrandstoffen, biobased chemicaliën en elektriciteit uit wind.

Door lagere prijzen van fossiele energie (€ 45 per vat olie) stijgen het Nederlandse BNP en de uitstoot van broeikasgassen. Onder deze omstandigheden is de bio-economie volledig afhankelijk van beleidsmaatregelen, omdat biobased technologieën niet kostenconcurrerend zijn en biomassa alleen wordt gebruikt om aan de bindende nationale RED-doelstelling (14% in 2020) te voldoen. De productie van biobased chemicaliën zal nagenoeg verdwijnen. Een hoge technologische verandering resulteert in het vervangen van eerste-generatie biobrandstoffen door tweede-generatie biobrandstoffen, maar leidt niet tot productie boven de bijmengverplichting. De introductie van een bio-economie in een context van lage fossiele brandstofprijzen is kostbaar en leidt tot een verlies van € 2 mld. aan BNP in het RegLowTech-scenario ten opzichte van het NoBiobased-scenario. Open markten en een grote veranderingen binnen de biobased technologieën verminderen dit negatieve effect op het BNP tot -€ 400 mln.

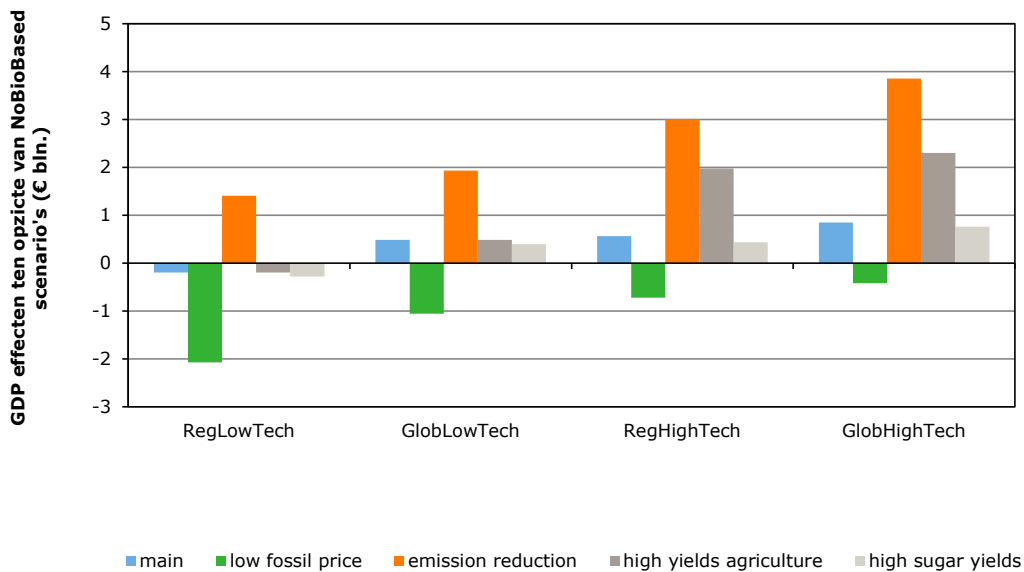
### *Overige biobased technologieën*

Binnen de referentiescenario's worden mestverwerking en een daaropvolgende omzetting in biogas niet als kostenefficiënt gezien. In een gevoeligheidsscenario met verplichte mestverwerking stijgt het verbruik van biomassa sterk tot 480-600 PJ. Dit komt met name door de grote hoeveelheden co-digestaat (energiemaïs) die hiervoor benodigd zijn. In de vier referentiescenario's wordt het gebruik van vaste biomassa voor verwarming dan grotendeels vervangen door groen gas uit mestverwerking. Als aanvullend scenario werd ook de productie van biobased brandstof voor de luchtvaart beoordeeld.

De resultaten geven aan dat biobased brandstof voor de luchtvaart pas in 2030 kostenconcurrerend is en dan alleen in de GlobHighTech-scenario's.

#### Prijzen van feedstock

De hoofdscenario's gaan niet uit van een aanvullende technologische verandering in de primaire sectoren. Een hogere opbrengst in de primaire sectoren, zoals land- en bosbouw, hebben een sterke positieve invloed op het BNP. Dit komt omdat vooral de exportgerichte agri-foodindustrieën hun marktaandeel kunnen verhogen zonder hun prijzen al te zeer te hoeven verlagen. Een 10% hogere opbrengst heeft een aanzienlijke invloed op het BNP (0,3% van het BNP). De indirecte voordelen voor de nieuwe sectoren binnen de bio-economie zijn beperkt, omdat zij slechts een klein deel van de binnenlandse primaire landbouwproducten afnemen. Door een hogere opbrengst in de suikerbieten sector en lagere suikerprijzen stijgt de toegevoegde waarde met € 34 mln. in de bio-economie en met name in de suikersector. De lagere suikerprijs zorgt ook voor een hogere toegevoegde waarde van biobased chemicaliën (€ 5-8 mln., vooral uit PLA-productie) en in mindere mate van biobrandstoffen.



**Figuur S.4** GDP effecten van hoofd en gevoeligheid scenario's ten opzichte van NoBioBased-scenario's in 2030 (bln. euro).

Figuur S.4 geeft een overzicht van de gevoeligheidsanalyses en toont dat het macro-economische effect sterk negatief afhankelijk is van lagere fossiele energieprijzen en positief van stringent energie beleid en technologische ontwikkeling in de landbouwsectoren.

#### Vergelijking met MEV-I

Het economische effect van de bio-economie in de vier scenario's die werden bestudeerd in het MEV-II-onderzoek, is kleiner dan de effecten in het MEV-I-onderzoek. De belangrijkste redenen hiervoor zijn:

- i. De technologische vooruitgang binnen en buiten Nederland heeft zich de afgelopen 5 jaar volgens een 'LowTech'-scenario ontwikkeld. Dit houdt in dat de ontwikkeling van biobased technologieën in het MEV-II-onderzoek is vertraagd ten opzichte van aannames die voor 2015 in het MEV-I-onderzoek zijn gemaakt.
- ii. De ambities voor de toepassing van biomassa zijn realistischer in MEV-II vergeleken met MEV-I. In de MEV-I studie werd aangenomen dat tot 30% van de primaire energievoorziening in Nederland uit biomassa afkomstig zou zijn in 2030.
- iii. Het huidige onderzoek kijkt uitgebreider naar de concurrentie van andere hernieuwbare energiebronnen (voornamelijk wind en zon-PV) en omvat, in tegenstelling tot MEV-I, ook de optie

---

van CO<sub>2</sub>-opvang en -opslag (Carbon Capture & Storage/CCS). Dit leidt tot meer gebalanceerde toepassingstrajecten voor hernieuwbare energie in vergelijking met de vooraf gedefinieerde toepassingsscenario's voor biomassatechnologie van MEV-I.

Hoewel energie en materialen in MEV-I en MEV-II in verschillende mate worden toegepast, laten beide onderzoeken zien dat het gebruik van biomassa voor energie en chemicaliën positieve synergetische effecten kan hebben op de reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot en op de energiezekerheid, en economische activiteiten binnen de landbouw-, chemie- en energiesectoren in Nederland kan genereren. De voorwaarden voor deze synergetische effecten zijn in beide onderzoeken hetzelfde, te weten:

- i. De noodzaak tot een sterke technologieontwikkeling en beschikbaarheid van internationale, duurzame en aantrekkelijk geprijsde biomassa-bronnen.
- ii. Een verschuiving van een food-based productie naar non-food lignocellulose feedstocks.
- iii. Een snellere ontwikkeling van efficiënte productiesystemen, met name multi-output bioraffinaderijen die energie (voor elektriciteit, verwarming en vervoer) en chemicaliën produceren via zowel thermo- als biochemische omzettingroutes.

### **Conclusies**

Om te kunnen voldoen aan de kortetermijndoelen voor hernieuwbare energie en de CO<sub>2</sub>-reductiedoelen van het Nederlandse energie- en niet-energiesysteem suggereren de resultaten van dit onderzoek het volgende:

- De bio-economie kan een positieve bijdrage leveren aan de Nederlandse economie en het behalen van de CO<sub>2</sub>-reductiedoelen en kan daarbij de kosten van het realiseren van deze CO<sub>2</sub>-reductiedoelen beperken.
- De positieve macro-economische effecten van de bio-economie hangen af van (i) een snelle technologische verandering, (ii) hoge prijzen van fossiele energie, (iii) een wereldwijd handelssysteem en (iv) lage prijzen van biomassa. Een bio-economie die wordt aangedreven door een snelle technologische verandering en hoge beschikbaarheid van goedkope biomassa zorgt voor lagere macro-economische kosten van opties voor emissiereductie en maakt biobased opties minder prijzig in tijden van goedkopere fossiele energie.
- Om deze positieve macro-economische effecten en effecten op de CO<sub>2</sub>-uitstoot te realiseren is op korte termijn een stimuleringsbeleid noodzakelijk:
  - Elektriciteitswinning uit wind en bodem- en buitenluchtwarmte (ondersteund door Nederlands beleid) kan een aanzienlijke bijdrage leveren aan de doelen op het gebied van hernieuwbare energie.
  - Er zijn veel technologische ontwikkelingen binnen de biobased sectoren nodig om bio-energie en biochemicaliën kostenconcurrerend te maken. Bioraffinaderijen spelen hierbij wellicht een sleutelrol, omdat zij synergie tussen de diverse sectoren creëren.
  - Een hoge CO<sub>2</sub>-belasting heeft een sterke invloed als beleidsinstrument.
  - CCS en bio-CCS vormen belangrijke opties voor emissiereductie waarmee in het geval van een zeer ambitieus klimaatveranderingsbeleid (bijvoorbeeld het Verdrag van Parijs) aan CO<sub>2</sub>-reductiedoelen voldaan kan worden, aangezien er geen andere kosteneffectieve alternatieven in het korte tijdsbestek van het onderzoek voorhanden zijn.
  - Lage feedstockprijzen en toegang tot internationale biomassa-bronnen zijn noodzakelijk. Daarom moeten er stabiele internationale biomassa-markten worden ontwikkeld.
  - Investerings in technologische veranderingen in de landbouwsectoren (bijvoorbeeld suikeropbrengst) kunnen bijdragen aan een groeiende bio-economie en een positieve handelsbalans.

### **Toekomstig onderzoek**

De MEV-II studie is ontworpen voor de middellange termijn tot 2030 en op basis van het toepassingspotentieel van grootschalige biomassatechnologieën binnen de diverse sectoren. Vooruitzichten op de langere duur (bijvoorbeeld 2040, 2050) zullen hoogstwaarschijnlijk afwijken van hetgeen voor 2030 is gepresenteerd. Daarom bevelen wij aan dat er bij toekomstig onderzoek analyses voor een langere termijn worden uitgevoerd (bijvoorbeeld 2040, 2050), waarin verdere technologische ontwikkeling en schaalvoordelen kunnen leiden tot een grotere rol van biomassa. Er zullen namelijk vervangende materialen en nieuwe en meer geavanceerde alternatieve bronnen van hernieuwbare energie beschikbaar komen. Dit is met name relevant voor technieken waarmee biomassa tot chemicaliën wordt omgezet en waarbij geavanceerde routes een belangrijke invloed

---

kunnen hebben (bijvoorbeeld de valorisatie van lignine tot hoogwaardige producten). Ten slotte zou een onderzoek over een langere periode zich niet alleen moeten richten op bulkvervanging van fossiele brandstoffen, maar ook op producten met een hoge waarde/laag volume (bijvoorbeeld fijnchemicaliën). Dergelijke routes spelen door het kleine marktvolume wellicht geen belangrijke rol bij substantiële emissiereductie of bij het vervangen van grote hoeveelheden fossiele brandstoffen, maar ze kunnen toch van grote invloed zijn op de bio-economie wat betreft toegevoegde waarde en werkgelegenheid. Dit heeft onvermijdelijk tot gevolg dat ook de onzekerheden in verband met langere termijnprognoses toenemen, wat in scenario- en gevoeligheidsanalyses vastgelegd kan worden. De resultaten bieden echter inzicht in welke technieken momenteel ondersteuning verdienen om zo hun toepassing in de toekomst te kunnen bevorderen. De belangrijkste factoren zijn schaalvoordelen, synergieën tussen technologieën, bijvoorbeeld de valorisatie van nevenstromen, die van essentieel belang zijn voor de omzet binnen de Nederlandse economie. Ten slotte adviseren wij om deze studie iedere drie jaar te herhalen gegeven de snelle technologische ontwikkelingen en de veranderingen in beleid.

---

LEI Wageningen UR  
Postbus 29703  
2502 LS Den Haag  
T 070 335 83 30  
E [publicatie.lei@wur.nl](mailto:publicatie.lei@wur.nl)  
[www.wageningenUR.nl/lei](http://www.wageningenUR.nl/lei)

SAMENVATTING  
LEI 2016-001

---

LEI Wageningen UR is een onafhankelijk, internationaal toonaangevend, sociaaleconomisch onderzoeksinstituut. De unieke data, modellen en kennis van het LEI bieden opdrachtgevers op vernieuwende wijze inzichten en integrale adviezen bij beleid en besluitvorming, en dragen uiteindelijk bij aan een duurzamere wereld. Het LEI maakt deel uit van Wageningen UR (University & Research centre). Daarbinnen vormt het samen met het Departement Maatschappijwetenschappen van Wageningen University en het Wageningen UR Centre for Development Innovation de Social Sciences Group.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

---

To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



---

LEI Wageningen UR  
Postbus 29703  
2502 LS Den Haag  
E publicatie.lei@wur.nl  
www.wageningenUR.nl/lei

SAMENVATTING  
LEI 2016-001  
ISBN 978-94-6257-737-4

---

LEI Wageningen UR is een onafhankelijk, internationaal toonaangevend, sociaaleconomisch onderzoeksinstituut. De unieke data, modellen en kennis van het LEI bieden opdrachtgevers op vernieuwende wijze inzichten en integrale adviezen bij beleid en besluitvorming, en dragen uiteindelijk bij aan een duurzamere wereld. Het LEI maakt deel uit van Wageningen UR (University & Research centre). Daarbinnen vormt het samen met het Departement Maatschappijwetenschappen van Wageningen University en het Wageningen UR Centre for Development Innovation van de Social Sciences Group.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

---