



## Overheidsmaatregelen biokerosine

Mogelijkheden om de vraag naar  
biokerosine te stimuleren en de effecten  
op de luchtvaart en de economie



**CE Delft**

Committed to the Environment



# Overheidsmaatregelen biokerosine

Mogelijkheden om de vraag naar biokerosine te  
stimuleren en de effecten op de luchtvaart en  
de economie

Dit rapport is geschreven door:

CE Delft

TAKS

WUR LEI

Delft, CE Delft, juni 2017

Opdrachtgever: Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Publicatienummer: 17.4J81.35

Kerosine / Biobrandstoffen / Overheid / Beleidsmaatregelen

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Jasper Faber.

© copyright, CE Delft, Delft

## **CE Delft**

### **Committed to the Environment**

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



# Inhoud

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Managementsamenvatting</b>                                                        | <b>4</b>  |
| <b>Samenvatting</b>                                                                  | <b>6</b>  |
| <b>1 Inleiding</b>                                                                   | <b>22</b> |
| 1.1 Aanleiding                                                                       | 22        |
| 1.2 Doel van dit onderzoek                                                           | 25        |
| 1.3 Afbakening                                                                       | 25        |
| 1.4 Aanpak en onderzoeksmethode                                                      | 26        |
| 1.5 Leeswijzer                                                                       | 29        |
| <b>2 Ambities voor het gebruik van biokerosine</b>                                   | <b>30</b> |
| 2.1 Introductie                                                                      | 30        |
| 2.2 Biokerosine doelstellingen                                                       | 30        |
| 2.3 CO <sub>2</sub> -ambities voor de luchtvaart                                     | 31        |
| 2.4 Prijsontwikkelingen                                                              | 33        |
| 2.5 Definitie en selectie van scenario's voor de effectanalyse                       | 35        |
| 2.6 Omvang van de meerkosten                                                         | 36        |
| 2.7 Conclusie                                                                        | 37        |
| <b>3 Beleid om productie van biobrandstoffen te stimuleren</b>                       | <b>38</b> |
| 3.1 Introductie                                                                      | 38        |
| 3.2 Korte beschrijving biokerosineproductie                                          | 38        |
| 3.3 Overheidsmaatregelen verbetering vestigingsklimaat                               | 42        |
| 3.4 Innovatiebeleid                                                                  | 47        |
| 3.5 Overheidsmaatregelen in de rest van de keten                                     | 50        |
| 3.6 Conclusie                                                                        | 51        |
| <b>4 Beleid om de vraag naar biobrandstoffen te stimuleren</b>                       | <b>52</b> |
| 4.1 Introductie                                                                      | 52        |
| 4.2 Wat is het doel van vraagstimulering?                                            | 52        |
| 4.3 Keuze van het beleidsinstrument en de verdeling van de meerkosten                | 53        |
| 4.4 Specifieke vormgeving van het beleidsinstrument                                  | 55        |
| 4.5 Overzicht beleidspakketten                                                       | 57        |
| <b>5 Effecten van beleidsmaatregelen op de luchtvaart en de Nederlandse economie</b> | <b>60</b> |
| 5.1 Introductie                                                                      | 60        |
| 5.2 Effecten op de luchtvaartsector                                                  | 60        |
| 5.3 Economische effecten                                                             | 69        |
| 5.4 Milieueffecten                                                                   | 81        |
| 5.5 Doorkijk naar 2050                                                               | 86        |
| 5.6 Internationale samenwerking                                                      | 88        |



|                  |                                                             |            |
|------------------|-------------------------------------------------------------|------------|
| <b>6</b>         | <b>Conclusies en beleidsaanbevelingen</b>                   | <b>90</b>  |
| 6.1              | Conclusies                                                  | 90         |
| 6.2              | Beleidsaanbevelingen                                        | 92         |
| <b>7</b>         | <b>Bibliografie</b>                                         | <b>95</b>  |
| <b>Bijlage A</b> | <b>Modelbeschrijvingen</b>                                  | <b>100</b> |
| A.1              | AERO-MS                                                     | 100        |
| A.2              | MAGNET                                                      | 102        |
| <b>Bijlage B</b> | <b>Scenariodefinitie en aannames</b>                        | <b>104</b> |
| B.1              | Uitgangspunten scenario's                                   | 104        |
| B.2              | Brandstofverbruik en BAU-emissies van de luchtvaart in 2030 | 104        |
| B.3              | Benodigde volumes                                           | 105        |
| B.4              | Type biobrandstoffen                                        | 106        |
| B.5              | Scope                                                       | 106        |
| B.6              | Constate factoren binnen de scenario's                      | 106        |
| <b>Bijlage C</b> | <b>Uitgebreide uitkomsten AERO</b>                          | <b>108</b> |



# Managementsamenvatting

De luchtvaart is verantwoordelijk voor ongeveer 2% van de wereldwijde antropogene CO<sub>2</sub>-emissies. Zonder aanvullende maatregelen zal de uitstoot de komende decennia naar verwachting sterk toenemen. De groei van de luchtvaartemissies is moeilijk verenigbaar met klimaatdoelstellingen zoals die bijvoorbeeld zijn vastgelegd in het Akkoord van Parijs, dat als doel heeft om de toename van de mondiale emissies van broeikasgassen zo snel mogelijk te stoppen en om te zetten in een daling om in de tweede helft van deze eeuw op netto nul emissies uit te komen.

De maatregel met het grootste potentieel om CO<sub>2</sub>-emissies van de luchtvaart te verminderen is het gebruik van brandstoffen met lage emissies over de levenscyclus, zoals bijvoorbeeld geavanceerde biobrandstoffen gemaakt van residuen uit de bos- en landbouw. Om de luchtvaart te laten bijdragen aan de afname van de wereldwijde emissies is het dus wenselijk een groter aandeel alternatieve duurzame brandstoffen in de luchtvaart in te zetten. Vanwege het prijsverschil tussen fossiele kerosine en biokerosine is hier overheidsbeleid voor nodig.

Het doel van deze studie is het beantwoorden van de volgende twee centrale onderzoeksvragen:

1. Met welke beleidsmaatregelen kan de Nederlandse Rijksoverheid de vraag naar en productie van biokerosine laten toenemen?
2. Wat zijn de directe en indirecte effecten van de beleidsmaatregelen?

De beleidsmaatregelen kunnen gericht worden op het *aanbod* van biokerosine en op de *vraag*. Het stimuleren van de vraag is het belangrijkste omdat het zal leiden tot een verhoging van de productie die op zijn beurt zal resulteren in het behalen van schaalvoordelen en in innovatie. Maatregelen aan de aanbodkant kunnen de Nederlandse kennisinfrastructuur verbeteren en daarmee de kans vergroten dat een biokerosine-productiefaciliteit in Nederland gevestigd zal worden.

De voornaamste maatregel aan de aanbodkant is om bestaande regelingen voor subsidiëring van energie-innovaties open te stellen voor biobrandstoffen.

De vraag naar biokerosine kan in principe op twee manieren worden gestimuleerd: door een verplichte bijmenging of door een subsidie van de meerkosten. Een subsidie heeft als voordeel dat de overheid de kosten van de subsidie zo kan verdelen dat ze de minste schade opleveren voor het algemene belang. Bovendien leidt een subsidie niet tot het meenemen van brandstof uit het buitenland (tankering), wat een negatief milieueffect heeft. Om deze redenen heeft een subsidie de voorkeur boven een bijmengverplichting.

De effecten van een subsidie op de luchtvaart en de Nederlandse economie hangen af van de manier waarop de subsidie wordt gefinancierd. Financiering door de luchtvaartsector, bijvoorbeeld door middel van een Duurzame-brandstoffenheffing (DBH) voor vertrekkende passagiers op Nederlandse luchthavens, heeft als voordeel dat de luchtvaartsector zelf bijdraagt aan de vergroening. Het negatieve welvaartseffect in Nederland wordt aanzienlijk beperkt ten opzichte van financiering van de subsidie uit de algemene middelen, omdat ook buitenlandse passagiers bijdragen aan de financiering van de subsidie. Financiering uit de algemene middelen heeft als voordeel dat de luchtvaartsector wordt ontzien.



Een subsidie die resulteert in 30% biokerosine in 2030 verlaagt het BBP in dat jaar met 0,04 - 0,05%. Als de subsidie met een DBH wordt gefinancierd, bedraagt die ongeveer €8 voor intra-Europese vluchten en €32 voor intercontinentale vluchten. De groei van de luchtvaart vertraagt daardoor iets, waardoor het aantal passagiers dat voor 2030 wordt voorzien pas een jaar later wordt bereikt.

In alle gevallen vergroent de economie en zijn er positieve milieu-effecten door lagere CO<sub>2</sub>-uitstoot en lagere uitstoot van zwavel en fijnstof.

Op basis van dit rapport is het niet mogelijk een eenduidige aanbeveling te geven over de wenselijkheid van overheidsbeleid om biokerosinegebruik te stimuleren. Er zijn zowel argumenten voor als tegen dit beleid. Als het van belang wordt gevonden om de emissies van de luchtvaartsector zelf te reduceren, is het gebruik van biobrandstoffen de enige manier om dat doel in de komende decennia te bereiken. Bovendien kan de stimulering van het biokerosinegebruik bijdragen aan het vergroenen van de economie en het beperken van de gezondheidseffecten van vliegtuigemissies. Dergelijk beleid is echter kostbaar. Daardoor zijn de macro-economische effecten van het beleid op BBP en welvaart in alle onderzochte gevallen negatief.

Als er wordt besloten om de vraag naar biokerosine te stimuleren, verdient het aanbeveling om het beleid snel te implementeren om zo de kans te maximaliseren dat een productiefaciliteit in Nederland wordt gevestigd. Een dergelijke productiefaciliteit kan een onderdeel worden van bredere grootschalige omzetting van biomassa in hoogwaardigere producten. Daarnaast zou Nederland zich een goede uitgangspositie verschaffen om te voorzien in de vraag naar biokerosine uit andere Europese landen. Deze exportmogelijkheden zouden als alternatief, dan wel aanvulling, kunnen dienen voor de huidige export van fossiele kerosine. Export van biokerosine zou de negatieve economische effecten van het overheidsbeleid geheel of deels kunnen compenseren.

De subsidie moet voldoende zekerheid bieden voor producenten om te investeren in een productiefaciliteit. Daarvoor is het noodzakelijk dat de subsidie voor langere tijd gegarandeerd is. Dit kan door de subsidie voor een periode van bijvoorbeeld 15 jaar of langer toe te kennen. Dit is vergelijkbaar met de subsidieverlening voor windenergie in de SDE+.

# Samenvatting

## Wenselijkheid van overheidsmaatregelen biokerosine

De luchtvaart is verantwoordelijk voor ongeveer 2% van de wereldwijde antropogene CO<sub>2</sub>-emissies. Zonder aanvullende maatregelen zal de uitstoot de komende decennia naar verwachting sterk toenemen. Nederland heeft een relatief grote luchtvaartsector. De CO<sub>2</sub>-emissies van luchtvaartbrandstoffen die in Nederland verkocht werden bedroegen in 2014 (het laatste jaar waarover gegevens beschikbaar zijn) ruim 10 Mt. Dit komt overeen met 7% van de Nederlandse emissies van 150 Mt.

De groei van de luchtvaartemissies is moeilijk verenigbaar met klimaatdoelstellingen zoals die bijvoorbeeld zijn vastgelegd in het Akkoord van Parijs, dat als doel heeft om de toename van de mondiale emissies van broeikasgassen zo snel mogelijk te stoppen en om te zetten in een daling om in de tweede helft van deze eeuw op netto nul emissies uit te komen. De luchtvaartsector heeft de ambitie uitgesproken om de emissies in 2050 te halveren.

De luchtvaart heeft verschillende mogelijkheden om de emissies te reduceren. De meeste technische, operationele en infrastructurele maatregelen kunnen een efficiëntiewinst opleveren van een half tot enkele procenten. Vlootvernieuwing kan eenmalig een grotere winst opleveren. Veel van deze maatregelen zijn kosteneffectief bij de huidige brandstofprijzen en er kan verwacht worden dat ze getroffen zullen worden, maar projecties laten zien dat de emissies desalniettemin zullen toenemen.

De maatregel met het grootste potentieel om CO<sub>2</sub>-emissies van de luchtvaart te verminderen is het gebruik van brandstoffen met lage emissies over de levenscyclus, zoals bijvoorbeeld geavanceerde biobrandstoffen gemaakt van residuen uit de bos- en landbouw. Om de luchtvaart te laten bijdragen aan de afname van de wereldwijde emissies is het dus wenselijk een groter aandeel alternatieve duurzame brandstoffen in de luchtvaart in te zetten.

Het gebruik van biobrandstoffen in de luchtvaart is tot op heden beperkt. Dit ligt vooral aan het prijsverschil tussen biobrandstoffen en fossiele kerosine. Biokerosine is momenteel twee tot drie keer zo duur als fossiele kerosine. Andere duurzame brandstoffen zijn nog duurder of niet beschikbaar. Omdat brandstof een groot aandeel heeft in de kosten van luchtvaartmaatschappijen, kunnen luchtvaartmaatschappijen in een concurrerende markt deze meerkosten niet dragen.

Het huidige klimaatbeleid voor de luchtvaart leunt op emissiereducties in andere sectoren. De reden daarvoor is dat in veel andere sectoren goedkoper is om emissies te reduceren dan in de luchtvaart. De prijs van offsets en EUAs is te laag om alternatieve brandstoffen in de luchtvaart rendabel te maken.

Echter, op de langere termijn is het niet mogelijk om gebruik te blijven maken van emissiereducties in andere sectoren. Ten eerste zal het aanbod van offsets afnemen naarmate er meer landen klimaatbeleid gaan voeren. Ten tweede is het nodig om in elke sector de emissies te reduceren om het doel van het Akkoord van Parijs te halen.





Hoewel individuele luchtvaartmaatschappijen vanwege hun concurrentiepositie het gebruik van biokerosine slechts in zeer beperkte mate kunnen vergroten, zou de overheid het gebruik van biokerosine kunnen stimuleren om daarmee de emissies van de luchtvaartsector te laten dalen, de innovatie in de productie van biokerosine te bevorderen en de prijs te laten dalen door het benutten van schaalvoordelen en leereffecten.

Het is duidelijk dat het stimuleren van biokerosineverbruik kostbaar is en dus potentieel negatieve macro-economische effecten heeft. Echter, wanneer de vraag naar fossiele brandstoffen afneemt, zou een toename van de biobrandstoffenproductie de achteruitgang van de productie van kerosine deels kunnen compenseren.

Dit rapport analyseert hoe overheidsbeleid ter stimulering van de vraag naar biokerosine vormgegeven kan worden en wat de effecten zijn op de luchtvaartsector en op de Nederlandse economie. Het onderzoek richt zich ook op de vestigingsfactoren voor een biokerosine-productiefaciliteit en de ontwikkeling van de relevante kennisinfrastructuur. Dit rapport analyseert niet de duurzaamheid van verschillende soorten biokerosine noch de beschikbaarheid van biokerosine omdat beide het bestek van dit onderzoek vallen.

### **Stimulering innovatie en productie biokerosine**

Er zijn momenteel in Noordwest-Europa geen grootschalige productie-faciliteiten voor biokerosine. De voornaamste reden daarvoor het gebrek aan vraag. Wanneer de vraag toeneemt, verwachten verschillende experts en belanghebbenden dat er voldoende partijen zijn die willen investeren in een productiefaciliteit. Omdat Nederland lage transportkosten heeft voor biomassa door de diepzeehavens en eveneens lage transportkosten voor biokerosine door de aanwezigheid van pijpleidingen, en door de synergie met het fossiele-brandstofcluster en het goede algemene investeringsklimaat heeft Nederland een goede kans op vestiging van de productiefaciliteit.

Daarnaast kan de Nederlandse overheid actie ondernemen om de kennis-infrastructuur te verbeteren. Hoewel onderzoek en innovatie in elk stadium van het innovatieproces voor ondersteuning in aanmerking komt, zijn de beschikbare middelen voor biokerosine (en voor biobrandstoffen in het algemeen) relatief beperkt. De voornaamste reden daarvoor is dat de belangrijkste regelingen hoofdzakelijk opengesteld zijn voor verdere innovatie in technieken die onder de SDE+ vallen. Daardoor zijn biobrandstoffen uitgesloten. Het argument hiervoor is dat de innovatiesubsidie op die manier bijdraagt aan een verlaging van de toekomstige uitgaven aan de SDE+. Echter, ook innovatie in biobrandstoffen kan de kosten verlagen die eindgebruikers betalen voor duurzame energie en heeft dus eveneens positieve effecten.

Er zijn dus goede redenen om de regelingen voor innovatiesubsidies ook open te stellen voor biokerosine, omdat innovatie daarin ook leidt tot lagere prijzen voor de eindgebruiker en nieuwe bedrijvigheid in Nederland.

### **Overheidsmaatregelen om de vraag naar biokerosine te stimuleren**

Het hoofddoel van de overheidsmaatregelen is om de vraag naar biokerosine te vergroten om op die manier de emissies van de Nederlandse luchtvaart te laten afnemen en een proces van technologische innovatie, leereffecten en toenemende schaalvoordelen op gang te brengen waardoor het prijsverschil tussen fossiele kerosine en biokerosine kleiner kan worden.



Daarnaast is het gewenst om de macro-economische nadelen te beperken en voordelen te bevorderen door de kans te maximaliseren dat er een productie-faciliteit voor biokerosine in Nederland wordt gevestigd.

#### *Keuze van het beleidsinstrument*

Om de vraag naar biokerosine te vergroten heeft de overheid in principe twee opties. Ten eerste zou ze leveranciers van brandstoffen op Nederlandse luchthavens kunnen verplichten om biobrandstof bij te mengen. De prijs van brandstof zou daardoor hoger worden en vliegen van, naar en via Nederlandse luchthavens zou minder aantrekkelijk worden. Afhankelijk van de manier waarop luchtvaartmaatschappijen de kosten zouden doorberekenen aan de passagiers zouden ticketprijzen voor zowel bestemmingspassagiers als voor transferpassagiers kunnen stijgen. Met name de transfermarkt is prijsgevoelig. Een bijmengverplichting zou daarom kunnen leiden tot een afname van het aantal transferpassagiers. Dit zou schadelijk zijn voor het netwerk op Schiphol, omdat een groot aantal bestemmingen sterk afhankelijk is van transferpassagiers. Bovendien zou de hogere brandstofprijs in Nederland ertoe leiden dat vliegtuigen meer in het buitenland tanken. Omdat er brandstof nodig is om brandstof te vervoeren, zou deze praktijk resulteren in hogere CO<sub>2</sub>-emissies waardoor een aanzienlijk deel van de milieuwinst teniet kan worden gedaan.

De tweede mogelijkheid die de overheid heeft is om de meerkosten van biobrandstof te subsidiëren. De prijs van de brandstof voor de luchtvaartmaatschappijen blijft dan gelijk, en de overheid heeft de mogelijkheid om de kosten van de subsidie neer te leggen bij verschillende actoren, waarbij rekening kan worden gehouden met de effecten op de luchtvaartsector en de rest van de economie.

Vraagstimulering door middel van een subsidie van de meerkosten is dus te verkiezen boven een bijmengverplichting.

#### *Financiering van de subsidie*

De subsidie kan op verschillende manieren worden gefinancierd.

In deze studie zijn twee manieren onderzocht:

1. Financiering uit de algemene middelen; en
2. Financiering uit een Duurzame-Brandstoffenheffing (DBH) voor OD-passagiers.

Een subsidie die uit de algemene middelen wordt gefinancierd heeft als voordeel dat de luchtvaartsector wordt ontzien. Daar staat tegenover dat ook belastingbetalers die geen gebruik maken van diensten van de luchtvaart bijdragen aan de financiering, en dat de koopkracht verslechtert. Financiering door een DBH is meer in overeenstemming met het principe dat de vervuiler betaalt, maar heeft als nadeel dat er negatieve effecten zijn voor de luchtvaartsector.

#### *Hoogte van de subsidie*

In alle hier onderzochte scenario's neemt de fossiele kerosineprijs in de loop van de tijd toe en de biokerosineprijs af. De subsidie per ton biobrandstof bedraagt in 2020 naar schatting € 840 per ton om af te nemen naar € 90 - 560 per ton in 2030, afhankelijk van de snelheid van de technologische ontwikkeling. Een dergelijke subsidie valt binnen de bandbreedte van subsidies voor duurzame-energie technieken in de SDE+.



### *Vormgeving van de subsidie: de ontvanger*

In principe komen verschillende partijen in aanmerking om de subsidie te ontvangen:

1. De producent van de biokerosine;
2. De leverancier van de biokerosine;
3. De eindgebruiker van de biokerosine.

De keuze heeft effect op het vestigingsklimaat en de emissies van de Nederlandse luchtvaart.

Wanneer *producenten* van biokerosine in aanmerking komen voor een subsidie, kan als voorwaarde worden gesteld dat de productie in Nederland plaatsvindt. Daarmee is de kans maximaal dat de investering in Nederland wordt gedaan en dat de geassocieerde toegevoegde waarde en werkgelegenheid bijdraagt aan de Nederlandse economie. Waarschijnlijk is het niet mogelijk om als voorwaarde aan de subsidie te stellen dat de brandstof in Nederland wordt geleverd. Daarmee bestaat het risico dat de brandstof wordt geëxporteerd en dat de emissies van de Nederlandse luchtvaart niet afnemen.

Wanneer *leveranciers* in aanmerking komen voor de subsidie, kan als voorwaarde worden gesteld dat de brandstof in Nederland geleverd wordt. De emissies van de Nederlandse luchtvaart dalen dan. Het is waarschijnlijk niet mogelijk om als voorwaarde te stellen dat de brandstof ook in Nederland wordt geproduceerd, al kan de subsidie door het creëren van een lokale vraag de kans vergroten dat een fabriek in Nederland gevestigd wordt.

Een subsidie voor luchtvaartmaatschappijen, de *eindgebruikers*, heeft als risico dat eindgebruikers ook in andere landen biokerosine kunnen inkopen, waardoor de emissies van de Nederlandse luchtvaart niet zouden dalen en de kans op een biokerosinefabriek in Nederland ook niet zou toenemen. Bovendien kunnen de administratieve lasten hoger uitvallen omdat er meer luchtvaartmaatschappijen zijn dan brandstofleveranciers.

De subsidie beantwoordt dus het best aan de doelstelling om de emissies van de Nederlandse luchtvaart te verminderen wanneer hij aan brandstofleveranciers wordt toegekend, terwijl hij tegelijkertijd de kans vergroot dan een productiefaciliteit in Nederland wordt gevestigd.

### *Vormgeving van de subsidie: de voorwaarden*

Om bij te dragen aan kostprijsverlaging door middel van schaalvoordelen, leereffecten en innovatie is het van belang dat de subsidie investeerders voldoende zekerheid biedt om een productiefaciliteit voor biokerosine op te zetten. Zij moeten dan een redelijke verwachting hebben dat de vraag naar biobrandstoffen minstens 15 of langer jaar zal blijven bestaan, omdat dit de minimale terugverdientijd van een productiefaciliteit is. De overheid kan die zekerheid bieden wanneer de subsidie voor bijvoorbeeld 15 jaar of langer wordt toegekend. Dit is vergelijkbaar met de duur van de SDE+ subsidie voor windenergie en met de afschrijvingsperiode van een biokerosineproductie installatie.

Om de kosteneffectiviteit te vergroten, zou de subsidie in concurrentie verleend kunnen worden. De overheid zou elk jaar een subsidieronde kunnen organiseren en de subsidie gunnen aan de partij die gedurende de looptijd van de subsidie het grootste volume kan leveren. Het subsidiebedrag kan eventueel periodiek aangepast worden aan schommelingen in de prijs van fossiele kerosine.



Wanneer de subsidie jaarlijks wordt toegekend, neemt het volume van de levering van biokerosine gedurende de eerste 15 jaar van de regeling toe.

### Scenario's voor het inschatten van de effecten

Dit onderzoek heeft de effecten onderzocht van zes scenario's voor het stimuleren van de vraag naar biokerosine op de Nederlandse luchtvaart en de Nederlandse economie.

Er zijn drie verschillende ambitieniveaus bepaald voor de hoeveelheid biokerosine in 2030. De grootste hoeveelheid is gebaseerd op de Duurzame Brandstofvisie, de andere zijn respectievelijk 50% en 25% van die hoeveelheid. De hoeveelheid biokerosine in de Duurzame Brandstofvisie komt overeen met ongeveer een derde van de totale hoeveelheid kerosine die in Nederland naar verwachting wordt gebruikt in 2030.

Er zijn ook twee prijsniveaus voor biokerosine vastgesteld: een hoog-scenario waarin de technologische ontwikkeling relatief langzaam gaat en de prijs in de periode tot 2030 met 7,5% daalt, en een laag-scenario dat optimistischer is over de technologische ontwikkeling en waarin de prijs 36% daalt.

Dit resulteert in zes scenario's die zijn weergegeven in Tabel 1. Het scenario met een lage vraag en een lage prijs is niet erg waarschijnlijk omdat de lage doelstelling minder leer- en schaafeffecten heeft die tot een prijsdaling kunnen leiden. Daarom is dit scenario niet verder geanalyseerd. Van de overige scenario's zijn er twee volledig kwantitatief geanalyseerd, twee als gevoeligheidsanalyse en één kwalitatief. Van het hoog-scenario met het lage prijspad is een volledige analyse gemaakt omdat het hoog-scenario de grootste kans biedt op technologische vooruitgang door leer- en schaafeffecten. Het midden-scenario, dat minder kansen biedt op schaal- en leereffecten, is volledig geanalyseerd in combinatie met het hoge prijspad. De gevoeligheidsanalyses zijn gedaan voor respectievelijk het midden-scenario met het lage prijspad (voor het geval dat de technologische ontwikkelingen sneller gaan dan verwacht) en het hoog-scenario met het hoge prijspad (voor het geval dat de technologische ontwikkelingen tegenvallen).

In de drie vraagscenario's is het uitgangspunt dat in de periode 2020-2030 een lineaire toename plaatsvindt van de hoeveelheid biokerosine tot de gespecificeerde niveaus voor het jaar 2030.

Tabel 1 Verwacht brandstofverbruik en CO<sub>2</sub>-emissies voor toekomstige jaren

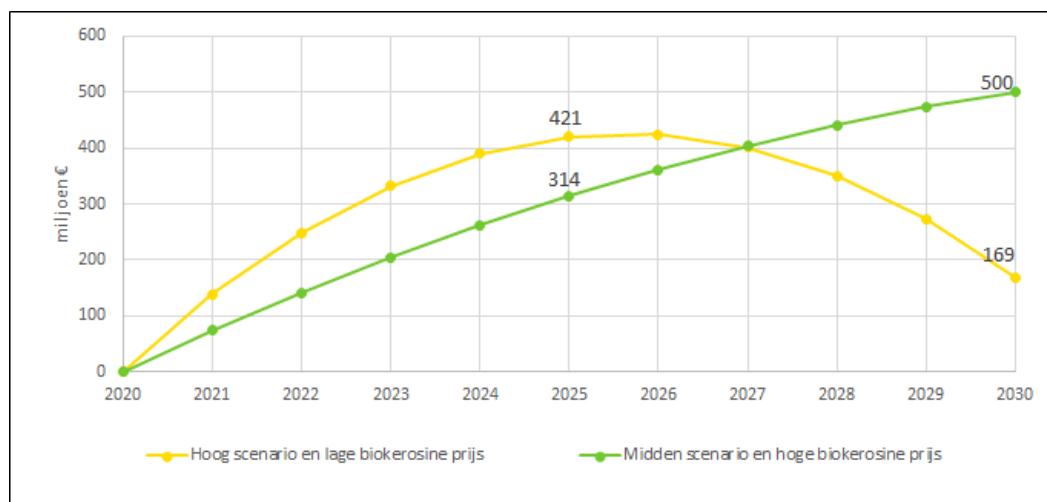
| Hoeveelheid biokerosine | Prijs biokerosine (per ton)        | Opmerkingen                                                                                                                                             | Analysemethode    |
|-------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Laag (0,5 Mt in 2030)   | Laag: afnemend tot € 1.038 in 2030 | Alleen mogelijk als technologische ontwikkeling plaatsvindt door toename van de vraag uit het buitenland of door onverwachte technologische doorbraken. | Niet geanalyseerd |
|                         | Hoog: afnemend tot € 1.500 in 2030 | Lage vraag leidt tot langzame innovatie                                                                                                                 | Kwalitatief       |

|                         |                                    |                                                                                    |                      |
|-------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Midden (0,9 Mt in 2030) | Laag: afnemend tot € 1.038 in 2030 |                                                                                    | Gevoeligheidsanalyse |
|                         | Hoog: afnemend tot € 1.500 in 2030 |                                                                                    | Kwantitatief         |
| Hoog (1,8) Mt in 2030)  | Laag: afnemend tot € 1.038 in 2030 | Hoge vraag leidt tot snelle innovatie                                              | Kwantitatief         |
|                         | Hoog: afnemend tot € 1.500 in 2030 | Zeer hoge en stijgende meerkosten, waarschijnlijk weinig maatschappelijk draagvlak | Gevoeligheidsanalyse |

In Figuur 1 wordt voor de periode 2021-2030 de ontwikkeling van de jaarlijkse meerkosten van het gebruik van biokerosine van de twee kwantitatief geanalyseerde scenario's weergegeven. Hierbij is specifiek aangegeven wat de meerkosten zijn in de jaren 2025 en 2030 (dit zijn de jaren waarvoor kwantitatieve analyses zijn uitgevoerd). De jaarlijkse meerkosten volgen uit enerzijds het prijsverschil tussen biokerosine en fossiele kerosine (incl. de prijs van CO<sub>2</sub>) en anderzijds de hoeveelheid biokerosine volgens de scenario's.

Het scenario met een midden doelstelling en een hoog prijspad heeft meerkosten die tot 2030 oplopen. In 2030 bedragen ze € 500 miljoen. Het scenario met een hoge doelstelling en een laag prijspad heeft meerkosten die toenemen tot 2026 en daarna dalen. De maximale meerkosten in dit scenario zijn ongeveer € 420 miljoen in 2025 en de meerkosten in 2030 bedragen ongeveer € 170 miljoen.

Figuur 1 Jaarlijkse meerkosten biokerosine NL luchtvaart in 2021-2030 (miljoen €)



De financiering van de meerkosten in elk van de scenario's kan uit de algemene middelen komen of gedeeltelijk of geheel uit een DBH. Er zijn drie beleidsvarianten gedefinieerd die verschillende directe en indirecte effecten hebben, namelijk:

- Een subsidie voor de meerkosten van biokerosine die wordt betaald uit een DBH;
- Een subsidie voor de meerkosten van biokerosine die voor de helft wordt betaald uit een DBH en voor de andere helft uit de algemene middelen; en

- C. Een subsidie voor de meerkosten van biokerosine die wordt betaald uit de algemene middelen.

In dit onderzoek is aangenomen dat een DBH bestaat uit een vast bedrag per passagier en niet geldt voor vracht. De belasting geldt verder alleen voor vertrekkende OD-passagiers van luchthavens in Nederland; transferpassagiers zijn dus vrijgesteld. Er zijn twee tarieven. Het eerste tarief geldt voor alle bestemmingen binnen de EU en voor overige Europese bestemmingen op maximaal 2.500 km vliegafstand. Het tweede tarief geldt voor de overige (intercontinentale) bestemmingen. Het tweede tarief is vier maal zo hoog als het eerste tarief. De hoogte van de DBH is zodanig vastgesteld dat de opbrengst gelijk is aan de meerkosten van biokerosine.

### **Effecten van beleidsmaatregelen op de Nederlandse luchtvaart**

De effecten voor de luchtvaartsector in Nederland zijn bepaald voor de beleidsvarianten waarbij de meerkosten van biokerosine in zijn geheel of gedeeltelijk door de luchtvaartsector worden gedragen (beleidsvariant A en B). De effecten zijn bepaald voor het midden-scenario uitgaande van de hoge biokerosineprijs en het hoog-scenario uitgaande van de lage biokerosineprijs. In het beleidsscenario waarin de subsidie wordt gefinancierd uit de algemene middelen is er een verwaarloosbaar effect op de luchtvaartsector.

De hoogte van de DBH hangt af van het scenario. Voor het midden-scenario met de hoge biokerosineprijs bedraagt de maximale heffing 7,8 € voor intra-Europese vluchten en € 31,3 per vertrekkende OD passagier op intercontinentale vluchten in het beleidsscenario waarin de subsidie geheel wordt gefinancierd uit de DBH. De maximale heffing voor het hoog-scenario uitgaande van de lage biokerosineprijs is met respectievelijk € 7,9 en € 31,6 per vertrekkende OD-passagier zeer vergelijkbaar, maar geldt voor het jaar 2025. In dit scenario neemt de DBH na dat jaar af.

Een belangrijke aanname in de effectbepaling is dat luchtvaartmaatschappijen de prijsverhoging als gevolg van een DBH zullen verdisconteren in de ticketprijs. Een tweede aanname is dat het aantal passagiers bepaald wordt door de prijs en niet bijvoorbeeld door de capaciteit van de luchthavens. Onder deze aannames zal de DBH leiden tot een lagere vraag naar vliegen vanaf Nederlandse luchthavens. Bij een vraagafname kunnen luchtvaartmaatschappijen hun operaties aanpassen door vliegfrequenties te verlagen, de inzet van kleinere vliegtuigen of routes te wijzigen.

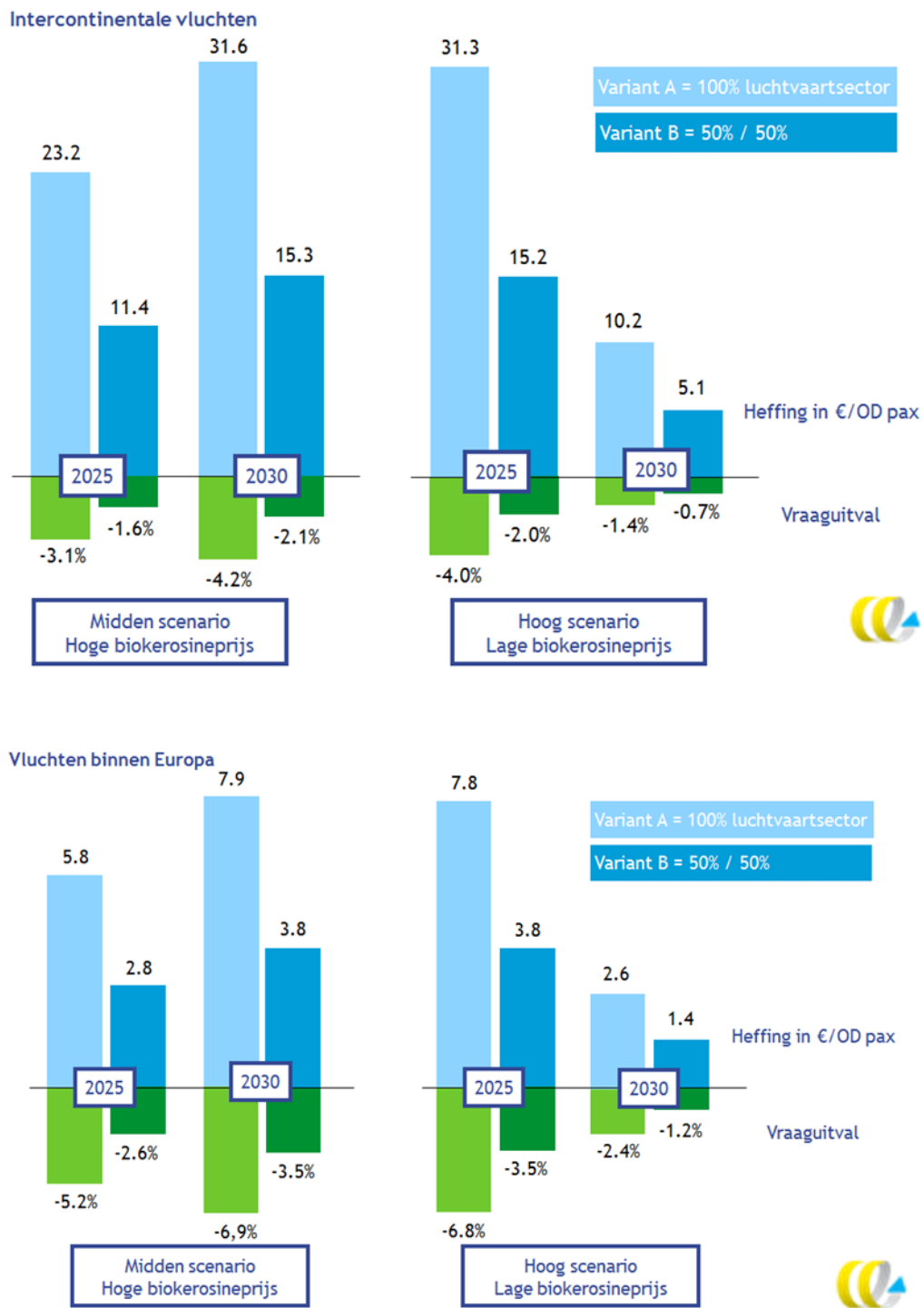
Figuur 2 laat zien wat de maximale effecten op de vraag naar luchtvaart zijn voor passagiers op respectievelijk intra-Europese en intercontinentale vluchten. De afname van de vraag is groter op intra-Europese vluchten dan op intercontinentale vluchten omdat de prijsgevoeligheid op intra-Europese vluchten hoger is, met name voor passagiers die met low-cost carriers vliegen. De afname is vanzelfsprekend groter in beleidsvariant A dan in beleidsvariant B omdat de heffing in variant A hoger is. In het middenscenario met de hoge prijs neemt de vraaguitval toe in de loop van de tijd, terwijl hij in het hoog-scenario met lage prijs afneemt na 2025. Als de vraag beperkt wordt door de luchthavencapaciteit, zal het aantal passagiers minder of niet afnemen.

De afname in passagiersaantallen en RTK is kleiner dan de hier gepresenteerde waarden omdat transferpassagiers en vracht van de heffing zijn uitgesloten. De afname van het totale aantal RTKs op Schiphol bedraagt maximaal 1,7%.



Zonder beleid neemt het aantal passagiers op Schiphol in de periode 2015-2030 naar verwachting jaarlijks met 2,7% toe. De maximale afname van het aantal passagiers in 2030 bedraagt ook 2,7% (in beleidsvariant A). In feite betekent dit voor Schiphol, voor wat betreft het aantal passagiers, dus een maximale groeivertraging van 1 jaar. Anders gezegd betekent het midden-scenario met de hoge biokerosineprijs dat de jaarlijkse groei van passagiers op Schiphol in de periode 2020-2030 2.5% gaat bedragen in plaats 2,7%.

**Figuur 2** Hoogte heffing en effect op passagiersvraag en opbrengsten DBH voor beleidsvarianten in 2025 en 2030.



Als gevolg van de beleidsvarianten zal er op Schiphol ook een afname plaats vinden van het aantal vliegtuigbewegingen aangezien luchtvaartmaatschappijen hun operaties zullen aanpassen. Daarnaast vindt er een afname plaats van de werkgelegenheid op Schiphol.

In alle gevallen is het effect op de passagiersvraag op regionale luchthavens significant groter dan op Schiphol. Voor het midden-scenario en de hoge biokerosineprijs bedraagt de afname van OD-passagiers op Schiphol in 2030 bijvoorbeeld 4,8% terwijl het aantal passagiers op regionale luchthavens met 9% afneemt. De vraaguitval op regionale luchthavens is groter omdat een groter deel van de operaties op regionale luchthavens door low-cost carriers, met een groot aandeel prijsgevoelige niet-zakelijke passagiers, wordt uitgevoerd.

Een belangrijke vraag is uiteraard in hoeverre een DBH van invloed zal zijn op de concurrentiepositie van de Nederlandse luchtvaart. Nederland heeft met Schiphol immers een kwalitatief goede luchthaven met een hoge internationale connectiviteit. Schiphol draagt hiermee in belangrijke mate bij aan het vestigingsklimaat in Nederland voor internationale bedrijven. Daarnaast is Schiphol van belang aangezien directe en indirecte werkgelegenheid wordt gecreëerd.

De effecten op de concurrentiepositie van Schiphol zijn naar verwachting beperkt. Dit omdat transferpassagiers worden ontzien en omdat de DBH in de loop van de tijd geleidelijk zal toenemen zodat luchtvaartmaatschappijen en luchthavens tijd hebben om zich aan te passen aan de nieuwe situatie. Tegelijkertijd wordt er een verduurzaming van de Nederlandse luchtvaart bewerkstelligd.

#### **Effecten van beleidsmaatregelen op de Nederlandse economie**

Het overheidsbeleid om de vraag naar biokerosine te stimuleren heeft in alle scenario's en beleidsvarianten een negatief effect op het BBP.

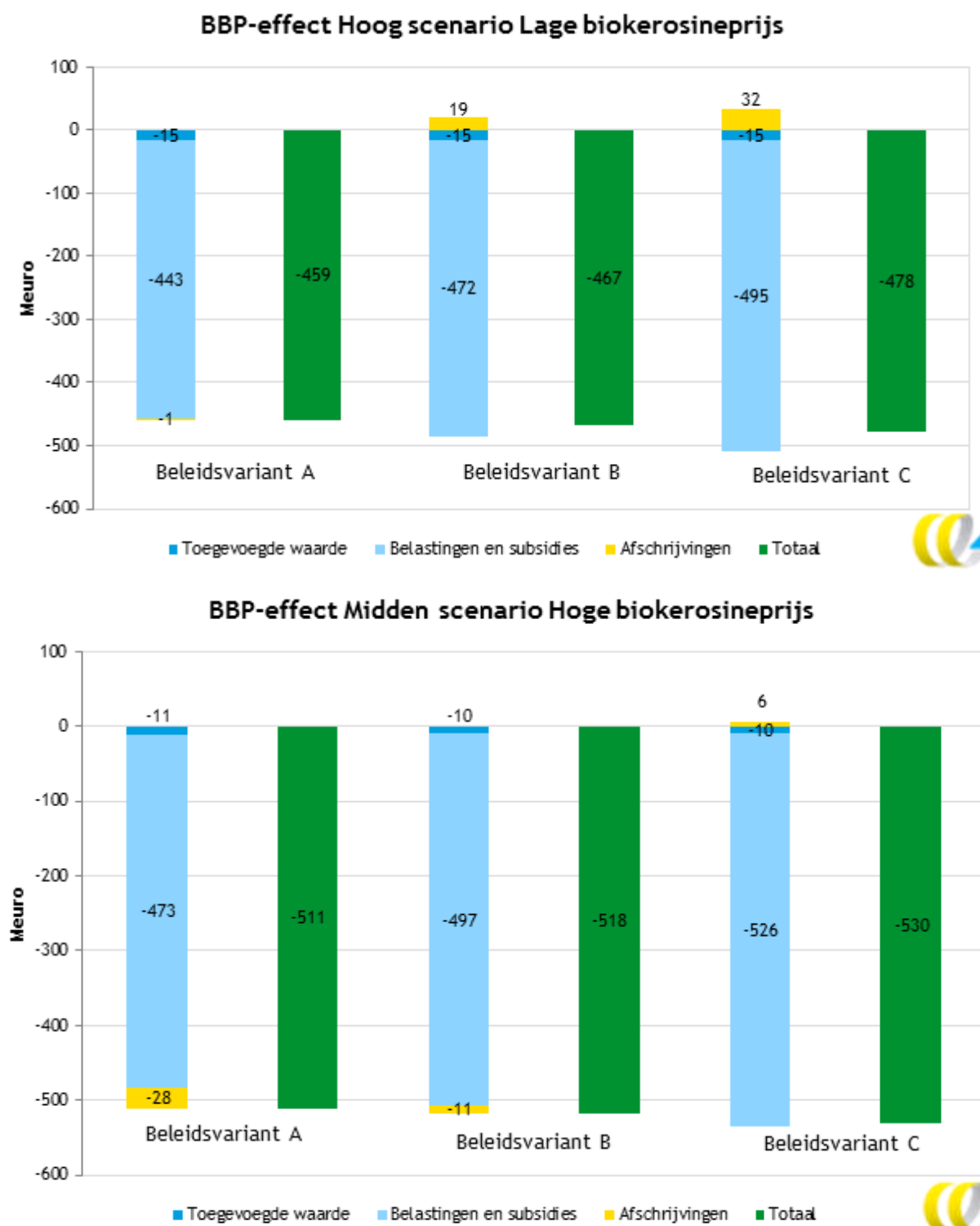
Figuur 3 laat zien dat het effect van overheidsbeleid om de vraag naar biokerosine te stimuleren op het BBP in alle scenario's negatief is.

Die effecten worden veroorzaakt doordat de productie van biokerosine in geen van de scenario's concurrerend is met fossiele kerosine.

Vanuit economisch perspectief wordt een efficiënte technologie door een minder efficiënte technologie vervangen wat leidt tot een lagere productiewaarde. De verschillen tussen de scenario's zijn gering. Het midden-scenario heeft grotere negatieve effecten dan het hoog-scenario en in beide scenario's is het verschil tussen de beleidsvarianten erg klein.



Figuur 3 Effect van het gebruik van biokerosine op het BBP in 2030 (in M€)



Het scenario met het sterkst negatieve effect op het BBP is het midden-scenario met een lage biokerosineprijs. Dit scenario leidt tot daling van het BBP van tussen de €511 en 530 miljoen (0,05% van het BBP in 2030).

Dit is ook het scenario met het grootste prijsverschil tussen biokerosine en fossiele kerosine en de hoogste meerkosten. In geval van het hoog-scenario in combinatie met een lage biokerosineprijs daalt het BBP tussen €459 en 478 miljoen (0,04% van het BBP in 2030).

Het verschil in BBP effect tussen het hoge en midden biokerosine scenario is relatief beperkt. Een reden daarvoor is dat in de gekozen scenario's aannames zijn gebruikt met een tegengesteld effect op de additionele kosten van biokerosine en daarmee de hoeveelheid belastingen en subsidies. Ook de effecten op de prijs van kerosine en biokerosine dragen bij aan het beperkte verschil in BBP.

Het BBP wordt vaak als maatstaf gebruikt voor welvaart. BBP focust echter alleen op binnenlandse productie-effecten en kan mogelijke impacts van veranderingen van de ruilvoet, zoals een toename van export prijs of een afname van de prijs van import, niet meenemen. Daarom geeft het BBP een onder- of overschatting van de verandering van het feitelijke binnenlandse inkomen en welvaart. Een betere welvaartmaatstaf in dit geval is equivalent variation (EV). Dit is een maatstaf om een verandering in welvaart in een land te berekenen.

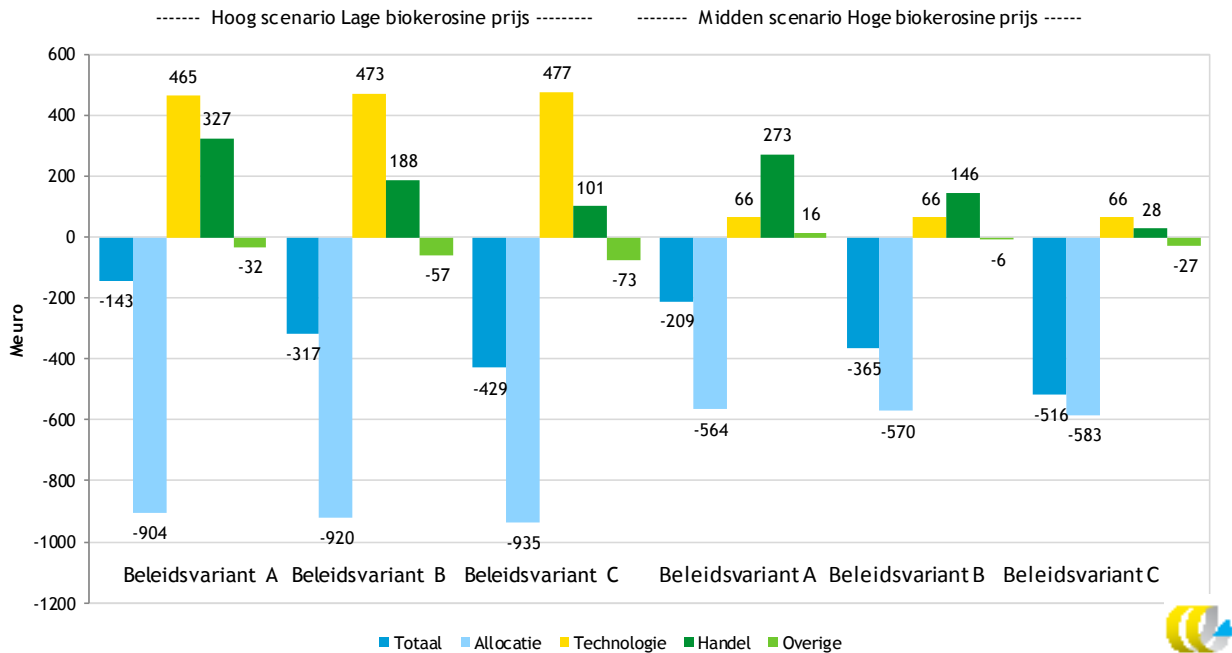
Figuur 4 laat zien dat het totale welvaartseffect in alle scenario's negatief is omdat de productie en het gebruik van biokerosine duurder is dan kerosine. In het hoog biokerosine scenario daalt de welvaart met 143 M€ tot 429 M€ en in het midden-scenario daalt de welvaart met 209 M€ tot 516 M€. Net als bij BBP is het midden-scenario iets negatiever dan het hoog-scenario. Opvallend is dat de beleidsvarianten een behoorlijk sterke invloed hebben op het welvaart-niveau terwijl dat niet het geval was bij het BBP.

De welvaartseffecten kunnen onderverdeeld worden in allocatie, technologie, ruilvoet en overige effecten. Allocatie effecten hebben te maken met het optimale gebruik van goederen en diensten. Aangezien de productie van biokerosine duurder is dan van kerosine levert dit een sterk negatief welvaartseffect op.

Het technologie effect laat zien wat de welvaartswinst is van technologische ontwikkeling. De belangrijkste technologische ontwikkeling is de prijsdaling van biokerosine. Het effect is in alle scenario's en beleidsvarianten positief en kan dus in belangrijke mate bijdragen aan het tegengaan van de negatieve allocatie effecten.

De effecten van allocatie en technologie op de welvaart worden niet sterk beïnvloed door de keuze van beleidspakketten. De hoeveelheid biokerosine en de prijs zijn immers aannames in de analyse. De verschillende beleidsvarianten hebben echter wel een groot effect op het ruilvoet effect (de verhouding tussen het prijspeil van de uitvoer en de invoer). Omdat buitenlandse gebruikers wel meebetalen aan de DBH, maar niet aan de algemene middelen, hebben de varianten met een DBH een gunstiger welvaartseffect dan de varianten die de subsidie financieren uit de algemene middelen. Dit verklaart ook waarom de totale welvaartseffecten aanzienlijk minder negatief zijn wanneer de luchtvaartsector betaalt (beleidsvariant A) dan wanneer de maatschappij de kosten draagt (beleidsvariant C).

**Figuur 4 Effect van het gebruik van biokerosine op welvaart 2030 (in M€)**



### Werkgelegenheidseffecten

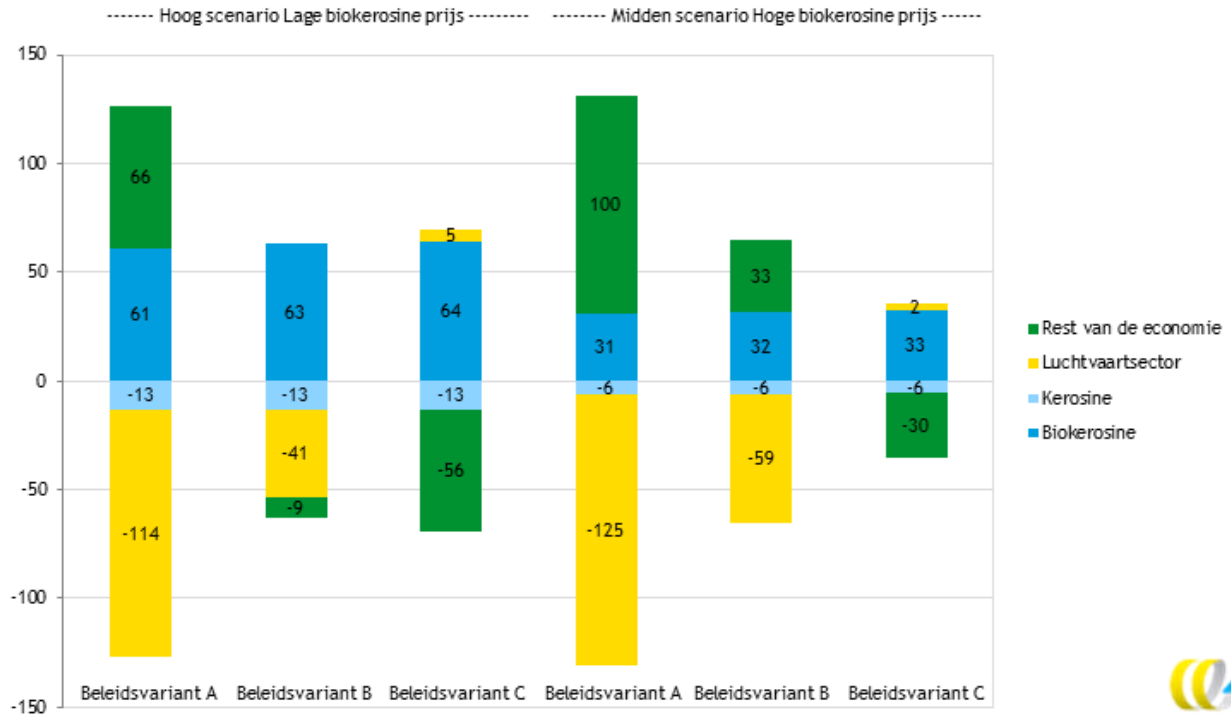
Het economische model MAGNET dat gebruikt is in deze studie maakt verschuivingen in werkgelegenheid tussen sectoren inzichtelijk. Het netto effect op de verandering in totale werkgelegenheid in Nederland is in dit model per definitie nihil, omdat is aangenomen dat de werkloosheid zich in 2030 stabiliseert op het natuurlijke niveau.

Figuur 5 laat de effecten zien van het gebruik van biokerosine op de werkgelegenheid (in constante prijzen) zien.

De werkgelegenheid in de biokerosine sector stijgt in alle scenario's als gevolg van de toename van de productie van biokerosine. De werkgelegenheid in de fossiele-brandstofsector daalt licht.

De werkgelegenheidseffecten in de luchtvaartsector zijn erg afhankelijk van de toegepaste beleidsvariant. De grootste effecten op de werkgelegenheid treden op in de luchtvaartsector als de kosten van het beleid worden gedragen door de sector zelf. De reden voor deze relatief grote effecten is dat de luchtvaartsector relatief arbeidsintensief is en doordat het effect van vraaguitval en uitwijk aanzienlijk is. Indien de kosten van het beleid worden gefinancierd uit de algemene middelen daalt de werkgelegenheid in de rest van de economie.

Figuur 5 Effect van het gebruik van biokerosine op de werkgelegenheid in 2030 (in M€)



### Effecten op de handelsbalans

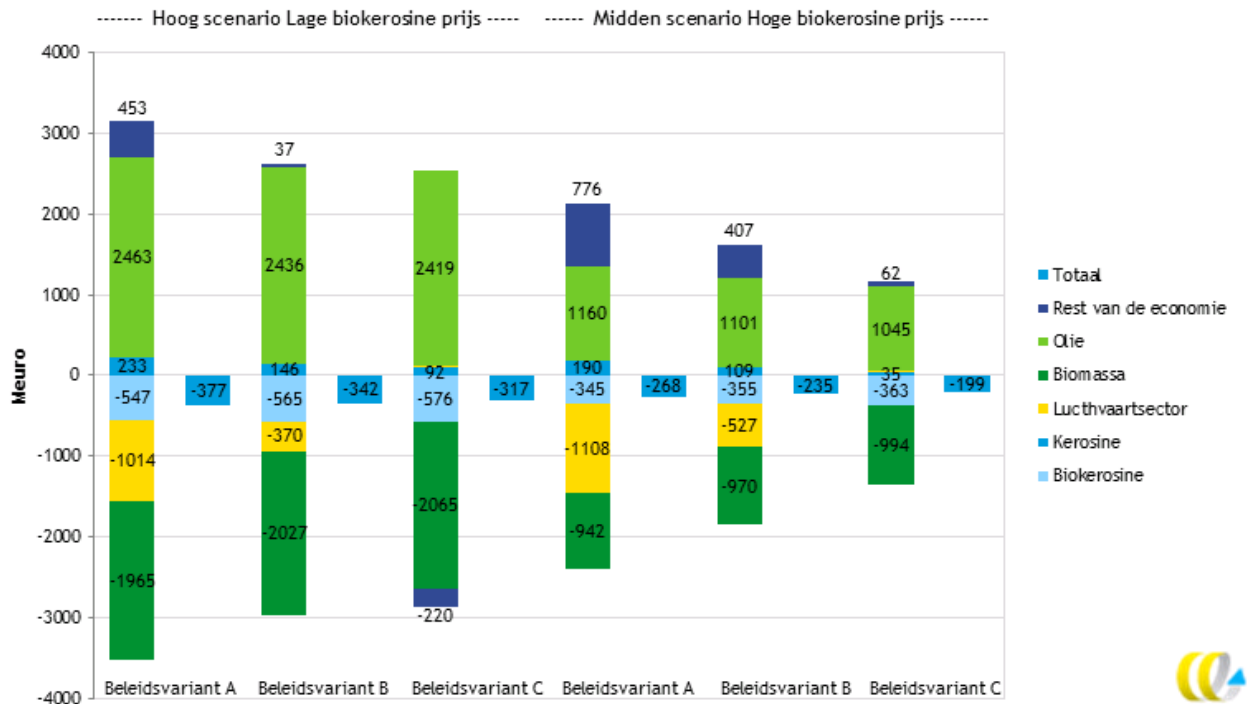
Het beleid leidt tot een lichte afname van het overschot op de handelsbalans (Figuur 6). In geval van het hoog-scenario daalt het handelsoverschot met €317-377 miljoen en in het midden-scenario met €199-268 miljoen.

Het totale effect is relatief klein, maar onderliggend treedt een vergroening op, zoals te zien is in Figuur 21. De netto import van olie daalt terwijl de netto import van biomassa (met name voor de productie van biokerosine) en biokerosine stijgt. Ongeveer 15% van de biokerosine wordt geïmporteerd uit regio's met lagere biomassa prijzen. De resterende 85% wordt in Nederland geproduceerd, er van uitgaande dat Nederland koploper is en een competitief voordeel heeft ten opzichte van andere landen. Dit zorgt er voor dat het merendeel van de productie in Nederland plaatsvindt.

De netto-export van de luchtvaartsector daalt als het beleid (mede) wordt gefinancierd uit een DBH (beleidsvarianten A en B) maar is stabiel als het wordt gefinancierd uit de algemene middelen (beleidsvariant C).

De handelsbalanseffecten van de andere sectoren in de economie zijn positief in geval van een DBH (beleidsvariant A). Dit komt vooral door vrijgekomen productiefactoren en lagere lonen als gevolg van een daling van onder andere de werkgelegenheid in de luchtvaartsector, waardoor een positief effect ontstaat op de concurrentiepositie van andere sectoren in de economie ten opzichte van het buitenland. De effecten op andere sectoren in de economie zijn klein wanneer de overheid de kosten draagt.

Figuur 6 Effect van het gebruik van biokerosine op de handelsbalans in 2030 (in M€)



Merk op dat de handelsbalanseffecten geen rekening houden met de export van biokerosine, omdat er niet is aangenomen dat andere landen grootschalig de vraag gaan stimuleren. Wanneer er wel export zou plaatsvinden, zou het effect op de handelsbalans (en daarmee op het BBP en de welvaart) positiever of minder negatief zijn.

### Milieu-effecten

Het hoog-scenario leidt er toe dat, ondanks de verdere groei van de luchtvaart, de CO<sub>2</sub>-emissies van de Nederlandse luchtvaart in 2030 nauwelijks toenemen ten opzichte van het jaar 2015. In absolute zin is in dit scenario de uitstoot van CO<sub>2</sub>-emissies van de Nederlandse luchtvaart in 2030 ongeveer 4,6 Mt lager dan in de situatie zonder biokerosinebeleid. Voor het midden-scenario wordt de groei van de CO<sub>2</sub>-emissies op vluchten vanaf Nederland in de periode 2015-2030 met ongeveer de helft beperkt. De toename van CO<sub>2</sub>-emissies op buitenlandse luchthavens in de directe omgeving van Nederland, als gevolg van uitwijkgedrag van passagiers als reactie op een DBH, is beperkt ten opzichte van de totale CO<sub>2</sub>-reductie op vluchten van en naar Nederland.

Naast een afname van de luchtvaart CO<sub>2</sub>-emissies in Nederland zal er ook een beperkte daling zijn van emissies in de rest van de economie. Dit is het gevolg van de daling van productie en consumptie in de rest van de economie.

Door het lagere aromatengehalte en het lagere zwavelgehalte van biobrandstoffen leidt het gebruik van biobrandstoffen tot een lagere emissie van fijnstof en zwaveloxiden dan het gebruik van fossiele kerosine. Dit heeft een positief effect op de luchtkwaliteit in de omgeving van luchthavens, en daarmee ook een positief effect op de gezondheid van mensen die in de omgeving van luchthavens wonen of werken.

## Internationale samenwerking

Nederland is niet het enige land dat zijn luchtvaart wil verduurzamen. In aanvulling op bestaand beleid hebben verschillende landen, luchtvaartmaatschappijen en andere spelers de ambitie geuit of beleid geïmplementeerd om meer biokerosine te gebruiken. Het verdient aanbeveling dat de Nederlandse overheid andere landen stimuleert om de vraag naar biokerosine te verhogen. Dat biedt als voordelen dat de technologische ontwikkeling sneller kan verlopen door een grotere vraag, dat de kans op export vanuit Nederland toeneemt en de daarmee samenhangende economische voordelen worden gerealiseerd, en dat de eventuele negatieve gevolgen voor de Nederlandse luchtvaart beperkt zouden kunnen worden.

## Conclusie

Om op termijn de emissies van de luchtvaart te laten dalen, is het noodzakelijk dat de luchtvaartsector overgaat van fossiele brandstoffen op *low carbon fuels*. Alle andere maatregelen om de emissies van vliegtuigen te verbeteren hebben slechts een beperkt effect. De enige *low carbon fuels* die op dit moment beschikbaar zijn, zijn biobrandstoffen.

Biokerosine is momenteel nog aanzienlijk duurder dan fossiele kerosine, ook wanneer de kosten van CO<sub>2</sub> worden meegerekend. In een concurrerende markt zoals de luchtvaart ondermijnen luchtvaartmaatschappijen hun concurrentiepositie wanneer ze op grote schaal biokerosine gaan gebruiken. Overheidsbeleid kan dit probleem verminderen.

Om de vraag naar biokerosine te vergroten heeft de overheid in principe twee opties. Ten eerste zou ze leveranciers van brandstoffen op Nederlandse luchthavens kunnen verplichten om biobrandstof bij te mengen. De prijs van brandstof zou daardoor hoger worden en vliegen van, naar en via Nederlandse luchthavens zou minder aantrekkelijk worden. Afhankelijk van de manier waarop luchtvaartmaatschappijen de kosten doorberekenen aan de passagiers bestaat het risico dat de ticketprijzen voor zowel bestemmingspassagiers als voor transferpassagiers stijgen. Met name transferpassagiers zijn prijsgevoelig, en een bijmengverplichting zou kunnen leiden tot een significante afname van het aantal transferpassagiers. Dit zou schadelijk zijn voor het netwerk op Schiphol, omdat een groot aantal bestemmingen sterk afhankelijk is van transferpassagiers.

De andere mogelijkheid die de overheid heeft is om biobrandstoffen te subsidiëren. De prijs van vliegtuigbrandstof blijft dan gelijk, en de overheid heeft de mogelijkheid om de kosten van de subsidie op verschillende manieren te financieren met verschillende macro-economische effecten. Dit rapport heeft twee financieringsmogelijkheden nader onderzocht: een DBH voor van Nederlandse luchthavens vertrekkende passagiers en financiering uit de algemene middelen.

Beide financieringsmogelijkheden hebben een vrijwel gelijk effect op het BBP, maar de onderliggende macro-economische en sectorale effecten verschillen wel aanzienlijk. Financiering uit de algemene middelen heeft een groot negatief effect op de overheidsfinanciën en leidt tot een daling van de toegevoegde waarde in de rest van de economie. Financiering met een DBH kost de overheid minder, maar laat de toegevoegde waarde van de luchtvaartsector afnemen door een afname van de vraag. De stijging van de productie van biokerosine en daling van kerosine levert een stijging van de toegevoegde waarde en werkgelegenheid op in deze sectoren.

In tegenstelling tot het BBP-effect, wordt het effect op de welvaart in belangrijke mate beïnvloed door de keuze van het financieringsmechanisme. In alle gevallen daalt de welvaart. Indien echter de luchtvaartsector de kosten draagt dan wordt een deel van de kosten afgewenteld op gebruikers van diensten van de Nederlandse luchtvaartsector. Dit positieve handelsbalans-effect op de welvaart leidt tot een minder sterke daling van de welvaart ten opzichte van de situatie waarin de financiering uit de algemene middelen plaatsvindt. Technologische ontwikkeling draagt ook in belangrijke mate bij aan het beperken van het welvaartsverlies.

De omvang van de effecten op de economie en de luchtvaartsector hangen sterk af van de ontwikkeling van het prijsverschil tussen biokerosine en fossiele kerosine en daarmee van de snelheid van technologische ontwikkeling. Bij een snelle ontwikkeling en een navenante daling van de prijs zijn de effecten van het vervangen van een derde van de Nederlandse luchtvaart-brandstof door biokerosine in 2030 0,04% van het BBP. Bij een langzamere technologische ontwikkeling bedragen de welvaartskosten ongeveer 0,05% om een zesde van de hoeveelheid vliegtuigbrandstoffen te vervangen door biokerosine. De groei van het aantal passagiers op Schiphol zal afnemen van 2,7% per jaar naar 2,5% bij langzame technologische ontwikkeling of 2,6% bij een snelle. In 2030 komt dat neer op maximaal 1 jaar groeivertraging.

Om de technologische ontwikkeling te bevorderen kan de overheid innovatie op dit gebied effectiever stimuleren. De structuur van het Nederlandse beleidsinstrumentarium voor innovatie van biokerosine is goed, maar de hoeveelheid middelen die beschikbaar zijn voor biobrandstoffen is beperkt. Het verdient aanbeveling om de keuze te heroverwegen om biobrandstoffen uit te sluiten van de voornaamste innovatiesubsidies in het topsectorenbeleid.

Innovatiebeleid versterkt ook de kennisinfrastructuur in Nederland. Daardoor, en door stimulering van de vraag, doet de overheid al het mogelijke om de kans op de vestiging van een productiefaciliteit voor biokerosine in Nederland te maximaliseren. De andere vestigingsfactoren zijn immers gunstig in Nederland: biomassa is relatief goedkoop door de goede aanvoer-mogelijkheden over zee en er is een goede infrastructuur voor het transport van biokerosine naar Nederlandse en buitenlandse luchthavens.



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

### **CO<sub>2</sub>-emissies van de luchtvaart nemen snel toe**

De luchtvaart is verantwoordelijk voor ongeveer 2% van de wereldwijde antropogene CO<sub>2</sub>-emissies. Nederland heeft een relatief grote luchtvaart-sector. De CO<sub>2</sub>-emissies van luchtvaartbrandstoffen die in Nederland verkocht werden, bedroegen in 2014 ruim 10 Mt, oftewel 7% van de totale Nederlandse emissies (150Mt) (UNFCCC, 2016)<sup>1</sup>.

Naar verwachting zal de uitstoot de komende decennia sterk toenemen wanneer geen verdere maatregelen worden genomen. Deze groei wordt veroorzaakt door een toename in de vraag naar luchtvaart. Ook in Nederland wordt een groei in de luchtvaart verwacht; de WLO-scenario's gaan uit van een jaarlijkse toename van de vraag met 1,9 - 2,2% (CPB ; PBL, 2016).

Deze groei in emissies is moeilijk verenigbaar met de verschillende klimaatdoelstellingen op nationaal en internationaal niveau, zoals:

- Het Paris Agreement, met als doel mondiale broeikasgasemissies zo snel mogelijk te laten dalen en in de tweede helft van deze eeuw op nul netto emissies uit te komen. Luchtvaart wordt weliswaar in het Paris Agreement niet expliciet genoemd, maar luchtvaartemissies zijn vanzelfsprekend onderdeel van de wereldwijde emissies (UNFCCC, 2015).
- De doelstelling van de Europese Commissie om in 2050 ten minste 40% duurzame koolstofarme brandstoffen in te zetten in de luchtvaart (EC, 2011).
- Het doel van ICAO om vanaf 2020 de netto emissies van de luchtvaart niet verder te laten toenemen (de zogenaamde 'carbon neutral growth').
- Het doel van IATA, de internationale branchevereniging van luchtvaartmaatschappijen, om de emissies van de luchtvaart in 2050 de helft te laten zijn van de emissies in 2005.

### **Efficiëntieverbetering gaat door, maar kan emissiegroei niet stoppen**

De luchtvaartsector heeft verschillende mogelijkheden om de emissies te reduceren. Schäfer et al. onderscheiden technische en operationele maatregelen (Schäfer, et al., 2016). Technische maatregelen voor bestaande vliegtuigen (bijvoorbeeld carbon remmen, gewichtsreductie) kunnen een besparing opleveren van een half tot enkele procenten per vliegtuig. Vervanging van oude vliegtuigen door moderne kan 15% efficiëntiewinst halen. Daarnaast zijn er operationele maatregelen (optimalisatie van stijgen en dalen, taxiën op één motor, efficiëntere routes) die maximaal een paar procent besparing kunnen opleveren. Veel van deze maatregelen zijn kosteneffectief bij de huidige brandstofprijzen; de verwachting is dan ook dat ze getroffen zullen worden.

---

<sup>1</sup> 2014 is het laatste jaar waarover gegevens beschikbaar zijn.



Een grote efficiëntieverbetering is te behalen met radicaal nieuwe motor- of vliegtuigontwerpen of met operationele aanpassingen, zoals het inlassen van tussenstops op lange-afstandsvluchten of bijtanken in de lucht (KiM, 2013). Deze maatregelen zijn echter nog verre van marktrijp en het is de vraag of ze ooit gerealiseerd gaan worden.

### **Alternatieve brandstoffen kunnen emissies reduceren, maar zijn duur**

De maatregel met het grootste potentieel om CO<sub>2</sub>-emissies van de luchtvaart te verminderen, is het gebruik van brandstoffen met lage broeikasgasemissies gedurende de levenscyclus, zoals biobrandstoffen (KiM, 2013) (Schäfer, et al., 2016). Als alle brandstof vervangen zou worden door een brandstof met 80% lagere levenscyclusemissies, dalen de luchtvaartemissies met 80%. Om de CO<sub>2</sub>-doelstellingen voor de luchtvaart te halen, is het dus wenselijk een groter aandeel alternatieve duurzame brandstoffen in te zetten.

In principe zijn er verschillende typen brandstoffen die lage broeikasgas-emissies over de levenscyclus hebben: *Power-to-Liquid* (synthetische brandstoffen uit elektriciteit, water en CO<sub>2</sub>) en biobrandstoffen uit biomassa. Het gebruik van biobrandstoffen is het verst ontwikkeld. Er zijn talrijke testvluchten geweest en verschillende luchtvaartmaatschappijen voeren op reguliere basis vluchten uit met biobrandstoffen uit. Daarentegen zijn er, voor zover bekend, nog geen praktijkproeven gedaan met *Power-to-Liquid* brandstoffen (Schmidt, et al., 2016).

Desondanks blijft het gebruik van biobrandstof in de luchtvaart beperkt. Dit ligt vooral aan het prijsverschil tussen biobrandstoffen en fossiele kerosine. Biokerosine is momenteel twee tot drie keer zo duur als fossiele kerosine. Omdat de brandstofkosten een groot aandeel hebben in de kostenstructuur van luchtvaartmaatschappijen, kunnen luchtvaartmaatschappijen in een concurrerende markt deze kosten niet dragen.

### **Het huidige internationale klimaatbeleid voor de luchtvaart leunt op emissiereducties in andere sectoren**

Emissies van vliegtuigen die vanuit Nederland vertrekken naar luchthavens in andere EEA landen en Zwitserland of vice versa, vallen onder het EU ETS. Luchtvaartmaatschappijen moeten hiervoor emissierechten (EUAs) afdragen. In 2020 zal het Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) van kracht worden, waardoor luchtvaartmaatschappijen hun emissies compenseren (offsets) voor zover die hoger zijn dan de emissies in 2020.

CORSIA en het EU ETS steunen grotendeels op emissiereducties in andere sectoren om hun doel te bereiken. Weliswaar is in beide systemen emissiereductie mogelijk door het gebruik van biobrandstoffen of andere maatregelen binnen de sector, maar de meeste studies laten zien dat emissiereductie vooral; bereikt wordt door offsets, die per definitie buiten de luchtvaartsector gegenereerd worden, of door emissierechten te kopen van ETS-deelnemers uit andere sectoren.

De reden dat CORSIA en het EU ETS vooral emissies buiten de luchtvaartsector reduceren is dat het reduceren van emissies in veel andere sectoren goedkoper is dan in de luchtvaart. De prijs van offsets en EUAs is te laag om bijvoorbeeld alternatieve brandstoffen in de luchtvaart rendabel te maken.



Echter, op de langere termijn is het niet mogelijk om gebruik te blijven maken van emissiereducties in andere sectoren. Ten eerste zal het aanbod van offsets afnemen naarmate er meer landen klimaatbeleid gaan voeren. Er is een toename in het aantal landen dat verplichtingen heeft of een toezegging heeft gedaan om emissies te beperken dan wel te reduceren tussen het Kyoto Protocol (1997) en de Paris Agreement (UNFCCC, 2015). Landen die zelf emissies willen reduceren, zullen immers minder snel geneigd zijn om goedkope emissiereducties te exporteren. Ten tweede is een doel van het Paris Agreement dat de wereldwijde netto-uitstoot van broeikasgasemissie in de tweede helft van deze eeuw nihil is. Daarvoor is het nodig om in elke sector de emissies te reduceren.

### **Argumenten voor een biobrandstoffenbeleid gericht op vraag en aanbod**

Momenteel zijn biobrandstoffen aanzienlijk duurder dan fossiele brandstoffen en ze zullen dat naar verwachting nog geruime tijd blijven. In de toekomst kan de prijs dalen door als de productie ervan toeneemt en er schaalvoordelen, leereffecten en technische innovaties zijn. Net als in andere delen van de chemische procesindustrie zal de efficiëntie van de productieprocessen kunnen verbeteren door continue innovatie, waardoor de kostprijs kan dalen.

Om dat te realiseren is het echter noodzakelijk dat de vraag naar biobrandstoffen toeneemt. Het enkel stimuleren van innovatie is onvoldoende om de kostprijs te laten dalen tot het niveau van fossiele kerosine. In elk land waarin het verbruik van biokerosine is toegenomen, is er een subsidieregeling voor de consumptie of de productie.

De vraag naar biokerosine zal niet toenemen zonder overheidsbeleid omdat:

- luchtvaartmaatschappijen de meerkosten niet kunnen dragen zonder hun concurrentiepositie in gevaar te brengen;
- de betalingsbereidheid van passagiers en verladers voor biobrandstoffen te laag is om de meerkosten te dekken;
- bestaande beleidsinstrumenten, zoals het EU ETS en Hernieuwbare Brandstof Eenheden, het prijsverschil niet kunnen overbruggen.

Het beleid zal zich dus vooral moeten richten op het verkleinen van het prijsverschil. Overheidsbeleid dat luchtvaartmaatschappijen verplicht om biobrandstoffen te gebruiken of de meerkosten compenseert, kan de vraag stimuleren. Daarnaast kan het helpen overheidsbeleid op de aanbodkant te richten om de innovatie te stimuleren, en ook om de kans te vergroten dat productiefaciliteiten in Nederland gevestigd worden. Door het maken van de juiste vroegtijdige beleidskeuzes, zou Nederland een belangrijke producent en exporteur van biokerosine kunnen worden.

### **Effecten van beleid**

Elk ambitieniveau en elk beleidsinstrument heeft andere directe en indirecte (maatschappelijke) effecten, niet alleen op het gebruik van biokerosine, maar mogelijk ook op de luchtvaarsector, de biobrandstoffensector en op de rest van de economie, overheidsfinanciën, enzovoort. Het is van belang om vooraf een inschatting hiervan te maken. Zo kan beoordeeld worden of er, naast de CO<sub>2</sub>-reductie, additionele baten of juist extra kosten optreden, die de overheidsuitgaven extra rechtvaardigen of juist onwenselijk maken.



## **Behoefte van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu**

Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu acht het noodzakelijk dat de luchtvaartsector verduurzaamt en dat de broeikasgasemissies van de sector afnemen. De luchtvaartsector spant zich daarvoor zelf in en bestaande of afgesproken beleidsmaatregelen dragen daar ook aan bij. Echter, om de emissies te laten dalen is een grotere inzet van biobrandstoffen nodig en de mogelijkheden van de sector om dat te bewerkstelligen zijn beperkt vanwege het prijsverschil tussen fossiele en hernieuwbare brandstoffen. Overheidsbeleid zou de mogelijkheden kunnen verruimen. Het Ministerie wil daarom meer inzicht hebben in de wenselijkheid van beleid en in de voor- en nadelen van verschillende beleidsopties. Op verzoek van het ministerie van Infrastructuur en Milieu wordt in deze studie geanalyseerd welke effecten verschillende beleidsmaatregelen hebben voor de luchtvaart en voor andere sectoren.

### **1.2 Doel van dit onderzoek**

Het doel van het project is het beantwoorden van de volgende twee centrale onderzoeksvragen:

#### **Met welke beleidsmaatregelen kan de Nederlandse Rijksoverheid de vraag naar en productie van biokerosine laten toenemen?**

Biokerosine is duurder dan fossiele kerosine. De verwachting is dat het prijsverschil kan dalen of zelfs verdwijnen als gevolg van technologische innovatie en het opschalen van productie. Op welke manieren en met welke beleidsinstrumenten kan de overheid de vraag naar en productie van biokerosine op gang brengen?

#### **Wat zijn de directe en indirecte effecten van de beleidsmaatregelen?**

Wat zijn de directe en indirecte effecten van beleid op:

- de luchtvaartsector;
- de omvang en structuur van de Nederlandse economie;
- de klimaatimpact van de luchtvaart?

### **1.3 Afbakening**

De studie identificeert en analyseert beleidsopties voor de Nederlandse Rijksoverheid die het aandeel biokerosine op vluchten vanuit Nederland laten toenemen en daarmee een effect hebben op de CO<sub>2</sub>-emissies van de Nederlandse luchtvaart. De studie analyseert ook beleidsopties voor de Nederlandse Rijksoverheid om de productie van biokerosine in Nederland te stimuleren.

Deze nationale focus betekent niet dat de studie geen rekening houdt met buitenlandse ontwikkelingen. Hoofdstuk 2 brengt zowel het nationale als het internationale beleidskader in beeld. De effectanalyse in Hoofdstuk 5 houdt rekening met bestaand en voorgenomen internationaal beleid.



De verdere afbakening van deze studie is als volgt:

- **Biokerosine:** deze studie richt zich op de verduurzaming van de luchtvaartsector en specifiek op de vermindering van CO<sub>2</sub>-emissies door het gebruik van biobrandstoffen oftewel de inzet van biokerosine.<sup>2</sup> (CE Delft, 2014). Dit betekent niet dat er in de toekomst geen andere vormen van hernieuwbare vliegtuigbrandstoffen op de markt bij kunnen komen, die een groot potentieel hebben om de luchtvaart te verduurzamen op een zelfde manier als biokerosine. Deze hernieuwbare brandstoffen worden alleen in deze studie niet verder onderzocht, maar waar ‘biokerosine’ staat, zou ook ‘low carbon sustainable fuels’ gelezen kunnen worden. Biobrandstoffen onder de cap van de ILUC-Richtlijn vallen expliciet buiten de scope.
- **CO<sub>2</sub>-emissies:** deze studie kijkt specifiek naar de CO<sub>2</sub>-emissies van de bunkers die in Nederland worden ingenomen door de luchtvaart. Deze kunnen ongeveer gelijkgesteld worden aan CO<sub>2</sub>-emissies die horen bij alle vluchten die vanuit Nederland vertrekken, ook als het gaat om buitenlandse vliegtuigmaatschappijen.<sup>3</sup>
- **Duurzaamheid en beschikbaarheid:** er zijn zeer veel verschillende soorten biomassa waaruit met verschillende technologieën biobrandstoffen voor de luchtvaart kunnen worden gemaakt. De brandstoffen kunnen een zeer uiteenlopend duurzaamheidsprofiel hebben. Sommige brandstoffen hebben bijvoorbeeld veel lagere CO<sub>2</sub>-emissies dan fossiele brandstoffen, terwijl andere nauwelijks tot emissiereductie leiden. Daarnaast zijn er vragen over de beschikbaarheid van duurzaam geproduceerde biomassa wanneer rekening wordt gehouden met de vraag naar voedsel en andere toepassingen van biomassa. Hoewel deze onderwerpen belangrijk zijn, vallen ze buiten deze studie. Deze studie neemt aan dat duurzame biobrandstoffen of andere brandstoffen met lage CO<sub>2</sub>-emissies beschikbaar zijn, en richt zich op de vraag hoe de overheid het gebruik van die brandstoffen kan stimuleren en wat de effecten van dat beleid zijn..
- **Tijdshorizon:** deze studie richt zich op 2030 met een doorkijk naar 2050.

## 1.4 Aanpak en onderzoeksmethode

Het onderzoek is onderverdeeld in vijf verschillende taken. Deze worden weergegeven in Figuur 7.

### Taak 1: Ontwikkelen van scenario's

De eerste taak is om drie scenario's te ontwikkelen voor de vraag naar biokerosine op Nederlandse luchthavens tussen 2020 en 2030 en de daarbij behorende prijzen. De scenario's zijn ontwikkeld op basis van literatuur-onderzoek en gesprekken met leden van de stuurgroep van Bioport Holland.

---

<sup>2</sup> Mede omdat luchtvaart emissies op grote hoogte heeft, zijn er naast CO<sub>2</sub> meer emissies die een klimateffect hebben (o.a. afbraak CH<sub>4</sub> en ontstaan O<sub>3</sub> via NO<sub>x</sub>, contrails en cirruswolken). Vanwege deze extra effecten wordt geschat dat het klimateffect van de luchtvaart anderhalf tot twee keer hoger is dan wanneer alleen naar de CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt gekeken (CE Delft, 2006). Omdat de effecten die samenhangen met deze additionele uitstoot hetzelfde zijn voor biobrandstof als fossiele brandstof, wordt in deze studie echter alleen naar de netto CO<sub>2</sub>-uitstoot gekeken.

<sup>3</sup> Omdat het brandstof kost om brandstof te vervoeren, wordt er niet op grote schaal brandstof voor een volgende vlucht meegenomen.

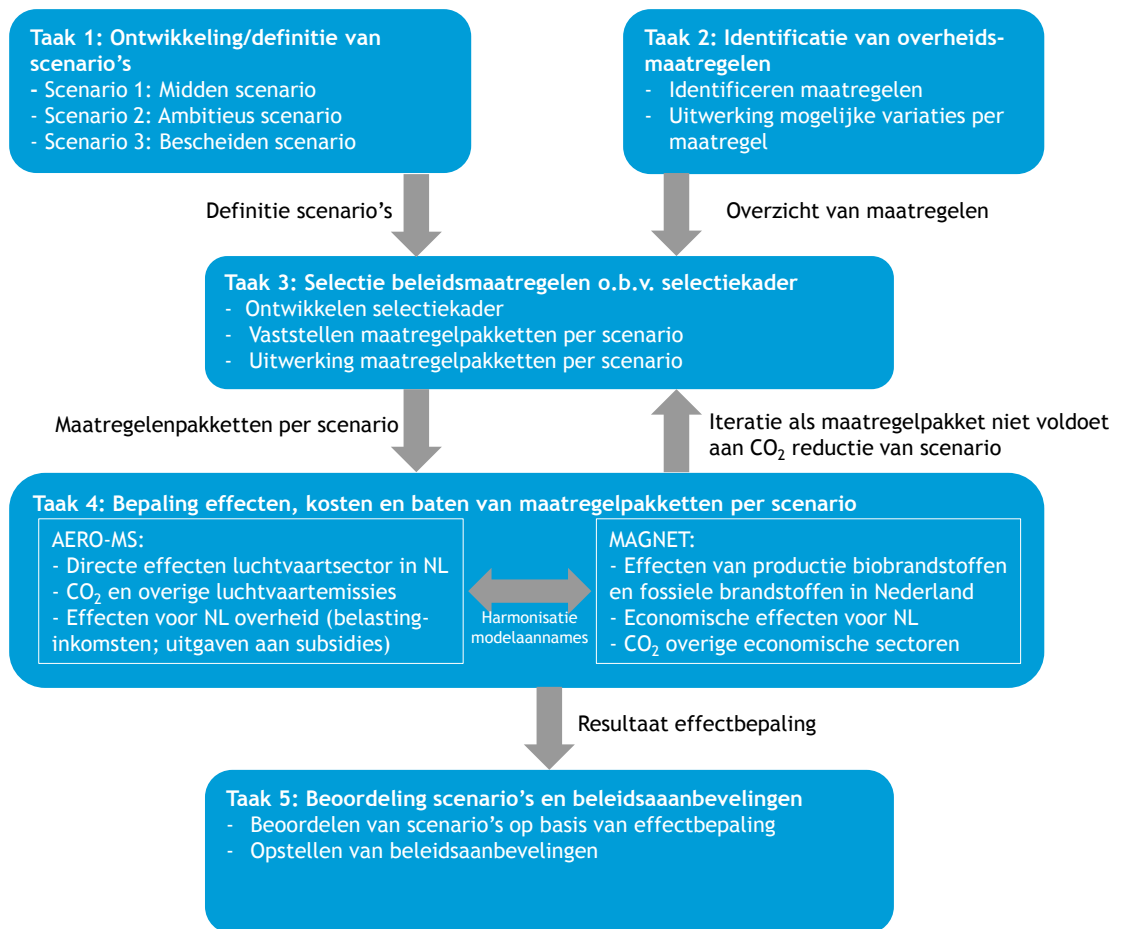
## Taak 2: Identificatie van overheidsmaatregelen

In deze fase zijn overheidsmaatregelen geïdentificeerd die de vraag naar biokerosine en innovatie kunnen stimuleren. De belangrijkste bronnen zijn overzichten van beleidsmaatregelen in het buitenland en in Nederland.

## Taak 3: Selectie beleidspakketten

De derde taak omvat het opstellen van de maatregelenpakketten. Deze bestaan uit één of meer beleidsinstrumenten gericht op de stimulering van de vraag naar biokerosine, innovatie, en het verbeteren van de vestigingsfactoren.

Figuur 7 Schematische weergave onderzoeksmethode



## Taak 4: Bepaling van de effecten van de beleidspakketten

In de vierde taak worden de effecten van de beleidspakketten geanalyseerd. De analyse valt uiteen in een kwantitatieve en een kwalitatieve analyse.

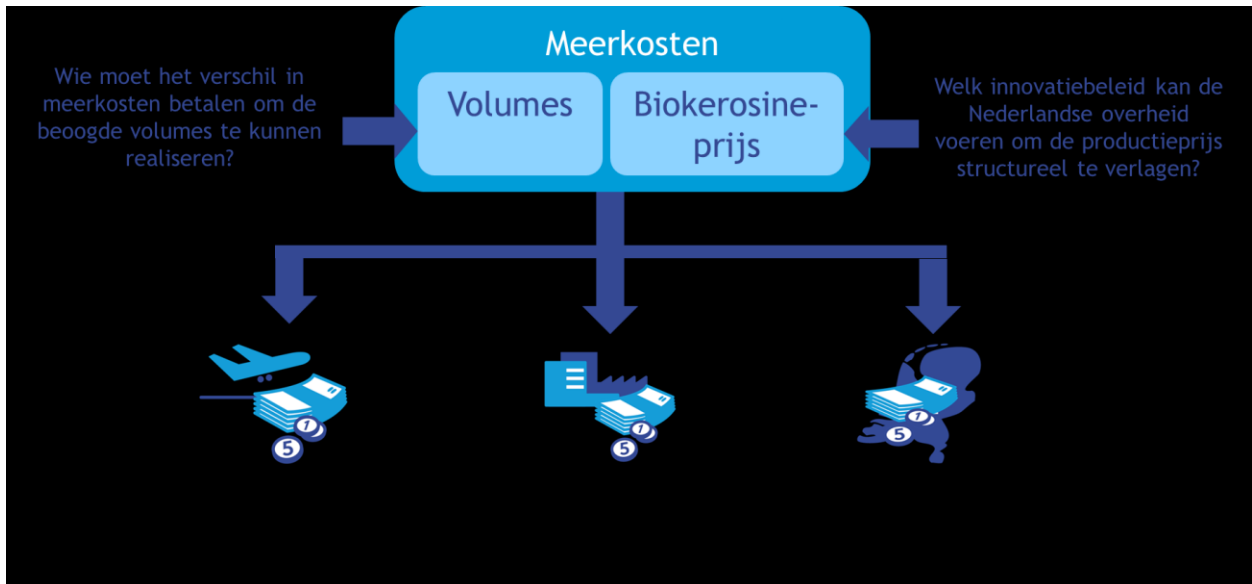
### Kwantitatieve analyse van effecten van beleidsmaatregelen

De hoofdaanpak van deze studie bestaat uit het doorrekenen van verschillende scenario's. Deze scenario's variëren met betrekking tot het volume biokerosine en de biokerosineprijs. Per scenario wordt bekeken bij welke sector de daarbij behorende meerkosten worden neergelegd. De directe en indirecte economische effecten worden doorgerekend met behulp van twee modellen (AERO en MAGNET).

Deze taak, die zich richt op de vraagkant en inzicht moet geven in hoe pullmaatregelen vormgegeven kunnen worden, is schematisch weergegeven in Figuur 8. De analyse wordt aangevuld met een evaluatie van mogelijke pushmaatregelen (zie ‘kwalitatieve aanpak’).

Een uitgebreide beschrijving van de gebruikte modellen is te vinden in Bijlage A. De scenariodefinitie en de gehanteerde aannames zijn opgenomen in Annex Bijlage B.

Figuur 8 Schematische weergave doorrekening scenario's



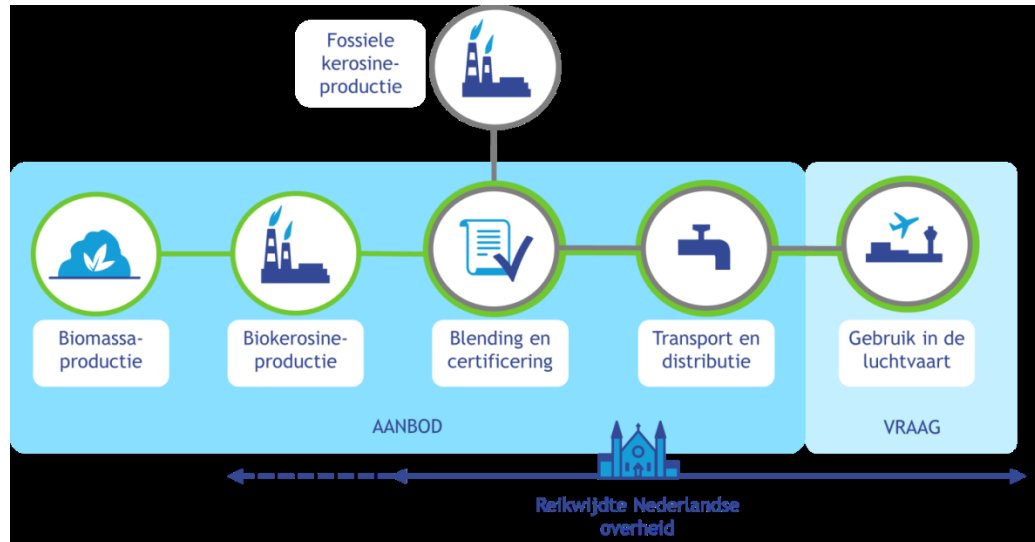
#### *Kwalitatieve analyse van de effecten van beleidsmaatregelen*

De beleidsmaatregelen gericht op de aanbodzijde zijn lastiger te kwantificeren en worden daarom behandeld in een additionele, kwalitatieve analyse, waarbij de ordegrrootte van effecten wordt geschat. In deze analyse wordt gekeken welke pushmaatregelen, gericht op innovatie, in potentie het meest effectief zijn. Daarnaast wordt gekeken naar hoe Nederland aantrekkelijker kan worden als vestigingslocatie voor biokerosine-producenten.

De verschillende losse onderdelen van de biokerosineketen worden beschouwd, zoals weergegeven in Figuur 9.



Figuur 9 Biokerosine-keten



Een deel van deze keten zal zich buiten de Nederlandse grens bevinden. Het kan wenselijk zijn een groter gedeelte van de biokerosineketen in Nederland te hebben. Biomassaproductie zal lastig blijven omdat Nederland als land simpelweg niet in staat is de benodigde biomassa te leveren. Nederland zal dan ook, net als nu, sterk afhankelijk blijven van de import van biomassa. Biokerosineproductie kan echter wel in Nederland plaatsvinden. De vraag in hoeverre het interessant is om als overheid hier op in te zetten, zal ook behandeld worden in de analyse.

### Taak 5: Formulering beleidsaanbevelingen

De laatste taak is het formuleren van beleidsaanbevelingen.

## 1.5 Leeswijzer

In **Hoofdstuk 2** wordt allereerst de beleidsopgave geschetst: voor welke opgave staat de Nederlandse overheid? Hoeveel CO<sub>2</sub> dient er gereduceerd te worden en welke volumes aan biokerosine zijn hiervoor benodigd?

**Hoofdstuk 3** schetst vervolgens de mogelijkheden op het gebied van pushbeleid, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen innovatiebeleid en beleid gericht op het verbeteren van het vestigingsklimaat.

De mogelijke beleidsopties om marktvraag te vergroten staan vervolgens centraal in **Hoofdstuk 4**, inclusief de verschillende financieringsmogelijkheden om de meerkosten (tijdelijk) te dekken.

**Hoofdstuk 5** presenteert de resultaten van de scenario's waarvoor de effecten op de luchtvaartsector, de macro-economische effecten en de milieueffecten zijn ingeschat op basis van aangenomen prijs- en volumescenario's en kostenverdelingen.

Dit rapport sluit af met de belangrijkste conclusies en concrete beleidsaanbevelingen in **Hoofdstuk 6**.

## 2 Ambities voor het gebruik van biokerosine

### 2.1 Introductie

Dit hoofdstuk stelt vast welke ambities voor het gebruik van biokerosine op Nederlandse luchthavens zullen worden geanalyseerd, en wat de daarbij behorende beleidsopgave is. De biokerosine-ambities zijn niet los te zien van CO<sub>2</sub>-doelstellingen, ook al zal slechts een deel van de beoogde emissiereductie behaald worden met biokerosine en zullen ook offsets (CORSIA) of emissierechten (EU ETS) nodig zijn voor het bereiken van de doelen.

Paragraaf 2.2 definieert de doelstellingen voor het gebruik van biokerosine. Die doelstellingen hangen samen met ambities voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de Nederlandse luchtvaart zoals beschreven in Paragraaf 2.3. Paragraaf 2.4 presenteert de prijsscenario's voor fossiele kerosine, biokerosine en CO<sub>2</sub>. Paragraaf 2.5 definieert en selecteert scenario's (volume-prijs-combinaties) die in de rest van dit rapport geanalyseerd worden. De beleidsopgave van de scenario's in financiële termen staat in Paragraaf 2.6. Een korte conclusie is te vinden in paragraaf 2.7.

### 2.2 Biokerosine doelstellingen

De Duurzame Brandstofvisie, die in 2015 is vastgesteld door de Ministerraad, stelt als doel dat de Nederlandse luchtvaart 1,8 miljoen ton biokerosine per jaar consumeert in 2030, toenemend tot 7 miljoen ton per jaar in 2050. Dit betekent dat ruim 35% van de brandstofverkoop op Nederlandse luchthavens biokerosine zullen zijn in 2030, tegenover minder dan 1% in 2014 (zie Tabel 2). Deze doelstelling is aanzienlijk ambitieuzer dan doelstellingen van IATA en de Europese Commissie, zoals in Tabel 3 te zien is.

Tabel 2 Inzet biobrandstoffen in de Nederlandse luchtvaart (in miljoen ton) op basis van de Brandstofvisie

| Type brandstof | 2014 | 2030             |
|----------------|------|------------------|
| Fossiel        | 4    | 3,3              |
| Bio            | 0,01 | 1,8              |
| Totaal         | 4,01 | 5,1 <sup>4</sup> |

<sup>4</sup> Het AERO-MS berekent voor het in deze studie gehanteerde referentiep pad een benodigde brandstof van 5.2 miljoen ton voor de Nederlandse luchtvaart in 2030.



Tabel 3 Overzicht huidige biobrandstoffendoelstellingen

| Organisatie                  | Jaar | Doelstelling                                                                                                                            | Bron                                              |
|------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Europese Commissie           | 2020 | Ontwikkeling 9 fabrieken voor geavanceerde biobrandstoffen. Gebruik 2 miljoen ton biobrandstoffen per jaar.                             | European Advanced Biofuels Flightpath (EC, 2011-) |
| IATA                         | 2030 | 12% biobrandstof in 2030                                                                                                                | IATA, 2013 (IATA, 2013b)                          |
| Duurzame Brandstofvisie (NL) | 2030 | 1,8 miljoen ton per jaar biokerosine, 7 miljoen ton per jaar in 2050 voor IATA doelstelling 6% emissiereductie t.o.v. 2014; 50% in 2050 | Een Duurzame brandstofvisie met LEF (SER, 2014)   |

In deze studie worden drie scenario's ontwikkeld. Omdat de doelstelling van de Brandstofvisie ambitieus is in vergelijking met andere doelstellingen, is deze doelstelling gekozen voor het hoog-scenario. In het midden-scenario zal 50% minder biobrandstoffen worden gebruikt (0,9 miljoen ton); in het lage scenario 75% minder (0,5 miljoen ton).

Tabel 4 Voorstel voor biobrandstofdoelstellingen in de verschillende scenario's

| Scenario | Doelstelling 2030 | Basis                                      |
|----------|-------------------|--------------------------------------------|
| Laag     | 0,5 miljoen ton   | ¼ van de hoeveelheid van de Brandstofvisie |
| Midden   | 0,9 miljoen ton   | ½ van de hoeveelheid van de Brandstofvisie |
| Hoog     | 1,8 miljoen ton   | Brandstofvisie                             |

Het uitgangspunt voor de drie scenario's is dat de biokerosine-doelstelling voor Nederland enkel wordt behaald door het gebruik van biokerosine op Schiphol. Zodoende worden de kosten voor het opzetten van een productieketen voor biokerosine beperkt.

## 2.3 CO<sub>2</sub>-ambities voor de luchtvaart

Het hoofdbeleidsdoel om het gebruik van biobrandstoffen in de luchtvaart te stimuleren is om de CO<sub>2</sub>-emissies van de luchtvaart te verminderen. Deze paragraaf analyseert welk deel van de emissiereductiedoelstelling behaald kan worden met biobrandstoffen en voor welk deel andere middelen nodig zijn, zoals de aankoop van offsets of emissierechten.

### Ambitieniveaus Nederland

Uitgangspunt van deze studie zijn drie verschillende CO<sub>2</sub>-ambitieniveaus van de Nederlandse overheid:

1. Een ambitieus scenario, waarbij de Nederlandse overheid zich committeert aan een grote emissiereductie, gekoppeld aan een hoge ambitie voor het gebruik van biokerosine.
2. Een midden-scenario met een lagere beoogde emissiereductie en de midden-doelstelling voor biokerosine.
3. Een bescheiden scenario, waarbij de Nederlandse overheid een CO<sub>2</sub>-doelstelling heeft die overeenkomt met de laagste internationale ambitie, in combinatie met de lage ambitie voor biokerosine.

## Internationale doelstellingen

De kwantificering van de CO<sub>2</sub>-scenario's is gebaseerd op verschillende internationale doelstellingen. Tabel 5 toont doelstellingen die verschillende organisaties hebben opgesteld voor CO<sub>2</sub> emissies van de luchtvaart. Daarnaast zijn landen in het Akkoord van Parijs overeengekomen dat alle door de mens veroorzaakte broeikasgasemissies snel moeten dalen om in de tweede helft van deze eeuw op nul uit te komen (zie ook Paragraaf 5.5.1).

Tabel 5 Overzicht van internationale en nationale doelstellingen

| Organisatie                                                                         | Doelstelling                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Samenhangend met het mondiale klimaatbeleid heeft de Europese Commissie in 2011 een doel gesteld om in 2050 tenminste 40% duurzame en koolstofarme brandstoffen in te zetten in de luchtvaart (EC, 2011).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|    | Luchtvaart binnen het ETS: Sinds 2012 valt luchtvaart onder het Europese Emissiehandelssysteem (EU ETS). Tot en met 2016 zijn alleen intra-Europese vluchten ingesloten, in afwachting van de ontwikkeling van een mondiaal marktinstrument. In het EU ETS zijn de netto-emissies van de luchtvaart beperkt tot 95% van de gemiddelde emissies in de jaren 2004 - 2006. De doelstelling van het gehele EU ETS is een emissiereductie van 21% tussen 2005 en 2020 en 43% tussen 2005 en 2030. Of, en zo ja, in hoeverre de doelstelling voor de luchtvaart aangepast wordt, wordt na de ICAO-Assembly van 2016 besloten.                                                                                                                           |
|   | In internationaal verband heeft Nederland steeds het beoogde doel van ICAO ondersteund om vanaf 2020 de netto emissies van de luchtvaart niet verder te laten toenemen (de zogenaamde 'carbon neutral growth'). <sup>5</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|  | De internationale branchevereniging van luchtvaartmaatschappijen, heeft zich ten doel gesteld dat de emissies van de luchtvaart in 2050 de helft zijn van de emissies in 2005 en vanaf 2020 het niveau van de netto-emissies te stabiliseren (CNG2020). Op korte termijn zal CNG2020 vooral bereikt worden door gebruik te maken van offsets, terwijl het gebruik van biobrandstoffen toeneemt. Vanaf ongeveer 2040 wordt een daling van emissies nagestreefd tot onder het niveau van 2020. Omdat de technische en operationele efficiëntieverbeteringen een beperkt potentieel hebben, zijn er biobrandstoffen (of meer in het algemeen brandstoffen met een lage CO <sub>2</sub> -emissie over de levenscyclus) nodig om dat doel te bereiken. |
|  | Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe heeft als doelstelling een CO <sub>2</sub> -reductie van 50% per reizigerskilometer in 2020 en 75% in 2050, beide ten opzichte van 2000.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

Uit Tabel 5 blijkt dat de CO<sub>2</sub>-emissiedoelstellingen van het EU ETS tot de grootste vermindering lijdt, terwijl die van ICAO tot de laagste reductie leiden. De doelstelling voor luchtvaart onder het EU ETS zit daar tussenin. Het Nederlands beleid is dus het meest ambitieus als de doelstelling voor luchtvaart onder het EU ETS wordt vertaald naar de Nederlandse situatie, en het minst ambitieus als het ICAO doel wordt overgenomen. Tabel 6 laat zien hoe de doelstellingen vertaald kunnen worden naar emissies in 2030.

<sup>5</sup> ICAO Assembly Resolution 38-18

Tabel 6 CO<sub>2</sub>-doelstelling 2030 in de verschillende scenario's

| Scenario                                                               | Doelstelling 2030                                                     | Bijdrage biobrandstoffen aan bereiken doel | Benodigde offsets en emissie-rechten |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|
| Laag<br>(gebaseerd op ICAO Aspirational Target)                        | Stabilisatie emissies op het niveau van 2020<br>13 Mt CO <sub>2</sub> | 1,1 Mt CO <sub>2</sub>                     | 2,4 Mt CO <sub>2</sub>               |
| Midden<br>(gebaseerd op Doelstelling voor luchtvaart in EU ETS)        | Stabilisatie emissies op het niveau van 2005<br>11 Mt CO <sub>2</sub> | 2,3 Mt CO <sub>2</sub>                     | 3,1 Mt CO <sub>2</sub>               |
| Hoog<br>(gebaseerd op doelstelling voor andere sectoren in het EU ETS) | 43% emissiereductie t.o.v. 2005<br>6,3 Mt CO <sub>2</sub>             | 4,5 Mt CO <sub>2</sub>                     | 5,6 Mt CO <sub>2</sub>               |

Noot: De CO<sub>2</sub>-emissiereductie van biobrandstoffen is gebaseerd op een 80% lagere CO<sub>2</sub>-emissie van biokerosine ten opzichte van fossiele kerosine, dat een CO<sub>2</sub>-emissiefactor van 3,156 ton/ton heeft. De BAU emissies in 2030 bedragen 16,5 Mt CO<sub>2</sub>. De resterende behoefte aan offsets is het verschil tussen de BAU emissies minus de emissiereductie door biokerosine en het doel.

## 2.4 Prijsontwikkelingen

De meerkosten van het gebruik van biokerosine hangen af van:

- het prijsverschil tussen fossiele kerosine en biokerosine;
- de kosten van offsets of emissierechten die wel afgedragen moeten worden over gebruikte fossiele kerosine maar niet (of niet in dezelfde mate) voor biokerosine.

Deze paragraaf presenteert de prijsprojecties die bij het berekenen van de financiële beleidsopgave (Paragraaf 2.6) gebruikt worden. Meer details over de achtergronden van de projecties zijn te vinden in Bijlage B.

### 2.4.1 Fossiele kerosine

De prijs voor fossiele kerosine zal oplopen van € 736 per ton in 2020 naar € 867 per ton in 2030. De prijsontwikkeling van fossiele kerosine is gebaseerd op aannames van ICAO en komt goed overeen met de prijsontwikkeling volgens het World Energy Outlook 2015 rapport van het Internationaal Energie Agentschap (IEA, 2015).

### 2.4.2 Biokerosine

In deze studie wordt gesproken over biokerosine en is de prijs voor biokerosine gebaseerd op de productiekosten van tweede-generatie biokerosine gemaakt van hout/grasachtige biomassa. De productiekosten van biokerosine worden onder andere beïnvloed door:

- de snelheid van technologische ontwikkeling;
- de invloed van schaalvoordelen en leereffecten bij de productie van biomassa en biokerosine;
- de prijs van biomassa en daarmee vraag en aanbod van biomassa voor voedsel, materialen en energie.

De onzekerheid omtrent de productiekosten van biokerosine is meegenomen in twee prijsscenario's:

- Laag: aflopend van € 1.622 per ton in 2020 naar € 1.038 per ton in 2030.
- Hoog: aflopend van € 1.622 per ton in 2020 naar € 1.500 per ton in 2030.

Het lage prijsscenario is gebaseerd op een recente wetenschappelijke publicatie waarin een groot aantal technologieën voor de productie van biokerosine met elkaar zijn vergeleken (de Jong, et al., 2015). De technologie met de laagste kosten is hydrothermal liquefaction (HTL), uitgaande van grootschalige productie op basis van lignocellulose-houdende biomassa en rekening houdend met de effecten van technologisch leren.

In deze studie is geen rekening gehouden met de meer geavanceerde verwerking van lignocellulose-houdende biomassa tot een pallet aan eindproducten (bijv. suikers, eiwitten, meststoffen, ethanol, butanol, aceton, citroenzuur en barnsteenzuur) (Kooij, 2016) ; (Mulder, et al., 2016). Reden is dat voor deze technologieën nog geen schattingen beschikbaar zijn van de productiekosten van biokerosine.

Van biokerosine op basis van lignocellulose mag verwacht worden dat het voldoet aan de duurzaamheidseisen die de luchtvaart stelt. Daarnaast telt mee dat land-gebonden biobrandstoffen, indien indirect landgebruik wordt meegenomen, ook voor een toename in CO<sub>2</sub>-uitstoot kunnen zorgen. Omdat CO<sub>2</sub>-reductie het hoofddoel is van beleid gericht op biokerosine, werkt een eventuele toename in het gebruik van landgebonden biobrandstoffen contraproductief en zijn overheidsuitgaven moeilijker te rechtvaardigen. In het geval van biobrand-stoffenbeleid voor het wegtransport, worden deels nog wel landgebonden biobrandstoffen toegestaan. Discussies in recente jaren tonen echter wel aan dat dit als aflopende zaak wordt gezien. Het afbouwen van deze biobrand-stoffen is wel lastig, omdat er juist ook door beleidssturing veel productie-faciliteiten zijn neergezet die nog niet het einde van hun levensduur hebben bereikt. Aangezien de biokerosineproductie nog meer in de kinderschoenen staat, is het raadzaam van begin af aan te sturen op een hoog duurzaamheids-niveau, waarbij gebruik wordt gemaakt van afval en residuen. Deze studie sluit de grondstoffen, die onder de cap van de ILUC-Richtlijn vallen, dus uit. Qua afval en residuen bestaan deze momenteel voornamelijk uit oliën en vetten, maar gezien de beperkte beschikbaarheid, wordt dit ook afgeraden.

Wellicht roept de keuze voor biokerosine op basis van lignocellulose vragen op. Daarbij is het allereerst van belang om op te merken dat de duurzaamheid-discussie expliciet geen onderdeel uitmaakt van de onderzoeksvraag van deze studie, net als dat de vraag rond biomassabeschikbaarheid geen onderdeel is van deze studie. Ten tweede gebruikt dit rapport de term biokerosine, maar sluit het andere hernieuwbare brandstoffen niet uit. Het is denkbaar dat die een soortgelijke overheidsondersteuning nodig hebben om het gebruik te stimuleren. Het in deze studie geschetste beleidskader biedt daar de ruimte voor.

Tot slot dient gezegd te worden dat er tot 2030 voortschrijdend inzicht kan zijn dat vraagt om een aanpassing van het duurzaamheidskader, zoals ook bij ILUC is gebeurd. We zijn ons er van bewust dat houtachtige gewassen ook niet onbesproken zijn, bijv. vanwege 'carbon debt'. De beschikbaarheid van biomassa uit houtachtige stromen zou aanzienlijk kunnen afnemen als nog een gedeelte van deze stromen afvalt omdat ze als 'niet-duurzaam' worden geclassificeerd.



De vraag waar deze stromen dan het beste kunnen worden ingezet is deels een beleidsmatige vraag: het lijkt logischer ze in te zetten in de luchtvaart dan in bijv. de elektriciteitssector, waar onder andere zonne-energie en windenergie ook een goed en haalbaar alternatief vormen.

### 2.4.3 CO<sub>2</sub>-prijs

De CO<sub>2</sub>-prijs is 100% van toepassing op fossiele kerosine en voor 20% op biokerosine (gegeven de veronderstelde 80% CO<sub>2</sub>-reductie voor biokerosine). De prijs loopt op van € 18 per ton CO<sub>2</sub> in 2020 tot € 30 per ton CO<sub>2</sub> in 2030 (IEA, 2015).

## 2.5 Definitie en selectie van scenario's voor de effectanalyse

De drie doelstellingen voor de consumptie van biokerosine in 2030 (zie Paragraaf 2.2) kunnen gecombineerd worden met prijspaden van biokerosine (zie Paragraaf 2.4.2). Dit leidt tot zes mogelijke scenario's, zoals weergegeven in Tabel 7.

Een combinatie van een lage doelstelling met een lage prijs is niet erg waarschijnlijk omdat de lage doelstelling minder leer- en schaafeffecten heeft die tot een prijsdaling kunnen leiden. Om deze redenen wordt dit scenario niet verder geanalyseerd.

Tabel 7 Verwacht brandstofverbruik en CO<sub>2</sub>-emissies voor toekomstige jaren

| Hoeveelheid biokerosine    | Prijs                              | Opmerkingen                                                                                                                                             | Analysemethode       |
|----------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Laag<br>(0,5 Mt in 2030)   | Laag: afnemend tot € 1.038 in 2030 | Alleen mogelijk als technologische ontwikkeling plaatsvindt door toename van de vraag uit het buitenland of door onverwachte technologische doorbraken. | Niet geanalyseerd    |
|                            | Hoog: afnemend tot € 1.500 in 2030 | Lage vraag leidt tot langzame innovatie                                                                                                                 | Kwalitatief          |
| Midden<br>(0,9 Mt in 2030) | Laag: afnemend tot € 1.038 in 2030 |                                                                                                                                                         | Gevoeligheidsanalyse |
|                            | Hoog: afnemend tot € 1.500 in 2030 |                                                                                                                                                         | Kwantitatief         |
| Hoog<br>(1,8 Mt in 2030)   | Laag: afnemend tot € 1.038 in 2030 | Hoge vraag leidt tot snelle innovatie                                                                                                                   | Kwantitatief         |
|                            | Hoog: afnemend tot € 1.500 in 2030 | Zeer hoge en stijgende meerkosten, waarschijnlijk weinig maatschappelijk draagvlak                                                                      | Gevoeligheidsanalyse |

Van de overige scenario's zijn er twee volledig kwantitatief geanalyseerd, twee deels als gevoeligheidsanalyse en één kwalitatief. Van het hoog-scenario met het lage prijspad is een volledige analyse gemaakt omdat het hoog-scenario de grootste kans biedt op technologische vooruitgang door leer- en schaafeffecten. Het midden-scenario, dat minder kansen biedt op leer- en schaafeffecten, is volledig geanalyseerd in combinatie met het hoge prijspad.

De beperktere gevoeligheidsanalyses zijn gedaan voor respectievelijk het midden-scenario met het lage prijspad (voor het geval dat de technologische ontwikkelingen sneller gaan dan verwacht) en het hoog-scenario met het hoge prijspad (voor het geval dat de technologische ontwikkelingen tegenvallen).

## 2.6 Omvang van de meerkosten

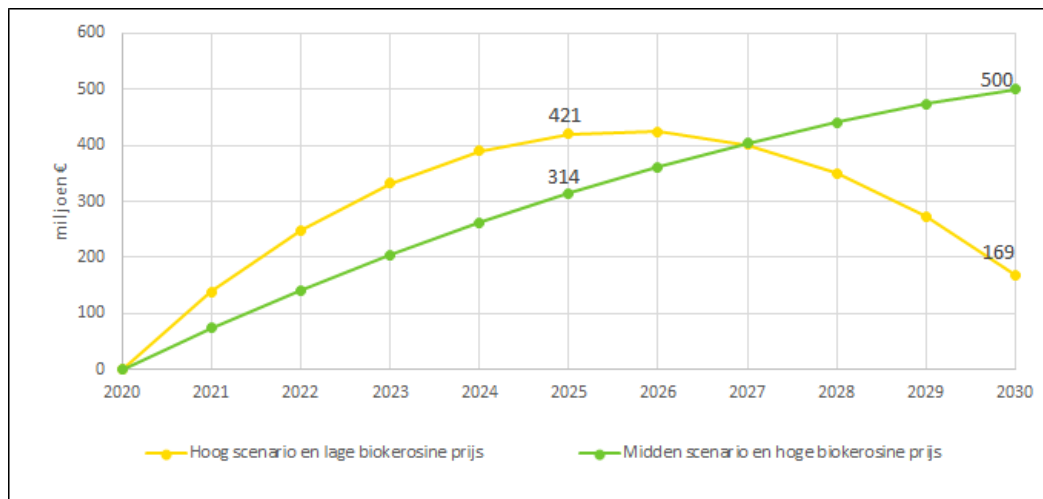
De jaarlijkse meerkosten voor het gebruik van biokerosine zijn berekend voor de periode 2021-2030. De periode tot en met 2020 is buiten beschouwing gelaten, gelet op de beperkte tijd die nog beschikbaar is om beleid te ontwikkelen, te implementeren en om de productie van tweede-generatie biokerosine op te schalen tot de gewenste niveaus.

Figuur 10 toont de ontwikkeling van de jaarlijkse meerkosten voor het gebruik van biokerosine onder twee scenario's waarvoor een gedetailleerde effectbepaling is uitgevoerd:

- Hoge doelstelling met lage biokerosineprijs. De meerkosten nemen toe tot 2026 en dalen daarna. De afname van het prijsverschil tussen biokerosine en fossiele kerosine sterker dan de jaarlijkse toename van de hoeveelheid biokerosine, waardoor de jaarlijkse meerkosten afnemen. De maximale meerkosten zijn ruim € 420 miljoen in 2026. In 2030 bedragen ze ongeveer € 170 miljoen.
- Midden doelstelling met hoge biokerosineprijs. De meerkosten lopen op tot € 500 miljoen in 2030. In de gehele periode 2021-2030 is de afname van het prijsverschil minder sterk dan de jaarlijkse toename van de hoeveelheid biokerosine waardoor de jaarlijkse meerkosten blijven toenemen.

De meerkosten in de jaren 2025 en 2030 zijn specifiek aangegeven omdat de effecten zijn bepaald voor deze twee jaren (zie ook Hoofdstuk 5).

Figuur 10 Jaarlijkse meerkosten biokerosine NL luchtvaart in 2021-2030 (miljoen €)



De meerkosten hangen af van de prijs van fossiele kerosine, de prijs van offsets/emissierechten en de prijs van biokerosine (die op zijn beurt weer afhangt van de prijs van biomassa en de kosten van de omzetting).



De berekening van de jaarlijkse meerkosten moet daarom gezien worden als de best mogelijke indicatie die in het kader van deze studie is gemaakt. Wanneer er beleid geïmplementeerd zou worden om de vraag naar biokerosine te stimuleren, is het van belang om de meerkosten goed te monitoren.

## **2.7 Conclusie**

Dit rapport analyseert vier scenario's voor het biokerosineverbruik door de Nederlandse luchtvaart. Er zijn drie doelstellingen voor het volume en twee mogelijke prijspaden. De uiterste combinaties (hoge doelstelling met een hoog prijspad en een lage doelstelling met een laag prijspad) worden onwaarschijnlijk geacht en daarom niet verder geanalyseerd. Van de vier scenario's worden er twee kwantitatief geanalyseerd en twee kwalitatief.

# 3

## Beleid om productie van biobrandstoffen te stimuleren

### 3.1 Introductie

Dit hoofdstuk analyseert de noodzaak van overheidsbeleid om de productie van biobrandstoffen in Nederland te stimuleren en de mogelijkheden die de overheid heeft. Allereerst wordt een korte beschrijving gegeven van de productie van biokerosine in Paragraaf 3.2. Paragraaf 3.3 analyseert hoe de Nederlandse overheid de (commerciële) productie in Nederland kan stimuleren. Paragraaf 3.4 analyseert het Nederlandse innovatiebeleid op het gebied van biokerosine. Het gaat hier met name om de R&D- en demonstratiefases van biokerosine.

Dit hoofdstuk richt zich alleen op onderdelen van de productieketen binnen de reikwijdte van de Nederlandse overheid. Dit betekent dat biomassaproductie buiten beschouwing blijft.

### 3.2 Korte beschrijving biokerosineproductie

De productie van biokerosine bestaat uit een aantal onderdelen (zie Figuur 9). Na de teelt moet de biomassa bijeengebracht worden om te kunnen worden omgezet in biokerosine. Daarna moet de biokerosine gedistribueerd worden. Deze paragraaf beschrijft de omzetting van biomassa tot biokerosine.

Er zijn verschillende conversiemethoden beschikbaar, zoals samengevat in Figuur 11. Een aantal van deze routes valt af gezien het aangenomen duurzaamheidskader. Zo brengen olie-, zetmeel- en suikerhoudende gewassen ongewenste indirecte emissies met zich mee, waardoor een toename van emissies kan optreden in plaats van een reductie. De inzet van reststromen, zoals used cooking oil, kent geen indirecte emissies, maar lijkt vanwege de beperkte beschikbaarheid ook niet haalbaar voor de grootschalige inzet in de luchtvaart.

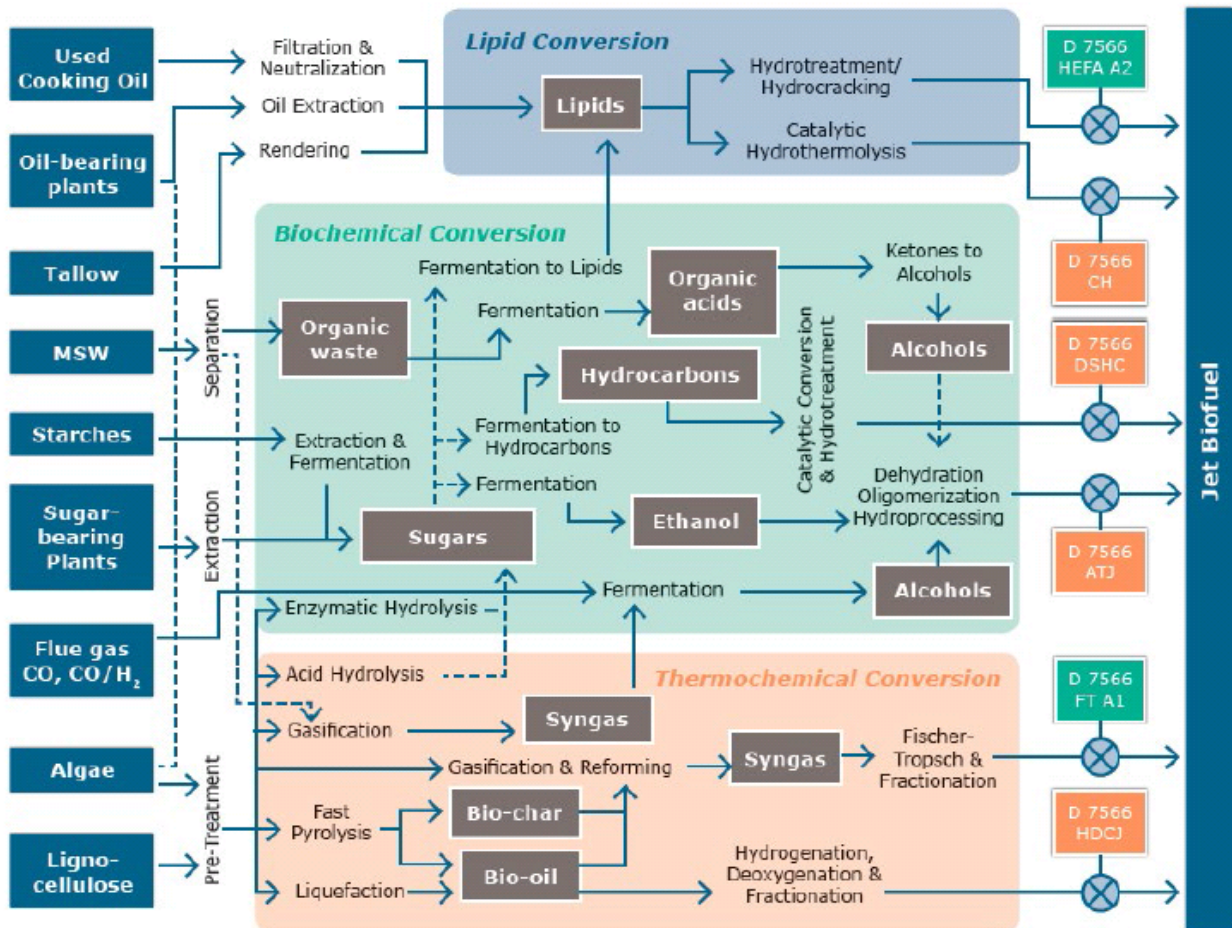
HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids) kan zowel uit oliehoudende gewassen als vethoudende reststromen geproduceerd worden en is momenteel de best beschikbare conversiemethode. Volgens De Jong et. al. is HEFA (uit oliën en vetten) op korte termijn nog de beste optie als productiemethode voor biokerosine, maar zijn HTL (Hydrothermal Liquefaction) en pyrolyse beide twee geschikte alternatieven: verder onderzoek en opschaling is echter nog wel nodig (de Jong, et al., 2015). Dezelfde studie geeft aan dat HEFA de komende jaren de belangrijkste versneller kan zijn voor biokerosine in de luchtvaart, maar waarschuwt ook voor een 'lock-in', gezien de beperkte beschikbaarheid van de grondstoffen.

Vanwege de betere beschikbaarheid op langere termijn wordt in deze studie uitgegaan van tweede-generatie biokerosine uit hout/grasachtige gewassen (HTL, ook wel aangeduid als lignocellulosehoudende biomassa). Merk op dat HTL slechts als een voorbeeld is gekozen passend binnen het duurzaamheidskader en met de verwachting dat HTL opgeschaald kan worden binnen de gewenste periode (voor 2030).



Er zijn echter ook andere routes, zoals alcohol-to-jet (ATJ), waarop momenteel in de Verenigde Staten goede vooruitgang wordt geboekt (deels door overheidssteun) (Greenaironline.com, 2017).

Figuur 11 Productieroutes biobrandstoffen (Boeing ; Embraer ; FAPESP ; UNICAMP, 2013)



Als we kijken welke R&D-activiteiten nodig zijn om de gewenste conversieroutes verder te ontwikkelen, is grofweg onderscheid te maken tussen drie sporen:

- **Het optimaliseren van het productieproces**, door bijv. efficiëntiewinsten. In welke fase van het productieproces de meeste winst te behalen valt en welke winst onder het laaghangend fruit valt, is aan de producenten zelf om te bepalen. De overheid kan bedrijven hier dus wel bij ondersteunen, maar op welke efficiëntiewinsten het eerst ingezet gaat worden, kan het beste aan de markt worden overgelaten. Hieronder vallen ook voordelen van schaalgrootte en leereffecten.

- **Bioraffinage en coproductie.** Naast efficiëntiewinsten in het proces zelf, liggen er kansen in het realiseren van coproductie. Dit kan plaatsvinden door het conversieproces te combineren met de productie van andere biobased producten. Voordeel hiervan is dat men gebruik kan maken van al bestaande infrastructuur en dat er toegevoegde waarde ontstaat als meer producten geproduceerd kunnen worden van dezelfde hoeveelheid biomassa.
- **Combineren van aardolieraffinage en bioraffinage.** De combinatie van conventionele aardolieraffinage en bioraffinage biedt kansen, zeker met het oog op de afname van fossiele kerosine op de lange termijn. Ook hier kan gebruik gemaakt worden van bestaande infrastructuur.

Hieronder wordt, ter verduidelijk, verder ingegaan op de concepten bioraffinage, coproductie en de combinatie van conventionele aardolieraffinage met bioraffinage.

### **Bioraffinage**

Gezien de beperkte beschikbaarheid van duurzame biomassa, is het noodzakelijk de biomassa zo efficiënt mogelijk om te zetten. In dit kader wordt daarom vaak over bioraffinage gesproken. De IEA-Bioenergy-werkgroep Task 42, die zich specifiek richt op dit onderwerp, definieert bioraffinage als het duurzaam verwerken van biomassa in een spectrum aan verschillende biobased producten (voedsel, veevoer, chemicaliën en materialen) en bio-energie (biobrandstoffen, elektriciteit en/of warmte).

Bioraffinage kent vele gelijkenissen met de oorspronkelijke raffinage van olie. De ruwe olie wordt in de petrochemische industrie door destillatie gescheiden in verschillende fracties en transportbrandstoffen, waaronder benzine, diesel, kerosine, maar ook nafta, stookolie en butaan/propaan (LPG). Een deel van deze stromen wordt verder bewerkt tot grondstoffen voor andere industrieën. Bitumen blijft als restproduct over en wordt gebruikt als grondstof voor asfalt. Op deze manier wordt de aardolie bijna volledig benut. Bioraffinage heeft hetzelfde doel, maar dan bij biomassa. Het grote verschil is echter dat men veel langer ervaring heeft met aardolieraffinage dan met bioraffinage. Deels komt dit door de verscheidenheid aan biomassa en de daarbij behorende verschillende kenmerken. Toch worden sommige vormen van bioraffinage wel al langere tijd toegepast, zoals in de suikerindustrie en de zetmeelindustrie. Meestal ligt de nadruk bij deze traditionele vormen van bioraffinage wel op één hoofdproduct, al komt er steeds meer aandacht voor het creëren van meer toegevoegde waarden voor de bijproducten (Annevelink & Harmsen, 2010).

Momenteel wordt bioraffinage vooral gedreven door de transportsector, omdat met name de zwaardere modaliteiten, inclusief de luchtvaart, geen alternatieven hebben qua inzet van hernieuwbare energie. Zoals al eerder aangegeven kunnen biobrandstoffen, inclusief biokerosine, nu nog niet concurreren met fossiele brandstoffen vanwege de hoge kosten. Daardoor is de inzet afhankelijk van overheidsbeleid. Deze brandstoffen zullen daarom alleen worden ingezet zonder overheidssteun als de prijzen dalen. Bioraffinaderijen die als hoofddoel de productie van biobrandstoffen hebben, maar daarnaast andere hoogwaardige biobased producten produceren, kunnen de kosten van brandstoffen sterk reduceren. Biobased producten, zoals chemicaliën, leveren meer op per volume dan brandstoffen. Door ook hoogwaardige producten te produceren wordt de toegevoegde waarde van het productieproces gemaximaliseerd.



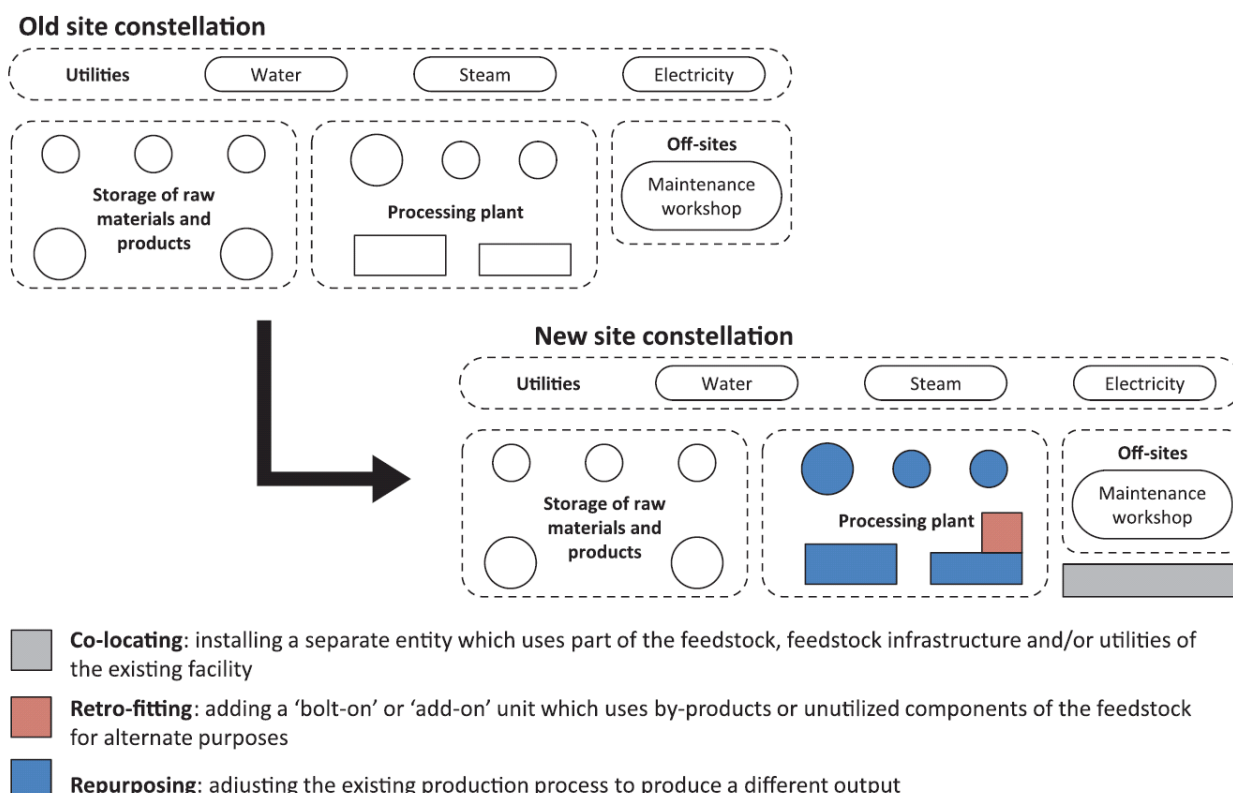
### Coproductie

Binnen de biobased sector zijn er voorbeelden van combinaties van productiemethoden die investeringsrisico's en productiekosten kunnen reduceren, aangeduid met 'co-production strategies'. De Jong et al. 2015 maken onderscheid naar drie vormen:

- 'Co-locating': het installeren van een aparte eenheid die gebruikt maakt van een gedeelte van de feedstock, de feedstockinfrastructuur en voorzieningen op het terrein.
- 'Retro-fitting': een additionele eenheid toevoegen, die gebruikt maakt van bijproducten of ongebruikte componenten voor alternatieve doeleinden.
- 'Repurposing': het bestaande productieproces zo veranderen dat de output verandert.

Deze drie concepten zijn schematisch weergegeven in Figuur 12.

Figuur 12 Schematische weergave van drie 'co-production strategies' (de Jong, et al., 2015).



De Jong et al. 2015 hebben ook ingeschat wat de effecten zijn op de minimale brandstofverkoopprijs. Wanneer dit soort synergiën worden toegepast, ligt de minimale brandstofverkoopprijs 4-8% lager dan wanneer een productiefaciliteit los van bestaande faciliteiten wordt gerealiseerd. Dit komt met name door lagere kapitaalkosten, zoals de investeringen in land en gebouwen en infrastructuur. Verdere integratie kan nog tot grotere kostenreducties leiden. Vanwege deze substantiële kostenreductie is het dan ook aan te bevelen coproductie een aandachtspunt van innovatiebeleid te laten zijn.

In het geval van biokerosine uit houtachtige gewassen bestaan er mogelijk synergiën tussen de productie van cellulose-ethanol en biokerosine uit houtachtige stromen. De afgelopen jaren hebben deze twee verschillende conversiemethoden echter sterk met elkaar geconcentreerd.

Uiteindelijk is alleen de productie van cellulose-ethanol sterk toegenomen. De wereldwijde productiecapaciteit is 250.000 ton per jaar. Bij de productie komt echter ook een ligninerijke stroom vrij, die meestal wordt verbrand om zowel warmte als elektriciteit op te wekken. Wanneer de productie van cellulose-ethanol echter wordt gecombineerd met de productie van biokerosine uit deze ligninerijke stroom kan een hoogwaardiger product geproduceerd worden. Dit wordt momenteel onderzocht in het FP7 BIOREFLY-project. Groot voordeel is dat de feedstock (de ligninerijke stroom) al beschikbaar is en een deel van de productieketen dus al bestaat. Daarnaast zijn er kansen voor systeemoptimalisatie en efficiënt gebruik van energiestromen. Deze mogelijke synergie biedt dus ook kansen om het biobrandstoffenbeleid gericht op het wegtransport en het beleid gericht op de luchtvaart meer aan elkaar te laten raken, zodat beide sectoren kunnen profiteren. Nadeel is wel dat veel tweede-generatie ethanolfabrieken gebaseerd op cellulose zich buiten de EU hebben gevestigd (vooral in Amerika) (Chiaramonti, et al., 2016).

#### **Combinatie bioraffinage en fossiele raffinage**

Hieronder laten we zien dat er naast coproductie in de biobased sector ook een aantal mogelijkheden zijn om nieuwe biokerosineproductie te combineren met conventionele raffinage of andere vormen van biobrandstoffenproductie/bioraffinage om kosten te besparen en opschaling te vergemakkelijken.

Volgens TOTAL (2015) bestaan er drie manieren waarop bioraffinage en fossiele raffinage zich tot elkaar kunnen verhouden:

- Een markt waarbij bioraffinage en productie van fossiele raffinage onafhankelijk van elkaar bestaan, beide productieprocessen in-spec producten opleveren en bioproducten en de fossiele producten pas vlak voor het verstrekken aan de eindgebruiker samen komen.
- Een markt waarbij beide productstromen gedeeltelijk gecombineerd worden en de twee stromen nog bij elkaar komen voordat het eindproduct wordt geproduceerd.
- Een markt waarbij biobased stromen in voormalige fossiele raffinaderijen worden geproduceerd en er dus ook alleen biobased producten worden opgeleverd. Het eindproduct kan dan in gemengde of ongemengde vorm verkocht worden, net als in het eerste geval.

Het is deels dus mogelijk om gebruik te maken van bestaande faciliteiten (al kan het zijn dat niet alle delen van een productiefaciliteit bruikbaar zijn). Op deze manier kunnen kosten gereduceerd worden, omdat niet alles opnieuw gerealiseerd hoeft te worden. Daarnaast biedt het kansen om de productie van fossiele brandstoffen gedeeltelijk te laten overstappen op biobrandstoffen.

### **3.3 Overheidsmaatregelen verbetering vestigingsklimaat**

Het beleidsdoel met betrekking tot het vestigingsklimaat is, binnen de context van deze studie, dat bedrijven in de biokerosineketen er voor kiezen om in Nederland te investeren. Het beleid kan zowel gericht zijn op het stimuleren van innovatie als op de vestiging van productiefaciliteiten (zie Tekstvak 1). Dit kunnen zowel buitenlandse als Nederlandse bedrijven zijn. De voordelen voor Nederland zijn:

- het aantrekken/behouden van werkgelegenheid in de keten;
- het creëren van kennisoverdracht.



### 3.3.1 Huidige uitgangspositie van Nederland en mogelijk beleid

De locatiekeuze van bedrijven hangt vooral af van de volgende factoren:

- ligging en infrastructuur;
- zekerheid en stabiliteit;
- kennis en innovatie.

In deze paragraaf analyseren we de uitgangspositie van Nederland aan de hand van deze factoren. Ook kijken we of er specifieke beleidsmaatregelen zijn om deze uitgangspositie te versterken. Kennis- en innovatiebeleid worden in Paragraaf 3.4 behandeld.

#### Tekstvak 1 Vestigingsbeleid of innovatiebeleid?

Op welke wijze de markt het best kan worden gestimuleerd hangt af van de fase waarin de markt of een product zich bevindt. Dit bepaalt ook of er meer behoefte is aan innovatiebeleid of aan vestigingsbeleid.

In de R&D-fase worden nieuwe typen biokerosine ontwikkeld of worden bestaande technieken of processen verbeterd. Fabricage vindt plaats op laboratoriumschaal. Bij een demonstratieproject wordt op grotere schaal een product of proces gedemonstreerd. In deze fase vindt nog geen commerciële productie plaats. R&D en demonstratieprojecten kunnen zowel publiek (door universiteiten en publieke kennisinstellingen) als privaat worden uitgevoerd. Eventuele spin-off-bedrijven vestigen zich doorgaans nabij de plaats waar de R&D plaatsvindt. Innovatiebeleid moet leiden tot extra investeringen in R&D en demonstratieprojecten.

Als een nieuwe techniek zich bewezen heeft en economisch haalbaar is, zal deze opgeschaald worden. Commerciële bedrijven zullen zich vestigen waar het totaalpakket aan voorwaarden het gunstigst is. Hierbij zullen ze niet alleen naar biokerosine kijken, maar ook naar afzetmogelijkheden van bijproducten van bioraffinage zoals bionaftha en biodiesel. Vestigingsbeleid moet ervoor zorgen dat de relatieve aantrekkelijkheid van Nederland ten opzichte van andere landen wordt vergroot. De mogelijkheden voor (verdere) innovatie spelen daarbij ook een rol. Het kan in het voordeel zijn als R&D en demonstratie ook al in Nederland plaatsvinden, maar het is geen garantie dat commerciële productie ook in Nederland plaatsvindt.

#### Ligging en infrastructuur

Het is voor bedrijven gunstig als de vestigingslocatie nabij de afzetmarkt ligt en dat andere bedrijven in de productieketen goed bereikbaar zijn. Zo kan het een voordeel zijn als er al een cluster van raffinagebedrijven of bedrijven in de biobased sector aanwezig is. Nederland ligt gunstig in Europa en beschikt over een logistieke infrastructuur om kerosine te vervoeren. Zowel vanuit de Amsterdamse als de Rotterdamse haven kan biokerosine worden geleverd aan Europese luchthavens. Kerosine wordt middels een bestaand pijpsysteem vanuit Amsterdam en Rotterdam aan Schiphol geleverd. Vanuit Rotterdam vervoert deze pijplijn kerosine naar de rest van Europa (Lang & Elhaj, 2014). In Rotterdam is ook een waterstofleiding aanwezig. Waterstof wordt gebruikt bij bepaalde conversietechnieken (bijvoorbeeld FT).

De Rotterdamse haven is geschikt voor de grootschalige bulkimport van biomassa. Ook verder in de productieketen kan gebruik worden gemaakt van bestaande kennis en faciliteiten. De Rotterdamse haven beschikte anno 2016 over vijf biobrandstoffabrieken (TNO, 2016). In januari 2016 was meer dan de helft van de Nederlandse biobrandstoffenproductiecapaciteit in Rotterdam gevestigd. Bovendien komt de meeste biokerosine via de Rotterdamse haven Europa binnen. In 2013 is BioPort Holland gestart. Dit is een publiek-private samenwerking tussen KLM, Schiphol, SkyNRG, Neste Oil, de Rotterdamse haven en de Ministeries van EZ en I&M.



BioPort Holland richt zich op:

- beschikbaarheid van duurzame biomassa;
- conversietechnieken;
- prikkels bij de eindgebruiker.

Ook in Zweden en Australië zijn BioPorts gestart (Karlstad BioPort; Brisbane BioPort) met behulp van SkyNRG (zie ook Tekstvak 2).

De Nederlandse havens zijn actief in het stimuleren van bioraffinage. Het havencluster Rotterdam-Moerdijk heeft de ambitie om leidend te worden in bioraffinage (Kernteam Versterking Industriecluster Rotterdam/Moerdijk, 2016). Ook de haven van Amsterdam heeft als doelstelling om commerciële bio-energieproducenten aan te trekken, waarbij zij expliciet de potentie voor biokerosine aangeeft (Port of Amsterdam, 2015). Er is echter concurrentie, want ook andere landen zetten in op de bio-economie. Inzetten op duurzame energie en biobased producten is een belangrijke richting voor havens en andere industrie om toekomstbestendig te blijven. Zo hebben bijvoorbeeld ook Ghent Bio-Economy Valley en het BioEconomy Cluster in Midden-Duitsland de ambitie om leidend worden in de bio-economie van de toekomst (FCA, [2014]) (BioEconomy Cluster, [2016]).

Nadeel voor Nederland is dat zij geen gebruik kan maken van grote hoeveelheden eigen biomassa, in tegenstelling tot bijvoorbeeld de VS, Canada, Brazilië, Indonesië en Europese landen als Finland en Spanje. Nederland zal daarom biomassa moeten importeren. Voor de import van bijvoorbeeld houtpellets is nu al een liquide markt. De import is aan concurrentie onderhevig. De landen die wel over biomassa beschikken kunnen ook zelf biokerosine produceren en deze exporteren. Uit een studie van LMC International blijkt dat het importeren van biokerosine voor Noorwegen ongeveer 10% goedkoper is dan biomassa importeren (bijvoorbeeld houtpellets uit de VS) en zelf biokerosine produceren (LMC International, 2012). Deze houtpellets worden dan via Rotterdam naar Noorwegen vervoerd. Door biokerosine in plaats van houtpellets te vervoeren worden de transportkosten sterk verlaagd. Als er een tussenproduct geïmporteerd wordt uit de VS, bijvoorbeeld ethanol, zijn de kosten vergelijkbaar met productie in de VS. Wanneer het tussenproduct in een land met lagere lonen wordt geproduceerd, kunnen kosten wel lager zijn.

De havens in Rotterdam en Amsterdam lijken de meest kansrijke locaties te zijn voor de ontwikkeling van productiefaciliteiten voor biokerosine. Beide havens voeren op dit punt ook actief beleid. Eén van de uitdagingen is het transport van biokerosine van de raffinaderij naar de luchthaven en het vliegtuig. Fossiele kerosine wordt voor een groot deel via het DPO-pijpenstelsel vervoerd. Ook het verplaatsen van brandstofterminal op het vliegveld naar het vliegveld gaat per pijp. Als biokerosine niet via dezelfde pijp vervoerd kan worden, zal dit tot extra kosten leiden. Het is daarom interessant om de bestaande pijpleiding geschikt te maken voor biokerosine of om de biokerosine geschikt te maken voor de pijplijn. Hierover wordt al over gediscussieerd met DPO, de eigenaar van de pijp.





## Tekstvak 2 Wat doen andere landen?

Ook andere landen proberen met een eigen strategie de biokerosinemarkt naar zich toe te halen<sup>6</sup>.

Vraaggestuurd beleid moet zorgen voor voldoende investeringszekerheid bij investeerders. Vraaggestuurd beleid wordt onder meer gevoerd in de VS, waar het leger en de marine belangrijke vraag hebben gecreëerd. In Noorwegen, Indonesië en Mexico zorgt een verplichte target voor voldoende vraag. Noorwegen is inmiddels het eerste land waar op reguliere basis biokerosine wordt geleverd. Ook Finland wordt geadviseerd om in te zetten op een vraag-gestuurde strategie. Bij deze strategie gaan eerst koplopers en publieke partijen vliegen op biokerosine. Hierna volgen private partijen. In de eerste twee jaren vergoedt de overheid 45% van de incrementele kosten.

Andere landen zetten sterker in op aanbodstimulering. Hierbij wordt vooral ingezet op R&D. In Frankrijk wordt een aantal grote R&D-projecten financieel ondersteund, onder meer middels het nationale fonds 'Investissements d'Avenir' (RVO, [2013]).

In de Verenigde Arabische Emiraten wordt onderzoek gedaan naar biokerosine uit zouttolerante gewassen. Dit gebeurt onder meer bij het Masdar Instituut, een private non-profit universiteit gericht op duurzaamheid.

Ook Denemarken wil graag productiefaciliteiten voor biokerosine vestigen. Het land produceert momenteel geen fossiele kerosine en met de eigen productie van biokerosine kunnen banen en economische groei worden gecreëerd. Denemarken richt zich hierbij op biokerosine gemaakt uit eigen restgewassen zoals stro. Er wordt veel onderzoek gedaan naar efficiënte benutting van die restgewassen bij universiteiten en andere R&D-instellingen. Ook is er al een aantal bedrijven actief in de biokerosineketen. Een deel van deze bedrijven heeft overheidssubsidie ontvangen om hun techniek te demonstreren. In een analyse voor de Deense luchtvaartsector en transport-autoriteit (NIRAS A/S, 2014) wordt geopperd om een deel van de ETS-opbrengsten te oormerken voor de ontwikkeling van biokerosine. Hiernaast wil men graag een brede dialoog om de beschikbare biomassa zo goed mogelijk te verdelen, met in het achterhoofd dat de luchtvaart weinig alternatieven heeft. Ook Duitsland zet sterk in op R&D en heeft proefprojecten met biokerosine uit algen financieel ondersteund. Hiernaast kijkt men in Duitsland naar het opzetten van productiefaciliteiten in het buitenland, zoals Kameroen.

Brazilië wordt gezien als een kansrijk land om een biokerosine-industrie op te zetten.

Reden hiervoor is het lange track record van Brazilië op het gebied van biobrandstoffen voor auto's. Recent hebben Nederlandse en Braziliaanse bedrijven en onderwijsinstellingen besloten om gezamenlijk te streven naar 25 miljoen ton Braziliaanse biokerosine in 2050. Om dit te bereiken zijn wel de juiste technische en sociale voorwaarden nodig: leveringszekerheid van grondstoffen, controlefaciliteiten en logistieke infrastructuur zoals pijplijnen. Hiernaast kunnen ook bijproducten worden gefaciliteerd.

Ook Finland voert naast vraagbeleid ook aanbodbeleid. In de periode 2007-2012 is € 242 miljoen geïnvesteerd in een programma gericht op de ontwikkeling van biobrandstoffen. Dit heeft geleid tot succesvolle pilot- en demonstratieprojecten. Door het prijsverschil tussen fossiele en biobrandstoffen zijn er echter nog problemen met commercialisering.

De VS richt zich steeds meer op aanbodgestuurd beleid, bijvoorbeeld door het subsidiëren van de demonstratiefaciliteiten. Hierbij draagt de overheid maximaal de helft van de kosten. In een eerste fase krijgen partijen subsidie voor de ontwikkeling van een project; bij voldoende voortgang en cofinanciering kan deze subsidie worden uitgebreid tot maximaal \$ 45 miljoen (Greenaironline.com, 2017) (EIN Presswire, 2016)

Ook Noorwegen wil het vraagbeleid aanvullen met aanbodgericht beleid. Productieondersteuning voor houtachtige biobrandstoffen en een subsidie vanuit de Noorse overheid naar pilotprojecten worden gesuggereerd. (Wormslev, et al., 2016)<sup>7</sup>

<sup>6</sup> (Lang & Elhaj, 2014) tenzij anders vermeld.

<sup>7</sup> Nordic Energy Research, 2016



Het zijn vooral bedrijven, universiteiten en kennisinstellingen die gezamenlijk opereren op de biokerosinemarkt. De overheid heeft meer een voorwaardenscheppende rol of ondersteunde rol dan een puur leidende rol.

Beleid in andere landen is niet altijd succesvol. Zo wilde Mexico zich richten op de productie van jatropha. Gewasopbrengsten bleven echter achter bij de verwachtingen. Dit leidde er toe dat twee biodieselfabrieken onvoldoende grondstoffen hadden en moesten sluiten (Lang & Elhaj, 2014). In het Verenigd Koninkrijk ging een groot project om biokerosine uit afval te maken uiteindelijk niet door, omdat financiers afhaakten. Dalende fossiele kerosineprijs en het ontbreken van vraagprikkelers zoals een bijmengverplichting zoals in het wegtransport leiden er toe dat zij het risico te hoog vonden. (Nordic Council of Ministers, 2016).

Landen proberen ook bedrijven aan te trekken door een aantrekkelijk belastingklimaat. Belastingverlaging of bepaalde aftrekposten (MIA, EIA) zijn met name interessant voor bedrijven die al winst maken. Voor start-ups is dit minder interessant. In Maleisië hoeven bedrijven die in bepaalde sectoren, waaronder de biotechnologiesector, investeren in de eerste 10 jaar geen inkomstenbelasting te betalen (Nova).

Ervaringen uit het buitenland laten zien dat het creëren van vraag en een stabiel investeringsklimaat noodzakelijk zijn voor de ontwikkeling van een biokerosineketen. Onderzoek en ontwikkeling worden (financieel) ondersteund. Het actief (financieel) stimuleren van commerciële productiefaciliteiten is niet gebruikelijk.

### **Zekerheid en stabiliteit**

Als bedrijven in de biokerosineketen investeringen doen in Nederland, dan doen ze dat met oog op de lange termijn (minstens 10-15 jaar). Politieke stabiliteit en constante wetgeving zijn daarom cruciaal. Daarnaast is het belangrijk dat er een stabiel beleid is met betrekking tot het gebruik van biokerosine. Duidelijke doelen of prioriteiten rondom biokerosine zorgen voor een stabiel investeringsklimaat.

Ook financiers zullen alleen in biokerosine-projecten investeren als zij vertrouwen hebben in deze projecten. Wanneer zij de risico's groter schatten, zullen financiers meer eigen vermogen van bedrijven vragen of een hogere rente op leningen hanteren. Risico's voor investeerder kunnen verkleind worden met garanties. Een voorbeeld is de Garantie Ondernemingsfinanciering (GO). Banken kunnen door de GO een 50% Staatsgarantie krijgen op middel- grote en grote leningen. Hierdoor wordt het risico voor banken kleiner.

Momenteel is er geen duidelijk langetermijnbeleid met betrekking tot de inzet van biokerosine. Bovendien is er geen zekerheid over de duurzaamheid, kosten en beschikbaarheid van biomassa. Dit maakt het minder aantrekkelijk om in biokerosine-projecten te investeren dan bijvoorbeeld in zon- of wind-projecten. Dit geldt ook voor andere Europese landen. Wel onderscheidt Nederland zich van andere Europese landen door biokerosine te laten meetellen in het RED-target.

### **3.3.2 Conclusie vestigingsfactoren**

Al met al beschikt Nederland over een goede uitgangspositie qua vestigingsklimaat, door de zeehavens, goede infrastructuur en huidige activiteiten op het gebied van bioraffinage. Nederland wil graag de bio-economie verder ontwikkelen, maar ook andere landen hebben dat doel. Nadeel voor Nederland is een gebrek aan eigen biomassa, maar zij kan wel goed gebruik maken van import. Qua zekerheid en stabiliteit heeft Nederland misschien een kleine voorsprong op andere landen door biokerosine te laten meetellen in het RED-target. Er lijkt geen noodzaak te zijn voor aanvullend beleid om vestigingsfactoren te verbeteren.

### 3.4 Innovatiebeleid

#### 3.4.1 Wat is het doel van innovatiebeleid?

Innovatie is belangrijk, omdat de kosten van biokerosine door nieuwe ontwikkelingen kunnen afnemen. Als kosten door innovatie omlaag gaan, kan dit ook leiden tot opschaling. Hierbij merken we op dat marktvraag pas daadwerkelijk zal ontstaan als het kostenverschil verdwenen of dusdanig klein is en bedrijven vanuit MVO-doelen opereren. Uit verschillende studies (cf. Berghout (2008) en Green-X (2011)) blijkt dat kostenverlagingen mogelijk zijn voor (eerste generatie) biokerosine door technologische ontwikkeling en schaalvoordelen, maar de verschillen tussen de studies zijn groot. De kosten van biomassa zijn de grootste (onzekere) kostenpost.

Om tot innovaties te komen moet eerst worden geïnvesteerd in *R&D*. Het rendement op een dergelijke investering is onzeker. Het is de vraag of het onderzoek daadwerkelijk tot een nieuw product of idee leidt en bovendien kunnen, als het intellectueel eigendom onvoldoende is beschermd, andere partijen meeprofiteren. Dit leidt er toe dat bedrijven vaak minder in *R&D* investeren dan maatschappelijk gezien wenselijk zou zijn. Daarom heeft de overheid innovatiebeleid. Dit beleid moet risico's en obstakels bij bedrijven wegnemen en zo tot meer *R&D*-investeringen leiden.

In deze paragraaf bespreken we de huidige situatie in Nederland op het gebied van innovatie en *R&D*. We benoemen generieke en specifieke maatregelen die tot meer investeringen in innovatie kunnen leiden.

#### 3.4.2 Huidige innovatie in biokerosineketen

Nederland beschikt over partijen die opereren in verschillende kennisvelden om de biokerosinemarkt te ontwikkelen (universiteiten, private bedrijven, onderzoeksinstituten). Momenteel vindt er divers onderzoek plaats naar verbeteringen in de biokerosineketen. Dit gaat zowel om de productie van biomassa als om de omzetting en het transport van biokerosine. Als alleen gebruik gemaakt wordt van tweede-generatiebiobrandstoffen is het nodig om omzettingstechnologieën verder te ontwikkelen of bestaande technologieën te verbeteren. Ook is het belangrijk te investeren in demonstratieprojecten om de marktintroductie van technologieën mogelijk te maken.

Bij diverse universiteiten en onderzoeksinstituten vindt onderzoek plaats naar de bio-economie en verduurzaming van de energievoorziening:

- TU Delft richt zich specifiek op biokerosine in Brazilië.
- Deltares deed onderzoek naar de bruikbaarheid van microalgen als grondstof voor biokerosine (Hulsman, et al., 2011).
- Climate-KIC-Renewable Jet fuel is een samenwerkingsproject gericht op de supply chain van biokerosine. Hierbij zijn onder meer Schiphol, SkyNRG en de universiteiten van Wageningen en Utrecht betrokken.
- Bij ITAKA, een Europees samenwerkingsproject gericht op de hele supply chain van biokerosine, waren onder meer SkyNRG en KLM betrokken.

#### 3.4.3 Innovatiebeleid in Nederland

Het huidige Nederlandse innovatiebeleid biedt partijen ondersteuning en financiële middelen om innovatie aantrekkelijk te maken. Generieke instrumenten zijn beschikbaar, ook in de biokerosineketen, maar de omvang van de subsidies voor biokerosine is beperkt.

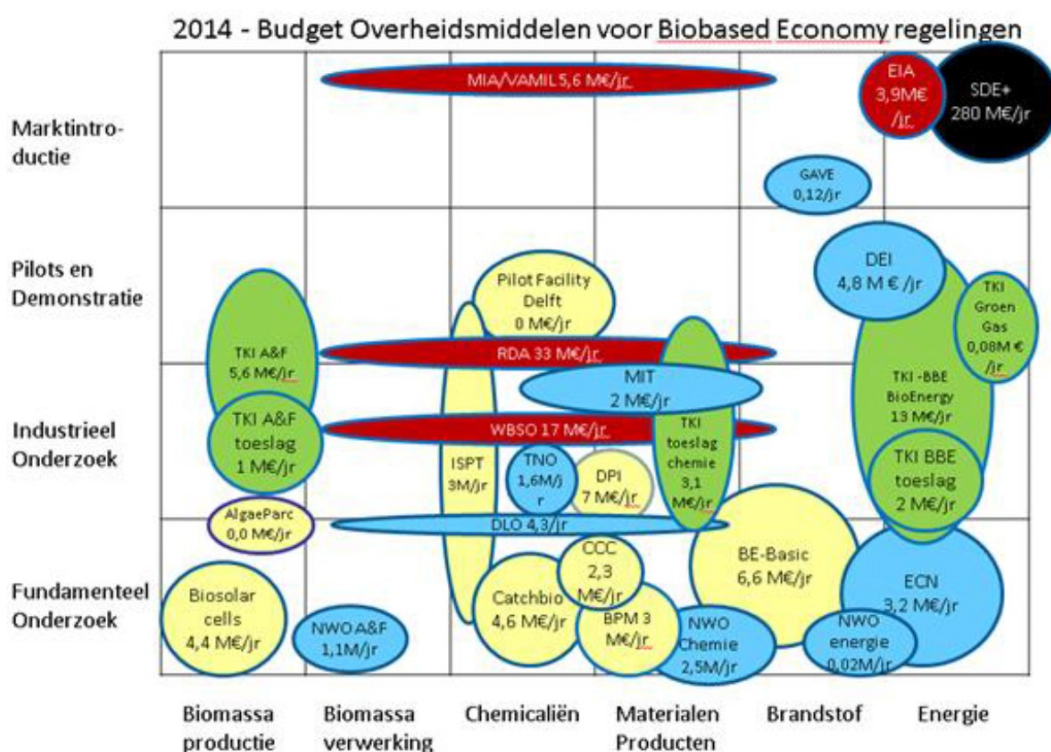


### Topsectorenbeleid

In Nederland is het Topsectorenbeleid een belangrijk onderdeel van het innovatiebeleid. Dit beleid is gericht op het stimuleren van de kennis-economie, in het bijzonder in de negen topsectoren. Het moet er toe leiden dat het bedrijfsleven meer gaat investeren in R&D. In 2013 heeft onderzoek plaatsgevonden naar een bioraffinaderij voor isobutanol in Rotterdam. Hier kon onder meer biokerosine worden geproduceerd. Vervolgonderzoek naar bioraffinage uit houtachtige gewassen werd gesuggereerd (Duque, et al., 2014).

Figuur 13 geeft een overzicht van de programma's op het gebied van de biobased economy die door de overheid worden ondersteund. Onderzoek op het gebied van biokerosine bevindt zich in de kolom 'Brandstof'. Figuur 13 laat zien dat er regelingen zijn voor R&D, van fundamenteel onderzoek tot markt-introductie, en dat de verbanden tussen brandstof en materialen of energie in verschillende regelingen aan bod komen. Het lijkt er dan ook op dat de *structuur* van de ondersteuning adequaat is.

Figuur 13 Budget overheidsbeleid voor biobased economy regelingen



Bron: TKI BBE, 2015, Onderzoeksagenda Biobased Economy 2015-2027.

<http://edepot.wur.nl/338385>

De Topsector Energie heeft in 2017 ruim € 100 mln. Overheidssubsidies beschikbaar voor R&D (RVO, 2017a). Daarvan is de helft bestemd voor hernieuwbare-energieprojecten binnen de Subsidie Hernieuwbare Energie. Voor deze subsidie komen voornamelijk technieken in aanmerking die gestimuleerd worden binnen de SDE+, met als doel de toekomstige subsidie-uitgaven te verlagen (RVO, 2017b). Daarmee is biokerosine uitgesloten van ondersteuning.

Verder is €20 miljoen beschikbaar voor de Demonstratie Energie-Innovatie (DEI) en circa € 4 miljoen voor Biobased Economy en Groen Gas (BBEG) projecten, waar biokerosine in principe wel onder zou kunnen vallen. Voor die fondsen komen echter ook een groot aantal andere technologieën in aanmerking.

Hoewel het op zich begrijpelijk is dat de Subsidie Hernieuwbare Energie zich richt op het verlagen van de toekomstige subsidie-uitgaven, zijn er verschillende redenen om de uitsluiting van R&D naar biobrandstoffen te heroverwegen:

- Hoewel biobrandstoffen momenteel niet gesubsidieerd worden, leidt de bijmengverplichting in het wegtransport wel tot kostenverhogingen. Net als de SDE+-subsidie draagt de eindgebruiker de meerkosten, zij het niet door een ODE maar door een hogere brandstofprijs. Innovatie kan de kosten voor de eindgebruiker verminderen net zoals lagere SDE+-subsidies tot lagere kosten voor de eindgebruiker kunnen leiden. De omvang van de mogelijke prijsverlaging wordt in Paragraaf 2.4.2 geanalyseerd.
- Om verschillende redenen kan het gebruik van biokerosine het best gestimuleerd worden door middel van een subsidie (zie Hoofdstuk 4). Als die uitrolsubsidie zou worden ingevoerd, ligt het voor de hand om dezelfde voorwaarden voor innovatiesubsidies te hanteren als voor de vormen van duurzame energie die in de SDE+ gesubsidieerd worden.
- Wanneer de vraag naar biokerosine in Nederland toeneemt, is er een aanzienlijke kans dat een productiefaciliteit in Nederland wordt gevestigd (zie paragraaf 3.3). Wanneer de kennisinfrastructuur goed is, neemt de kans op vestiging in Nederland nog toe. Op die manier zou een R&D subsidie ook kunnen bijdragen aan de bredere doelstellingen van de topsector energie, zoals het stimuleren van nieuwe bedrijvigheid en het versterken van de internationale concurrentiepositie.

Er zijn dus goede argumenten om de Subsidie Hernieuwbare Energie open te stellen voor biobrandstoffen in het algemeen en biokerosine in het bijzonder.

#### ***Financiële instrumenten: generieke fiscale stimulering en specifieke subsidies***

Er is een aantal generieke instrumenten beschikbaar die investeringen in R&D financieel aantrekkelijk maken. Dit zijn onder meer de WBSO, de Innovatiebox en het Innovatiekrediet (zie ook Figuur 13). Deze belastingmaatregelen zijn generiek en bevoordelen innovatie op het gebied van biokerosine niet ten opzichte van andere sectoren. Middels gerichte voorzieningen in (Europese) innovatiefondsen kan dit wel worden bereikt. Eén van de investeringsfondsen in de SEED Capital-regeling is het Mainport Innovation Fund. Dit fonds is opgericht door TU Delft, KLM, Schiphol, Rabobank en RVO. Volgens Ecofys (2014) was dit fonds actief op zoek naar een biokerosine startup om in te investeren.

Het Nederlandse innovatiebeleid is gericht op het bieden van zo veel mogelijk ruimte aan het bedrijfsleven en ondernemers. Het zet in op minder subsidies en meer generieke lastenverlichting. Wel is er een aantal Europese subsidies beschikbaar. De belangrijkste zijn NER400 en Horizon2020. Het openstellen van deze fondsen voor gerichte innovatie in de biokerosineketen (bijvoorbeeld voor de ontwikkeling van conversietechnologieën) biedt een financiële stimulans om te investeren. Verder is er NWO-financiering beschikbaar voor onderzoek.



### ***Innovatieve aanbestedingen en prijsvragen***

De Nederlandse overheid kan gebruik maken van innovatieve aanbestedingen en prijsvragen om oplossingen voor maatschappelijke uitdagingen voort te brengen. In de Verenigde Staten worden prijsvragen met succes toegepast. In Nederland wordt hier weinig gebruik van gemaakt. Onder de SBIR-regeling kunnen bedrijven een offerte indienen bij RVO met een oplossing van een door de overheid geïdentificeerde uitdaging. De beste ideeën mogen uiteindelijk hun product gereedmaken voor de markt. Voor de ontwikkeling van biokerosine kan een dergelijke opdracht worden geformuleerd.

### ***Demonstratieprojecten***

De overheid kan demonstratieprojecten faciliteren of financieel ondersteunen middels een subsidie. Deze projecten hebben als doel bepaalde technologieën te demonstreren en zo ook potentiële afnemers te overtuigen.

In de Scandinavische landen en de VS worden demonstratieprojecten ondersteund middels overheidsgeld. In Zweden en Denemarken bevinden zich momenteel drie bioraffinaderijen in de pilot/demonstratiefase (Wormslev & Pedersen, 2016).

## **3.5 Overheidsmaatregelen in de rest van de keten**

Er is een aantal bottlenecks in de rest van de keten. De overheid kan wellicht een rol spelen bij de oplossing. Deze alinea analyseert vier potentiële barrières en benoemt kort mogelijke overheidsinterventies om ze te slechten.

De productie van biomassa vindt zowel binnen als buiten Europa plaats. Om grootschalige kerosineproductie in Nederland te kunnen faciliteren is het noodzakelijk dat voldoende biomassa op voorspelbare en betrouwbare wijze kan worden aangevoerd. In het algemeen zijn dit zaken die de markt zelf goed kan oplossen. Toch zou het kunnen dat er in eerste instantie overheids-ondersteuning nodig is in deze ontluikende markt, bijvoorbeeld via het sluiten van overeenkomsten met landen die biomassa voorhanden hebben.

Een andere potentiële bottleneck is dat sommige combinaties van grondstoffen en omzettingstechnologieën zich moeilijk lenen voor grootschalige toepassing, bijvoorbeeld omdat de biomassastromen in beperkte mate voorhanden zijn. Dit betekent wellicht dat de certificatiekosten slechts over een beperkt productievolume biokerosine uitgesmeerd worden en daarmee een barrière vormen. De overheid zou certificeringskosten in aanmerking kunnen laten komen voor innovatiesubsidies in een van de regelingen die besproken zijn in Paragraaf 3.4.

Een derde mogelijke bottleneck is dat duurzaamheidscriteria voor hernieuwbare brandstoffen aan verandering onderhevig zijn. Dit is deels het gevolg van voortschrijdend wetenschappelijk inzicht in de effecten van de productie van het hernieuwbare brandstoffen op het milieu en de arbeids- en leefomstandigheden, en daarom onvermijdelijk. Maar een verandering in de duurzaamheidscriteria verhoogt het risico in investeringen in productiefaciliteiten en daarmee de innovatie en schaalvergroting die daarmee samenhangt. De overheid zou kunnen onderzoeken op welke manier zekerheid geboden kan worden aan investeerders tegen veranderingen in duurzaamheidscriteria.





Tot slot moet biobrandstof voor de luchtvaart concurreren met biobrandstof voor de weg op het gebied van biomassa en investeringen in technologie. Zolang het gebruik van biobrandstoffen voor wegvervoer grootschalig wordt gestimuleerd door bijmengverplichtingen en gebruik in de luchtvaart niet, zal biokerosine in het nadeel blijven. Nederland zou zich er in Europees verband voor kunnen inzetten dat het beleid voor hernieuwbare brandstoffen zich erop richt dat vloeibare brandstoffen met name worden ingezet in sectoren die geen alternatieven voorhanden hebben, zoals de luchtvaart.

### 3.6 Conclusie

#### **Vestigingsbeleid: vestigingsfactoren zijn gunstig voor biokerosinefabrieken**

Als bedrijven daadwerkelijk op commerciële schaal biokerosine willen gaan produceren, zou het gunstig zijn voor de Nederlandse economie deze productiefaciliteiten in Nederland te lokaliseren en niet in het buitenland. De huidige uitgangspositie van Nederland is goed, met de Rotterdamse haven als invoerplaats voor biomassa en reeds aanwezige bioraffinage. Om bedrijven voor Nederland te laten kiezen, is het belangrijk dat zij er zeker van kunnen zijn dat hun investeringen een voldoende hoog rendement hebben. Het belangrijkste hierbij is dat er een stabiele vraag wordt gecreëerd. Overheidsbeleid kan hieraan een bijdrage leveren. De overheid kan ook het aanbod stimuleren, maar de additionele mogelijkheden (buiten reeds bestaande (generieke) instrumenten) zijn beperkt. Zo is het al mogelijk overheidsgaranties te geven aan investeerders.

#### **Innovatie: bestaande structuren voldoen, maar biobrandstoffen moeten ook in aanmerking komen voor R&D subsidies**

Innovatie, middels investeringen in R&D en pilot- en demonstratieprojecten, kan bijdragen aan het verlagen van de productiekosten van biokerosine. Ook schaalvoordelen kunnen de productiekosten verder laten dalen. Zeker voor tweede-generatie biokerosine zijn er nog voldoende mogelijkheden voor verdere product- en procesinnovaties.

Het huidige innovatiebeleid, waaronder het Topsectorenbeleid en fiscaal innovatiebeleid, biedt een aantal instrumenten die investeringen in R&D en innovatie aantrekkelijk maken. Voor elke fase van de innovatie is in principe ondersteuning beschikbaar. De omvang van de ondersteuning voor biokerosine is beperkt doordat het onderzoek in de Topsector Energie zich hoofdzakelijk richt op technologieën die onder de SDE+ vallen. Er zijn echter goede redenen om de subsidieregelingen ook open te stellen voor biokerosine, omdat innovatie daarin ook leidt tot lagere prijzen voor de eindgebruiker en nieuwe bedrijvigheid in Nederland.





# 4 Beleid om de vraag naar biobrandstoffen te stimuleren

## 4.1 Introductie

Dit hoofdstuk gaat in op beleid dat de vraag naar biobrandstoffen kan stimuleren. Paragraaf 4.2 bespreekt het doel van het beleid. In Paragraaf 2.4 staan de bedragen die gemoeid zijn met de stimulering van de vraag en hoe deze zich ontwikkelen in de tijd. Paragraaf 4.3 analyseert hoe die kosten verdeeld kunnen worden over verschillende actoren en welke beleidsinstrumenten daarbij passen. Paragraaf 4.4 beschrijft het ontwerp van het beleidsinstrument in detail en de conclusies van dit hoofdstuk staan in Paragraaf 4.5.

## 4.2 Wat is het doel van vraagstimulering?

Zoals reeds uiteengezet in Paragraaf 1.1 is het prijsverschil tussen fossiele kerosine en biokerosine op dit moment te groot om grootschalige toepassing van biobrandstoffen mogelijk te maken. Tegelijkertijd zullen er zonder deze grootschalige toepassing geen schaalvoordelen, leereffecten en innovatie plaatsvinden die de prijs laten dalen.

Het doel van overheidsmaatregelen die de vraag naar biobrandstoffen bevorderen is dan ook om schaalvoordelen, leereffecten en innovatie te stimuleren die kunnen leiden tot een verkleining van het prijsverschil tussen fossiele kerosine en biokerosine. Een ondergeschikt doel is het stimuleren van de productie van biokerosine in Nederland.

Vraagstimulering kan zorgen voor:

- schaalgroottevoordelen;
- aantrekkelijker om te investeren, omdat voorziene inkomsten ook hoger zijn;
- Investeringszekerheid.

Naast overheidsmaatregelen om de vraag naar biokerosine te stimuleren is het ook mogelijk om vrijwillige maatregelen te nemen. Nu al kiezen sommige bedrijven en organisaties ervoor om vrijwillig meer te betalen voor hun vliegtickets om op die manier bij te dragen aan de meerkosten van biokerosine. Ook het Ministerie van I&M heeft een dergelijke regeling, die uitgebreid zou kunnen worden naar andere ministeries. Hoewel dit de vraag naar biokerosine zou vergroten, lijkt het onwaarschijnlijk dat daarmee een van de doelstellingen uit Tabel 7 kan worden behaald, daarvoor is de vrijwillige vraag te klein. Daarmee is de bijdrage aan de kostendaling door schaalvoordelen en innovatie ook beperkt. Dit type maatregelen zijn in dit rapport niet nader onderzocht omdat ook niet direct duidelijk is hoe de overheid ze zou kunnen stimuleren.

### 4.3 Keuze van het beleidsinstrument en de verdeling van de meerkosten

Het gebruik van biokerosine wordt in verschillende bestaande beleidsinstrumenten gestimuleerd, al is de prikkel onvoldoende om tot een toenemende vraag naar biokerosine te leiden. De beleidsinstrumenten zijn:

- Hernieuwbare Brandstofeenheden die brandstofmaatschappijen moeten inleveren om te voldoen aan de bijmengverplichting voor het wegverkeer, kunnen ook in de luchtvaart worden gegenereerd.
- In het EU ETS zijn de emissies van biobrandstoffen op 0 gesteld, zodat voor biobrandstoffen geen emissierechten hoeven te worden afgedragen.
- Naar alle waarschijnlijkheid zal ook in CORSIA een bijzondere behandeling van hernieuwbare brandstoffen komen

Daarnaast zijn er private initiatieven waarmee luchtvaartmaatschappijen een deel van de meerkosten terugverdienen, zoals overeenkomsten met bedrijven en organisaties.

Ondanks al deze maatregelen blijft er een aanzienlijk kostenverschil tussen fossiele kerosine en biokerosine. Wanneer het wenselijk is om de vraag naar biokerosine te stimuleren, kan de overheid de meerkosten subsidiëren of een verplichting invoeren om biokerosine te gebruiken. De meeste landen kiezen ervoor de meerkosten te subsidiëren (zie Tekstvak 3).

#### Tekstvak 3 Vraagbeleid in het buitenland

Uit Paragraaf 3.3 blijkt dat diverse landen middels vraag gestuurd beleid het gebruik van biokerosine willen stimuleren. Het is ook daarbij de vraag welke partij de meerkosten draagt.

In de Verenigde Staten hebben het leger en de marine als 'launching customer' gefungeerd. In eerste instantie betaalde defensie zelf de meerkosten. Dit leidde tot veel kritiek. Het is inmiddels wettelijk niet toegestaan dat leger en marine meer voor hun biobrandstoffen betalen dan zij voor conventionele brandstoffen zouden betalen. Om toch van biobrandstoffen gebruik te maken subsidieert de Amerikaanse overheid momenteel de productie van biomassa (EIA, 2014).

In Noorwegen is sprake van een bijmengverplichting en compenseert Enova producenten van biobrandstoffen en bioelektriciteit voor de meerkosten (Wormslev, et al., 2016, p.77). Enova is een Noors overheidsbedrijf gericht op het verduurzamen van de energievoorziening. Enova wordt gefinancierd het Noorse Energiefonds. Dit Energiefonds wordt gevoed door een opslag op de elektriciteitsrekening en geld uit het 'Green Fund for Climate, Renewable Energy and Energy Efficiency Measures' (Enova, 2017). Hiernaast zijn biobrandstoffen in Noorwegen uitgezonderd van een CO<sub>2</sub>-tax voor het luchtverkeer. Verder worden extra maatregelen overwogen. Eén hiervan is een differentiatie in landing fees. Dit zou betekenen dat landing fees bij vluchten met minimaal 25% biomassa met 25% omlaag gaan. (Wormslev, et al., 2016)

Ook Mexico en Indonesië hebben een verplicht target. Het is niet duidelijk hoe de meerkosten hiervan worden bekostigd.

De rest van deze paragraaf analyseert de voor- en nadelen van beide beleidsopties.

#### Verplichte bijmenging of subsidie

Een verplichte bijmenging legt de meerkosten bij de brandstofverbruiker neer, in dit geval de luchtvaartmaatschappijen. Dit heeft gevolgen voor de ticketprijzen en daarmee op de vraag naar luchtvaart en het netwerk, op de aantrekkelijkheid van Nederlandse luchthavens, en op de brandstofinnamestrategie van luchtvaartmaatschappijen.



Luchtvaartmaatschappijen zullen de hogere brandstofkosten doorberekenen aan de passagiers en aan de verladers van luchtvracht, net zoals ze een brandstofprijsverandering als gevolg van een verandering van de olieprijs doorberekenen. Daarbij ligt het voor de hand dat ze de kosten zo toedelen aan de verschillende passagiers dat ze hun winst optimaliseren. Met andere woorden, de kostenverdeling zal optimaal zijn vanuit het private perspectief van de luchtvaartmaatschappijen.

Door de bijmengverplichting zullen de brandstofprijzen op Nederlandse luchthavens toenemen ten opzichte van andere luchthavens. Dat maakt Nederlandse luchthavens minder aantrekkelijk voor luchtvaartmaatschappijen, wat negatieve effecten kan hebben op het netwerk.

Wanneer de brandstofprijzen op Nederlandse luchthavens stijgen ten opzichte van andere luchthavens wordt het aantrekkelijk voor luchtvaartmaatschappijen om meer brandstof in te nemen op buitenlandse luchthavens en minder in Nederland. Deze praktijk wordt *tankering* genoemd. Hoewel tankering voor een kostenbesparing kan zorgen, heeft het een negatieve invloed op het milieu omdat het brandstofverbruik toeneemt (het kost immers brandstof om brandstof te vervoeren). Daarmee zou een deel van de CO<sub>2</sub>-winst van het gebruik van biokerosine worden teniet gedaan.

Wanneer de meerkosten van biokerosine gesubsidieerd worden, blijven de brandstofprijzen op Nederlandse luchthavens onveranderd. Daarmee treden bovenstaande effecten niet op.

De subsidie kan op verschillende manieren gefinancierd worden, waarbij de kosten bij verschillende partijen terecht kunnen komen. Er zijn twee manieren die voor de hand liggen: een financiering uit de algemene middelen waaraan alle belastingbetalers bijdragen en een financiering door de sector zelf, bijvoorbeeld met een DBH.

Een subsidie die uit de algemene middelen wordt gefinancierd heeft als voordeel dat er geen effecten zijn op de luchtvaartsector. Daar staat tegenover dat ook belastingbetalers die geen gebruik maken van de luchtvaart bijdragen aan de financiering en dat de koopkracht verslechtert. Dit heeft negatieve economische effecten die berekend worden in Hoofdstuk 5.

Financiering door een DBH is meer in overeenstemming met het principe dat de vervuiler betaalt. In vergelijking met een verplichte bijmenging heeft een DBH het voordeel dat de overheid de kosten kan verdelen op een manier die optimaal is vanuit het algemeen belang, en niet vanuit het private belang van elke luchtvaartmaatschappij (hoewel luchtvaartmaatschappijen natuurlijk weer kunnen reageren met aanpassing van de relatieve prijzen).

### **Ontvanger van de subsidie**

In principe komen verschillende partijen in aanmerking om de subsidie te ontvangen:

1. De producent van de biokerosine.
2. De leverancier van de biokerosine.
3. De eindgebruiker van de biokerosine.

De keuze heeft effect op het vestigingsklimaat en de emissies van de Nederlandse luchtvaart.

Wanneer producenten van biokerosine in aanmerking komen voor een subsidie, kan als voorwaarde worden gesteld dat de productie in Nederland plaatsvindt.



Daarmee is de kans maximaal dat de investering in Nederland wordt gedaan en dat de geassocieerde toegevoegde waarde en werkgelegenheid bijdraagt aan de Nederlandse economie. Waarschijnlijk is het echter niet mogelijk om als voorwaarde aan de subsidie te stellen dat de brandstof in Nederland wordt geleverd. Daarmee bestaat het risico dat de brandstof wordt geëxporteerd en dat de emissies van de Nederlandse luchtvaart niet afnemen.

Wanneer leveranciers in aanmerking komen voor de subsidie, kan als voorwaarde worden gesteld dat de brandstof in Nederland geleverd wordt. De emissies van de Nederlandse luchtvaart dalen dan. Het is waarschijnlijk niet mogelijk om als voorwaarde te stellen dat de brandstof ook in Nederland wordt geproduceerd, zodat de subsidie geen invloed heeft op het vestigingsklimaat voor producenten. Een voordeel van een subsidie voor de leverancier is dat soortgelijke subsidies zijn goedgekeurd onder de staatsteunregels, zolang ze aan de voorwaarde voldoen dat alleen duurzame biobrandstoffen worden gesubsidieerd en dat er geen sprake is van oversubsidiëring (zie bijvoorbeeld zaak SA.39654 (EC, 2015)).

Een subsidie voor luchtvaartmaatschappijen, de eindgebruikers, heeft als risico dat ze ook in andere landen biokerosine kunnen inkopen, waardoor de emissies van de Nederlandse luchtvaart niet zouden dalen en de kans op een biokerosinefabriek in Nederland ook niet zou toenemen. Bovendien kunnen de administratieve lasten hoger uitvallen omdat er meer luchtvaartmaatschappijen zijn dan brandstofleveranciers.

#### **Conclusie: vormgeving van de subsidie**

In overleg met de opdrachtgever is gekozen om de effecten te bepalen van drie beleidsvarianten:

- A. Een subsidie voor de meerkosten van biokerosine die wordt betaald uit een DBH.
- B. Een subsidie voor de meerkosten van biokerosine die voor de helft wordt betaald uit een DBH en voor de andere helft uit de algemene middelen.
- C. Een subsidie voor de meerkosten van biokerosine die wordt betaald uit de algemene middelen.

De beleidsvarianten zijn een aanvulling op bestaande beleidsinstrumenten die elk een klein deel van het kostenverschil tussen fossiele en biokerosine overbruggen, zoals het EU ETS, waarin biobrandstoffen een emissiefactor 0 hebben, hernieuwbare-brandstofeenheden, en in de toekomst CORSIA, waarin naar verwachting luchtvaartmaatschappijen minder offsets hoeven in te leveren als ze biobrandstoffen gebruiken.

#### **4.4 Specifieke vormgeving van het beleidsinstrument**

Het beleidsinstrument bestaat uit twee delen: een subsidie en een financiering van de subsidie. Elk deel wordt hieronder afzonderlijk behandeld.

De subsidie heeft als doel om een kostprijsverlaging te veroorzaken door middel van schaalvoordelen, leereffecten en innovatie (zie Paragraaf 4.2). Het beleidsinstrument moet daarom aan de volgende voorwaarden voldoen:

- 1. Het moet voldoende zekerheid bieden aan investeerders om de investering in een productiefaciliteit te rechtvaardigen.
- 2. Het instrument moet kosteneffectief zijn.
- 3. Het instrument moet in staat zijn om de productie en het gebruik van biokerosine in de loop van de tijd te laten toenemen).

Om aan de eerste voorwaarde te voldoen, moeten investeerders redelijkerwijs kunnen verwachten dat de vraag naar biobrandstoffen minstens 15 jaar of langer zal blijven bestaan. Omdat de vraag in die periode vermoedelijk geheel het gevolg zal zijn van overheidsbeleid (de prijs is immers hoger dan de prijs van fossiele kerosine, zie Paragraaf 2.4), zal het beleidsinstrument zekerheid moet bieden. In een parlementaire democratie kan niet worden gegarandeerd dat een beleidsinstrument zo lang blijft bestaan. Echter, een subsidie kan echter wel voor een langere periode worden toegekend: de SDE+ subsidie voor windenergie kent een looptijd van 15 jaar. De eerste voorwaarde houdt dus in dat de subsidie voor minimaal 15 jaar wordt toegekend.

Om aan de tweede voorwaarde te voldoen, zou de subsidie toegekend kunnen worden via een aanbestedingsprocedure. De overheid zou marktpartijen kunnen laten intekenen op de levering van een bepaalde hoeveelheid biokerosine gedurende 10-15 jaar en de opdracht gunnen aan de bidder die de laagste meerprijs heeft ten opzichte van kerosine. Een alternatieve methode is het uitnodigen van marktpartijen om jaarlijks voor een bepaalde meerprijs biokerosine te leveren. De opdracht gaat dan naar de partij die het grootste volume kan leveren. Het subsidiebedrag kan eventueel periodiek aangepast worden aan schommelingen in de prijs van fossiele kerosine.

Om aan de derde voorwaarde te voldoen, zou jaarlijks een subsidie kunnen worden toegekend. In de eerste 15 jaar van de regeling zou de productie dan toenemen.

Het is niet duidelijk of de subsidie ook als voorwaarde kan stellen dat de productie in Nederland plaatsvindt zonder in strijd te zijn met aanbestedingsregels of het risico te lopen aangemerkt te worden als ongeoorloofde staatssteun.

De financiering van de subsidie kan uit de algemene middelen komen of gedeeltelijk of geheel uit een DBH. Aangezien de opbrengsten van de DBH zullen worden gebruikt voor de financiering van de meerkosten van biokerosine kan ook gesproken worden van een biokerosineheffing. Bij de vormgeving van de DBH zijn vooralsnog uitgangspunten gehanteerd, die gebaseerd zijn op de Nederlandse vliegbelasting (uit 2008-2009) en de Duitse en Britse vliegbelasting, hoewel die belastingen geen doelheffingen zijn maar bijdragen aan de schatkist:

- De DBH is een vast bedrag per passagier en geldt niet voor vracht.
- De DBH geldt alleen voor vertrekkende OD-passagiers van luchthavens in Nederland. Transferpassagiers zijn dus vrijgesteld. Hiervoor zijn twee redenen:
  - Voorkomen dat passagiers die vertrekken vanuit een land met een DBH dubbel belast worden.
  - Transferpassagiers zijn prijsgevoeliger dan OD-passagiers, waardoor een heffing grotere gevolgen heeft voor de vraag. Als zij onder de heffing zouden vallen, zou het effect op het netwerk van Schiphol groot zijn, omdat veel internationale vluchten afhankelijk zijn van transferpassagiers.
- Er zijn twee tarieven:
  - een tarief voor alle bestemmingen binnen de EU en voor overige Europese bestemmingen op maximaal 2.500 km vliegafstand.
  - een tarief voor de overige (intercontinentale) bestemmingen. Het tweede tarief is vier maal zo hoog als het eerste tarief.

Bij het vaststellen van de hoogte van de heffing is rekening gehouden met inderdieneffecten.

Merk op dat deze studie niet beoogt om de optimale DBH vorm te geven. Het verdient aanbeveling om bij een eventuele invoering van een DBH nader onderzoek te doen naar de effecten van verschillende keuzes, zoals het vrijstellen van vracht en de verhouding tussen de tarieven voor intra-Europese en intercontinentale vluchten.

#### 4.4.1 Vergelijking met andere subsidies voor duurzame energie

De biokerosineprijs bedraagt momenteel ongeveer € 0,113 tot 0,132 per kWh en ligt daarmee binnen de bandbreedte van de *basisprijs* van technologieën die in aanmerking komen voor SDE+ subsidie van € 0,05 tot 0,15 (ECN, 2016a).

De onrendabele top, het verschil tussen de basisprijs en de prijs van fossiele kerosine, bedraagt € 0,05 tot € 0,10 per kWh, afhankelijk van de prijs van fossiele kerosine en de biokerosineprijs. Dat is vergelijkbaar met subsidiebedragen voor bijvoorbeeld wind op dijk (€ 0,04 - € 0,08), zonthermie (€ 0,085) en zon-PV (€ 0,10).

De totale financieringsbehoefte onder de hier onderzochte scenario's stijgt tot € 200 - 500 miljoen per jaar in 2030 (zie Paragraaf 2.6). Voor dat jaar zijn nog geen andere uitgaven voor duurzame energie begroot, maar de begrote uitgaven aan de SDE en SDE+ lopen de komende jaren op tot circa € 3 miljard in 2020 (TK, 2016-2017). Als ze daarna constant zouden blijven, dan zou de subsidie voor biokerosine 7% - 17% van de totale subsidie aan hernieuwbare energie bedragen. Naast deze overheidssubsidies heeft de maatschappij ook nog kosten die samenhangen met de bijmengverplichting voor biobrandstoffen in het wegverkeer.

De SDE+ wordt gefinancierd uit de Opslag Duurzame Energie (ODE), een heffing per verbruikte eenheid elektriciteit of gas. Op die manier betaalt de energieverbruiker de verduurzaming van de energie. De bijmengverplichting voor vloeibare brandstoffen leidt tot hogere kosten voor brandstoffen, waardoor de eindverbruiker van motorbrandstoffen betaalt voor de verduurzaming.

#### 4.5 Overzicht beleidspakketten

Tabel 8 geeft een samenvatting van de beleidspakketten.

De internationale context is voor elk scenario en beleidspakket gelijk: biokerosine wordt voor 80% vrijgesteld in CORSIA en voor 100% in het EU ETS. In de scenario's met de hoogste ambitie wordt innovatie gestimuleerd met R&D subsidies. De vraag wordt in alle scenario's gestimuleerd met een subsidie voor de leverancier van biobrandstoffen. De financiering van de subsidie verschilt daarentegen, net als de hoogte van de subsidie, die afhangt van de hoeveelheid biokerosine en de prijs. Daarmee varieert ook de hoogte van de DBH (in beleidsvariant A en B) en het beslag op de algemene middelen (in variant B en C).

Tabel 8 Samenvatting beleidspakketten

| Laag scenario: 0,5 miljoen ton biokerosine in 2030 (9% van het geprojecteerde kerosineverbruik)               |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                               | Beleidsvariant A<br>De luchtvaartsector draagt de kosten voor biokerosine                                                                                                                | Beleidsvariant B<br>De luchtvaartsector en de maatschappij delen de kosten voor biokerosine                                                                           | Beleidsvariant C<br>De maatschappij draagt de kosten voor biokerosine                                              |
| Internationale context<br>   | Biokerosine 80% vrijgesteld in GMBM en voor 100% in het EU ETS                                                                                                                           |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                    |
| Financiering subsidie<br>    | Subsidie voor de meerkosten van biokerosine. De subsidie wordt gefinancierd door een DBH.                                                                                                | Subsidie voor de meerkosten van biokerosine. De helft van de subsidie wordt gefinancierd door een DBH, de andere helft door een verhoging van de overige belastingen. | Subsidie voor de meerkosten van biokerosine. De subsidie wordt gefinancierd door een verhoging van de belastingen. |
| Biokerosineproductie<br>    | Er is geen aanvullend beleid met als doel om Nederland koploper in de productie van biokerosine te laten worden.                                                                         |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                    |
| Midden-scenario: 0,9 miljoen ton biokerosine in 2030 (17% van het geprojecteerde kerosineverbruik)            |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                    |
|                                                                                                               | Beleidsvariant A<br>De luchtvaartsector draagt de kosten voor biokerosine                                                                                                                | Beleidsvariant B<br>De luchtvaartsector en de maatschappij delen de kosten voor biokerosine                                                                           | Beleidsvariant C<br>De maatschappij draagt de kosten voor biokerosine                                              |
| Internationale context<br> | Biokerosine 80% vrijgesteld in GMBM en voor 100% in het EU ETS                                                                                                                           |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                    |
| Financiering subsidie<br>  | Subsidie voor de meerkosten van biokerosine. De subsidie wordt gefinancierd door een DBH,<br><br>De vestiging van een biokerosinefabriek wordt gestimuleerd door gerichte maatregelen. * | Subsidie voor de meerkosten van biokerosine. De helft van de subsidie wordt gefinancierd door een DBH, de andere helft door een verhoging van de overige belastingen. | Subsidie voor de meerkosten van biokerosine. De subsidie wordt gefinancierd door een verhoging van de belastingen. |



|                                                                                                                    |                                                                                           |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Biokerosineproductie</b><br>   | De technologieontwikkeling wordt gestimuleerd door R&D subsidie.                          |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                    |
| <b>Hoog-scenario: 1,8 miljoen ton biokerosine in 2030 (35% van het geprojecteerde kerosineverbruik)</b>            |                                                                                           |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                    |
|                                                                                                                    | <b>Beleidsvariant A</b><br>De luchtvaartsector draagt de kosten voor biokerosine          | <b>Beleidsvariant B</b><br>De luchtvaartsector en de maatschappij delen de kosten voor biokerosine                                                                    | <b>Beleidsvariant C</b><br>De maatschappij draagt de kosten voor biokerosine                                       |
| <b>Internationale context</b><br> | Biokerosine 80% vrijgesteld in GMBM en voor 100% in het EU ETS                            |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                    |
| <b>Financiering subsidie</b><br> | Subsidie voor de meerkosten van biokerosine. De subsidie wordt gefinancierd door een DBH. | Subsidie voor de meerkosten van biokerosine. De helft van de subsidie wordt gefinancierd door een DBH, de andere helft door een verhoging van de overige belastingen. | Subsidie voor de meerkosten van biokerosine. De subsidie wordt gefinancierd door een verhoging van de belastingen. |
| <b>Biokerosineproductie</b><br> | De technologieontwikkeling wordt gestimuleerd door R&D subsidie.                          |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                    |

# 5 Effecten van beleidsmaatregelen op de luchtvaart en de Nederlandse economie

## 5.1 Introductie

In de voorgaande hoofdstukken is geschetst welke push- en pullmaatregelen het meest geschikt lijken te zijn om de beoogde biokerosinevolumes te realiseren. In dit hoofdstuk wordt gekeken naar wat de effecten van deze maatregelen zijn. Er wordt gekeken naar de effecten op zowel de luchtvaartsector als de algemene economische effecten en effecten op de (bio)brandstofproductie.

Figuur 14 Effecten op de sectoren en Nederlandse economie



De effecten op de luchtvaartsector zijn bepaald met het AERO-MS-model. Voor het bepalen van de algemene economische effecten is gebruik gemaakt van het model MAGNET. Beide modellen worden beschreven in Bijlage A.

## 5.2 Effecten op de luchtvaartsector

### 5.2.1 Toekomstige situatie luchtvaartsector zonder beleidspakketten

De effecten voor de luchtvaartsector zijn allereerst bepaald voor de situatie zonder beleidspakketten voor de jaren 2015, 2025 en 2030. De situatie van de luchtvaartsector in de afgelopen 2 jaren geldt als het referentiep pad waartegen de effecten van beleidspakketten worden afgezet.

In het AERO-MS-model is een scenario opgenomen met betrekking tot de toekomstige ontwikkeling van de wereldwijde luchtvaartsector [TAKS,2014], dat in overeenstemming is met het groeiscenario dat volgens ICAO het meest realistisch is. Hetzelfde scenario is de laatste jaren veel gebruikt voor analyses waarin de effecten van maatregelen (wereldwijd dan wel Europees) voor de reductie van luchtvaart CO<sub>2</sub>-emissies worden beschouwd.

De belangrijkste karakteristieken van het scenario zijn:

- De wereldwijde groei in het aantal passagiers en de hoeveelheid vracht voor de periode 2010-2040 is bepaald voor 32 route-groepen (bijvoorbeeld alle luchtvaartroutes tussen Europa en Noord-Amerika of alle routes tussen Europa en Afrika). Het scenario laat een duidelijke variatie zien in de groei tussen verschillende groepen. De groei op meer verzadigde markten (bijvoorbeeld vluchten binnen Europa) is daarbij geringer dan de gemiddelde wereldwijde groei. Wereldwijd groeit de passagiersvraag van de internationale luchtvaart met 4,8% per jaar. Voor vracht is de groei nog iets hoger, te weten 5,2% per jaar.
- Er wordt geen rekening gehouden met capaciteitsbeperkingen van luchthavens.
- Een vermindering van het brandstofgebruik van 1% per jaar voor nieuwe vliegtuigen die in de vloot worden opgenomen en Air Traffic Control (ATC) verbeteringen die leiden tot kortere vliegafstanden.
- Een toename van de bezettingsgraad van vliegtuigen.
- Een toename van de prijs van fossiele kerosine naar 3 US\$ per gallon in 2030.<sup>8</sup>

Het ICAO-scenario is met name geschikt als referentiep道 voor analyses op een hoog geografisch schaalniveau (bijvoorbeeld Europees niveau). In het kader van dit onderzoek is een specifiek scenario voor de Nederlandse luchtvaart gebruikt dat verwerkt is in het ICAO-scenario. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De groei van de Nederlandse luchtvaart is gebaseerd op het hoge groei-scenario van het WLO waarbij rekening is gehouden met capaciteitsbeperkingen op Schiphol [WLO, 2016]. In deze studie wordt dit scenario verder aangeduid als het WLO Hoge groeiscenario.
- Het aantal passagiers op Schiphol stijgt tot 86,4 miljoen in 2030. Daarnaast vindt er een overloop plaats richting Lelystad en Eindhoven door capaciteitsbeperkingen op Schiphol. De overloop heeft met name betrekking op vluchten uitgevoerd door low-cost carriers (LCC).
- Het aandeel transferpassagiers op Schiphol neemt licht toe naar 42,6% in 2030.
- Het aantal passagiers op regionale luchthavens<sup>9</sup> groeit naar 17,2 miljoen in 2030.

Bijlage C (Tabel 0) geeft de gedetailleerde resultaten weer voor de situatie zonder beleidspakketten voor de jaren 2015, 2025 en 2030. De resultaten voor het jaar 2015 met betrekking tot het aantal passagiers, de hoeveelheid luchtvracht en het aantal vluchten komen goed overeen met door Schiphol gepubliceerde gegevens [Schiphol, 2016].

Op Schiphol neemt, conform het WLO Hoge groeiscenario, het aantal passagiers in de periode 2015-2030 toe met 2,7% per jaar. Als gevolg van de uitplaatsing naar Lelystad en Eindhoven, neemt het aantal LCC-passagiers op Schiphol echter duidelijk af, van 10,8 miljoen in 2015 naar 7,2 miljoen in 2030 (zie ook Tabel 0).

<sup>8</sup> Deze prijs is ook aangehouden bij de bepaling van de meerkosten van biokerosine ten opzichte van fossiele kerosine.

<sup>9</sup> Het gaat hier om de luchthavens Rotterdam, Eindhoven, Maastricht, Groningen en Lelystad.



Daarnaast is in de periode 2015-2030 de jaarlijkse toename van het aantal OD-passagiers met een intercontinentale bestemming duidelijk groter (+3,8%) dan de toename van het aantal OD-passagiers met een bestemming binnen Europa (+1,3%). Qua vracht is er op Schiphol, in overeenstemming met het WLO Hoge groeiscenario, sprake van een toename van 3,5% per jaar.

Het aantal Revenue Tonne Km (RTK) is een maat voor de totale vervoersprestatie van de luchtvaart waarin zowel passagiers-kms als ton-kms vracht zijn opgenomen<sup>10</sup>. Daartegen kan de hoeveelheid CO<sub>2</sub>-emissies worden afgezet om een beeld te vormen van de ontwikkeling van de CO<sub>2</sub>-emissies per eenheid vervoersprestatie. Het aantal RTKs groeit sterker dan de toename van het aantal passagiers en de hoeveelheid vracht. Dit aangezien de gemiddelde vliegafstand toeneemt als gevolg van onder andere de relatief sterke toename van passagiers met een intercontinentale bestemming.

De ontwikkeling van het aantal vliegtuigbewegingen op Schiphol, zoals door het AERO-MS-model berekend, komt goed overeen die uit het WLO Hoge groeiscenario. Op Schiphol worden 636.000 vliegtuigbewegingen verwacht in 2030 om aan de verwachte vraag te voldoen.

De gemiddelde prijs voor een retourticket varieert sterk tussen business class en economy class (voor netwerk carriers) en LCC-passagiers (zie tabel C1). De variatie in de gemiddelde ticketprijs is van grote invloed op de mate van vraaguitlevering voor de drie onderscheiden passagiersgroepen als gevolg van een DBH (zie ook Paragraaf 5.2.2).

De werkgelegenheid op Schiphol die voor 2015 wordt berekend, komt goed overeen met gerapporteerde gegevens [Decisio, 2015].

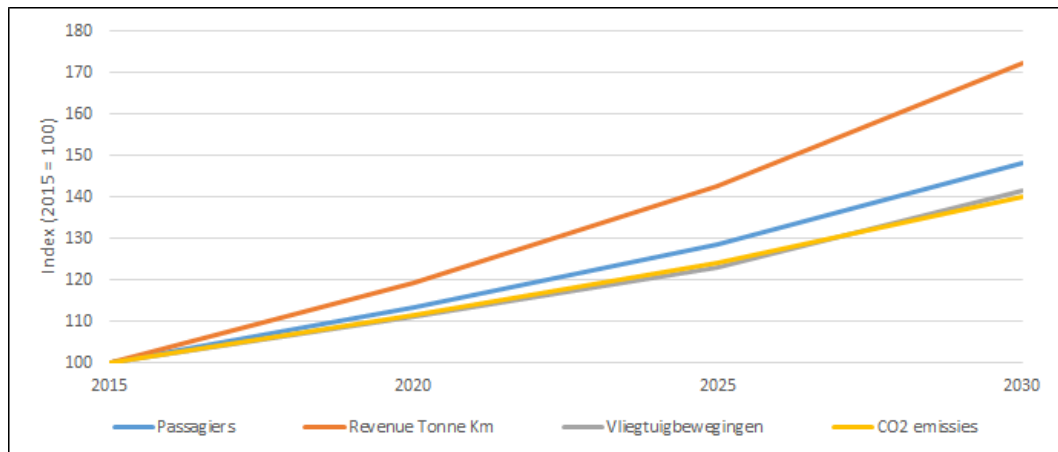
De CO<sub>2</sub>-emissies voor de vluchten vanaf Schiphol nemen toe van 11,2 Mt in 2015 naar 15,7 Mt in 2030. Deze toename is duidelijk lager dan de groei in de totale vervoersprestatie uitgedrukt in RTK. De CO<sub>2</sub>-emissies per RTK op vluchten vanaf Schiphol nemen in de periode 2015-2030 dan ook met 1,4% per jaar af. Deze daling heeft te maken met een aantal verwachte ontwikkelingen, zoals de vermindering van het brandstofgebruik van nieuwe vliegtuigen, ATC-verbeteringen en een toename van de bezettingsgraad.

Figuur 15 geeft de ontwikkelingen weer van de luchtvaart en de hoeveelheid CO<sub>2</sub>-emissies op Schiphol voor de periode 2015-2030. Hieruit is op te maken dat het aantal RTKs beduidend sneller toeneemt dan de hoeveelheid CO<sub>2</sub>-emissies, maar dat ook de CO<sub>2</sub>-emissies bij ongewijzigd beleid nog significant toenemen.

---

<sup>10</sup> Het aantal reizigerskilometer wordt vertaald naar RTK door uit te gaan van een gemiddeld gewicht van 90 kg per passagier inclusief bagage.

**Figuur 15** Ontwikkeling luchtvaart en CO<sub>2</sub>-emissies op Schiphol in situatie zonder beleidspakketten



Mede als gevolg van de uitplaatsing van vluchten vanaf Schiphol, is er een sterke toename van passagiers en vliegtuigbewegingen op regionale luchthavens. Daarmee nemen ook de CO<sub>2</sub>-emissies op vluchten vanaf regionale luchthavens toe, die in 2030 volgens het WLO Hoge groeiscenario 5% van de CO<sub>2</sub>-emissies van de Nederlandse luchtvaart voor hun rekening zullen nemen. In 2015 was dit aandeel nog rond de 3%.

Voor 2015 worden door het AERO-MS-model de totale CO<sub>2</sub>-emissies voor de Nederlandse luchtvaart berekend op 11,6 Mt. Voor het jaar 2014 is door Nederland een hoeveelheid van 10,9 Mt gerapporteerd [Eurostat-T, 2016].

### 5.2.2 Effecten van beleidsvarianten voor de luchtvaartsector

De effecten voor de luchtvaartsector in Nederland zijn bepaald voor de beleidsvarianten waarbij de meerkosten van biokerosine in zijn geheel of gedeeltelijk door de luchtvaartsector worden gedragen (beleidsvariant A en B). Effecten zijn bepaald voor het midden-scenario uitgaande van de hoge biokerosineprijs en het hoog-scenario uitgaande van de lage biokerosineprijs. Voor de effectbepaling is gebruik gemaakt van het AERO-MS-model. Een gedetailleerd overzicht van de berekende effecten is weergegeven in Bijlage C.

Een belangrijk uitgangspunt in de effectbepaling is dat luchtvaartmaatschappijen de prijsverhoging als gevolg van een DBH zullen verdisconteren in de ticketprijs. Dit zal leiden tot een lagere vraag naar vluchten vanaf Nederlandse luchthavens. Bij het bepalen van het effect op de vraag maakt het AERO-MS-model gebruik van prijselasticiteiten die door IATA zijn afgeleid [IATA, 2008]. In deze studie gebruiken we prijselasticiteiten die door IATA zijn afgeleid voor prijsverhogende maatregelen die op nationale schaal worden ingevoerd.

Bij een vraagafname kunnen luchtvaartmaatschappijen hun operaties aanpassen door vliegfrequenties te verlagen, kleinere vliegtuigen in te zetten of routes te wijzigen. Met name low-cost carriers zullen over het algemeen snel reageren door bijvoorbeeld het terugbrengen van frequenties dan wel het schrappen van routes.

Bij beleidsvariant C is het uitgangspunt dat de meerkosten voor biokerosine volledig worden gefinancierd door een algemene belastingverhoging. Dit zal ten koste gaan van de algemene koopkracht van consumenten, waardoor er ook een beperkend effect voor de luchtvaart zal optreden. De totale consumentenbestedingen in Nederland in 2030 worden geschat op ongeveer € 460 miljard. De maximale belastingverhoging om de meerkosten van biokerosine te financieren bedraagt € 500 miljoen in geval van beleidsvariant C voor het midden-scenario en uitgaande van de hoge biokerosineprijs (zie ook Paragraaf 4.4 ). De beschikbare consumptieve bestedingen zullen dan in 2030 afnemen met ongeveer 1 promille. De inkomenselasticiteit voor de passagiersvraag in de luchtvaart bedraagt voor ontwikkelde landen zoals Nederland ongeveer 1,5 [IATA, 2008]. Een afname van de consumptieve bestedingen met 1 promille zal dan ook naar verwachting leiden tot een afname van de passagiersvraag in de luchtvaart met ongeveer 1.5 promille (0,15%). Gezien dit zeer beperkte effect, is er voor beleidsvariant C geen gedetailleerde effectbepaling voor de luchtvaart met het AERO-MS-model uitgevoerd.

Bij beleidsvarianten A en B verschilt het effect op de vraag sterk, afhankelijk van het type passagiers. Een belangrijk onderscheid is hierbij te maken tussen passagiers met een zakelijk dan wel niet-zakelijk reismotief. Zakelijke passagiers zijn over het algemeen minder prijsgevoelig dan niet-zakelijke passagiers. Voor netwerk carriers zijn de effecten gepresenteerd voor business class passagiers (overwegend zakelijke passagiers) en economy class passagiers (merendeels niet-zakelijke passagiers). Daarnaast zijn de effecten voor de overwegend niet-zakelijke passagiers van low-cost carriers apart in beeld gebracht.

De afname van het aantal business class passagiers is beperkt aangezien de DBH nauwelijks impact heeft op de prijs die deze passagiers betalen. Daarnaast is de vraag van deze groep passagiers relatief prijsinelastisch. Voor passagiers die gebruik maken van low-cost carriers is het beeld heel anders. Het gaat hier om passagiers die gebruik maken van goedkope tickets waardoor de DBH, die uitgaat van een vast bedrag per passagier, leidt tot een relatief grote prijsstijging. Bovendien is de vraag van deze groep passagiers relatief prijselastisch. Dit leidt tot een relatief groot effect op de vraag voor LCC-passagiers.

De afname in de vraag van economy class passagiers die met netwerk carriers vliegen, bedraagt voor beleidsvariant A maximaal 4,3%. Over het algemeen ligt het procentuele effect voor economy passagiers in de buurt van het effect dat wordt berekend voor alle OD-passagiers op Schiphol. In het midden-scenario met de hoge biokerosineprijs wordt deze afname aan het eind van de periode berekend (2030), en voor het hoog-scenario met de lage biokerosineprijs in het midden van de periode (2025). Dit is het directe gevolg van de ontwikkeling van de meerkosten voor biokerosine over de tijd. In Paragraaf 2.6 is te zien dat de jaarlijkse meerkosten in het lage biokerosineprijsscenario halverwege de beschouwde periode pieken terwijl in het hoge biokerosineprijsscenario dit pas aan het eind van de periode (2030) is. Hogere meerkosten leiden tot een hogere heffing en daarmee tot een grotere vraaguitval.

De afname van het totale aantal RTKs op Schiphol bedraagt maximaal 1,7%. Deze beperkte afname komt door de belastingvrijstelling van transfer-passagiers en vracht.

Als gevolg van het beleid zal het aantal vliegtuigbewegingen op Schiphol afnemen aangezien luchtvaartmaatschappijen hun operaties zullen aanpassen. Daarnaast daalt de werkgelegenheid op Schiphol.

In alle gevallen is het effect op de passagiersvraag op regionale luchthavens significant sterker dan op Schiphol. Voor het midden-scenario uitgaande van de hoge biokerosineprijs bedraagt de afname van OD-passagiers op Schiphol in 2030 bijvoorbeeld 4,8% terwijl het aantal passagiers op regionale luchthavens met 9% afneemt (zie Tabel C2). De vraaguitval op regionale luchthavens is groter omdat een groter deel van de operaties op deze luchthavens door low-cost carriers wordt uitgevoerd.

Wij benadrukken dat de gepresenteerde vraagdalingen als gevolg van de beleidsvarianten, door het AERO-MS-model worden berekend ten opzichte van een scenario waarin er sprake is van een jaarlijkse toename van de luchtvaart in Nederland. In feite zullen de beleidsvarianten dus niet zo zeer leiden tot een feitelijke afname van de vraag maar veel meer tot een groeivertraging.

Volgens het referentiepado (de situatie zonder beleidspakketten) neemt het aantal passagiers op Schiphol in de periode 2015-2030 jaarlijks 2.7% toe (zie Tabel C1). De maximale afname van het aantal passagiers in 2030 bedraagt ook 2,7% onder het midden-scenario met de hoge biokerosineprijs (beleidsvariant A)<sup>11</sup>. In feite betekent dit voor Schiphol, voor wat betreft het aantal passagiers, dus een maximale groeivertraging van 1 jaar. Anders gezegd betekent het midden-scenario met de hoge biokerosineprijs dat de jaarlijkse groei van passagiers op Schiphol 2,5% gaat bedragen in plaats van de jaarlijkse groei van 2.7% die het referentiepado laat zien. Hierbij komt het aantal passagiers op Schiphol in 2030 uiteindelijk uit op 84,0 miljoen in plaats van de 86,4 miljoen volgens het referentiepado. Aangezien de hoeveelheid biokerosine in de eerste jaren na invoering van het beleid in 2020 beperkt zal zijn, en daarmee ook de meerkosten beperkt zullen zijn (zie Figuur 10), zal de hoogte van de heffing, en daarmee het effect op de vraag, in de eerste jaren ook beperkt zijn. De omvang van het vraageffect zal in de tijd dus langzaam toenemen, en in het geval van de lage biokerosineprijs in de periode 2026-2030 ook weer afnemen. Er zal dus geen sprake zijn van een plotselinge en onverwachte groeivertraging of afname van de vraag zoals het geval was na de aanslagen in 2001 of de SARS-uitbraak in 2003.

### Heffingshoogtes

In Figuur 16 wordt aangegeven wat de heffingshoogtes zijn onder de verschillende beleidsvarianten. Hierbij is uitgegaan van de algemene uitgangspunten voor een DBH die in Paragraaf 4.5 zijn beschreven. De heffingshoogtes zijn zodanig vastgesteld dat de opbrengsten van de heffing overeenkomen met de meerkosten van biokerosine die in de beleidsvarianten door de luchtvaartsector worden gedragen. In Figuur 16 wordt eveneens het effect op de passagiersvraag samengevat.

Het hoge biokerosineprijsscenario laat voor de hele periode 2021-2030 een stijging van de meerkosten van biokerosine zien (zie ook Paragraaf 4.4), als gevolg waarvan de benodigde heffingshoogte ook toeneemt in de tijd. In het geval van de lage biokerosineprijs zijn rond het jaar 2025 de meerkosten maximaal. De benodigde heffingshoogtes zijn rond dat jaar dus ook maximaal. Na 2016 zal de hoogte van een DBH die nodig is om de meerkosten te financieren afnemen.

---

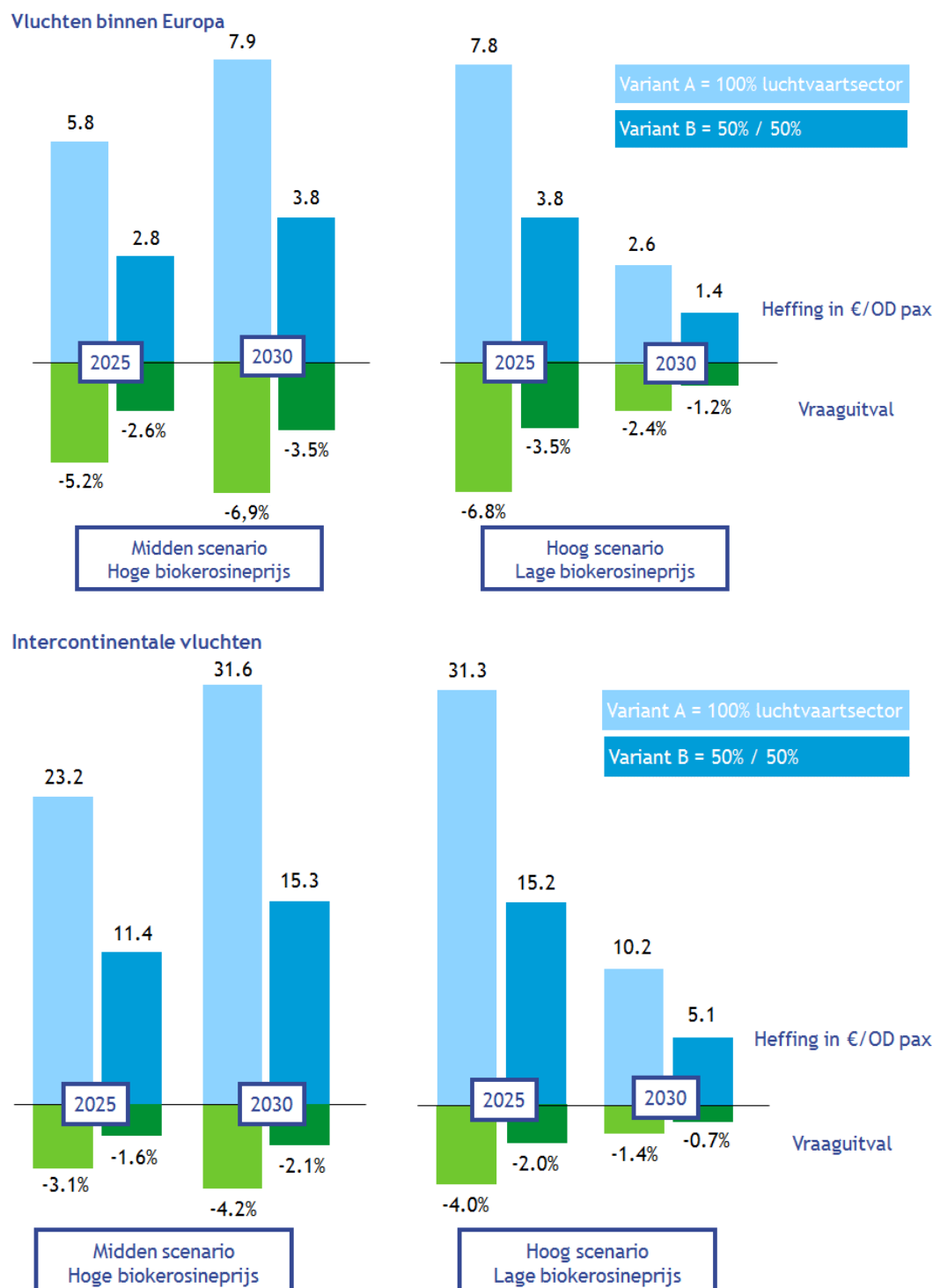
<sup>11</sup> Het gaat hier om de afname van het totale aantal passagiers op Schiphol (OD plus transfer), waarbij er geen afname is van transferpassagiers en een afname van 4,8% voor OD-passagiers in 2030.





Voor het midden-scenario met de hoge biokerosineprijs bedraagt de maximale heffingshoogte € 7,8 en € 31,3 per vertrekkende OD-passagier (beleidsvariant A in het jaar 2030). De maximale heffingshoogte voor het hoog-scenario uitgaande van de lage biokerosineprijs is zeer vergelijkbaar, zijnde € 7,9 respectievelijk € 31,6 per vertrekkende OD passagier, maar geldt voor het jaar 2025.

Figuur 16 Heffingshoogte en effect op passagiersvraag voor beleidsvarianten in 2025 en 2030



Logischerwijs is de benodigde heffingshoogte voor beleidsvariant B grofweg de helft omdat ook maar de helft van de meerkosten door de luchtvaartsector wordt gedragen.

Vanuit een internationaal perspectief kunnen de heffingshoogtes worden vergeleken met heffingen per passagier die momenteel gelden in Duitsland en Frankrijk. In Duitsland gelden momenteel drie tarieven (Bundesminister der Finanzen, 2015):

|                                                           |   |       |
|-----------------------------------------------------------|---|-------|
| – Voor vluchten tot een afstand van 2.500 km:             | € | 7,38  |
| – Voor vluchten met een afstand tussen 2.500 en 6.000 km: | € | 23,05 |
| – Voor vluchten met een afstand boven de 6.000 km:        | € | 41,49 |

In Frankrijk is een onderscheid gemaakt tussen de heffingshoogtes voor economy class en business class passagiers (Legifrance, 2017).

Voor economy class passagiers gelden heffingshoogtes van €1,13 en € 4,51 voor bestemmingen binnen Europa respectievelijk intercontinentale bestemmingen. Voor business class passagiers zijn de heffingshoogtes in Frankrijk een factor 10 hoger dan voor economy class passagiers.

De hoogte van de DBH die nodig is om de meerkosten te dekken ligt over het algemeen dus lager dan de huidige passagiersheffing in Duitsland maar hoger dan de heffing voor economy class passagiers in Frankrijk.

Een belangrijke vraag is uiteraard in hoeverre een DBH van invloed zal zijn op de concurrentiepositie van de Nederlandse luchtvaart. Nederland heeft met Schiphol immers een kwalitatief goede luchthaven met een hoge internationale connectiviteit. Schiphol draagt hiermee in belangrijke mate bij aan het vestigingsklimaat in Nederland voor internationale bedrijven. Daarnaast is Schiphol van belang voor de directe en indirecte werkgelegenheid die wordt gecreëerd.

Aangezien de hoogtes van de DBH vanuit een internationaal perspectief niet uitzonderlijk zijn, zullen de effecten op de concurrentiepositie van Schiphol naar verwachting beperkt zijn, terwijl er tegelijkertijd een verduurzaming van de Nederlandse luchtvaart wordt bewerkstelligd. De kwaliteit van het netwerk van internationale verbindingen op Schiphol is in grote mate afhankelijk van transferpassagiers. Van belang is dus dat deze groep wordt uitgezonderd van de DBH, hetgeen in deze studie ook is verondersteld.

Naast de effecten voor Schiphol, is een belangrijk aandachtspunt wat de effecten van een heffing zijn voor de KLM. In 2015 werd ruim 70% van de passagiers op Schiphol door de KLM vervoerd [KLM, 2016]. Dit komt neer op ongeveer 42 miljoen passagiers, bestaande uit 19 miljoen OD-passagiers (45%) en 23 miljoen transferpassagiers (55%). Als aangenomen wordt dat de verhouding tussen OD-passagiers en transferpassagiers van de KLM op Schiphol in de toekomst niet significant zal veranderen, betekent dit dus dat ruim de helft van de KLM passagiers op Schiphol zal zijn vrijgesteld van de heffing. Desondanks zal door een heffing die alleen in Nederland geldt een relatief groot deel van passagiers van de KLM met de DBH geconfronteerd zullen worden, ten opzichte van buitenlandse netwerk carriers. In vergelijkbare zin wordt een relatief groot deel van de passagiers van Lufthansa geconfronteerd met de vliegbelasting in Duitsland.

Verder wordt opgemerkt dat Transavia (onderdeel van de KLM-groep) relatief zwaar zal worden getroffen door een vliegtuigbelasting in Nederland. Transavia opereert immers voor het overgrote deel vanuit Nederland, vervoert vooral OD-passagiers en is een low-cost carrier. Passagiers van low-cost carriers zijn relatief prijsgevoelig (zie Paragraaf 4.4).

Het is niet de verwachting dat de KLM-groep marktaandeel zal verliezen op vluchten van en naar Nederland als gevolg van een heffing. De heffing zal immers gelden voor zowel OD-passagiers die vliegen met de KLM als OD-passagiers die vliegen met een buitenlandse maatschappij. Door de heffing wordt het concurrentie-speelveld op de routes van en naar Nederland dus niet beïnvloed.

Als reactie op de vliegbelasting in 2008, zette KLM de vliegtuigcapaciteit die beschikbaar kwam door vermindering van de OD-operatie (als gevolg van de verminderde vraag) in voor de ondersteuning van de hub-operatie [KiM, 2011]. Voor de biokerosineheffing geldt dat de heffingshoogte in eerste instantie beperkt is en in de tijd langzaam toeneemt. De verwachting is dan ook dat het, in vergelijking met de situatie in 2008 (toen de volledige heffingshoogte direct van toepassing was), voor de KLM eenvoudiger zal zijn op de heffing te anticiperen. Daarbij is het, gezien het belang van de KLM voor Nederland, van belang dat effecten gedurende de introductie van een eventuele biokerosineheffing nauwkeurig gemonitord worden.

Het voordeel van het voorgestelde beleidsinstrument - een subsidie met alternatieve financieringsmogelijkheden - is dat de mate waarin een heffing bijdraagt aan de financiering gedurende de uitvoering van het beleid kan worden aangepast. Dit kan wenselijk zijn indien de effecten voor bijvoorbeeld de KLM veel groter zijn dan op voorhand geschat. Bij aanpassing van de financiering kan de biokerosine-doelstelling die wordt beoogd, nog steeds worden gerealiseerd.

Passagiers zullen door de introductie van een DBH meer moeten gaan voor dezelfde dienst betalen. Dit leidt tot een afname van het zogenaamde consumentensurplus. Deze afname is min of meer gelijk aan de opbrengsten van de DBH. De maximale afname van het consumentensurplus in 2030 bedraagt dus € 500 miljoen (midden-scenario met hoge biokerosineprijs - beleidsvariant A). Hierbij moet in ogenschouw worden genomen dat een deel van de belastingopbrengsten, en daarmee een deel van de afname van het consumentensurplus, onder beleidsvariant A (en in minder mate voor beleidsvariant B) voor rekening komt van buitenlandse OD-passagiers die van een Nederlandse luchthaven vertrekken. In geval van Beleidsvariant C, waarbij de meerkosten geheel worden gefinancierd uit een verhoging van de belasting, worden de meerkosten volledig betaald door de belastingplichtigen in Nederland (zie ook de analyse van welvaartseffecten in Paragraaf 5.3).

### 5.3 Economische effecten

De macro-economische effecten van het gebruik van biokerosine in Nederland zijn geanalyseerd met behulp van het algemene evenwichtsmodel MAGNET (Modular Applied GeNeral Equilibrium Tool). Ten behoeve van deze studie zijn in MAGNET twee sectoren afgesplitst die zich bezig houden met de productie van kerosine en biokerosine. Een meer gedetailleerde beschrijving van MAGNET en de aanpassingen die zijn gedaan is te vinden in Bijlage A.

Er is een referentiescenario geïntroduceerd in MAGNET zonder gebruik van biokerosine tot 2030. Dit referentiescenario is ook gehanteerd in de studie 'Macroeconomic outlook of sustainable energy and biorenewables innovations (MEV II)' (Van Meijl et al., 2016; 2017). Dit scenario is gebaseerd op de aanname dat het bestaande en geplande beleid op het gebied van klimaat en energie, zoals het Energieakkoord, wordt voortgezet tot 2030. Meer details over het referentiescenario staan beschreven in Bijlage B.

De macro-economische effecten van het gebruik van biokerosine zijn berekend voor zes hoofdsenario's (zie Tabel 9) die verschillen met betrekking tot:

- de hoeveelheid biokerosine die wordt gebruikt;
- het prijsverschil tussen kerosine en biokerosine op basis van verschillen in technologische ontwikkeling in de productie van biokerosine;
- wie de kosten van het gebruik van biokerosine betaalt, waarvoor drie varianten zijn meegenomen.

Het hoog-scenario voor biokerosinegebruik is gebaseerd op 1,8 Mt biokerosine gebruik in 2030 in combinatie met een lage biokerosineprijs. In het midden-scenario wordt de helft minder biokerosine gebruikt (0,9 Mt) als gevolg van een hoge biokerosineprijs. In beleidsvariant A betaalt de luchtvaartsector de kosten, in beleidsvariant C betaalt de overheid en in beleidsvariant B worden de kosten gelijk verdeeld tussen de luchtvaartsector en de overheid. De resulterende zes hoofdsenario's zijn ook gebruikt in het AERO-MS model om de effecten op de Nederlandse luchtvaartsector te bepalen.

Naast deze zes hoofdsenario's is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarin de macro-economische effecten van vier andere scenario's zijn geanalyseerd. Deze scenario's zijn gebaseerd op een alternatieve combinatie van de aannames over de hoeveelheid biokerosine en prijs van biokerosine. De gevoeligheidsanalyses zijn alleen uitgevoerd voor beleidsvariant A en C, omdat uit de resultaten blijkt dat de effecten van beleidsvariant B nagenoeg gelijk zijn aan het gemiddelde van de effecten van beleidsvariant A en C.

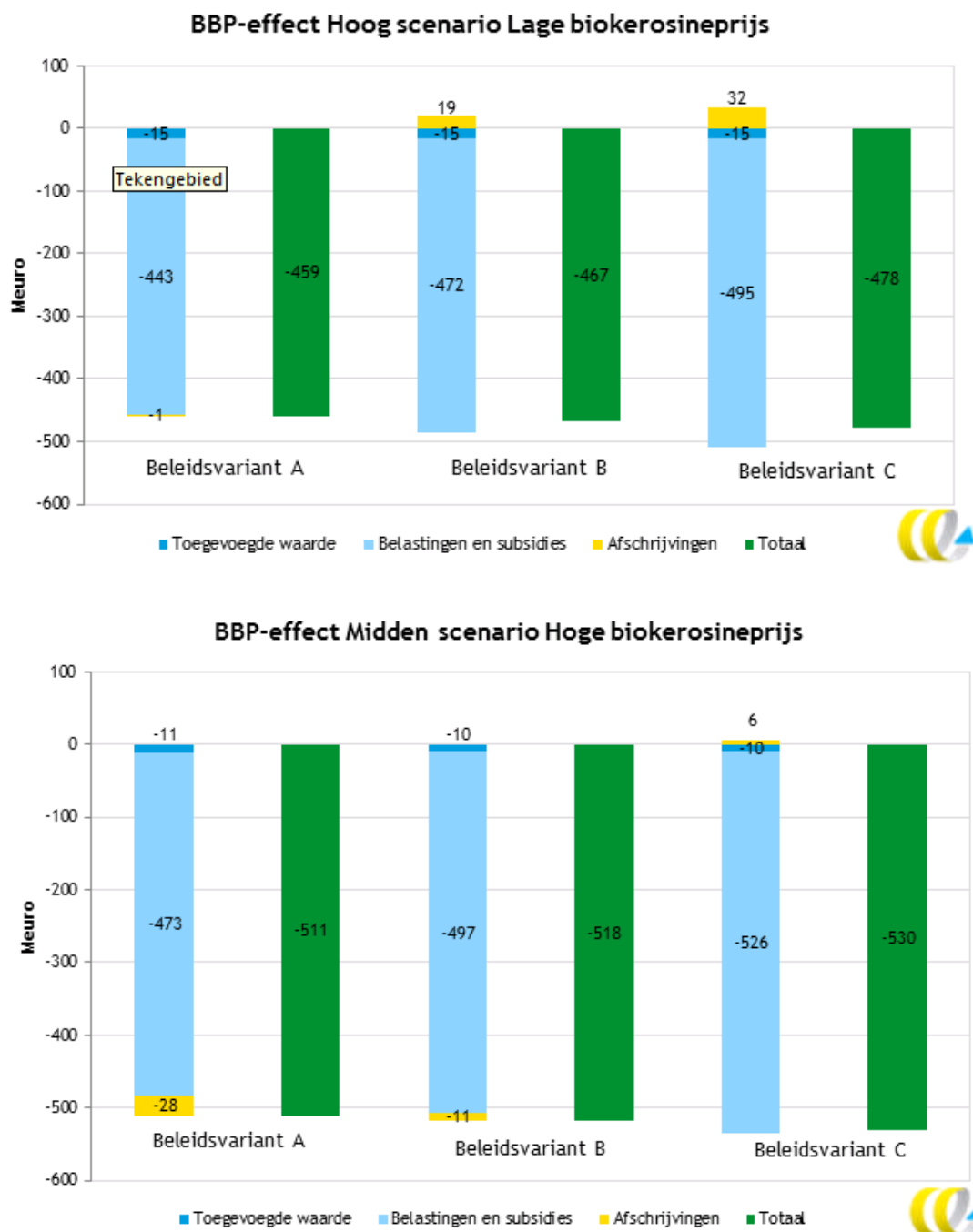
Tabel 9 Overzicht van scenario's en van de initiële additionele kosten van het gebruik van biokerosine in 2030 en wie deze kosten betaalt

| Hoofdsenario's                                      | Beleidsvariant A | Beleidsvariant B | Beleidsvariant C |
|-----------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Hoog biokerosine gebruik en lage biokerosineprijs   | ✓                | ✓                | ✓                |
| Midden biokerosine gebruik en hoge biokerosineprijs | ✓                | ✓                | ✓                |
| Gevoeligheidsanalyse scenario's                     |                  |                  |                  |
| Hoog biokerosine gebruik en hoge biokerosineprijs   | ✓                | ✗                | ✓                |
| Midden biokerosine gebruik en lage biokerosineprijs | ✓                | ✗                | ✓                |

### 5.3.1 Bruto binnenlands product (BBP)

Figuur 17 laat de effecten zien van het gebruik van biokerosine in de zes scenario's op het BBP in Nederland in 2030.

Figuur 17 Effect van het gebruik van biokerosine op het BBP in 2030 (in miljoen €)



Het effect van het gebruik van biokerosine op het BBP is in alle scenario's negatief. De negatieve BBP-effecten worden veroorzaakt doordat de productie van biokerosine in geen van de scenario's concurrerend is met fossiele kerosine.

Het midden-biokerosinegebruikscenario met een lager biokerosineprijs heeft het sterkste effect op het BBP; een daling van 511 tot 530 M€ (0,05% van het BBP in 2030). Dit is ook het scenario met het hoogste prijsverschil tussen fossiel en kerosine en de hoogste additionele kosten. In geval van het hoogscenario in combinatie met een lage biokerosineprijs daalt het BBP met 459-478 M€ (0,04% van het BBP in 2030).

Figuur 17 laat zien dat de BBP-effecten bijna volledig worden veroorzaakt door de component 'belastingen en subsidies'. Dit komt doordat de additionele kosten van biokerosine worden gefinancierd via een DBH (beleidsvariant A), een verhoging van de algemene belastingen (beleidsvariant C) of een gelijke verdeling tussen beide (beleidsvariant B). Het effect op afschrijvingen is zo gering dat dit verder buiten beschouwing is gelaten. De impact op de netto toegevoegde waarde is ook minimaal, maar onderliggende sectorale verschuivingen zijn wel substantieel, zoals in Paragraaf 5.3.4 aan bod komt.

Het verschil in BBP-effect tussen het hoge- en midden-biokerosinegebruikscenario is relatief beperkt. Hier zijn drie redenen voor:

- In de gekozen scenario's zijn aannames gebruikt die een tegengesteld effect hebben op de additionele kosten van biokerosine en daarmee de hoeveelheid belastingen en subsidies. Zo is een hoog biokerosinegebruik gecombineerd met een lage prijs en lage additionele kosten per eenheid biokerosine. Het midden-biokerosinegebruikscenario gaat uit van een hoge prijs en hoge additionele kosten per eenheid biokerosine. Wanneer we een hoog biokerosinegebruik combineren met een hoge biokerosineprijs en een midden-biokerosinegebruikscenario met een lage biokerosineprijs is het verschil in BBP-effect aanzienlijk groter. Dit is verder geanalyseerd in de gevoeligheidsanalyses.
- De vraag naar biokerosine leidt tot een hogere prijs waardoor de additionele kosten van biokerosine stijgen. Dit effect is groter in het hoge-biokerosinescenario, waar de biokerosineprijs stijgt met 3,2%. Het midden-scenario laat een prijsstijging zien van 2,2%. Tegelijk daalt de vraag naar kerosine en daarmee de prijs van kerosine met 1,8% (midden-scenario) en 0,5% (hoog-scenario). Deze prijseffecten vergroten het prijsverschil tussen biokerosine en kerosine in het hoog-scenario meer dan in het midden-scenario. Daardoor stijgen de additionele kosten van het biokerosinebeleid en wordt de component 'belastingen en subsidies' vergroot
- In een algemeen evenwichtsmodel zoals MAGNET zijn de kosten van het gebruik van biokerosine niet gelijk aan het verschil in prijs tussen kerosine en biokerosine. De productie en het gebruik van biokerosine vergt ook veranderingen in gedrag, investeringen, infrastructuur, wetgeving, contracten, administratie, etc. Deze kosten zijn hoger in het hoog-scenario dan in het midden-scenario en verkleinen daardoor het BBP effect.

### 5.3.2 Welvaart

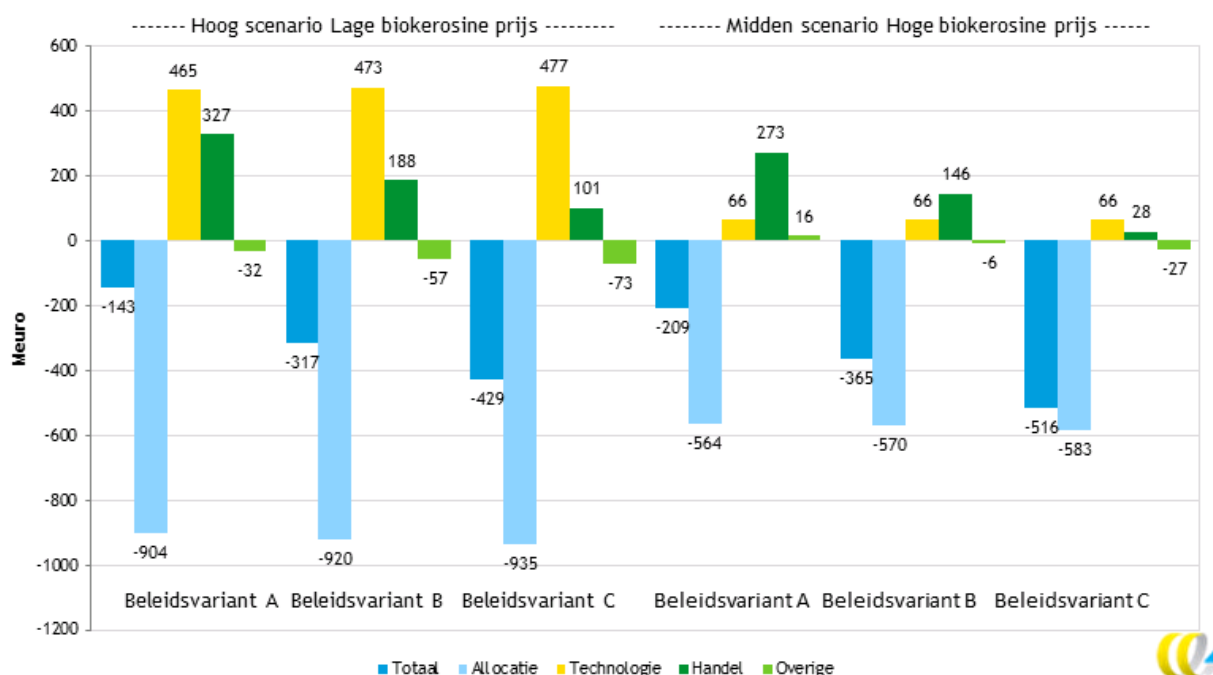
Het BBP wordt vaak als maatstaf gebruikt voor welvaart. BBP focust echter alleen op binnenlandse productie-effecten en kan mogelijke impacts van veranderingen van de ruilvoet, zoals een toename van de exportprijs of een afname van de prijs van import, niet meenemen. Daarom geeft het BBP een onder- of overschatting van de verandering van het feitelijke binnenlandse inkomen en de welvaart. Een betere maatstaf is in dit geval de Equivalent Variation (EV) die gebruikt wordt om veranderingen in welvaart in een land te berekenen (zie Tekstvak 4).

#### Tekstvak 4 Equivalent Variaton

Voor het meten van welvaartseffecten van projecten of beleidsmaatregelen worden veranderingen in prijzen en hoeveelheden van goederen zodanig gecompenseerd (door extra inkomen) dat het nutsniveau op het oorspronkelijke niveau blijft of na een verandering van prijzen en/of hoeveelheden van goederen het nut gefixeerd wordt op een bepaald niveau.

Het totale welvaartseffect op basis van EV is in alle scenario's negatief omdat de productie en het gebruik van biokerosine duurder is dan kerosine. In het hoge-biokerosine-scenario daalt de welvaart met 143-429 M€. In het midden-scenario daalt de welvaart met 209-516 M€. De welvaartseffecten kunnen onderverdeeld worden in allocatie, technologie, handel en overige effecten. Figuur 18 geeft het overzicht.

Figuur 18 Effect van het gebruik van biokerosine op welvaart 2030 (in M€)



Allocatie-effecten hebben te maken met het optimale gebruik van goederen en diensten. Aangezien biokerosineproductie duurder is dan kerosineproductie levert dit een sterk negatief welvaartseffect op. In de scenario's met een hoog biokerosinegebruik is het allocatie-effect van de beleidsvarianten gemiddeld -920 M€. In het midden-scenario is de impact ongeveer -570 M€.

Het technologie-effect toont welvaartswinst door technologische ontwikkeling. In het hoog-scenario wordt uitgegaan van een lage biokerosineprijs als gevolg van technische innovatie. Dit levert een positief welvaartseffect op van circa 473 M€. In het midden-scenario wordt een beperkte technologische ontwikkeling verondersteld en resulteert slechts een welvaartseffect van 66 M€. Technologische ontwikkeling is dus een belangrijke factor om negatieve welvaartseffecten tegen te gaan. Dit blijkt ook uit de gevoeligheidsanalyses waarin een hoog biokerosinegebruik wordt gecombineerd met een hoge prijs (snelle technologische ontwikkeling) en vice versa (zie Paragraaf 5.3.6).



De welvaartseffecten van allocatie en technologie worden nauwelijks beïnvloed door de keuze van beleidspakketten. De verschillende beleidsopties zijn echter wel bepalend voor het handelsbalanseffect (zie ook Paragraaf 5.3.5.). Bij een DBH wordt een gedeelte van de kosten van het biokerosine-gebruik afgewenteld op buitenlandse gebruikers van de luchtvaart. Zij betalen dus mee aan het kerosinebeleid in Nederland. Als de overheid de additionele kosten van biokerosine financiert, is dit voordeel niet aanwezig. Het handelsbalanseffect op de welvaart is in Beleidsvariant C dan ook minder positief dan in Beleidsvariant A. Dit verklaart ook waarom de totale welvaartseffecten aanzienlijk minder negatief zijn in geval de luchtvaartsector betaalt (beleidsvariant A) ten opzichte van als de maatschappij de kosten draagt (beleidsvariant C).

### 5.3.3 Werkgelegenheid

Het economische model MAGNET dat gebruikt is in deze studie maakt verschuivingen in werkgelegenheid tussen sectoren inzichtelijk. Het netto effect op de totale werkgelegenheid in Nederland is per definitie nihil, omdat is aangenomen dat op de lange termijn (de periode tot 2030) de werkloosheid stabiliseert op het natuurlijke niveau (een constant percentage van de beroepsbevolking zit dan zonder werk als gevolg van frictiewerkloosheid). Kortom, de resultaten geven de verschuiving van arbeid weer tussen sectoren. Figuur 19 laat de effecten zien van het gebruik van biokerosine op de werkgelegenheid (in constante prijzen) zien.

De werkgelegenheid in biokerosine sector stijgt in alle scenario's als gevolg van de toename van de productie van biokerosine. In het hoog-scenario stijgt de werkgelegenheid met 61 tot 64 M€ ten opzichte van 30 tot 31 M€ in het midden-scenario. De inzet van arbeid ten behoeve van de productie van conventionele kerosine daalt als gevolg van vervanging van kerosine met biokerosine. De werkgelegenheid daalt met 13 M€ in het hoog-scenario en met 6 M€ in het midden-scenario.

Deze resultaten laten zien dat de werkgelegenheid in de sectoren die brandstoffen voor de luchtvaartbrandstoffen produceren toeneemt met 48 tot 51 M€ in het hoog-scenario en met 25 tot 27 M€ in het midden-scenario.

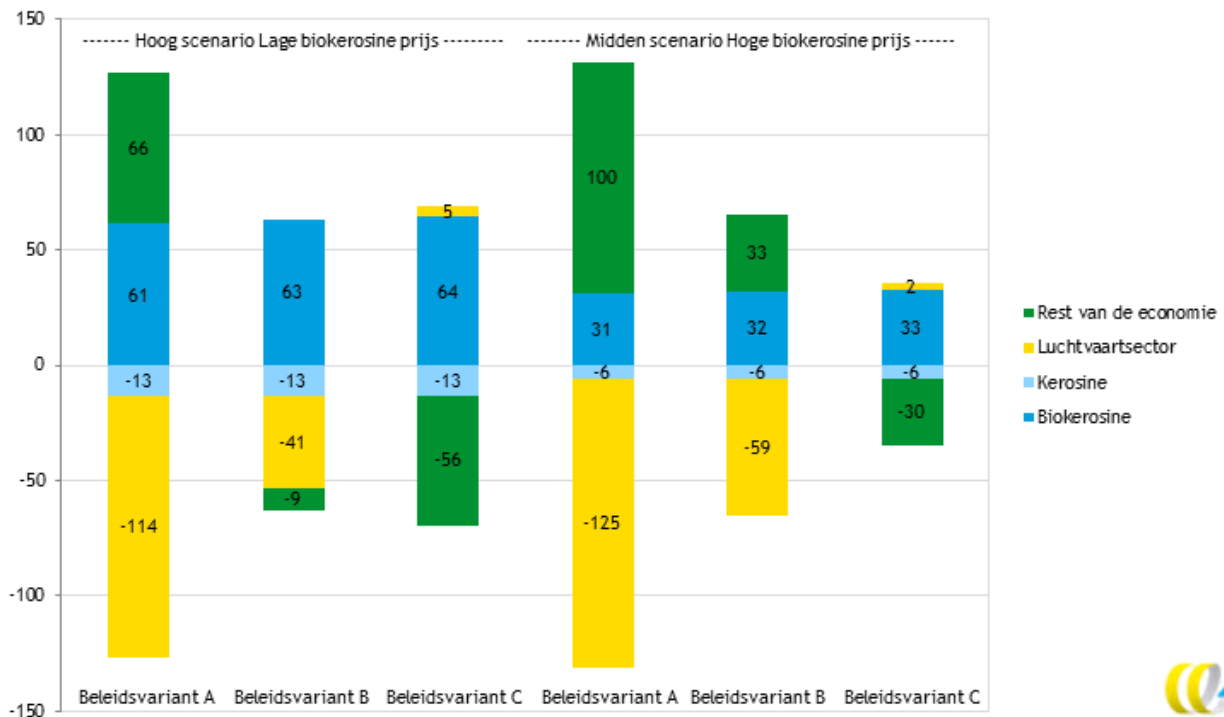
De grootste effecten op de werkgelegenheid treden op in de luchtvaartsector indien de kosten worden gedragen door de sector zelf. In het hoog-scenario daalt de werkgelegenheid met 114 M€ en in het midden-scenario met 125 M€. Redenen voor deze relatief grote effecten is dat de luchtvaart-sector relatief arbeidsintensief is en doordat de vraag naar diensten van de luchtvaartsector in Nederland daalt in geval van een DBH en deels verschuift naar het buitenland.

Indien de kosten van biokerosine worden opgebracht door de overheid door middel van een algemene verhoging van de belastingen (beleidsvariant C) dan stijgt de werkgelegenheid in de luchtvaartsector iets (2-5 M€) als gevolg van lagere prijs van luchtvaartbrandstoffen en diensten van de luchtvaartsector. Dit leidt tot een stijging van de vraag naar diensten van de luchtvaartsector en daardoor ook van de werkgelegenheid in de luchtvaartsector. Dit verklaart ook de iets hogere werkgelegenheid voor de productie van brandstoffen van de luchtvaartsector indien de overheid betaalt (beleidsvariant C) ten opzichte van een DBH (beleidsvariant A).



De werkgelegenheid in de rest van de economie stijgt als gevolg van het vrijkomen van arbeid uit de luchtvaartsector indien de luchtvaartsector de kosten draagt (beleidsvariant A). De werkgelegenheid stijgt dan in de hoge en midden-scenario's met respectievelijk 66 M€ en 100 M€. Deze effecten treden niet op indien de kosten worden gedragen door de maatschappij (beleidsvariant C). In dat geval daalt de werkgelegenheid in de rest van de economie als gevolg van een toename van de vraag naar arbeid ten behoeve van de productie van biokerosine. Dit levert een negatief werkgelegenheidseffect op ter grootte van 30 M€ in het midden-scenario en 56 M€ in het hoog-scenario.

**Figuur 19** Effect van het gebruik van biokerosine op de werkgelegenheid in 2030 (in M€)



### 5.3.4 Toegevoegde waarde

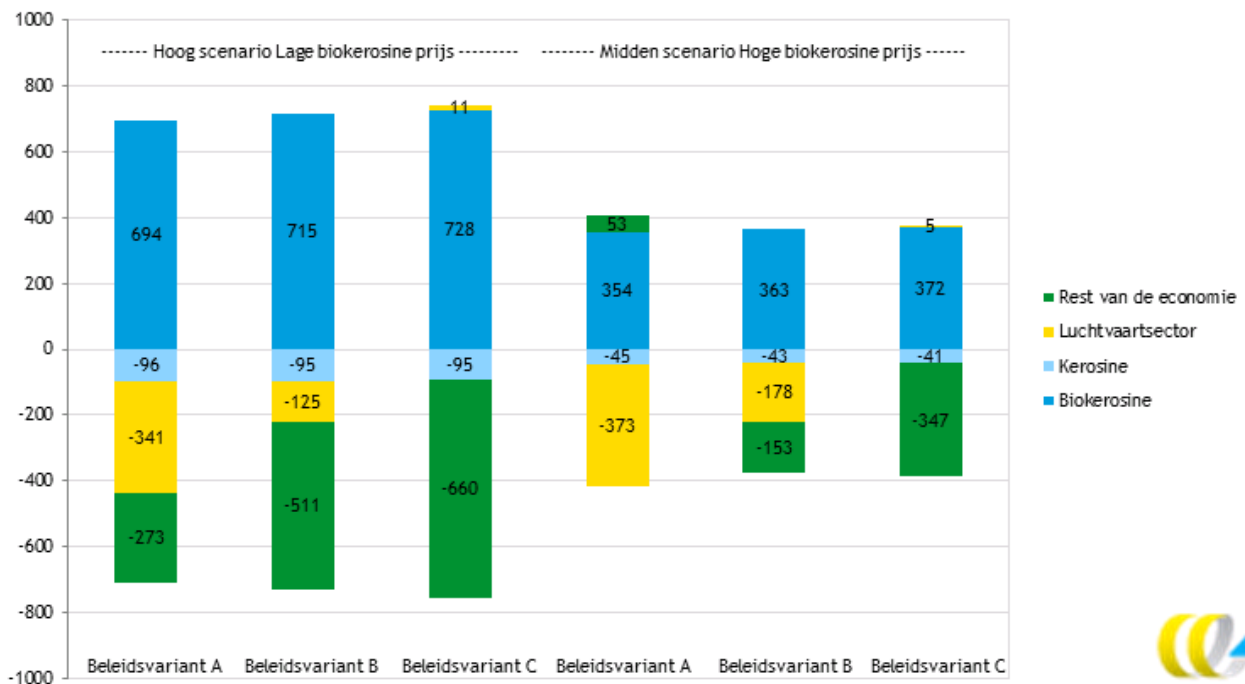
Figuur 20 laat de effecten van het biokerosinegebruik zien op de toegevoegde waarde (in constante prijzen) van verschillende sectoren in de economie.

Het totale netto toegevoegde waarde effect van het gebruik van biokerosine, gemeten over de hele Nederlandse economie, is relatief beperkt (10 tot 15 M€). Dit komt omdat het aanbod van productiefactoren (arbeid, kapitaal, land) in de Nederlandse economie vrijwel constant blijft, afgezien van de effecten van handel. Er treden echter wel aanzienlijke sectorale verschuivingen op als gevolg van veranderingen in de vraag naar productiefactoren.

Een belangrijk effect is dat in alle scenario's de toegevoegde waarde van de productie van brandstoffen van de luchtvaartsector stijgt. In het hoge biokerosinegebruikscenario stijgt de toegevoegde waarde van de productie van biokerosine met 694 tot 728 M€ en in het midden-scenario met 354 tot 376 M€. Het verschil komt doordat de hoeveelheid biokerosine in het hoog-scenario circa twee keer zo hoog als in het midden-scenario.

De toegevoegde waarde van kerosineproductie neemt af met 95 tot 96 M€ in het hoog-scenario en met 41 tot 45 M€ in het midden-scenario. De totale impact op de toegevoegde waarde in de luchtvaart-brandstoffen sectoren is een stijging van 597 tot 633 M€ in het hoog-scenario en 309 tot 331 M€ in het midden-scenario. Achterliggende reden is dat de productie van biokerosine meer arbeid en vooral meer kapitaal vergt dan kerosine. Het aandeel kapitaal en arbeid in de kostenstructuur van kerosine is 12% ten opzichte van 21% voor biokerosine.

Figuur 20 Effect van het gebruik van biokerosine op de toegevoegde waarde in 2030 (in M€)



In de analyse gaan we er vanuit dat Nederland koploper is in de productie van biokerosine en een competitief voordeel heeft ten opzichte van andere landen. Dit betekent dat de additionele toegevoegde waarde gunstig is voor Nederland. Ongeveer 15% van de biokerosine wordt geïmporteerd uit Zuid Afrika en Zuid Amerika, waar de biokerosineproductie relatief goedkoop is als gevolg van goedkope biomassa. Wanneer de biokerosine geïmporteerd zou worden uit andere landen, zou de beleidsimpact op de toegevoegde waarde veel nadeliger zijn en daarmee zou ook het BBP-effect verslechteren. Dit laat het belang zien van de biokerosineproductie in Nederland.

Een ander effect is de daling van de toegevoegde waarde van de luchtvaartsector in geval van een DBH (beleidsvariant A) met 341 M€ (hoog-scenario) en 373 M€ (midden-scenario). Dit is het directe gevolg van een afname in de vraag naar diensten van de luchtvaartsector. Een zeer beperkte positieve impact op de toegevoegde waarde resulteert indien de maatschappij de kosten draagt (Beleidsvariant C). Dit komt door een lagere prijs van luchtvaartbrandstoffen en daarmee van vliegtuigtickets. Hierdoor stijgt de vraag naar diensten van de luchtvaartsector en daardoor de toegevoegde van deze sector.

In het hoog- en het midden-scenario daalt de toegevoegde waarde van andere sectoren in de economie van Nederland het sterkst indien de kosten van biokerosine worden gefinancierd door de overheid (beleidsvariant C). De toegevoegde waarde in de rest van de economie daalt met 660 M€ (hoog-scenario) en 347 M€ (midden-scenario). Dit is het gevolg van hogere belastingen en grotere vraag naar productiefactoren ten behoeve van de productie van biokerosine. Bij beleidsvariant A wordt dit effect beperkt door de lagere toegevoegde waarde in de luchtvaartsector. Daardoor daalt de toegevoegde waarde in de rest van de economie aanzienlijk minder, namelijk met 153 M€ (midden-scenario) en 660 M€ (hoog-scenario).

### 5.3.5 Handelsbalans

Figuur 21 toont de effecten van het gebruik van biokerosine op de handelsbalans (in constante prijzen) in 2030. De handelsbalans verslechtert (Tabel 5). In geval van het hoog-scenario daalt het handelsoverschot met 317 tot 377 M€ en in het midden-scenario met 199 tot 268 M€.

Het belangrijkste effect is dat het gebruik van biokerosine leidt tot een vergroening van de handelsbalans van Nederland. De netto import van olie daalt met 2.419 tot 2.463 M€ in het hoog-scenario en met 1.045 tot 1.160 M€ in het midden-scenario. Het verschil in effect wordt veroorzaakt door het verschil in gebruik van biokerosine en daardoor het gebruik van olie voor de kerosineproductie.

Daarnaast stijgt de netto import van biomassa aanzienlijk, namelijk met 1.965 tot 2.065 M€ in het hoog-scenario en 942 tot 994 M€ in het midden-scenario. Dit is minder dan de daling van de import van olie, deels omdat een deel (10%) van de biomassa uit Nederland komt. De stijging van de import van biomassa is iets hoger indien de overheid de kosten draagt (beleidsvariant C) ten opzichte van een DBH (beleidsvariant A). Dit komt omdat het gebruik van luchtvaartbrandstoffen daalt als er een DBH wordt geheven. De import van olie daalt iets meer indien de kosten worden gefinancierd door een verhoging van de belastingen omdat het gebruik van brandstoffen daalt in de rest van de economie (ten opzichte van een DBH).

De handelsbalans van luchtvaartbrandstoffensector daalt met een bedrag dat varieert van 314 tot 484 M€ in het hoog-scenario en 155 tot 329 M€ in het midden-scenario. Dit negatieve effect komt door een stijging van de netto export van kerosine en de import van biokerosine. Zoals eerder besproken zijn er een tweetal regio's (Zuid Afrika en Zuid Amerika) waar biomassa relatief goedkoop is. Hierdoor kan biokerosine tegen relatief lage kosten geproduceerd worden voor export naar Nederland.

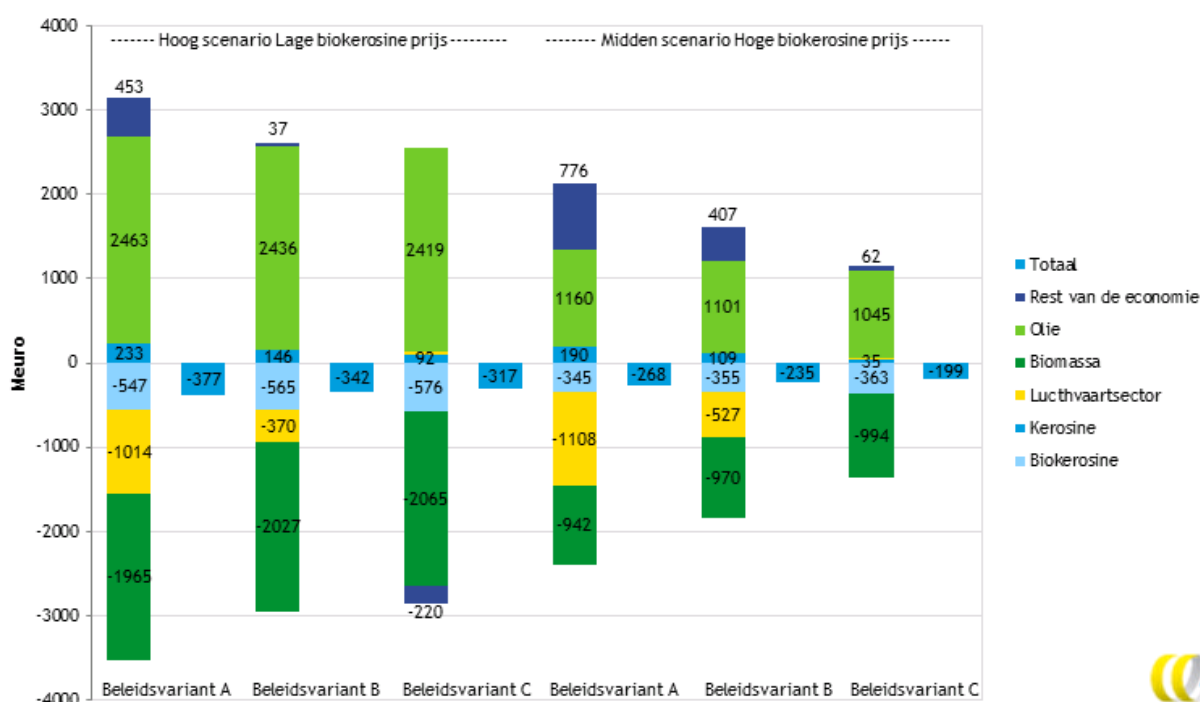
Indien de luchtvaartsector betaalt voor het gebruik van kerosine (beleidsvariant A) dan stijgen de prijzen van geleverde diensten. Het gevolg is dat de vraag naar vliegtickets en luchtvaartbrandstoffen daalt. Hierdoor daalt de prijs van fossiele kerosine en biokerosine waardoor de export toeneemt of de import afneemt ten opzichte van situatie waarin de maatschappij de kosten draagt (beleidsvariant C). Dit verklaart de iets lagere handelsbalanseffecten van kerosine en biokerosine in beleidsvariant A ten opzichte van variant C.

De effecten op import en export van diensten van de luchtvaartsector worden vooral bepaald door de beleidsvarianten. Onder beleidsvariant A verslechtert de handelsbalans van de luchtvaartsector met een bedrag tussen 1.014 M€ (hoog-scenario) en 1.108 M€ (midden-scenario).

Drie kwart van de productiedaling in de Nederlandse luchtvaartsector is het gevolg van een daling van de netto export van hun diensten. De handelsbalanseffecten in het hoog- en midden-scenario zijn iets positief, namelijk 33 M€ tot 16 M€ indien de maatschappij de kosten draagt (beleidsvariant C). Reden is de lagere prijs van luchtvaartbrandstoffen en vliegtickets waardoor de vraag naar diensten van de luchtvaartsector stijgt.

De handelsbalanseffecten van de andere sectoren in de economie zijn positief in het geval van een DBH (beleidsvariant A). De waarde van de netto export groeit met 453 M€ (hoog-scenario) en 776 M€ (midden-scenario). Deze stijging komt vooral doordat de lonen dalen als gevolg van de afnemende werkgelegenheid in de luchtvaartsector. Dit heeft een positief effect op de concurrentiepositie van andere sectoren in de economie ten opzichte van het buitenland. Indien de overheid de kosten draagt (beleidsvariant C) daalt de netto export van andere sectoren in de economie met 220 M€ in het hoog-scenario als gevolg van hogere belastingen. In het midden-scenario stijgt de export iets (62 M€) als gevolg van lagere kosten van arbeid, waardoor de concurrentiepositie van de Nederlandse economie verbetert.

Figuur 21 Effect van het gebruik van biokerosine op de handelsbalans in 2030 (in M€)



### 5.3.6 Gevoeligheidsanalyses

De aannames die gemaakt zijn over de hoogte van het biokerosinegebruik en de snelheid van technologische ontwikkelingen zijn cruciaal voor de macro-economische effecten. Daarom is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op basis van vier alternatieve combinaties van de hoeveelheid biokerosine en de snelheid van innovatie (en daarmee de prijs van biokerosine). Tabel 10 toont de BBP-effecten van de hoofdsenario's en de gevoeligheidsanalyses voor beleidsvariant A en C.

Tabel 10 Effect van het gebruik van biokerosine op het BBP in 2030 (in M€)

|                | Hoofdscenario's |      |        |        | Gevoeligheidsanalyses |        |        |        |
|----------------|-----------------|------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|--------|
| Gebruik        | Hoog            | Hoog | Midden | Midden | Hoog                  | Hoog   | Midden | Midden |
| Prijs          | Laag            | Laag | Hoog   | Hoog   | Hoog                  | Hoog   | Laag   | Laag   |
| Beleidsvariant | A               | C    | A      | C      | A                     | C      | A      | C      |
| Totaal         | -459            | -478 | -511   | -530   | -1.193                | -1.289 | -180   | -183   |

De resultaten laten zien dat het BBP-effect in sterke mate wordt beïnvloed door technologische ontwikkeling en als gevolg daarvan de ontwikkelingen in de prijs van biomassa. Onder een hoog-biokerosinegebruikscenario en een hoge prijs komt het BBP-verlies uit op circa 1.200 M€. Bij een midden-biokerosinegebruikscenario en snelle technologische ontwikkeling wordt het BBP-verlies beperkt tot circa 180 M€.

Tabel 11 Effect van het gebruik van biokerosine op welvaart in 2030 (in M€)

|                | Hoofdscenario's |      |        |        | Gevoeligheidsanalyses |        |        |        |
|----------------|-----------------|------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|--------|
| Gebruik        | Hoog            | Hoog | Midden | Midden | Hoog                  | Hoog   | Midden | Midden |
| Prijs          | Laag            | Laag | Hoog   | Hoog   | Hoog                  | Hoog   | Laag   | Laag   |
| Beleidsvariant | A               | C    | A      | C      | A                     | C      | A      | C      |
| Allocatie      | -904            | -935 | -564   | -583   | -1.310                | -1.411 | -384   | -389   |
| Technologie    | 465             | 477  | 66     | 66     | 137                   | 143    | 217    | 218    |
| Handel         | 327             | 101  | 273    | 28     | 578                   | 20     | 134    | 59     |
| Overige        | -32             | -73  | 16     | -27    | 45                    | -53    | -22    | -35    |
| Totaal         | -143            | -429 | -209   | -516   | -550                  | -1.301 | -55    | -147   |

Tabel 11 laat de welvaartseffecten zien van de hoofdscenario's en de gevoeligheidsanalyses. In geval van snelle technologische ontwikkeling in de biokerosineproductie daalt de prijs van biokerosine snel en komt het totale welvaartsverlies uit op slechts 55 tot 147 M€ (midden-biokerosinegebruikscenario). Het negatieve allocatie-effect van de biokerosineproductie wordt dan in belangrijke mate gecompenseerd door de positieve effecten van technologie en handel.

In het lage technologiescenario blijft de prijs van kerosine relatief hoog. Dit leidt tot meer dan een verdubbeling van het negatieve welvaartseffect ten opzichte van het lage biokerosineprijsscenario. Het negatieve welvaartseffect stijgt, bij een hoog biokerosinegebruik, van 143 M€ tot 550 M€ (beleidsvariant A) en van 429 M€ tot 1.301 M€ (beleidsvariant C).

Bovenstaande resultaten laten dus ook zien dat technologische innovatie het negatieve welvaartseffect van een ambitieus biokerosinebeleid (hoog gebruik) aanzienlijk kan beperken. Het leidt tot minder negatieve allocatie-effecten (dalen met circa 450 M€) en meer positieve technologie-effecten (stijgen meer dan 300 M€).

### 5.3.7 Vergelijking met andere studies

In het verleden zijn diverse studies uitgevoerd naar de effecten van een vliegbelasting in Nederland. Hierbij ging het om een belasting die ten goede kwam aan de algemene middelen. In deze studie is een DBH beschouwd als een mogelijke optie om de meerkosten voor biokerosine te financieren. Het gaat hier dus om een doelheffing. Een dergelijke doelheffing zal andere macro-economische effecten met zich meebrengen dan een vliegbelasting die ten goede komt aan de algemene middelen. Wel mag worden verwacht dat de directe effecten voor de luchtvaartsector, in termen van vraaguitval, in gelijke omstandigheden vergelijkbaar zijn tussen een vliegbelasting en een DBH.

De meest uitgebreide studie naar de effecten van een vliegbelasting in Nederland was die van Significance en SEO, ter voorbereiding van de invoering van de vliegbelasting in 2008 (Significance ; SEO, 2007). In 2009 heeft SEO nog een studie gepubliceerd, en na afschaffing van de vliegbelasting in 2009 heeft het KiM studie gedaan naar gedragseffecten van reizigers, luchtvaartmaatschappijen en luchthavens (KiM, 2011). In deze paragraaf worden de directe effecten voor de luchtvaart van een DBH, zoals geschat in deze studie, vergeleken met de geschatte effecten van een vliegbelasting in de hierboven genoemde studies.

Significance en SEO geven een inschatting van de invloed van een DBH op de vraag naar luchtvaart en aantallen passagiers (Significance ; SEO, 2007). Net als in de voorliggende studie wordt er in de Significance/SEO studie vanuit gegaan dat de kosten van de DBH cq. vliegbelasting volledig worden doorberekend in hogere ticketprijzen.

In Tabel 12 wordt een vergelijking gemaakt tussen de effecten van een variant van de vliegbelasting die is beschouwd in de Significance/SEO studie en de maximale hoogte van de DBH die in deze studie is beschouwd. De in de tabel opgenomen Significance/SEO variant is de variant die het meest leek op de vliegbelasting die in 2008/2009 van kracht was en waarvan door het KiM een evaluatie is uitgevoerd. Uit de evaluatie van het KiM kwam naar voren dat de empirische effecten van de vliegbelasting (in zoverre die echt geïsoleerd en geschat konden worden) overeen kwamen met de vooraf door Significance/SEO geschatte effecten van de in Tabel 12 gepresenteerde variant (KiM, 2011).

Aangezien de maximale heffingshoogte die in deze studie wordt beschouwd ongeveer 65% is van de in tabel 1 opgenomen Significance/SEO variant is het goed verklaarbaar dat het effect op OD-passagiers eveneens lager is. Bij de vergelijking tussen de effecten kunnen verder nog de volgende kanttekeningen worden geplaatst.

- Gecorrigeerd voor het verschil in heffingshoogte wordt in deze studie het effect voor Schiphol wat lager ingeschat dan in de Significance/SEO studie. Voor regionale luchthavens wordt in deze studie het effect echter wat hoger inschat. De verklaring hiervoor is onder andere dat de effecten in deze studie zijn berekend ten opzicht van een referentiepad in 2030 waarbij er een verschuiving van prijsgevoelige, voornamelijk niet-zakelijke LCC passagiers heeft plaats gevonden van Schiphol naar regionale luchthavens. In de situatie dat er relatief minder prijsgevoelige passagiers gebruik maken van Schiphol, zal de vraaguitval kleiner zijn.



- Bij de vliegbelasting die in 2008/2009 van kracht was, vond er veel uitwijk plaats naar luchthavens in met name Duitsland (waar toen nog geen vliegbelasting was). Momenteel is er wel een vliegbelasting in Duitsland en als er vanuit wordt gegaan dat de vliegbelasting in Duitsland in 2030 nog steeds van kracht is, mag worden verwacht dat het effect van een prijsverhoging van tickets als gevolg van een DBH in Nederland kleiner is dan het effect van de vliegtuigbelasting in Nederland in 2008/2009.
- Voor zowel de Significance/SEO variant 1E-B als in de DBH-varianten die in deze studie zijn beschouwd zijn transferpassagiers vrijgesteld. De huidige studie vindt geen effect op het aantal transferpassagiers, Significance en SEO (2007) wel. Het door Significance/SEO berekende effect heeft te maken met de afname van de frequentie van vluchten op Schiphol bij invoering van een vliegbelasting, waardoor het voor transferpassagiers minder aantrekkelijk wordt om via Schiphol te reizen. Het is denkbaar dat, ondanks de geleidelijke invoering, er als ook gevolg van de DBH een (beperkt) effect op transferpassagiers zal optreden door een afname van de vluchtfrequentie.

Tabel 12 Effecten van vliegbelasting volgens Significance en SEO, 2007 en van een DBH volgens deze studie

| Variant                                                    | Significance/SEO * | Deze studie                                    |
|------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------|
|                                                            | 1E-B               | Midden scenario / hoge biokerosineprijs (2030) |
| Heffingshoogte per OD-passagier                            |                    |                                                |
| Intra-Europees                                             | €12,50             | €7,90                                          |
| Intercontinentaal                                          | €47,50             | €31,60                                         |
| Effect op aantal passagiers                                |                    |                                                |
| Afname OD-passagiers op Schiphol tov baseline              | 10-11%             | 5%                                             |
| Afname OD-passagiers op regionale luchthavens tov baseline | 11-13%             | 9%                                             |

(Significance ; SEO, 2007)

In SEO (2012) wordt een vliegbelasting gepresenteerd die net als enkele varianten in de Significance/SEO uit 2007 ook transferpassagiers belast (SEO, 2012) (Significance ; SEO, 2007). Uit de studies komt naar voren dat een dergelijke belasting een zeer groot effect op het aantal passagiers op Schiphol heeft omdat transferpassagiers eenvoudig voor een alternatieve overstap-luchthaven kunnen kiezen. Vliegbelastingen in Duitsland, het Verenigd Koninkrijk, Frankrijk, en Noorwegen belasten ook alleen OD-passagiers, net als de voorgenomen vliegbelasting in Zweden. Mede op basis van de resultaten van de studies van Significance/SEO is vastgesteld dat een DBH-variant die ook voor transferpassagiers geldt te grote ongewenste effecten voor de Nederlandse luchtvaart met zich meebrengt. Een dergelijke variant is in deze studie dan ook buiten beschouwing gelaten.

## 5.4 Milieueffecten

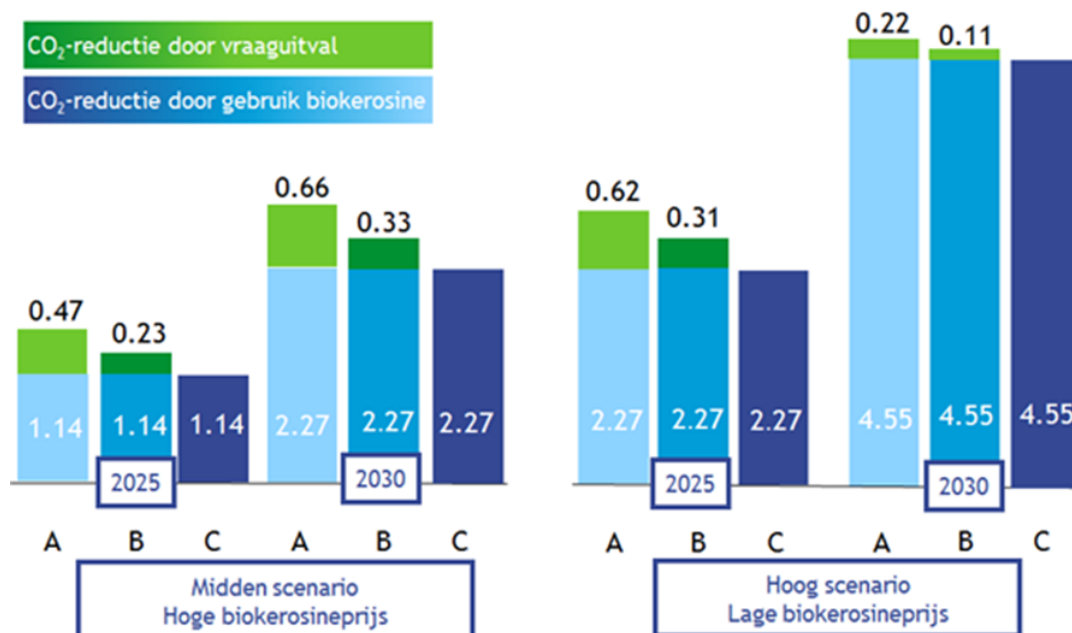
### 5.4.1 Effecten op CO<sub>2</sub>-emissies van de luchtvaart

De effecten op de CO<sub>2</sub>-emissies van de Nederlandse luchtvaart worden weergegeven in Figuur 22. De emissies worden gereduceerd door het gebruik van biokerosine op vluchten vanuit Nederland en als gevolg van de vermindering van het aantal vluchten van en naar Nederland. Het laatste effect hangt samen met de meerkosten van biokerosine die voor rekening komen van de luchtvaartsector en worden doorberekend aan passagiers, waardoor de vraag afneemt.

Om de kosten van het opzetten van een supply chain voor biokerosine te beperken, ligt het voor de hand dat biokerosine vooralsnog alleen wordt verstrekt op Schiphol. De volledige biokerosine-doelstelling voor Nederland wordt dus behaald door het gebruik van biokerosine op Schiphol (zie ook Paragraaf 2.2). Daarbij is in de beleidsvarianten A en B het uitgangspunt dat passagiers op alle Nederlandse luchthavens op eenzelfde wijze worden belast met een heffing, als gevolg waarvan ook passagiers op de regionale luchthavens een deel van de meerkosten van biokerosine zullen opbrengen.

Figuur 22 toont dat, in alle beleidsvarianten, de meeste CO<sub>2</sub>-reductie direct samenhangt met het gebruik van biokerosine. Naarmate de luchtvaartsector meer kosten van biokerosine voor zijn rekening neemt (beleidsvariant A), is de additionele CO<sub>2</sub>-reductie als gevolg van een vermindering van het aantal vluchten groter. Bij beleidsvariant C is het effect op het aantal vluchten verwaarloosbaar (zie ook Paragraaf 5.2.2) waardoor de CO<sub>2</sub>-reductie enkel voortkomt uit biokerosinegebruik.

Figuur 22 Reductie van CO<sub>2</sub>-emissies op vluchten van en naar Nederland in 2025 en 2030 door beleidsvarianten A, B en C (in Mt).



In het midden-scenario stijgt de CO<sub>2</sub>-reductie als gevolg van biokerosine-gebruik van 1,14 Mt in 2025 naar 2,27 Mt in 2030. Deze reductie hangt direct samen met het ambitieniveau van het midden-scenario, en is dan ook van toepassing op alle beleidsvarianten die het midden-scenario realiseren. In het hoog-scenario neemt de CO<sub>2</sub>-reductie door biokerosinegebruik op van 2,27 Mt in 2025 naar 4,55 Mt in 2030.

Zonder gebruik van biokerosine is de verwachting dat de jaarlijkse CO<sub>2</sub>-emissies van de Nederlandse luchtvaart toenemen van 11,6 Mt in 2015 naar 16,5 Mt in 2030 (jaarlijkse toename van 4,9 Mt). Bij een hoog-scenario wordt deze groei vrijwel geheel weggenomen door het gebruik van biokerosine. Dit scenario zou er dus toe leiden dat, ondanks de verdere groei van de luchtvaart, de CO<sub>2</sub>-emissies van de Nederlandse luchtvaart in 2030 nauwelijks toenemen ten opzichte van het jaar 2015.

In het midden-scenario wordt de groei van de CO<sub>2</sub>-emissies op vluchten vanaf Nederland in de periode 2015-2030 met ongeveer de helft beperkt.

Onder het hoog-scenario zullen de CO<sub>2</sub>-emissies per Revenue Tonne Km (RTK) op vluchten vanaf Schiphol in 2030 met ongeveer 29% afnemen. Voor het midden-scenario bedraagt deze afname ongeveer 15%.

#### **Effect van uitwijken naar buitenlandse luchthavens**

De mate waarin een DBH leidt tot vraaguitval, en de daarmee samenhangende CO<sub>2</sub>-reductie op vluchten van en naar Nederlandse luchthavens, wordt in sterke mate bepaald door de prijselasticiteiten. Prijselasticiteiten zijn zeer geschikt voor het bepalen van de effecten van prijsverhogende beleidsinstrumenten in de luchtvaart, maar geven geen inzicht in de variëteit aan gedragsreacties van passagiers. Mogelijke gedragsreacties van passagiers op een DBH zijn:

- een passagier ziet in zijn geheel af van de reis;
- een passagier maakt gebruik van een andere transport modaliteit;
- een passagier wijkt uit naar een buitenlandse luchthaven.

Wanneer een deel van de passagiers uitwijkt naar buitenlandse luchthavens dan treden er extra CO<sub>2</sub>-emissies op op vluchten van en naar de betreffende buitenlandse luchthavens. Tegenover de CO<sub>2</sub>-reductie door de vermindering van het aantal vluchten van en naar Nederland (zoals weergegeven in Figuur 22), staat dus een toename van CO<sub>2</sub>-emissie op vluchten van en naar buitenlandse luchthavens. De vraag is vervolgens welk deel van de passagiers uitwijkt naar een buitenlandse luchthaven, en tot hoeveel extra CO<sub>2</sub>-emissies op buitenlandse luchthavens dit leidt.

In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat de vraaguitval voor Nederlandse luchthavens groter is bij het invoeren van een heffing op nationale schaal in vergelijking met het invoeren van een heffing op supranationale schaal. In feite geeft het verschil in de vraaguitval tussen beide situaties, het deel weer dat te maken heeft het uitwijken van passagiers van Nederland naar omringende landen bij toepassing van een maatregel op nationale schaal (i.e. bij toepassing van een heffing op supranationale schaal heeft uitwijken geen zin). Uit analyses met het AERO-MS-model blijkt dat bij een supranationale heffing de vraaguitval in Nederland ongeveer 25% lager is dan bij een heffing op nationale schaal. Op basis van algemene elasticiteitsgegevens, zal naar schatting 25% van de vraaguitval bij een nationale heffing te maken hebben met het uitwijken van passagiers naar buitenlandse luchthavens.

In de praktijk zal de mate waarin het voor passagiers zinvol is om uit te wijken naar andere luchthavens te maken hebben met de specifieke situatie in, met name, direct omringende landen (Duitsland en België). De vraag is bijvoorbeeld of in 2025/2030 de huidige ticket tax in Duitsland nog van kracht is. Als dit niet het geval is, zullen meer passagiers van Nederland naar Duitsland uitwijken als gevolg van een heffing voor de luchtvaart in Nederland dan in de situatie waarin de vliegbelasting in Duitsland nog zou bestaan.

Uit onderzoek naar de effecten van een heffing op tickets die in 2008/2009 in Nederland van kracht was, blijkt dat ongeveer de helft van de passagiers die als gevolg van de heffing geen gebruik meer maakten van een Nederlandse luchthaven, uitwijkt naar een buitenlandse luchthaven [Kim, 2011]. Hierbij is van belang dat in 2008/2009 de ticket tax in Duitsland nog niet van kracht was. Echter, ook in de situatie dat er een ticket tax geldt in de direct omringende landen, zal een deel van de passagiers uitwijken bij de introductie van een heffing voor luchtvaartpassagiers in Nederland. Zo kunnen inwoners van Duitsland die de ticket tax in hun land ontwijken door gebruik te maken van een Nederlandse luchthaven, 'terugkeren' naar een Duitse luchthaven wanneer er een heffing in Nederland wordt geïntroduceerd. Daarnaast zullen Duitse luchthavens relatief aantrekkelijk worden voor Nederlanders in de grensstreek bij de introductie van een heffing in Nederland (ondanks dat er in Duitsland een ticket tax van kracht is).

Al met al is de inschatting dat 25% tot 50% van de CO<sub>2</sub>-emissiereductie door vermindering van het aantal vluchten van en naar Nederland 'teniet' zou kunnen worden gedaan door het uitwijken van passagiers naar Duitsland en België. Voor beleidsvariant A in combinatie met het midden-scenario en een hoge biokerosineprijs betekent dit een extra CO<sub>2</sub>-emissie van 0,17-0,33 Mt in 2030 op vluchten van en naar buitenlandse luchthavens in de directe omgeving van Nederland. Dit betekent ook dat 5% tot 10% van de totale CO<sub>2</sub>-reductie op vluchten van en naar Nederland (2,94 Mt, zie Figuur 22), 'teniet' zou kunnen worden gedaan in 2030. In beleidsvariant B is dit percentage lager en bij beleidsvariant C is er geen heffing voor de luchtvaart.

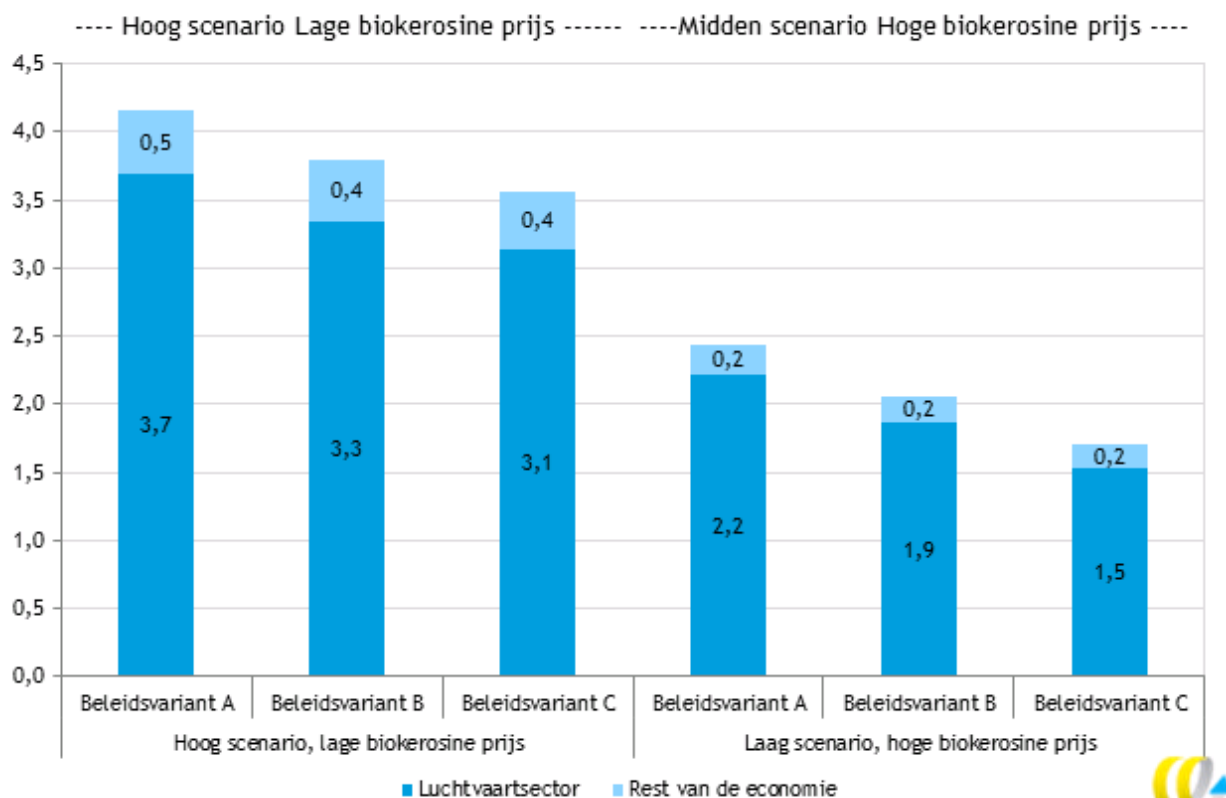
Voor beleidsvariant A in combinatie met het hoog-scenario met de lage biokerosineprijs is de extra CO<sub>2</sub>-emissie op buitenlandse luchthavens slechts 1% tot 2% van de totale CO<sub>2</sub>-reductie op vluchten van en naar Nederland.

In zijn algemeenheid is de conclusie dat de extra CO<sub>2</sub>-emissie op buitenlandse luchthavens in de directe omgeving van Nederland, als gevolg van uitwijken, beperkt zullen zijn ten opzichte van de totale CO<sub>2</sub>-reductie op vluchten van en naar Nederland.

#### **5.4.2 Effecten op CO<sub>2</sub>-emissies in de rest van de economie**

Het belangrijkste resultaat van de MAGNET-analyse is dat de emissies in de rest van de economie dalen. Dit komt omdat de productie en consumptie afnemen als gevolg van de additionele kosten van het gebruik van biokerosine. De emissies in dalen met 0,4-0,5 Mt CO<sub>2</sub>-eq. in het hoog-scenario en 0,2 Mt CO<sub>2</sub>-eq. in het midden-scenario. Kortom, de daling van emissies in de rest van de economie zorgt voor een additionele daling van 10% tot 14% ten opzichte van de reductie van broeikasgasemissies in de luchtvaartsector.

Figuur 23 Effect van het gebruik van biokerosine op broeikasgasemissies in Nederland in 2030 (in M€)



### 5.4.3 Luchtkwaliteit en gezondheidseffecten

Biobrandstoffen hebben een andere chemische samenstelling dan fossiele brandstoffen, waardoor ze ook andere emissies veroorzaken. Wanneer de uitstoot plaatsvindt in de nabijheid van mensen, zijn er dus ook verschillen in gezondheidseffecten. Deze paragraaf analyseert de verschillen in uitstoot van zwaveloxiden, stikstofoxiden en fijn stof tussen biobrandstoffen en fossiele kerosine.

#### Chemische samenstelling biobrandstoffen en fossiele kerosine

De chemische samenstelling van biobrandstoffen en fossiele kerosine verschilt op twee belangrijke punten, die een effect hebben op de emissies:

- Aromatengehalte. Fossiele kerosine (Jet A-1) mag maximaal 25% v/v aromaten bevatten (Chevron, 2007). In de praktijk is het gehalte vaak tussen 12% en 20% v/v (zie bijvoorbeeld (Anderson, 2015)). Biobrandstoffen hebben een veel lager aromatengehalte; HEFA bevat geen aromaten (Amara, et al., 2016).
- Zwavelgehalte. Jet A-1 mag maximaal 0,3% m/m zwavel bevatten. Biobrandstoffen hebben in het algemeen een veel lager zwavelgehalte.

#### Emissies van zwaveloxiden

De uitstoot van SO<sub>2</sub> is afhankelijk van het zwavelgehalte in de brandstof. Wanneer de aanwezige gassen in de lucht reageren met SO<sub>2</sub>, worden fijnstof en sulfaat aërosolen gevormd. De uitstoot van sulfaten leidt tot condensatie van wolken waardoor de reflectie van zonnelicht kan toenemen (Weber & Hawkins, 2012).

Het is bekend dat biodiesel leidt tot significant minder SO<sub>2</sub>-uitstoot vergeleken met conventionele diesel. Lignocellulose en algen hebben een zeer lage zwavelgehalte (Ramirez, et al., 2015). Dit zou kunnen betekenen dat het verbranden van biokerosine op basis van lignocellulose biomassa leidt tot een vermindering van de SO<sub>2</sub> en sulfaat uitstoot en vermindering van het ontstaan van condens-sporen.

Condens-sporen kunnen leiden tot een broeikaseffect, omdat het de weerkaatsing van licht van de aarde terug naar de ruimte blokkeert. Dit effect is echter nog erg onzeker (IATA, 2013a). Er is nog weinig wetenschappelijk inzicht in het verband tussen condens-sporen en reflectiviteit van zonlicht (Gierens, et al., 2016). Biokerosine kan dus leiden tot een vermindering van zwaveluitstoot, maar het effect op het broeikaseffect door middel van condens-sporen is onzeker.

### **Emissies van fijnstof**

Fijnstof heeft een effect op de menselijke gezondheid. Bij ultrafijnstof zijn deze effecten grote, omdat deze dieper in het lichaam kunnen binnendringen. Op het vliegveld kunnen hoge concentraties ultrafijnstof optreden als gevolg van opstijgende vliegtuigen (Hsu, et al., 2013) Fijnstof ontstaat onder meer door de onvolledige verbranding van aromaten.

Een vergelijking tussen conventionele kerosine (Jet A1) met biomassa en Fischer-Tropsch(FT) brandstof laat zien dat de fijnstofemissies lager zijn dan bij de conventionele kerosine. Een mix van kerosine met 50% FT-brandstof levert een reductie van 34-39% (nummer en massa) op vergeleken met Jet A1 brandstof. Het gebruik van FT en HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids) biofuels blijkt minder uitstoot te geven van ultrafijnstof en emissies die leiden tot condens-sporen, omdat deze brandstoffen minder aromaten en onzuiverheden bevatten (IATA, 2013a)). Vergelijking van emissies tussen conventionele kerosine (JET A-1) en alternatieve kerosine (SPK-fuel oftewel synthetische kerosine en HEFA) laat zien dat fijnstofemissies significant verminderd zijn bij gebruik van alternatieve kerosine (Gierens, et al., 2016)..

TNO (Keuken, et al., 2014) laat zien dat fijnstofemissies van vliegtuigmotoren tot ver buiten Schiphol een meetbaar effect hebben op de concentratie fijnstof in de lucht. Hoewel het onderzoek nog veel vragen onbeantwoord laat, trekt het de voorzichtige conclusie dat emissies uit vliegtuigmotoren een negatief effect op de gezondheid zouden kunnen hebben. Wanneer dat waar zou blijken te zijn, zou gebruik van biobrandstoffen gezondheidsvoordelen hebben.

### **Emissies van stikstofoxiden**

Stikstofoxiden worden gevormd als stikstof en zuurstof bij hoge temperatuur en druk worden gemengd. De vorming van stikstofoxiden hangt niet af van de eigenschappen van de brandstof maar van de eigenschappen van de motor.

Het project BurnFair van Lufthansa, waarin biokerosine geproduceerd door Neste Oil werd getest, laat zien dat er nauwelijks verschil is in NO<sub>x</sub>-emissies (Lufthansa, 2014). Het gebruik van HTL(HydroThermal Liquefaction) biofuel in diesel geeft een hogere uitstoot van NO<sub>x</sub> tussen de 1% en 11% (Ramirez, et al., 2015); (Nabi, et al., 2015)).

De vergelijking van emissies tussen conventionele kerosine (JET A-1) en alternatieve kerosine (SPK-fuel en HEFA), laat geen duidelijke trend zien voor de uitstoot van NO<sub>x</sub>, hoewel emissies vaak verminderd waren (European Commission, 2016).



Er is geen eenduidige conclusie te trekken over het effect van biokerosine op de uitstoot van NO<sub>x</sub>.

### **Conclusie**

Door het lagere aromatengehalte en het lagere zwavelgehalte van biobrandstoffen leidt het gebruik van biobrandstoffen tot een lagere emissie van fijnstof en zwaveloxiden dan het gebruik van fossiele kerosine. Dit heeft een positief effect op de luchtkwaliteit in de omgeving van luchthavens, en daarmee ook een positief effect op de gezondheid van mensen die in de omgeving wonen of werken.

## **5.5 Doorkijk naar 2050**

Deze paragraaf analyseert hoe de noodzaak voor overheidsbeleid ter stimulering van de vraag naar en het aanbod van biokerosine zich kan ontwikkelen na 2030 en wat de effecten van dat beleid zijn.

Zowel de noodzaak voor beleid als de effecten daarvan hangen af van talrijke ontwikkelingen in het algemene klimaatbeleid, luchtvaart, economie en demografie. Het zou te ver voeren om meerdere scenario's te ontwikkelen om de mogelijke ontwikkelingen te analyseren. In plaats daarvan beschrijft Paragraaf 5.5.1 de meest relevante ontwikkelingen binnen een relatief optimistisch scenario. Paragraaf 5.5.2 analyseert hoe het overheidsbeleid zich hierbinnen kan ontwikkelen en wat de effecten daarvan op de luchtvaart en in de economie zijn. Tot slot analyseert Paragraaf 5.5.3 welke ontwikkelingen zouden kunnen leiden tot andere uitkomsten.

### **5.5.1 Klimaatbeleid 2030 - 2050 en de vraag naar biokerosine**

In de doorkijk naar 2050 wordt uitgegaan van een voortzetting van het klimaatbeleid zoals dat in 1992 in de UNFCCC is vastgelegd en in 2015 is aangescherpt in de Paris Agreement. De UNFCCC heeft als doel om "dangerous anthropogenic interference with the climate system" te voorkomen door het terugdringen van de emissies van broeikasgassen (UNFCCC, 1992). De Paris Agreement heeft dit gespecificeerd tot het volgende doelen: "global peaking of greenhouse gas emissions as soon as possible" en "achieve a balance between anthropogenic emissions by sources and removals by sinks in the second half of this century" (UNFCCC, 2015).

Dit klimaatbeleid zal tot gevolg hebben dat steeds meer landen hun emissies gaan beperken waardoor de beschikbaarheid van offsets afneemt (SEI, 2016). De vraag naar biomassa voor verschillende toepassingen zal toenemen, terwijl de opbrengst van de teelt kan dalen door de klimaatverandering (World Bank, 2015). Het is ook denkbaar dat de olieprijs daalt door een lagere vraag naar fossiele brandstoffen (Livingston, 2016). Of daarmee ook de kerosineprijs zal dalen, is de vraag. Immers, als gevolg van verbeterde efficiëntie van motorvoertuigen en andere aandrijfsystemen kan de vraag naar andere brandstoffen minder sterk toenemen of zelfs dalen. Als de totale vraag naar olie afneemt, kunnen raffinaderijen tot op zekere hoogte het aandeel kerosine in hun productie wat ophogen, maar de marge hiervoor is beperkt. Het is daarom denkbaar dat de prijs naar olie afneemt door de lagere vraag maar de prijs van kerosine niet in gelijke mate daalt omdat de vraag naar kerosine relatief toeneemt.





Wat de invloed van deze ontwikkelingen is op het kostenverschil tussen het gebruik van biokerosine en fossiele kerosine is niet direct duidelijk. Het kan afnemen als de prijs van offsets snel stijgt, of toenemen als de prijs van biomassa stijgt en de kerosineprijs daalt.

Tegelijkertijd is het duidelijk dat het doel om te komen tot netto nul emissies moeilijk te verenigen is met toenemende luchtvaartemissies, en dat zelfs CNG2020 er slecht bij past. Dat betekent dat er aanvullend wereldwijd gecoördineerd beleid voor de luchtvaartsector na 2030 nodig zal zijn, dat mogelijk het prijsverschil tussen fossiele kerosine en biokerosine zal verkleinen. Tenzij CORSIA tussentijds aangepast wordt, zal dat beleid pas na 2035 geïmplementeerd worden omdat dan de derde fase van CORSIA afloopt.

Dergelijk aanvullend beleid kan verschillende vormen aannemen. Naast een toename van de kosten van offsets zou er ook een ander kostenverhogend element voor fossiele brandstof of een bijmengverplichting voor low carbon fuels kunnen komen om de luchtvaartemissies te laten dalen. Dit beleid kan in internationaal verband gecoördineerd worden, maar kan ook worden uitgevoerd door een kleinere set landen. In alle gevallen zal de vraag naar luchtvaart afnemen omdat de externe kosten worden geïnternaliseerd. Bij mondiaal of Europees gecoördineerd beleid is het risico op uitwijking naar buitenlandse luchthavens kleiner.

#### **5.5.2 Biokerosine-beleid 2030 - 2050 en de effecten voor Nederland**

Zolang landen vasthouden aan de doelstellingen van het Akkoord van Parijs zal de vraag naar biokerosine toenemen, zowel in Nederland als ook mondiaal. Het is mogelijk dat door een hogere koolstofprijs het prijsverschil tussen fossiele kerosine en biokerosine verdwijnt, maar wanneer het beleid niet internationaal wordt gecoördineerd, is het ook denkbaar dat meer landen biobrandstoffen gaan subsidiëren of anderszins stimuleren. In het eerste geval is er geen beleid van de Nederlandse overheid nodig om de vraag naar biokerosine te stimuleren, in het tweede geval wel.

Wanneer er geen aanvullend beleid van de Nederlandse overheid meer nodig is om de vraag naar biokerosine te stimuleren, is er ook geen negatief BBP-effect van eventueel beleid te verwachten.

Omdat de vraag naar biokerosine ook in het buitenland zal toenemen, is het mogelijk dat er vanuit de productiefaciliteit in Nederland biokerosine wordt geëxporteerd. Dat heeft een positief effect op het Nederlandse BBP, de welvaart en de werkgelegenheid. Afhankelijk van de omvang van de export kan het totale effect op de Nederlandse economie zelfs positief worden wanneer er subsidie voor biokerosine nodig blijft.

Wanneer omringende landen biokerosinebeleid gaan voeren, in elk geval de landen die luchthavens hebben die met Schiphol concurreren om transfer-passagiers, is het ook mogelijk om een subsidie op een gecoördineerde manier te vervangen door een bijmengverplichting. In dat geval is er immers geen risico dat overstappassagiers uitwijken naar andere luchthavens.

De vervanging van een subsidie naar een bijmengverplichting zal het beslag op de overheidsfinanciën laten afnemen. Het negatieve effect op de vraag naar luchtvaart en de toegevoegde waarde van de luchtvaartsector zal vermoedelijk vergelijkbaar zijn met een subsidie die wordt gefinancierd met een DBH, omdat de luchtvaartsector ongeveer dezelfde extra kosten moet dragen.



Het klimaatbeleid zal op de langere termijn ertoe leiden dat de vraag naar fossiele brandstoffen afneemt. Dat kan een grote invloed hebben op Nederland met zijn relatief grote oliesector en petrochemische industrie. Hoewel het biokerosinebeleid de neergang van de fossiele industrietakken slechts beperkt kan opvangen, zou biokerosinebeleid wel kunnen passen in een bredere vergroening van de Nederlandse economische en industriële structuur.

### 5.5.3 Elementen van alternatieve scenario's

Het beeld dat in Paragraaf 5.5.2 is geschetst, is gebaseerd op een enkel toekomstscenario. Deze paragraaf analyseert welke alternatieve ontwikkelingen tot wezenlijk andere conclusies zouden kunnen leiden.

Een verandering in het klimaatbeleid kan tot andere uitkomsten leiden. Minder streng klimaatbeleid of het terugtrekken van bepaalde landen uit het klimaatakkoord kan de perspectieven voor biokerosine ernstig schaden. De investeringen in een productiefaciliteit zullen dan niet renderen. In zo'n geval kan het beter zijn om de subsidie te stoppen en de geleden economische schade te accepteren. Daarentegen kan een aanscherping van het klimaatbeleid (in het algemeen of specifiek voor de luchtvaart) ertoe leiden dat andere landen eerder biokerosinebeleid gaan voeren, waardoor uitwijken naar andere luchthavens minder aantrekkelijk wordt voor Nederlandse passagiers en exportkansen van Nederlandse biokerosine toenemen.

Wanneer de technologische vooruitgang in de productie van biokerosine langzamer verloopt dan gepland, of wanneer de prijs van biomassa stijgt ten opzichte van de olieprijs, blijft biokerosine duur. De overheid wordt dan voor de keus gesteld om ook op lange termijn door te gaan met de subsidie, een bijmengverplichting in te voeren of het beleid te stoppen. De eerste twee keuzes zullen leiden tot voortdurende negatieve economische effecten.

In de economische analyse in dit hoofdstuk is ervan uitgegaan dat Nederland een technologische voorsprong opbouwt op het gebied van biokerosine-productie. Daardoor vindt de productie in dit land plaats en wordt er waarde en werkgelegenheid gecreëerd. Weliswaar is het effect op het BBP per saldo negatief, maar zonder lokale productie van biokerosine zou het effect sterker negatief zijn. Er zijn verschillende redenen denkbaar waarom de productie van biokerosine *niet* in Nederland zou plaatsvinden. Een eerste zou kunnen zijn dat Nederland later dan andere landen begint met het stimuleren van biokerosine-productie, waardoor de technologie zich vooral in andere landen ontwikkelt en de productie daar geconcentreerd blijft. Een tweede reden, die de eerste niet uitsluit, zou kunnen zijn dat landen met grote hoeveelheden biomassa de productie van biobrandstoffen ter hand nemen waardoor ze zowel het voordeel van goedkope, lokaal beschikbare biomassa hebben als het voordeel van een technologische voorsprong. In beide gevallen zou het effect op de Nederlandse economie nadeliger zijn.

## 5.6 Internationale samenwerking

Nederland is niet het enige land dat de ambitie heeft om de luchtvaart te verduurzamen door het gebruik van hernieuwbare brandstoffen te stimuleren. Samenwerking met andere landen kan de effectiviteit van het beleid vergroten. Hoe die samenwerking het best kan worden vormgegeven, valt buiten het bestek van dit onderzoek; deze paragraaf draagt enkele ideeën op hoofdlijnen aan.

De Nederlandse overheid zou **bilateraal** samenwerking kunnen zoeken met andere landen die ambiëren om het initiatief te nemen bij het stimuleren van het gebruik van biokerosine. De manier van vraagstimulering zou bijvoorbeeld op elkaar afgestemd kunnen worden om op die manier meer zekerheid te bieden over de toekomstige ontwikkeling van de vraag aan investeerders in productiefaciliteiten. Ook zouden de landen het voortouw kunnen nemen in het verspreiden van de resultaten van proefprojecten om op die manier bij te dragen aan de beleidsdiscussie in derde landen.

Een andere mogelijkheid zou kunnen zijn om op bilateraal niveau afspraken te maken over een verplichte bijmenging van biobrandstoffen op routes tussen Nederland en de desbetreffende landen.

Op **EU-niveau** zou Nederland zich sterk kunnen maken voor de invoering van hernieuwbare brandstofeenheden voor de luchtvaart in alle lidstaten, zoals de herziene Renewable Energy Directive dat toestaat. Ook zou Nederland zich in kunnen zetten voor duidelijke duurzaamheidscriteria voor biobrandstoffen om eventuele investeerders zekerheid te verschaffen. In dit verband zijn ook de Flight Path to Sustainable Biofuels en ACARE Working Group 3 van belang.

Een voordeel van een grotere vraag naar biobrandstoffen vanuit andere landen is dat dit exportmogelijkheden biedt voor Nederlandse producenten, wanneer de productiefaciliteit in Nederland gevestigd zou zijn. Op die manier zouden de macro-economische effecten van de Nederlandse investeringen verbeteren.

Op **mondiaal niveau** zou Nederland zich sterk kunnen maken voor een goede behandeling van biobrandstoffen en andere hernieuwbare brandstoffen in CORSIA en voor duidelijke duurzaamheidscriteria in ICAO verband. Het is mogelijk om hernieuwbare brandstoffen extra te stimuleren binnen CORSIA, bijvoorbeeld door emissiereducties met biobrandstoffen (of binnen de luchtvaartsector) dubbel te tellen. Dit kan een bijdrage leveren aan de stimulering van de vraag, al is het moeilijk voorstelbaar dat op die manier het gehele prijsverschil overbrugd wordt (CE Delft, 2015).

# 6 Conclusies en beleidsaanbevelingen

## 6.1 Conclusies

Om op termijn de emissies van de luchtvaart te laten dalen, is het noodzakelijk dat de luchtvaartsector overgaat van fossiele brandstoffen op *low carbon fuels*. Alle andere maatregelen om de emissies van vliegtuigen te verbeteren hebben slechts een beperkt effect. De enige *low carbon fuels* die op dit moment beschikbaar zijn, zijn biobrandstoffen.

Biokerosine is momenteel nog aanzienlijk duurder dan fossiele kerosine, ook wanneer de kosten van CO<sub>2</sub> worden meegerekend. In een concurrerende markt ondermijnen luchtvaartmaatschappijen hun concurrentiepositie wanneer ze op grote schaal biokerosine gaan gebruiken. Overheidsbeleid kan dit probleem verminderen.

Om de vraag naar biokerosine in Nederland te vergroten, heeft de Nederlandse overheid in principe twee opties. Ten eerste zou ze leveranciers van brandstoffen op Nederlandse luchthavens kunnen verplichten om biobrandstof bij te mengen. De prijs van brandstof zou daardoor hoger worden en vliegen van, naar en via Nederlandse luchthavens zou minder aantrekkelijk worden. Afhankelijk van de manier waarop luchtvaartmaatschappijen de kosten zouden doorberekenen aan de passagiers bestaat er het risico dat de ticketprijzen voor zowel bestemmingspassagiers als voor transferpassagiers zouden stijgen. Met name transferpassagiers zijn prijsgevoelig, en een bijmengverplichting zou leiden tot een afname van het aantal transferpassagiers. Dit zou schadelijk zijn voor het netwerk op Schiphol, omdat een groot aantal bestemmingen sterk afhankelijk is van transferpassagiers.

De andere mogelijkheid die de overheid heeft is om biobrandstoffen te subsidiëren. De prijs van de brandstof blijft dan gelijk, en de overheid heeft de mogelijkheid om de kosten van de subsidie te laten dragen door de minst prijsgevoelige consumenten door het invoeren of verhogen van specifieke belastingen. Dit rapport heeft twee financieringsmogelijkheden nader onderzocht: een DBH voor passagiers die van Nederlandse luchthavens vertrekken en financiering uit de algemene middelen.

Beide financieringsmogelijkheden hebben een vrijwel gelijk effect op het BBP, maar de onderliggende macro-economische en sectorale effecten verschillen aanzienlijk. Financiering uit de algemene middelen heeft een groot negatief effect op de overheidsfinanciën en leidt tot een daling van de toegevoegde waarde in de rest van de economie. Financiering met een DBH kost de overheid minder, maar laat de toegevoegde waarde van de luchtvaartsector dalen door een afname van de vraag. De stijging in de productie van biokerosine en de daling van kerosine levert een groei in toegevoegde waarde en werkgelegenheid op in deze sectoren.

In tegenstelling tot het BBP-effect, wordt het welvaartseffect in belangrijke mate beïnvloed door de keuze van het financieringsmechanisme. In alle gevallen daalt de welvaart, maar indien de luchtvaartsector de kosten draagt dan wordt een deel van de kosten afgewenteld op het buitenland. Hierdoor is de negatieve impact op de welvaart minder groot dan wanneer de overheid de kosten draagt. Technologische ontwikkeling kan ook in belangrijke mate bijdragen aan het beperken van het welvaartsverlies.

De negatieve economische effecten zouden kleiner zijn als een deel van de biokerosine die in Nederland wordt geproduceerd uitgevoerd wordt naar omliggende landen. De kans daarop is het grootst als Nederland een van de eerste landen is met een productiefaciliteit voor biokerosine. Wanneer die faciliteit daarentegen in andere landen gevestigd zou worden, en Nederland de biokerosine zou importeren, zou het Nederlandse BBP verder afnemen.

De omvang van de effecten op de economie en de luchtvaartsector hangen sterk af van de ontwikkeling van het prijsverschil tussen biokerosine en fossiele kerosine en daarmee van de snelheid van technologische ontwikkeling. Bij een snelle technische ontwikkeling en een navenante prijsdaling bedragen de effecten van het vervangen van een derde van de Nederlandse luchtvaart-brandstof door biokerosine in 2030 0,04% van het BBP. Bij een langzamere technologische ontwikkeling bedragen de welvaartskosten om een zesde van de hoeveelheid vliegtuigbrandstoffen te vervangen door biokerosine ongeveer 0,05% van het BBP. De groei van het aantal passagiers op Schiphol zal afnemen van 2,7% per jaar naar 2,5% per jaar bij langzame technologische ontwikkeling. Bij snelle innovatie zal de groei 2,6% worden. In 2030 komt dat neer op maximaal 1 jaar groeivertraging.

Innovatiebeleid versterkt de kennisinfrastructuur in Nederland. De structuur van het Nederlandse innovatiebeleid op het gebied van biokerosine is adequaat. De omvang van de ondersteuning voor R&D wordt echter beperkt doordat veel gelden alleen beschikbaar zijn voor technologieën die in de SDE+ ondersteund worden. Dit verdient heroverweging omdat biobrandstoffen net zozeer tot hogere kosten voor de eindverbruiker leiden als andere vormen van hernieuwbare energie.

Wanneer de innovatiesubsidies voor biokerosine verruimd worden, doet de overheid al het mogelijke om de kans op de vestiging van een productie-faciliteit voor biokerosine in Nederland te maximaliseren. De andere vestigingsfactoren zijn immers gunstig in Nederland: biomassa is relatief goedkoop door de goede aanvoermogelijkheden over zee en er is een goede infrastructuur voor het transport van biokerosine naar Nederlandse en buitenlandse luchthavens.

Naast de kwantificeerbare effecten op de luchtvaart en de economie heeft stimulering van het gebruik van biokerosine een aantal andere effecten. Zo is de uitstoot van fijnstof en zwavel van biokerosine aanzienlijk lager dan van fossiele kerosine. Stimulering van het gebruik van biokerosine kan ook bijdragen aan de vergroening van de Nederlandse economie. Wanneer de vraag naar fossiele brandstoffen afneemt, zou productie van biobrandstoffen de teruggang van economische activiteiten in de petroleum- en petrochemische sector kunnen opvangen. Op die manier kan de stimulering van biokerosine-gebruik een bijdrage leveren aan de transitie naar een klimaatneutrale economie.

## 6.2 Beleidsaanbevelingen

### 6.2.1 Wenselijkheid van overheidsbeleid om het gebruik van biokerosine op NL luchthavens te stimuleren

Op basis van dit rapport is het niet mogelijk een eenduidige aanbeveling te geven over de wenselijkheid van overheidsbeleid om biokerosinegebruik te stimuleren. Er zijn zowel argumenten voor als tegen dit beleid.

Als het van belang wordt gevonden om de emissies van de luchtvaartsector zelf te reduceren, is het gebruik van biobrandstoffen de enige manier om dat doel in de komende decennia te bereiken. Andere technische of operationele maatregelen kunnen de efficiëntie van vliegtuigen met een paar procent verbeteren, maar de vraag naar luchtvaart groeit sneller dan de efficiëntie verbetert, waardoor de emissies blijven toenemen. Andere *low carbon* brandstoffen zijn nog niet beschikbaar.

Bovendien kan de stimulering van het biokerosinegebruik bijdragen aan het vergroenen van de economie en het beperken van de gezondheidseffecten van vliegtuigemissies.

Dergelijk beleid is echter kostbaar. Biokerosine is duurder dan fossiele kerosine en de relatief lage CO<sub>2</sub>-prijs die de luchtvaart heeft, is onvoldoende om het prijsverschil te overbruggen. Andere sectoren kunnen emissies goedkoper reduceren. Daardoor zijn de macro-economische effecten van het beleid op BBP en welvaart in alle gevallen negatief.

### 6.2.2 Vormgeving van het beleid om het gebruik van biokerosine op NL luchthavens te stimuleren

#### Timing

Als er wordt besloten om de vraag naar biokerosine te stimuleren, verdient het aanbeveling om het beleid snel te implementeren om zo de kans te maximaliseren dat een productiefaciliteit in Nederland wordt gevestigd. Op dit moment zijn er in Europa nog geen grootschalige productiefaciliteiten voor biokerosine. Nederland heeft gunstige vestigingsfactoren (goedkope aanvoer van biomassa, goede transportfaciliteiten van fossiele kerosine, een grote luchtvaartsector), waardoor het voor de hand ligt om de productie in Nederland op te starten als hier vraag naar biokerosine is. Een dergelijke productiefaciliteit kan een onderdeel worden van bredere grootschalige omzetting van biomassa in hoogwaardigere producten. Daarnaast zou Nederland zich een goede uitgangspositie verschaffen om te voorzien in de vraag naar biokerosine uit andere Europese landen op het moment dat ook daar een vraag ontstaat. Deze exportmogelijkheden zouden als alternatief, dan wel aanvulling, kunnen dienen voor de huidige export van fossiele kerosine. Export van biokerosine zou de negatieve economische effecten van het overheidsbeleid geheel of deels kunnen compenseren.

#### Beleidsinstrument

Een subsidie is het meest geëigende beleidsinstrument om de vraag naar biokerosine te stimuleren omdat de kosten van het beleid neergelegd kunnen worden bij de minst prijsgevoelige partij. Een subsidie kan de vraag effectief stimuleren door het prijsverschil tussen fossiele kerosine en biokerosine te elimineren. Het voordeel van een subsidie is dat de meerkosten van biokerosine niet noodzakelijkerwijs bij de gebruiker van biokerosine terecht komen, zoals bij een bijmengverplichting, maar door specifieke heffingen bij verschillende partijen neergelegd kunnen worden.

Op die manier kunnen bepaalde categorieën passagiers worden ontzien, bijvoorbeeld transferpassagiers die prijsgevoeliger zijn dan bestemmingspassagiers maar die belangrijk zijn voor het in stand houden van het netwerk van Schiphol.

### **Vormgeving van de subsidie**

**Het verdient aanbeveling om de subsidie aan de leverancier van brandstoffen op Nederlandse luchthavens te geven.** Op die manier heeft de subsidie een direct effect op de CO<sub>2</sub>-emissies van de Nederlandse luchtvaart. Subsidies voor producenten hebben het voordeel dat de productie zal plaatsvinden in Nederland maar het risico dat de biokerosine wordt geëxporteerd. Subsidies voor gebruikers hebben als nadeel dat ze ook in het buitenland aangekochte biokerosine zouden kunnen stimuleren.

**De subsidie moet voldoende zekerheid bieden voor producenten om te investeren in een productiefaciliteit.** Daarvoor is het noodzakelijk dat de subsidie voor langere tijd gegarandeerd is. Dit kan door de subsidie voor een periode van bijvoorbeeld 15 jaar of langer toe te kennen. Dit is vergelijkbaar met de subsidieverlening voor windenergie in de SDE+.

**De subsidie moet prijsverlaging door innovatie en schaalvergroting stimuleren.** Door de subsidie in competitie te verstrekken, kan de subsidie worden verleend aan de partij die biokerosine tegen de gunstigste prijs kan leveren. Door jaarlijks een of meerdere subsidieronden te hebben, eventueel met maximumprijzen voor biokerosine, kan prijsinformatie openbaar worden die producenten stimuleren te innoveren. Daarbij is de aanbeveling om uit te gaan van een subsidiebedrag per jaar en de levering te gunnen aan de partij die voor het beschikbare bedrag het grootste volume kan leveren. Zodoende zijn de subsidiekosten voor de Nederlandse overheid en de daarmee samenhangende economische effecten in de hand te houden.

**Voor de financiering van de subsidie zijn er verschillende opties, die vrijwel hetzelfde effect op het BBP maar een verschillend welvaartseffect hebben.** Financiering door de luchtvaartsector, bijvoorbeeld door middel van een DBH voor vertrekkende passagiers op Nederlandse luchthavens, heeft als voordeel dat de luchtvaartsector zelf bijdraagt aan de vergroening. Het negatieve welvaartseffect in Nederland wordt aanzienlijk beperkt ten opzichte van financiering van de subsidie uit de algemene middelen, omdat ook buitenlandse passagiers bijdragen aan de financiering van de subsidie. Financiering uit de algemene middelen heeft als voordeel dat de luchtvaartsector wordt ontzien.

### **Stimulering van innovatie**

Wanneer de levering van biokerosine gesubsidieerd zou worden, ligt het voor de hand om meer middelen vrij te maken voor R&D. Op die manier kan immers de prijs van biokerosine in de toekomst dalen en daarmee ook de subsidiebehoefte. Een dergelijke koppeling bestaat momenteel tussen ondersteuning van innovatie in de Topsector Energie en de vormen van hernieuwbare energie die de SDE+ subsidieert.

### **Internationale samenwerking**

Nederland is niet het enige land dat zijn luchtvaart wil verduurzamen. In aanvulling op bestaand beleid hebben verschillende landen, luchtvaartmaatschappijen en andere spelers de ambitie geuit of beleid geïmplementeerd om meer biokerosine te gebruiken.





Het verdient aanbeveling dat de Nederlandse overheid andere landen stimuleert om de vraag naar biokerosine te verhogen. Dat biedt als voordelen dat de technologische ontwikkeling sneller kan verlopen door een grotere vraag, dat de kans op export vanuit Nederland toeneemt en de daarmee samenhangende economische voordelen worden gerealiseerd, en dat de eventuele negatieve gevolgen voor de Nederlandse luchtvaart beperkt zouden kunnen worden.

# 7 Bibliografie

Amara, A. B., Kaoubi, S. & Starck, L., 2016. Toward an optimal formulation of alternative jet fuels : Enhanced Oxidation and Thermal Stability by the addition of cyclic molecules. *Fuel*, Issue March, pp. 98-105.

Anderson, D., 2015. *The aromatic Content of Synthetic Aviation Fuels : How Low Can You Go? (presentation)*. Sheffield: The University of Sheffield.

Annevelink, B. & Harmsen, P., 2010. *Bioraffinage : Naar een optimale verwaarding van biomassa*, Wageningen: Wageningen UR Food & Biobased Research.

BioEconomy Cluster, [2016]. *Chemistry meets the timber industry - the BioEconomy Cluster*. [Online]

Available at: <http://en.bioeconomy.de/cluster/> [Geopend 2017].

Boeing ; Embraer ; FAPESP ; UNICAMP, 2013. *Flightpath to aviation biofuels in Brazil : Action plan*, sl: The Sustainable Aviation Biofuels for Brazil Project.

Bundesminister der Finanzen, 2015. Verordnung zur Festlegung der Steuersätze im Jahr 2016 nach § 11 Absatz 2 des Luftverkehrsteuergesetzes (Luftverkehrsteuer-Festlegungsverordnung 2016 - LuftVStFestV 2016). *Bundesgesetzblatt*, 2015 Teil I(45).

CAEP, 2012. *Traffic and Fleet Forecast - Methodological Paper*. CAEP/9-IP/11., Montreal: ICAO, Committee on Aviation Environmental Protection (CAEP).

CAEP, 2013a. *MDG Fuel Trends Assessment CAEP-SG/2013-IP/3*, Montreal: ICAO, Committee on Aviation Environmental Protection (CAEP).

CAEP, 2013b. *CO2 sample problem update : cost assumptions*, Montreal: ICAO, Committee on Aviation Environmental Protection (CAEP).

CE Delft, 2006. *Aviation and maritime transport in a post 2012 climate policy regime*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2014. *Kennisoverzicht luchtvaart en klimaat*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2015. *Biofuels in a Global MBM for Aviation*, Delft: CE Delft.

Chevron, 2007. *Aviation Fuels Technical Review*, San Ramon: Chevron Corporation.

Chiamonti, D., Buffi, M., Palmisano, P. & Redaelli, S., 2016. Lignin-Based Advanced Biofuels: a Novel Route Towards Aviation Fuels. *Chemical Engineering Transactions*, Volume 50, pp. 109-114.

CPB ; PBL, 2016. *Mobiliteit en Luchtvaart Achtergronddocument : WLO-Welvaart en Leefomgeving, Toekomstverkenning 2030-2050*, Den Haag: Centraal Planbureau (CPB) ; Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

de Jong, S. et al., 2015. The feasibility of short-term production strategies for renewable jet fuels : a comprehensive techno-economic comparison. *Biofuels, Bioproducts, Biorefining*, Volume 9, pp. 778-800.

Decisio, 2015. *Economisch belang van mainport Schiphol : Analyse van directe en indirecte economische relaties*, Amsterdam: Decision.



Duque, J. P. et al., 2014. *Verkenning van een bioraffinaderij voor isobutanol in Rotterdam : suiker en bietenpulp*, Petten: ECN.

EC, 2011-. *Biofuels for aviation : European Advanced Biofuels Flightpath*. [Online]  
Available at: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/biofuels/biofuels-aviation>  
[Geopend 2017].

EC, 2011. *White paper, Roadmap to a single European Transport Area : Towards a competitive and resource efficient transport system COM(2011)0144 final*, Brussels: European Commission (CE).

EC, 2015. SA.39654 *Multi-annual support to biofuels for transport*. [Online]  
Available at:  
[http://ec.europa.eu/competition/elojade/isef/case\\_details.cfm?proc\\_code=3\\_SA\\_39654](http://ec.europa.eu/competition/elojade/isef/case_details.cfm?proc_code=3_SA_39654)  
[Geopend 2017].

ECN, 2016a. *Conceptadvies basisbedragen SDE+ 2017 voor marktconsultatie*, Petten: ECN.

ECN, 2016b. *Quick Scan Biokerosine in de SDE+ regeling*, Petten: ECN.

EIA, 2014. *Today in Energy : Biofuels are included in latest U.S. Navy fuel procurement*. [Online]  
Available at: <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=17271>  
[Geopend 2017].

EIN Presswire, 2016. *Energy Department Announces Six Projects for Pilot- and Demonstration-Scale Manufacturing of Biofuels, Bioproducts, and Biopower*. [Online]  
Available at: [http://www.einnews.com/pr\\_news/359747692/energy-department-announces-six-projects-for-pilot-and-demonstration-scale-manufacturing-of-biofuels-bioproducts-and-biopower](http://www.einnews.com/pr_news/359747692/energy-department-announces-six-projects-for-pilot-and-demonstration-scale-manufacturing-of-biofuels-bioproducts-and-biopower)  
[Geopend 2017].

Enova, 2017. *About Enova*. [Online]  
Available at: <https://www.enova.no/about-enova/>  
[Geopend 2017].

Eurostat-T, 2016. *Energy consumption of Transport by mode : International Aviation and Domestic Aviation 1990-2014*. Luxembourg: Eurostat.

FCA, [2014]. *De toegangspoort tot Europese bio-economie ligt in Vlaanderen!*. [Online]  
Available at: <http://fca.be/nl/artikel/de-toegangspoort-tot-europese-bio-economie-ligt-vlaanderen>  
[Geopend 2017].

Gierens, K. et al., 2016. *Condensation trails from biofuels/ kerosene blends scoping study*, Brussels: European Commission (EC).

Greenaironline.com, 2017. *Commercialisation of ATJ fuels gets boost with funding from the US DOE to develop two demo facilities*. [Online]  
Available at: <http://www.greenaironline.com/news.php?viewStory=2321>  
[Geopend 2017].

Hsu, H.-H. et al., 2013. Contributions of aircraft arrivals and departures to ultrafine particle counts near Los Angeles International Airport. *Science of the Total Environment*, Issue 444, pp. 347-355.



- Hulsman, H., Reinders, J. & Aalst, M. A., 2011. *Algae as a source of fuel for the Dutch aviation sector : a feasibility study : executive summary*, Wageningen: Deltares.
- IATA, 2008. *Air Travel Demand: Measuring the responsiveness of air travel demand to changes in prices and incomes*. [Online]  
Available at:  
[https://www.iata.org/whatwedo/Documents/economics/air\\_travel\\_demand.pdf](https://www.iata.org/whatwedo/Documents/economics/air_travel_demand.pdf)  
[Geopend 2016].
- IATA, 2013a. *IATA 2013 Report on Alternative Fuels*, Montreal ; Geneva: International Air Transport Association (IATA).
- IATA, 2013b. *IATA Technology Roadmap 4th Edition*, Montreal: International Air Transport Association (IATA).
- IEA, 2015. *World Energy Outlook 2015*. Paris: OECD/IEA.
- Kernteam Versterking Industriecluster Rotterdam/Moerdijk, 2016. *Samen werken aan een cluster in transitie : Actieplan Versterking Industriecluster Rotterdam/Moerdijk*, sl: Kernteam Versterking Industriecluster Rotterdam/Moerdijk.
- Keuken, M. et al., 2014. Ultrafijn stof rondom Schiphol. *Tijdschrift Lucht*, Issue 6, pp. 8-11.
- KiM, 2011. *Effecten van de vliegtuigbelasting : Gedragsreacties van reizigers, luchtvaartmaatschappijen en luchthavens*, Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).
- KiM, 2013. *Quick scan duurzame luchtvaart 2050 : Reductieopties en beleidsopties voor vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot*, Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).
- KLM, 2016. *KLM Royal Dutch Airlines : Annual Report 2015*, Amstelveen: KLM.
- Kooij, A. v. d., 2016. *REDEFINERY : A Large scale Biorefinery Cluster Initiative : The conversion of lignocellulose into chemical building blocks*, sl: Stichting Biobased Delta.
- Lang, A. & Elhaj, H. F. A., 2014. *The worldwide production of bio-jet fuels : The current developments regarding technologies and feedstocks, and innovative new R&D developments*, Stockholm ; Khartoum: World Bioenergy Association (WBA) ; Aeronautical Research Centre (ARC\_Sudan).
- Legifrance, 2017. *Code général des impôts, CGI. Chapitre VII : Taxe de l'aviation civile, Article 302 bis K*. [Online]  
Available at:  
[https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=468BC07606662230A6AB6ECAAEA1C22.tpdlA07v\\_2?idSectionTA=LEGISCTA000006147318&cidTexte=LEGITEXT000006069577&dateTexte=20170306](https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=468BC07606662230A6AB6ECAAEA1C22.tpdlA07v_2?idSectionTA=LEGISCTA000006147318&cidTexte=LEGITEXT000006069577&dateTexte=20170306)  
[Geopend 2017].
- Livingston, D., 2016. *Oil Markets After Paris: Implications of a Demand-Driven Future*. [Online]  
Available at: <http://carnegieendowment.org/2016/09/14/oil-markets-after-paris-implications-of-demand-driven-future-pub-64561>  
[Geopend 2017].
- LMC International, 2012. *Feedstocks for Sustainable Aviation Biofuels in Norway : Executive Summary*, Oslo et al.: LMC International Ltd.



- Meijl, J. v. et al., 2016. *Macroeconomic outlook of sustainable energy and biorenewables innovations (MEV II)*, Den Haag: LEI Wageningen UR .
- Mulder, W., Peet-Schwering, C. v. d., Hua, N.-P. & Ree, R. v., 2016. *Proteins for Food, Feed and Biobased Applications : Biorefining of protein containing biomass. IEA Bioenergy Task 42 Biorefinery.*, Wageningen: IEA Bioenergy.
- Nabi, N. et al., 2015. Fuel characterisation, engine performance, combustion and exhaust emissions with a new renewable Licella biofuel. *Energy Conversion and Management*, Volume 96, pp. 588-598.
- NIRAS A/S, 2014. *Sustainable Fuels for Aviation : An Analysis of Danish Achievements and Opportunities*, Allerød: NIRAS A/S.
- OECD, 2012. *OECD Environmental Outlook to 2050 : The consequences of Inaction*, Paris: OECD.
- Port of Amsterdam, 2015. *Visie 2030 : Port of Amsterdam, Port of partnerships*, Amsterdam: Havenbedrijf Amsterdam.
- Ramirez, J. A., Brown, R. J. & Rainey, T. J., 2015. A Review of Hydrothermal Liquefaction Bio-Crude Properties and Prospects for Upgrading to Transportation Fuels. *Energies*, Volume 8, pp. 6765-6794.
- RVO, [2013]. *Biobased Economy in Frankrijk, beleid en nationale R&D-programma's*, Den Haag: RVO (voorheen Agentschap NL).
- RVO, 2017a. *Subsidies energie-innovatie - Topsector Energie*. [Online] Available at: <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/subsidies-energie-innovatie> [Geopend 24 2 2017].
- RVO, 2017b. *Hernieuwbare Energie*. [Online] Available at: <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/hernieuwbare-energie> [Geopend 24 2 2017].
- Schäfer, A. W., Evans, A. D., Reynolds , T. G. & Dray, L., 2016. Costs of mitigating CO2 emissions from passenger aircraft. *Nature Climate Change*, Issue 6, pp. 412-417.
- Schiphol, 2016. *Schiphol Group Maandelijkse Verkeer & Vervoercijfers december 2015*. [Online] Available at: <https://www.schiphol.nl/nl/schiphol-group/pagina/verkeer-en-vervoer-cijfers/> [Geopend 2016].
- Schmidt, P. et al., 2016. *Power-to-Liquids : Potentials and Perspectives for the Future Supply of Renewable Aviation Fuel*, Berlin: German Environment Agency (Umweltbundesamt).
- SEI, 2016. *Supply and sustainability of carbon offsets and alternative fuels for international aviation*, Stockholm: Stockholm Environment Institute (SEI).
- SEO, 2009. *Implicaties van de invoering van de ticket-tax*, Amsterdam: SEO Economisch Onderzoek.
- SEO, 2012. *Het Economisch belang van luchtvaart : en de effecten van kostenverhogende beleidsmaatregelen*, Amsterdam: SEO Economisch Onderzoek.
- SEO, 2016. *Benchmark luchthavengelden en overheidsheffingen*, Amsterdam: SEO Economisch Onderzoek.
- SER, 2013. *Energieakkoord voor duurzame groei*, Den Haag: Sociaal Economische Raad (SER).



SER, 2014. *Een duurzame brandstofvisie met LEF De belangrijkste uitkomsten uit het SER-visietraject naar een duurzame brandstoffenmix in Nederland*, Den Haag: SER.

Significance ; SEO, 2007. *Effecten van verschillende heffingsvarianten op de Nederlandse luchtvaart*, Leiden: Significance.

TK, 2016-2017. *Vaststelling van de begrotingsstaten van het Ministerie van Economische Zaken (XIII) en het Diergezondheidsfonds (F) voor het jaar 2017*, 34 550 XIII nr. 2, blz. 76, Den Haag: Tweede Kamer der Staten Generaal (TK).

TNO, 2016. *Het fossiele dilemma van Rotterdam, discussiepaper*, sl: TNO Innovation for life.

TOTAL, 2015. *Potential Impact of Bio Based Kerosene on refining - Some Basics. Presentation at the Flight path 2020 workshop, February 12th*. Brussels, TOTAL New Energies.

UNFCCC, 1992. *United Framework Convention on Climate Change*. [Online] Available at:  
[http://unfccc.int/files/essential\\_background/background\\_publications\\_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf)  
[Geopend 2017].

UNFCCC, 2015. *Paris Agreement*. [Online] Available at:  
[http://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/english\\_paris\\_agreement.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf)  
[Geopend 2017].

UNFCCC, 2016. *National Inventory Submissions 2016 : Netherlands National Inventory Submission*. [Online] Available at:  
[http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/items/9492.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/9492.php)  
[Geopend 2017].

Weber, C. & Hawkins, M., 2012. *Bio-Kerosene GHG Emission Cocktail : Fast forward Into Clean Air - Against all Odds*, Frankfurt : Santa Barbara: CEO JATRO AG.

Woltjer, G. B. et al., 2014. *The MAGNET Model: Module description*, Den Haag: Lei Wageningen UR.

World Bank, 2015. *“Shock Waves: Managing the Impacts of Climate Change on Poverty.”, background paper. Climate Change Impacts and Mitigation in the Developing World : An Integrated Assessment of the Agriculture and Forestry Sectors. Background Paper*, sl: World Bank group.

Wormslev, E. C. & Pedersen, J. L., 2016. *Nordic perspectives on the use of advanced sustainable jet fuel for aviation, presentation*. Copenhagen: NIRAS A/S.

Wormslev, E. C. et al., 2016. *Sustainable jet fuel for aviation : Nordic perspectives on the use of advanced sustainable jet fuel for aviation*, Copenhagen: Nordic Council of Ministers.



# Bijlage A Modelbeschrijvingen

## A.1 AERO-MS

The AERO-MS can assess the economic and environmental impacts of a wide range of policy options to reduce aviation GHG emissions of domestic and international aviation. Policy options to examine include the introduction of more expensive biofuels in the aviation sector and policy options imposing taxes or charges on aviation CO<sub>2</sub>-emissions. Such policy options, the model shows, can affect the supply side of the industry, which can mean airlines hiking up prices to customers. The AERO-MS also forecasts the extent by which demand for air travel is reduced due to these higher prices.

In the AERO-MS policy options can be specified both at a national (for example only flights from the Netherlands), regional (for example all flight to/from the EU) and global level (for example all international flights). For any policy option the model computes impacts for different airport pairs (which can be aggregated to country pairs) and for different groups of airlines. This allows for the assessment of possible competitive distortion impacts of between different airlines.

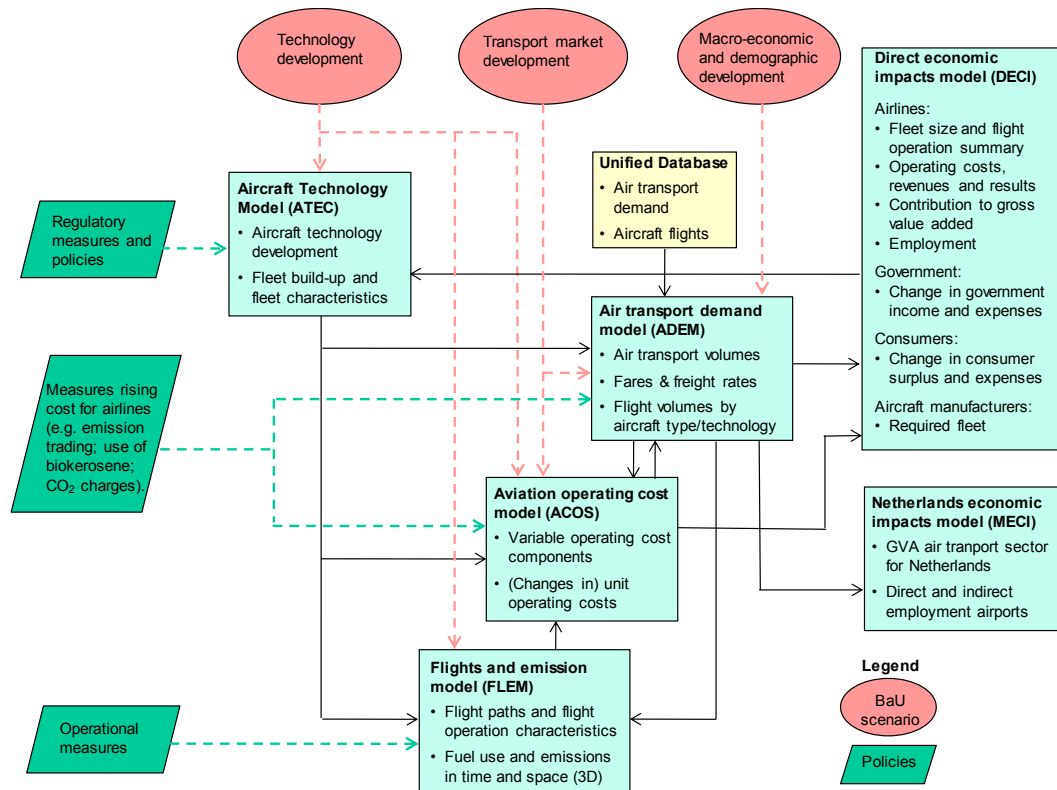
The effects of policy options are computed relative to a future Business as Usual (BaU) scenario, which reflects an expectation of autonomous developments with respect to air transport and flight activities without emission reduction options being imposed. All AERO-MS computations depart from a Base situation representing the air transport system for the Base Year.

Figuur 24 (on the next page) provides an overview of the models in the AERO-MS (ATEC, ADEM, ACOS, FLEM, DECI and MECI) and the interactions between the models. Apart from the models, the AERO-MS contains a User Interface which is involved with the interaction between the AERO models and the interaction between the user and the system.

The development of the AERO-MS was initiated by the Dutch Government. In various assignments for the Dutch Government a consortium of consultants developed the AERO-MS over several phases. The overall development costs for the AERO-MS have been in the order of 5 million €.



Figuur 24 Overview of the models in the AERO-MS and the interactions between the models



In 2009 EASA inherited the property rights of the AERO-MS from the Dutch Government. In the same year EASA initiated the SAVE project. Since then, as part of various assignments for EASA, but also as part of an FP7 project for the European Commission, the AERO-MS has been updated and enhanced. Currently the Base Year of the model is 2010 which is in line with the Base Year for the most recent ICAO/CAEP aviation emission projections. All AERO-MS inputs have been updated and brought in line with the 2010 Base Year. Hereby use is made of EUROCONTROL WISDOM Operations Database as a basis for the AERO-MS Unified Database which contains a detailed record of aviation movements in the Base Year. The Unified Database records 123,025 airport-pairs with 33.1 million civil flights. Airline cost and fare data were updated using IATA and ICAO data. The update of aircraft type input data was based on fleet inventory properties from the EUROCONTROL PRISME Fleet 2, OAG Fleet Databases, ICAO emissions databank as well as the FESG retirement curves.

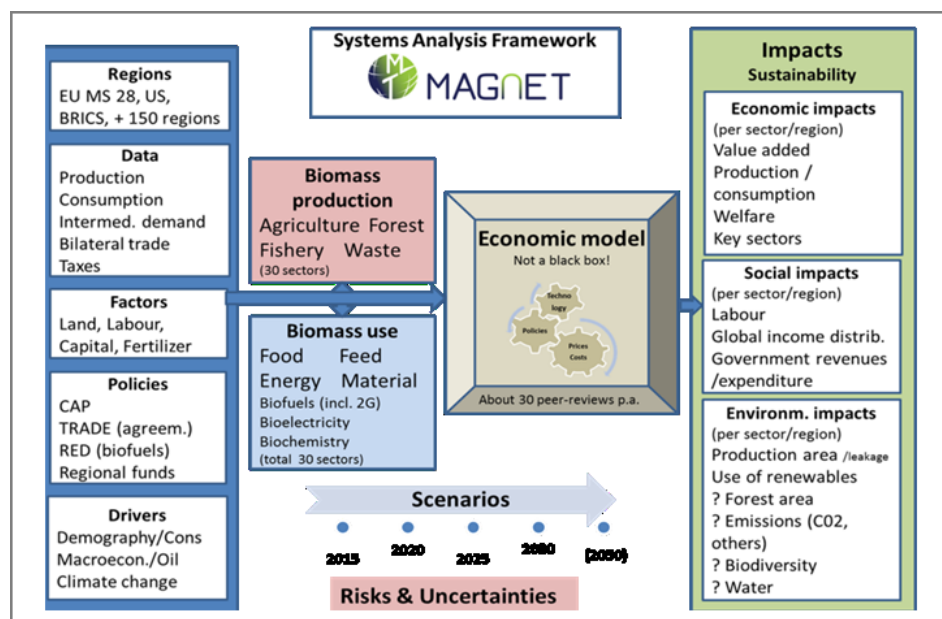
For the specification of aircraft operational characteristics use was made of the EUROCONTROL BADA data. Hence, all AERO-MS data are based on data sources from internationally well-reputed organisations.

The AERO-MS has formed a key part of over 30 national and international studies where the model results have provided a quantified basis for policy judgement. The AERO-MS has been applied in various impact assessment studies for the Dutch national government, but also for the German and UK national government. Moreover, the model is applied in various studies for the European Commissions, also with respect to the inclusion of aviation in the EU ETS. Recently the AERO-MS was applied for an impact assessment of alternative Offset Schemes as a Global Market Based Measure for international aviation. This as an input for the discussions within ICAO. Further studies, in which the AERO-MS was applied, were executed for a range of other clients like EASA, IATA, UNFCCC and WWF.

## A.2 MAGNET

MAGNET (Modular Applied GeNeral Equilibrium Tool) is a multi-sector, multi-region Computable General Equilibrium (CGE) model that covers the economies of most countries in the world (Woltjer, et al., 2014)). CGE models consist of a database that represents the structure of the economy and a set of equations describing model variables and are typically used to evaluate how an economy reacts to changes in policy, technology or other factors (Figuur 25).

Figuur 25 Overview of MAGNET (Modular Applied GeNeral Equilibrium Tool) framework



MAGNET is based on the Global Trade Analysis Project (GTAP) database and model that is developed at Purdue University in the United States (Hertel and Tsigas, 1997). MAGNET and GTAP are originally designed to model the effects of trade policies, such as the Uruguay Round of multilateral trade negotiations, on especially the agricultural sectors. Nowadays CGE models are used to for a wide variety of policy oriented assessments concerning socio-economic and environmental issues.

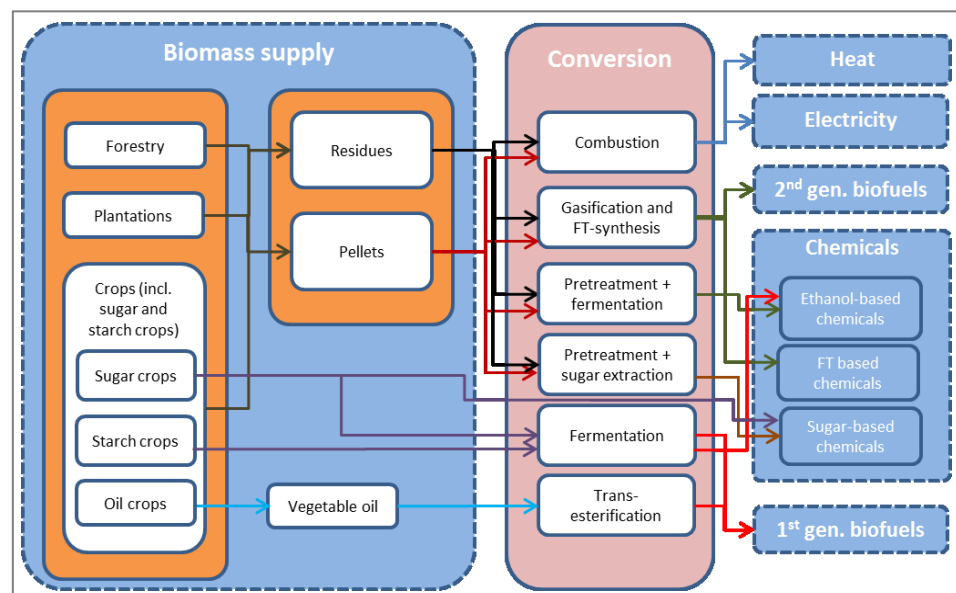
A distinguishing feature of MAGNET is its modular structure, which allows the model to be tailored to the research question at hand. MAGNET has been extended and updated with several modules to improve the modelling of among others, land markets and agricultural policies, food loss and food waste, agricultural R&D, biofuel policies, socio-economic and environmental impacts of bioenergy and the bioeconomy and energy, climate and environmental policies and impacts. MAGNET has been used e.g. in the OECD Environmental Outlook 2050 (OECD, 2012), the Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB), Scenar2020 (future of agriculture) study, EC OECD long run world food model, AgriFood2030 and many more national and international projects.

The MAGNET version (release version 2) and MAGNET modules proposed in this study is also used in the study 'Macro-economic outlook of sustainable energy and biorenewables innovations in NL (MEV II)'. Also very relevant for this project are the following MAGNET assessments:

- macro-economic Impact Study for Biobased Malaysia, carried out by LEI;
- evaluating the macroeconomic impacts of bio-based applications in the EU; carried out by JRC-IPTS, PBL and LEI;
- drivers of the Bioeconomy in Europe towards 2030 and Drivers of the European Bioeconomy in Transition; LEI en JRC-IPTS.

In the standard GTAP database, the definition of bioenergy and other bio-based activities is confined to eight crop and four livestock sectors; eight processed food and beverages sectors, fishing, forestry, textiles, wearing apparel, leather, wood and paper products. In this study an extended version of the GTAP database version 8.1 is used to explicitly represent sources of biomass supply (i.e., residues, plantations and pellets), first generation bio-fuels, second generation bio-fuels based on thermal and biochemical pathways, bio-electricity and biochemical activities, see Figure B2. Aviation biofuel production sector will be added as part of this project, which can be done with minimal amount of resources.

Figuur 26 Overview of new biobased sectors in MAGNET



Bron: Van Meijl et al. (2016 ; forthcoming).

# Bijlage B Scenariodefinitie en aannames

## B.1 Uitgangspunten scenario's

## B.2 Brandstofverbruik en BAU-emissies van de luchtvaart in 2030

De studie heeft tot doel om het gebruik van biokerosine te stimuleren voor de reductie van CO<sub>2</sub>-emissies van de in Nederland ingenomen bunker brandstoffen. Dit staat min of meer gelijk aan het brandstofgebruik van de vluchten die vanuit Nederland vertrekken.

Met het AERO model zijn de brandstofhoeveelheden en CO<sub>2</sub>-emissies bepaald voor de vluchten die uit Nederland vertrekken. Voor de toekomstige jaren zijn de resultaten gebaseerd op het CAEP Business as Usual (BaU) scenario. De resultaten zijn:

Tabel 13 Verwacht brandstofverbruik en CO<sub>2</sub>-emissies voor toekomstige jaren

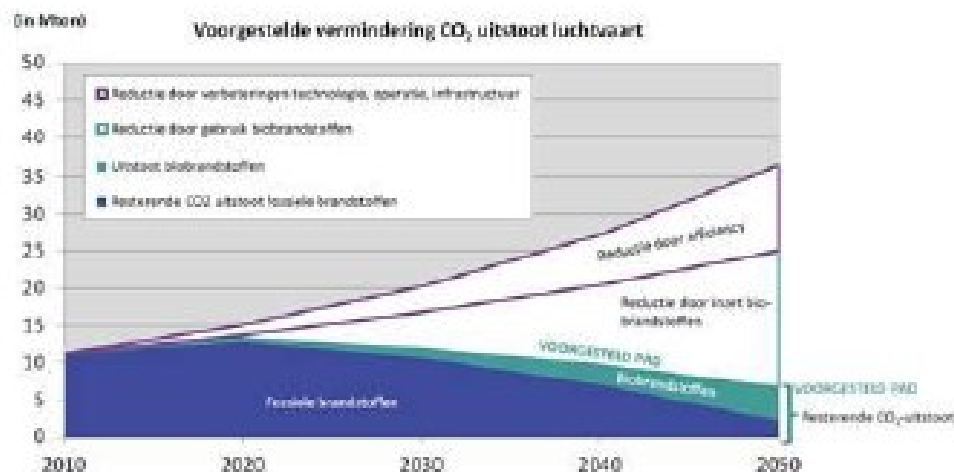
|      | Brandstof (Mt) | CO <sub>2</sub> -emissies (Mt) |
|------|----------------|--------------------------------|
| 2015 | 3,7            | 11,6                           |
| 2020 | 4,1            | 13,0                           |
| 2025 | 4,6            | 14,5                           |
| 2030 | 5,2            | 16,5                           |

Verder geldt met betrekking tot de CO<sub>2</sub>-emissies op vluchten vanuit Nederland (bron AERO model):

- 97% van de CO<sub>2</sub>-emissies heeft betrekking op vluchten vanaf Schiphol, en 3% op vluchten vanaf regionale luchthavens (Rotterdam, Maastricht, Groningen, Lelystad, Eindhoven). De bijdrage van een zevental kleine luchthavens in NL (die ook in AERO zitten) is verwaarloosbaar.
- 99.9% van de CO<sub>2</sub>-emissies heeft betrekking op internationale vluchten en dus 0,1% op binnenlandse vluchten.

De door het AERO model berekende hoeveelheden CO<sub>2</sub>-uitstoot voor de luchtvaart bij een onbelemmerde ontwikkeling in de komende decennia komen goed overeen met de berekende hoeveelheden in het kader van de brandstofvisie duurzame luchtvaart (zie ook Figuur 27 uit het offerte-verzoek voor deze studie).

Figuur 27 Voorgestelde vermindering CO<sub>2</sub>-uitstoot luchtvaart



Figuur 27: Voorgestelde vermindering CO<sub>2</sub>-uitstoot luchtvaart, bewerking van brandstofvrije duurzame luchtvaart, TU Delft, BE Basic, well-to-wheel.

### Voorstel voor de invulling van de scenario's

Wij stellen voor om in alle scenario's dezelfde BAU emissieprognose voor de luchtvaart te gebruiken. Uiteraard zullen de netto-emissies hiervan afwijken door de inzet van biobrandstoffen en de eventuele doorberekening van offsetkosten, emissierechten en meerkosten van biokerosine.

Tabel 14 Voorstel voor BAU brandstofverbruik in de verschillende scenario's

| Scenario | Brandstofverbruik 2020 (miljoen ton) | Brandstofverbruik 2030 (miljoen ton) | Basis                                                                                                        |
|----------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Laag     | 4,1                                  | 5,2                                  | AERO-MS op basis van CAEP Business as Usual scenario en WLO Hi-restricted scenario voor Nederlandse situatie |
| Midden   |                                      |                                      |                                                                                                              |
| Hoog     |                                      |                                      |                                                                                                              |

### B.3 Benodigde volumes

Ten aanzien van de hoeveelheid biokerosine is verondersteld dat er sprake is van een lineaire toename in de periode 2021-2030 tot de voor de drie verschillende scenario's geformuleerde biokerosine doelstelling niveaus in 2030:

- Scenario Laag: 0,5 Mt biokerosine.
- Scenario Midden: 0,9 Mt biokerosine.
- Scenario Hoog: 1,8 Mt biokerosine<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Het WLO HI restricted scenario leidt voor alle vluchten vanuit Nederland tot een kerosinegebruik van 5,2 Mt in 2030. De doelstelling van 1,8 Mt betekent dus dat in 2030 biokerosine in 35% van de vraag naar kerosine voorziet.

## B.4 Type biobrandstoffen

### Emissiefactoren

Uitgangspunt is dat biokerosine tot een 80% reductie van CO<sub>2</sub>-emissies leidt ten opzichte van fossiele kerosine. De emissiefactor voor fossiele kerosine is 3.157 kg CO<sub>2</sub> per kg brandstof. Voor biokerosine is de emissiefactor dus 0,631.

### Duurzaamheidsniveau

In deze studie wordt uitgegaan van één duurzaamheidsniveau van biobrandstoffen, waarbij aan een bepaald aantal duurzaamheidseisen wordt voldaan en richt zich nadrukkelijk niet op de vraag of er voldoende biomassa beschikbaar is. De mogelijke grondstof-technologie combinaties zijn zelf geen onderwerp binnen de studie, maar zijn wel belangrijke input voor het bepalen van de productiecapaciteit en het prijsverschil tussen biokerosine en fossiele kerosine.

Gegeven het feit dat bedrijven, zoals KLM een hoog ambitieniveau hanteren en gegeven de huidige discussie rond ILUC (incl. de cap op voedselgewassen, die in het kader van de ILUC-Richtlijn door lidstaten geïmplementeerd zal gaan worden, gaan we er vanuit dat de luchtvaartsector in 2030 gebruikt maakt van geavanceerde biobrandstoffen uit afval en residuen (momenteel dubbel-tellende biobrandstoffen) of uit meest geavanceerde biobrandstoffen, zoals algen. Qua landgebonden feedstocks zullen alleen feedstocks met een laag ILUC-risico gebruikt worden: dit zijn bijv. gewassen, zoals jatropha. Deze gewassen worden geteeld op gedegradeerde gronden en/of spelen een rol bij de gewasrotatie. Deze aannames zorgen er voor dat op een WTW-basis het reductiepercentage relatief hoog is (rond de 80% a 90%, zoals dubbeltellende biobrandstoffen nu al doen).

## B.5 Scope

De jaarlijkse meerkosten zijn berekend voor de periode 2021-2030. De periode tot 2020 is buiten beschouwing gelaten gelet op de beperkte tijd die tot 2020 beschikbaar is om beleid te ontwikkelen en te implementeren en om de productie van tweede-generatie biokerosine op te schalen tot de gewenste niveaus. De jaarlijkse meerkosten volgen uit enerzijds het prijsverschil tussen biokerosine en fossiele kerosine (incl. de prijs van CO<sub>2</sub>) en anderzijds de hoeveelheid biokerosine. Het prijsverschil wordt daarbij bepaald door de volgende prijsontwikkelingen, die hieronder staan beschreven.

## B.6 Constante factoren binnen de scenario's

Het referentiescenario dat wordt gebruikt in deze studie in het wereldwijde Modular Applied GeNeral Equilibrium Tool (MAGNET) is gebaseerd op de studie 'Macroeconomic outlook of sustainable energy and biorenewables innovations (MEV II) (Meijl, et al., 2016)). In deze studie zijn de macro-economische effecten onderzocht van het gebruik van biomassa voor materialen en energie. Belangrijke aannames daarbij zijn:

- 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).
- Het aandeel hernieuwbare energie in de eindvraag naar elektriciteit, verwarming en vervoersbrandstoffen (exclusief luchtvaart) zal 14% in 2020 en 16% in 2023 bedragen (SER Energieakkoord) (SER, 2013).



- Toepassing van wind- en zonne-energie wordt ondersteund en het meestoken van biomassa wordt beperkt tot maximaal 25 PJ final energie.
- Er wordt van uitgegaan dat alle bestaande en geplande 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). Het aandeel eerste generatie biobrandstoffen is gemaximaliseerd tot 7%-punt; het aandeel tweede-generatie biobrandstoffen is 1,5%-punt (op energiebasis).
- Verder is in deze studie specifiek rekening gehouden met de ontwikkeling van het gebruik van kerosine tot en met 2030 op basis van 1,5% efficiëntieverbetering van het gebruik van kerosine zoals aangenomen in AERO-MS. De emissies van de luchtvaartsector in MAGNET stijgen tot 13,9 Mt CO<sub>2</sub> in 2030.





# Bijlage C Uitgebreide uitkomsten AERO

Tabel C1. Luchtvaartsector in situatie zonder beleidspakketten in 2015, 2025 en 2030.

| Effect                                                             | Eenheid           | Situatie zonder beleidspakketten |             |             | Verandering   | Jaarlijks groei- |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------|-------------|-------------|---------------|------------------|
|                                                                    |                   | 2015                             | 2025        | 2030        | 2030 tov 2015 | percentage       |
| <b>Economische effecten voor luchtvaartsector in Nederland</b>     |                   | <b>Absoluut</b>                  |             |             | <b>%</b>      | <b>%</b>         |
| <i>Schiphol</i>                                                    |                   |                                  |             |             |               |                  |
| Passagiers (van en naar Schiphol)                                  |                   |                                  |             |             |               |                  |
| - OD: Business class (netwerk carriers)                            | miljoen           | 3.2                              | 4.7         | 5.6         | 75%           | 3.8%             |
| - OD: Economy class (netwerk carriers)                             | miljoen           | 21.2                             | 30.8        | 36.8        | 74%           | 3.7%             |
| - OD: Low costs carriers                                           | miljoen           | 10.8                             | 8.3         | 7.2         | -33%          | -2.7%            |
| - OD: Totaal                                                       | miljoen           | 35.2                             | 43.7        | 49.6        | 41%           | 2.3%             |
| - Transfer                                                         | miljoen           | 23.1                             | 31.2        | 36.8        | 59%           | 3.2%             |
| <b>- Totaal (OD plus transfer)</b>                                 | <b>miljoen</b>    | <b>58.3</b>                      | <b>74.9</b> | <b>86.4</b> | <b>48%</b>    | <b>2.7%</b>      |
| OD Passagiers (van en naar Schiphol)                               |                   |                                  |             |             |               |                  |
| - Binnen Europa                                                    | miljoen           | 22.7                             | 25.8        | 27.8        | 22%           | 1.3%             |
| - Intercontinentaal                                                | miljoen           | 12.5                             | 18.0        | 21.8        | 75%           | 3.8%             |
| Vracht (van en naar Schiphol)                                      |                   |                                  |             |             |               |                  |
| - Vracht                                                           | kiloton           | 1,621                            | 2,290       | 2,721       | 68%           | 3.5%             |
| Revenue Ton Km (vluchten vanaf Schiphol)                           |                   |                                  |             |             |               |                  |
| - RTK                                                              | miljard           | 12.4                             | 17.7        | 21.4        | 72%           | 3.7%             |
| Vliegtuigbewegingen (van en naar Schiphol)                         |                   |                                  |             |             |               |                  |
| - Passagiers                                                       | duizend           | 433                              | 534         | 614         | 42%           | 2.3%             |
| - Vracht                                                           | duizend           | 17                               | 20          | 23          | 35%           | 2.0%             |
| <b>- Totaal</b>                                                    | <b>duizend</b>    | <b>450</b>                       | <b>554</b>  | <b>636</b>  | <b>41%</b>    | <b>2.3%</b>      |
| Prijs per passagier (retour ticket)                                |                   |                                  |             |             |               |                  |
| - OD: Business class (netwerk carriers)                            | € <sub>2015</sub> | 1,933                            | 1,957       | 1,965       | 2%            | 0.1%             |
| - OD: Economy class (netwerk carriers)                             | € <sub>2015</sub> | 461                              | 466         | 468         | 2%            | 0.1%             |
| - OD: Low costs carriers                                           | € <sub>2015</sub> | 182                              | 182         | 183         | 0%            | 0.0%             |
| Schiphol gerelateerde werkgelegenheid                              |                   |                                  |             |             |               |                  |
| - Directe werkgelegenheid                                          | duizend           | 69                               | 87          | 100         | 46%           | 2.5%             |
| - Indirecte werkgelegenheid - achterwaarts                         | duizend           | 52                               | 67          | 79          | 52%           | 2.8%             |
| <b>- Totaal</b>                                                    | <b>duizend</b>    | <b>121</b>                       | <b>154</b>  | <b>179</b>  | <b>48%</b>    | <b>2.7%</b>      |
| <i>Regionale luchthaven</i>                                        |                   |                                  |             |             |               |                  |
| Passagiers (van en naar regionale luchthavens)                     |                   |                                  |             |             |               |                  |
| - Binnen Europa                                                    | miljoen           | 6.3                              | 12.5        | 16.4        | 161%          | 6.6%             |
| - Intercontinentaal                                                | miljoen           | 0.3                              | 0.6         | 0.8         | 193%          | 7.4%             |
| <b>- Totaal</b>                                                    | <b>miljoen</b>    | <b>6.6</b>                       | <b>13.1</b> | <b>17.2</b> | <b>162%</b>   | <b>6.6%</b>      |
| Vliegtuigbewegingen (van en naar regionale luchthavens)            | duizend           | 54                               | 116         | 143         | 164%          | 6.7%             |
| <b>Effect op CO<sub>2</sub> uitstoot</b>                           |                   | <b>Absoluut</b>                  |             |             | <b>%</b>      | <b>%</b>         |
| - CO <sub>2</sub> emissies op vluchten vanaf Schiphol              | megaton           | 11.2                             | 13.9        | 15.7        | 40%           | 2.3%             |
| - CO <sub>2</sub> emissies op vluchten vanaf regionale luchthavens | megaton           | 0.4                              | 0.7         | 0.8         | 113%          | 5.2%             |
| <b>- Totaal</b>                                                    | <b>megaton</b>    | <b>11.6</b>                      | <b>14.5</b> | <b>16.5</b> | <b>42%</b>    | <b>2.4%</b>      |
| - CO <sub>2</sub> emissies per RTK op vluchten vanaf Schiphol      | kg / RTK          | 0.90                             | 0.78        | 0.73        | -19%          | -1.4%            |

Tabel C2. Effecten in 2025 en 2030 voor luchtvaartsector van beleidsvariant A voor Midden Scenario in geval van hoge biokerosineprijs.

| Effect                                                             | Eenheid                   | Situatie zonder beleidspakket |        | Situatie met beleidspakket                 |        |       |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------|--------------------------------------------|--------|-------|
|                                                                    |                           | 2025                          | 2030   | 2025                                       | 2030   |       |
| Economische effecten voor luchtvaartsector in Nederland            |                           | Absoluut                      |        | % effect tov situatie zonder beleidspakket |        |       |
| Schiphol                                                           |                           |                               |        |                                            |        |       |
| Passagiers (van en naar Schiphol)                                  |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - OD: Business class (netwerk carriers)                            | miljoen                   | 4.7                           | 5.6    | -0.6%                                      | -0.8%  |       |
| - OD: Economy class (netwerk carriers)                             | miljoen                   | 30.8                          | 36.8   | -3.2%                                      | -4.3%  |       |
| - OD: Low costs carriers                                           | miljoen                   | 8.3                           | 7.2    | -7.9%                                      | -10.3% |       |
| - OD: Totaal                                                       | miljoen                   | 43.7                          | 49.6   | -3.8%                                      | -4.8%  |       |
| - Transfer                                                         | miljoen                   | 31.2                          | 36.8   | 0.0%                                       | 0.0%   |       |
| - Totaal (OD plus transfer)                                        | miljoen                   | 74.9                          | 86.4   | -2.2%                                      | -2.7%  |       |
| OD Passagiers (van en naar Schiphol)                               |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - Binnen Europa                                                    | miljoen                   | 25.8                          | 27.8   | -4.3%                                      | -5.4%  |       |
| - Intercontinentaal                                                | miljoen                   | 18.0                          | 21.8   | -3.1%                                      | -4.0%  |       |
| Vracht (van en naar Schiphol)                                      |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - Vracht                                                           | kiloton                   | 2,290                         | 2,721  | 0.0%                                       | 0.0%   |       |
| Revenue Ton Km (vluchten vanaf Schiphol)                           |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - RTK                                                              | miljard                   | 17.7                          | 21.4   | -1.2%                                      | -1.5%  |       |
| Vliegtuigbewegingen (van en naar Schiphol)                         |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - Passagiers                                                       | duizend                   | 534                           | 614    | -2.2%                                      | -2.7%  |       |
| - Vracht                                                           | duizend                   | 20                            | 23     | 0.0%                                       | 0.0%   |       |
| - Totaal                                                           | duizend                   | 554                           | 636    | -2.1%                                      | -2.6%  |       |
| Prijs per passagier (retour ticket)                                |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - OD: Business class (netwerk carriers)                            | € <sub>2015</sub>         | 1,957                         | 1,965  | 0.7%                                       | 1.0%   |       |
| - OD: Economy class (netwerk carriers)                             | € <sub>2015</sub>         | 466                           | 468    | 2.9%                                       | 3.9%   |       |
| - OD: Low costs carriers                                           | € <sub>2015</sub>         | 182                           | 183    | 5.4%                                       | 7.2%   |       |
| Schiphol gerelateerde werkgelegenheid                              |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - Directe werkgelegenheid                                          | duizend                   | 87                            | 100    | -1.8%                                      | -2.4%  |       |
| - Indirecte werkgelegenheid - achterwaarts                         | duizend                   | 67                            | 79     | -2.0%                                      | -2.7%  |       |
| - Totaal                                                           | duizend                   | 154                           | 179    | -1.9%                                      | -2.5%  |       |
| Regionale luchthaven                                               |                           |                               |        |                                            |        |       |
| Passagiers (van en naar regionale luchthavens)                     |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - Binnen Europa                                                    | miljoen                   | 12.5                          | 16.4   | -7.1%                                      | -9.2%  |       |
| - Intercontinentaal                                                | miljoen                   | 0.6                           | 0.8    | -3.1%                                      | -3.9%  |       |
| - Totaal                                                           | miljoen                   | 13.1                          | 17.2   | -6.9%                                      | -9.0%  |       |
| Vliegtuigbewegingen (van en naar regionale luchthavens)            |                           | duizend                       | 116    | 143                                        | -4.8%  | -6.2% |
| Effect op CO <sub>2</sub> uitstoot                                 |                           |                               |        | % effect tov situatie zonder beleidspakket |        |       |
| - CO <sub>2</sub> emissies op vluchten vanaf Schiphol              | megaton                   | 13.9                          | 15.7   | -9.6%                                      | -16.3% |       |
| - CO <sub>2</sub> emissies op vluchten vanaf regionale luchthavens | megaton                   | 0.7                           | 0.8    | -5.0%                                      | -6.7%  |       |
| - Totaal                                                           | megaton                   | 14.5                          | 16.5   | -9.4%                                      | -15.8% |       |
| - CO <sub>2</sub> emissies per RTK op vluchten vanaf Schiphol      | kg / RTK                  | 0.78                          | 0.73   | -8.5%                                      | -15.0% |       |
| Opbrengsten biokerosinetax                                         |                           |                               |        | Absoluut                                   |        |       |
| - Van passagiers met bestemming binnen Europa                      | miljoen € <sub>2015</sub> | n.v.t.                        | n.v.t. | 105                                        | 161    |       |
| - Van passagiers met intercontinentale bestemming                  | miljoen € <sub>2015</sub> | n.v.t.                        | n.v.t. | 208                                        | 339    |       |
| - Totaal                                                           | miljoen € <sub>2015</sub> | n.v.t.                        | n.v.t. | 314                                        | 500    |       |

Tabel C3. Effecten in 2025 en 2030 voor luchtvaartsector van beleidsvariant B voor Midden Scenario in geval van hoge biokerosineprijs.

| Effect                                                             | Eenheid                   | Situatie zonder beleidspakket |        | Situatie met beleidspakket                 |        |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------|--------------------------------------------|--------|
|                                                                    |                           | 2025                          | 2030   | 2025                                       | 2030   |
| Economische effecten voor luchtvaartsector in Nederland            |                           | Absoluut                      |        | % effect tov situatie zonder beleidspakket |        |
| Schiphol                                                           |                           |                               |        |                                            |        |
| Passagiers (van en naar Schiphol)                                  |                           |                               |        |                                            |        |
| - OD: Business class (netwerk carriers)                            | miljoen                   | 4.7                           | 5.6    | -0.3%                                      | -0.4%  |
| - OD: Economy class (netwerk carriers)                             | miljoen                   | 30.8                          | 36.8   | -1.6%                                      | -2.1%  |
| - OD: Low costs carriers                                           | miljoen                   | 8.3                           | 7.2    | -4.0%                                      | -5.3%  |
| - OD: Totaal                                                       | miljoen                   | 43.7                          | 49.6   | -1.9%                                      | -2.4%  |
| - Transfer                                                         | miljoen                   | 31.2                          | 36.8   | 0.0%                                       | 0.0%   |
| - Totaal (OD plus transfer)                                        | miljoen                   | 74.9                          | 86.4   | -1.1%                                      | -1.4%  |
| OD Passagiers (van en naar Schiphol)                               |                           |                               |        |                                            |        |
| - Binnen Europa                                                    | miljoen                   | 25.8                          | 27.8   | -2.2%                                      | -2.7%  |
| - Intercontinentaal                                                | miljoen                   | 18.0                          | 21.8   | -1.6%                                      | -2.0%  |
| Vracht (van en naar Schiphol)                                      |                           |                               |        |                                            |        |
| - Vracht                                                           | kiloton                   | 2,290                         | 2,721  | 0.0%                                       | 0.0%   |
| Revenue Ton Km (vluchten vanaf Schiphol)                           |                           |                               |        |                                            |        |
| - RTK                                                              | miljard                   | 17.7                          | 21.4   | -0.6%                                      | -0.8%  |
| Vliegtuigbewegingen (van en naar Schiphol)                         |                           |                               |        |                                            |        |
| - Passagiers                                                       | duizend                   | 534                           | 614    | -1.1%                                      | -1.4%  |
| - Vracht                                                           | duizend                   | 20                            | 23     | 0.0%                                       | 0.0%   |
| - Totaal                                                           | duizend                   | 554                           | 636    | -1.1%                                      | -1.3%  |
| Prijs per passagier (retour ticket)                                |                           |                               |        |                                            |        |
| - OD: Business class (netwerk carriers)                            | € <sub>2015</sub>         | 1,957                         | 1,965  | 0.4%                                       | 0.5%   |
| - OD: Economy class (netwerk carriers)                             | € <sub>2015</sub>         | 466                           | 468    | 1.4%                                       | 1.9%   |
| - OD: Low costs carriers                                           | € <sub>2015</sub>         | 182                           | 183    | 2.6%                                       | 3.5%   |
| Schiphol gerelateerde werkgelegenheid                              |                           |                               |        |                                            |        |
| - Directe werkgelegenheid                                          | duizend                   | 87                            | 100    | -0.9%                                      | -1.2%  |
| - Indirecte werkgelegenheid - achterwaarts                         | duizend                   | 67                            | 79     | -1.0%                                      | -1.4%  |
| - Totaal                                                           | duizend                   | 154                           | 179    | -0.9%                                      | -1.3%  |
| Regionale luchthaven                                               |                           |                               |        |                                            |        |
| Passagiers (van en naar regionale luchthavens)                     |                           |                               |        |                                            |        |
| - Binnen Europa                                                    | miljoen                   | 12.5                          | 16.4   | -3.6%                                      | -4.8%  |
| - Intercontinentaal                                                | miljoen                   | 0.6                           | 0.8    | -1.6%                                      | -2.0%  |
| - Totaal                                                           | miljoen                   | 13.1                          | 17.2   | -3.5%                                      | -4.6%  |
| Vliegtuigbewegingen (van en naar regionale luchthavens)            |                           |                               |        |                                            |        |
|                                                                    | duizend                   | 116                           | 143    | -2.4%                                      | -3.2%  |
| Effect op CO <sub>2</sub> uitstoot                                 |                           |                               |        | % effect tov situatie zonder beleidspakket |        |
| - CO <sub>2</sub> emissies op vluchten vanaf Schiphol              | megaton                   | 13.9                          | 15.7   | -8.9%                                      | -15.4% |
| - CO <sub>2</sub> emissies op vluchten vanaf regionale luchthavens | megaton                   | 0.7                           | 0.8    | -2.3%                                      | -3.5%  |
| - Totaal                                                           | megaton                   | 14.5                          | 16.5   | -8.6%                                      | -14.8% |
| - CO <sub>2</sub> emissies per RTK op vluchten vanaf Schiphol      | kg / RTK                  | 0.78                          | 0.73   | -8.3%                                      | -14.8% |
| Opbrengsten biokerosinetax                                         |                           |                               |        | Absoluut                                   |        |
| - Van passagiers met bestemming binnen Europa                      | miljoen € <sub>2015</sub> | n.v.t.                        | n.v.t. | 53                                         | 81     |
| - Van passagiers met intercontinentale bestemming                  | miljoen € <sub>2015</sub> | n.v.t.                        | n.v.t. | 104                                        | 169    |
| - Totaal                                                           | miljoen € <sub>2015</sub> | n.v.t.                        | n.v.t. | 157                                        | 250    |

Tabel C4. Effecten in 2025 en 2030 voor luchtvaartsector van beleidsvariant A voor Hoog Scenario in geval van lage biokerosineprijs.

| Effect                                                             | Eenheid                   | Situatie zonder beleidspakket |        | Situatie met beleidspakket                 |        |       |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------|--------------------------------------------|--------|-------|
|                                                                    |                           | 2025                          | 2030   | 2025                                       | 2030   |       |
| Economische effecten voor luchtvaartsector in Nederland            |                           | Absoluut                      |        | % effect tov situatie zonder beleidspakket |        |       |
| Schiphol                                                           |                           |                               |        |                                            |        |       |
| Passagiers (van en naar Schiphol)                                  |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - OD: Business class (netwerk carriers)                            | miljoen                   | 4.7                           | 5.6    | -0.9%                                      | -0.3%  |       |
| - OD: Economy class (netwerk carriers)                             | miljoen                   | 30.8                          | 36.8   | -4.3%                                      | -1.5%  |       |
| - OD: Low costs carriers                                           | miljoen                   | 8.3                           | 7.2    | -10.4%                                     | -3.7%  |       |
| - OD: Totaal                                                       | miljoen                   | 43.7                          | 49.6   | -5.1%                                      | -1.6%  |       |
| - Transfer                                                         | miljoen                   | 31.2                          | 36.8   | 0.0%                                       | 0.0%   |       |
| - Totaal (OD plus transfer)                                        | miljoen                   | 74.9                          | 86.4   | -3.0%                                      | -0.9%  |       |
| OD Passagiers (van en naar Schiphol)                               |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - Binnen Europa                                                    | miljoen                   | 25.8                          | 27.8   | -5.7%                                      | -1.9%  |       |
| - Intercontinentaal                                                | miljoen                   | 18.0                          | 21.8   | -4.2%                                      | -1.4%  |       |
| Vracht (van en naar Schiphol)                                      |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - Vracht                                                           | kiloton                   | 2,290                         | 2,721  | 0.0%                                       | 0.0%   |       |
| Revenue Ton Km (vluchten vanaf Schiphol)                           |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - RTK                                                              | miljard                   | 17.7                          | 21.4   | -1.7%                                      | -0.5%  |       |
| Vliegtuigbewegingen (van en naar Schiphol)                         |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - Passagiers                                                       | duizend                   | 534                           | 614    | -2.9%                                      | -0.9%  |       |
| - Vracht                                                           | duizend                   | 20                            | 23     | 0.0%                                       | 0.0%   |       |
| - Totaal                                                           | duizend                   | 554                           | 636    | -2.8%                                      | -0.9%  |       |
| Prijs per passagier (retour ticket)                                |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - OD: Business class (netwerk carriers)                            | € <sub>2015</sub>         | 1,957                         | 1,965  | 1.0%                                       | 0.3%   |       |
| - OD: Economy class (netwerk carriers)                             | € <sub>2015</sub>         | 466                           | 468    | 4.0%                                       | 1.3%   |       |
| - OD: Low costs carriers                                           | € <sub>2015</sub>         | 182                           | 183    | 7.3%                                       | 2.3%   |       |
| Schiphol gerelateerde werkgelegenheid                              |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - Directe werkgelegenheid                                          | duizend                   | 87                            | 100    | -2.4%                                      | -0.8%  |       |
| - Indirecte werkgelegenheid - achterwaarts                         | duizend                   | 67                            | 79     | -2.7%                                      | -0.9%  |       |
| - Totaal                                                           | duizend                   | 154                           | 179    | -2.5%                                      | -0.9%  |       |
| Regionale luchthaven                                               |                           |                               |        |                                            |        |       |
| Passagiers (van en naar regionale luchthavens)                     |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - Binnen Europa                                                    | miljoen                   | 12.5                          | 16.4   | -9.3%                                      | -3.3%  |       |
| - Intercontinentaal                                                | miljoen                   | 0.6                           | 0.8    | -4.1%                                      | -1.4%  |       |
| - Totaal                                                           | miljoen                   | 13.1                          | 17.2   | -9.1%                                      | -3.2%  |       |
| Vliegtuigbewegingen (van en naar regionale luchthavens)            |                           | duizend                       | 116    | 143                                        | -6.4%  | -2.2% |
| Effect op CO <sub>2</sub> uitstoot                                 |                           |                               |        | % effect tov situatie zonder beleidspakket |        |       |
| - CO <sub>2</sub> emissies op vluchten vanaf Schiphol              | megaton                   | 13.9                          | 15.7   | -18.3%                                     | -29.6% |       |
| - CO <sub>2</sub> emissies op vluchten vanaf regionale luchthavens | megaton                   | 0.7                           | 0.8    | -6.6%                                      | -2.4%  |       |
| - Totaal                                                           | megaton                   | 14.5                          | 16.5   | -17.8%                                     | -28.3% |       |
| - CO <sub>2</sub> emissies per RTK op vluchten vanaf Schiphol      | kg / RTK                  | 0.78                          | 0.73   | -16.9%                                     | -29.3% |       |
| Opbrengsten biokerosinetax                                         |                           |                               |        | Absoluut                                   |        |       |
| - Van passagiers met bestemming binnen Europa                      | miljoen € <sub>2015</sub> | n.v.t.                        | n.v.t. | 141                                        | 55     |       |
| - Van passagiers met intercontinentale bestemming                  | miljoen € <sub>2015</sub> | n.v.t.                        | n.v.t. | 281                                        | 114    |       |
| - Totaal                                                           | miljoen € <sub>2015</sub> | n.v.t.                        | n.v.t. | 421                                        | 169    |       |

Tabel C5. Effecten in 2025 en 2030 voor luchtvaartsector van beleidsvariant B voor Hoog Scenario in geval van lage biokerosineprijs.

| Effect                                                             | Eenheid                   | Situatie zonder beleidspakket |        | Situatie met beleidspakket                 |        |       |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------|--------------------------------------------|--------|-------|
|                                                                    |                           | 2025                          | 2030   | 2025                                       | 2030   |       |
| Economische effecten voor luchtvaartsector in Nederland            |                           | Absoluut                      |        | % effect tov situatie zonder beleidspakket |        |       |
| Schiphol                                                           |                           |                               |        |                                            |        |       |
| Passagiers (van en naar Schiphol)                                  |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - OD: Business class (netwerk carriers)                            | miljoen                   | 4.7                           | 5.6    | -0.4%                                      | -0.1%  |       |
| - OD: Economy class (netwerk carriers)                             | miljoen                   | 30.8                          | 36.8   | -2.2%                                      | -0.7%  |       |
| - OD: Low costs carriers                                           | miljoen                   | 8.3                           | 7.2    | -5.4%                                      | -1.9%  |       |
| - OD: Totaal                                                       | miljoen                   | 43.7                          | 49.6   | -2.6%                                      | -0.8%  |       |
| - Transfer                                                         | miljoen                   | 31.2                          | 36.8   | 0.0%                                       | 0.0%   |       |
| - Totaal (OD plus transfer)                                        | miljoen                   | 74.9                          | 86.4   | -1.5%                                      | -0.5%  |       |
| OD Passagiers (van en naar Schiphol)                               |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - Binnen Europa                                                    | miljoen                   | 25.8                          | 27.8   | -2.9%                                      | -0.9%  |       |
| - Intercontinentaal                                                | miljoen                   | 18.0                          | 21.8   | -2.1%                                      | -0.7%  |       |
| Vracht (van en naar Schiphol)                                      |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - Vracht                                                           | kiloton                   | 2,290                         | 2,721  | 0.0%                                       | 0.0%   |       |
| Revenue Ton Km (vluchten vanaf Schiphol)                           |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - RTK                                                              | miljard                   | 17.7                          | 21.4   | -0.8%                                      | -0.3%  |       |
| Vliegtuigbewegingen (van en naar Schiphol)                         |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - Passagiers                                                       | duizend                   | 534                           | 614    | -1.5%                                      | -0.5%  |       |
| - Vracht                                                           | duizend                   | 20                            | 23     | 0.0%                                       | 0.0%   |       |
| - Totaal                                                           | duizend                   | 554                           | 636    | -1.4%                                      | -0.5%  |       |
| Prijs per passagier (retour ticket)                                |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - OD: Business class (netwerk carriers)                            | € <sub>2015</sub>         | 1,957                         | 1,965  | 0.5%                                       | 0.2%   |       |
| - OD: Economy class (netwerk carriers)                             | € <sub>2015</sub>         | 466                           | 468    | 1.9%                                       | 0.6%   |       |
| - OD: Low costs carriers                                           | € <sub>2015</sub>         | 182                           | 183    | 3.5%                                       | 1.2%   |       |
| Schiphol gerelateerde werkgelegenheid                              |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - Directe werkgelegenheid                                          | duizend                   | 87                            | 100    | -1.2%                                      | -0.4%  |       |
| - Indirecte werkgelegenheid - achterwaarts                         | duizend                   | 67                            | 79     | -1.3%                                      | -0.5%  |       |
| - Totaal                                                           | duizend                   | 154                           | 179    | -1.3%                                      | -0.4%  |       |
| Regionale luchthaven                                               |                           |                               |        |                                            |        |       |
| Passagiers (van en naar regionale luchthavens)                     |                           |                               |        |                                            |        |       |
| - Binnen Europa                                                    | miljoen                   | 12.5                          | 16.4   | -4.8%                                      | -1.7%  |       |
| - Intercontinentaal                                                | miljoen                   | 0.6                           | 0.8    | -2.1%                                      | -0.7%  |       |
| - Totaal                                                           | miljoen                   | 13.1                          | 17.2   | -4.7%                                      | -1.6%  |       |
| Vliegtuigbewegingen (van en naar regionale luchthavens)            |                           | duizend                       | 116    | 143                                        | -3.3%  | -1.1% |
| Effect op CO <sub>2</sub> uitstoot                                 |                           |                               |        | % effect tov situatie zonder beleidspakket |        |       |
| - CO <sub>2</sub> emissies op vluchten vanaf Schiphol              | megaton                   | 13.9                          | 15.7   | -17.3%                                     | -29.3% |       |
| - CO <sub>2</sub> emissies op vluchten vanaf regionale luchthavens | megaton                   | 0.7                           | 0.8    | -3.2%                                      | -1.3%  |       |
| - Totaal                                                           | megaton                   | 14.5                          | 16.5   | -16.7%                                     | -27.9% |       |
| - CO <sub>2</sub> emissies per RTK op vluchten vanaf Schiphol      | kg / RTK                  | 0.78                          | 0.73   | -16.6%                                     | -29.2% |       |
| Opbrengsten biokerosinetax                                         |                           |                               |        | Absoluut                                   |        |       |
| - Van passagiers met bestemming binnen Europa                      | miljoen € <sub>2015</sub> | n.v.t.                        | n.v.t. | 71                                         | 28     |       |
| - Van passagiers met intercontinentale bestemming                  | miljoen € <sub>2015</sub> | n.v.t.                        | n.v.t. | 139                                        | 57     |       |
| - Totaal                                                           | miljoen € <sub>2015</sub> | n.v.t.                        | n.v.t. | 210                                        | 85     |       |