

# Verantwoording scenariovergelijking WTL

---

Auteur: Dr P. Boonekamp

September 2016

## Inhoud

<b>1. Rekenschema luchtvaart</b>	<b>2</b>
1.1 Sheet Passagiers	2
1.2 Sheet Vliegbewegingen	3
1.3 Sheet Brandstof	3
1.4 Sheet CO <sub>2</sub> -emissie	3
1.5 Sheet Broeikasgaseffect	4
1.6 Invloedfactoren en sturingsmechanisme	5
1.7 Rapportage	5
<b>2. Inputgegevens</b>	<b>6</b>
2.1 Cijfers voor het basisjaar	6
2.2 Cijfers voor de periode tot 2050	7
<b>3. Gedetailleerde resultaten</b>	<b>11</b>
3.1 Toelichting resultaten Passagiers	11
3.2 Toelichting resultaten Vliegbewegingen	12
3.3 Toelichting resultaten Brandstofverbruik	12
3.4 Toelichting resultaten CO <sub>2</sub> -emissie	12
3.5 Toelichting resultaten Broeikaseffect	13
<b>Literatuur:</b>	<b>14</b>
<b>Appendix</b>	<b>16</b>

# 1. Rekenschema luchtvaart

De gepresenteerde cijfers in de publicatie over de WTL-scenario's [WTL, 2016] zijn gebaseerd op een rekenschema, waarin alle belangrijke aspecten en uitgangspunten voor de luchtvaart, met name van Schiphol, zijn meegenomen. Het rekenschema beschrijft de ontwikkelingen voor:

- passagiers, vluchten, brandstofverbruik, CO<sub>2</sub>-emissie en bijdrage aan het broeikasprobleem
- twee scenario's (Volumegroei en Selectieve groei)
- vanaf basisjaar 2015 tot 2050, met tussenstappen 2020, 2030 en 2040
- Schiphol, overige luchthavens en totaal Nederland

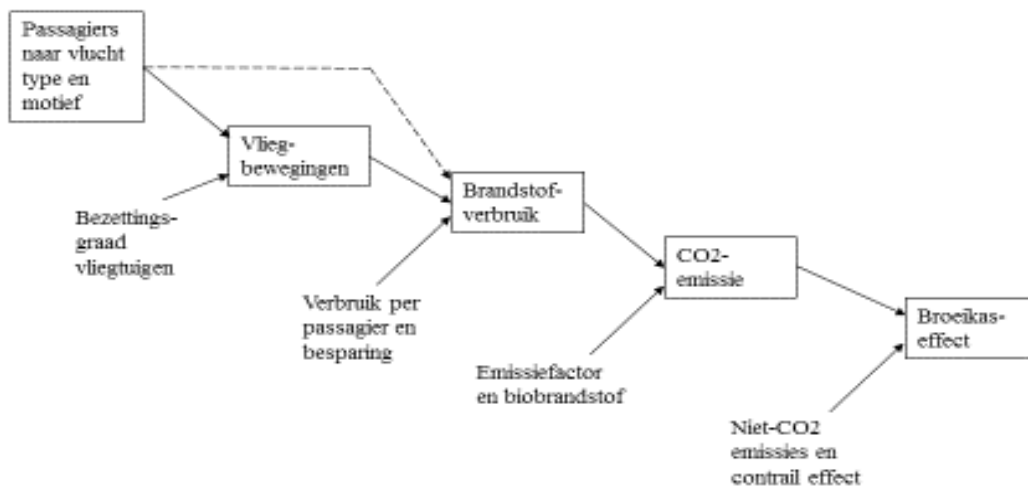
Alle cijfers betreffen jaarlijkse hoeveelheden (b.v. aantal vluchten) of factoren (b.v. gemiddelde bezetting vliegtuigen) voor het betreffende jaar. De ontwikkeling van het netwerk van Schiphol (aantal bestemmingen en frequentie van vluchten) is geen onderdeel van het rekenschema.

De beschrijving gebeurt in de vorm van een vijftal gekoppelde sheets met trends voor

- passagiers
- vliegbewegingen
- brandstofverbruik
- CO<sub>2</sub>-emissie
- broeikaseffecten.

Zie figuur 1.

**Figuur 1: Globale opzet WTL-rekenschema**



## 1.1 Sheet Passagiers

Dit sheet beschrijft op gedetailleerde wijze de ontwikkeling van aantal passagiers per categorie voor Schiphol. Voor regionale luchthavens en Nederland worden alleen totalen gegeven.

Voor Schiphol wordt onderscheid gemaakt naar Transfer en O&D (Origin & Destination), welke verder opgesplitst zijn categorieën. Deze betreffen een combinatie van motief (zakelijk, sociaal of leisure) en lengte van de vlucht (Inter-Continentaal of Europa). Voor ieder van de categorieën kunnen groeifactoren van zichtjaar tot zichtjaar worden gespecificeerd.

Een deel van de passagiers kan verplaatst worden van Schiphol naar regionale vliegvelden. Dit is flexibel qua specifieke categorieën passagiers/vluchten (m.n. Europese bestemmingen) en zichtjaar (per 2020 of later).

Daarnaast is er voor enkele categorieën passagiers (Europese vluchten over een afstand van 500 a 1000 km) de mogelijkheid om vliegen te substitueren door b.v. HSL.

## 1.2 Sheet Vliegbewegingen

Dit sheet heeft dezelfde opzet als dat voor passagiers, waarbij het aantal vluchten volgt uit aantal passagiers en de gemiddelde bezetting per vlucht. Deze laatste kan gespecificeerd worden per categorie, maar vanwege onvoldoende cijfers wordt vooralsnog alleen onderscheid gemaakt naar Inter-Continentaal (IC) of Europees.

De bezettingsgraad kan gespecificeerd worden per zichtjaar, op basis van verwachtingen voor toekomstig aantal passagiers resp. vluchten (zie Inputgegevens). Omdat de bezetting in het algemeen toeneemt, b.v. door inzet van grotere vliegtuigen, neemt het aantal vluchten gewoonlijk minder hard toe dan het aantal passagiers.

De geplande verschuiving van vluchten van Schiphol naar regionale luchthavens is ook zichtbaar in dit sheet (dit wordt gestuurd via verschuivingen van passagiers).

## 1.3 Sheet Brandstof

Ook dit sheet heeft dezelfde opdeling als dat van passagiers. Het brandstofverbruik kan gekoppeld worden aan zowel aantal passagiers als aantal vluchten. Vanwege het ontbreken van voldoende gegevens is het verbruik voorlopig alleen gekoppeld aan aantal passagiers, via een factor voor het gemiddelde brandstofverbruik/passagier.

Het gemiddelde verbruik per passagier in het basisjaar volgt uit getankte brandstof door van Schiphol vertrekkende vliegtuigen versus aantal passagiers. In beginsel zou de helft van deze brandstof toegerekend kunnen worden aan de luchthaven van aankomst. Maar dan zou ook de elders getankte brandstof van inkomende vluchten aan Schiphol toegerekend moeten worden. Hier wordt verondersteld dat beide posten tegen elkaar wegvallen.

Het gemiddelde verbruik per passagier neemt in toekomstige jaren af vanwege zuiniger vliegtuigen, maar ook door een hogere bezettingsgraad (zie Inputgegevens). Hier is verondersteld dat deze ontwikkeling hetzelfde is voor alle categorieën, maar wel kan verschillen voor de twee scenario's (zie input cijfers).

## 1.4 Sheet CO2-emissie

De CO2-emissie volgt in beginsel uit het brandstofverbruik en de emissiefactor voor kerosine. Maar om het effect van biobrandstof mee te nemen is het mogelijk de emissiefactor met een bepaalde fractie te verminderen. De reductiefactor is gespecificeerd per scenario en per zichtjaar, maar voor alle categorieën is dezelfde factor ingezet.

De reductie dankzij biobrandstof is afhankelijk van de hoeveelheid biobrandstof en de netto verminderde CO2-emissie voor de hele cyclus van productie en verbruik van biobrandstof vergeleken met fossiele brandstof (zie Inputgegevens).

Daarnaast is het ICAO-voorstel voor CO<sub>2</sub>-neutrale groei van de luchtvaart vanaf 2020 (of wat later) ingebouwd ([ICAO, 2013] en [ICAO, 2016]). Dit zou gerealiseerd moeten worden via zuiniger vliegtuigen, inzet van biobrandstof en een compensatie mechanisme (waarbij elders emissie wordt gereduceerd). De CO<sub>2</sub>-emissie conform ICAO wordt vanaf 2023 constant gehouden, zonder deze nader in te vullen met maatregelen. Een vergelijking met de WTL-resultaten inclusief zuiniger vliegtuigen en inzet van biomassa geeft aan hoeveel extra reductie dan nodig is via compensatie.

## 1.5 Sheet Broeikasgaseffect

De bijdrage aan het broeikas effect wordt bepaald voor Schiphol en voor de Nederlandse luchtvaart in totaal (dus zonder onderscheid naar categorieën passagiers/vluchten). Het betreft enerzijds het effect de CO<sub>2</sub>-emissie en anderzijds de niet-CO<sub>2</sub> effecten (andere broeikasgassen en opwarmingseffecten van “contrails” (waterdamp sporen in hoge luchtlagen).

De bijdrage via CO<sub>2</sub>-emissie wordt uitgedrukt in de CO<sub>2</sub>-emissie als fractie van de nationale broeikasgasemissies in 1990 (basisjaar voor de afspraken over reductie van de nationale emissies).

De bijdrage van niet-CO<sub>2</sub> broeikasgassen betreft CH<sub>4</sub> (methaan) en N<sub>2</sub>O welke ook worden uitgestoten bij verbranding van kerosine. De emissie van deze gassen wordt uitgedrukt in CO<sub>2</sub>-equivalenten en wordt meegenomen als een (beperkte) opslag op de CO<sub>2</sub>-emissiecijfers.

De reductie van CO<sub>2</sub> via inzet van biobrandstoffen hoeft niet te leiden tot reductie van de bijdrage van CH<sub>4</sub> en N<sub>2</sub>O, maar kan deze zelfs doen toenemen. Daarom is een aparte opslagfactor gedefinieerd voor biobrandstof, welke vooralsnog gelijk is gesteld aan die voor fossiele kerosine.

De bijdrage van contrails is uitgedrukt in een RF-factor (Radiative Forcing), toe te passen als opslagfactor op de CO<sub>2</sub>-emissies. Het extra opwarmingseffect is afhankelijk van de hoeveelheid verbrandingsgassen op grote hoogte, welke fungeren als condensatiekernen en zo leiden tot extra wolkenvorming die per saldo bijdraagt aan een hogere temperatuur op aardniveau. De locatie en tijdstip (overdag of 's nachts) van de vluchten speelt hierbij ook een rol. Volgens literatuurbronnen ([Peeters, 2009], [EPA, 2000] en [Lee, 2009]) is het effect van contrails ongeveer vergelijkbaar met dat van de CO<sub>2</sub>-emissies (RF-factor van 2).

Het extra opwarmingseffect is dus afhankelijk van vliegtuigbewegingen en hoeveelheid verstoekte brandstof. Reductie via inzet van biobrandstof en/of compensatie conform het ICAO-voorstel leidt dus niet tot een beperking van de contrail effecten. Daarom is voor de daarmee vermeden CO<sub>2</sub>-emissie eenzelfde RF-factor gehanteerd als voor de CO<sub>2</sub>-emissie van fossiel brandstofverbruik.

De drie bijdragen van de luchtvaart aan het broeikas effect worden gesommeerd tot een totaal, uitgedrukt in CO<sub>2</sub>-equivalenten, en gerelateerd aan de nationale broeikasgasemissies in 1990. Afhankelijk van alle eerder besproken invloedfactoren leidt dit in toekomstige jaren tot een groeiende of een afnemende fractie voor Schiphol of Nederlandse luchtvaart in totaal.

De totale bijdrage wordt ook vergeleken met de verwachte toekomstige nationale emissie van broeikasgassen. Daarbij worden drie nationale reductiepaden beschouwd t.o.v. 1990:

- Laag: 80%, minimum genoemd in Kyoto-protocol en EU afspraken
- Midden: 90% als huidig realistische compromis
- Hoog: 95%, noodzakelijk om 1,5 graden temperatuurstijging conform Parijs te halen [PBL, 2016]

Afhankelijk van de luchtvaartontwikkelingen en gekozen nationaal reductiepad kan dit resulteren in bijdrage die (veel) groter is dan die voor de rest van Nederland of een bijdrage die in lijn is met nationale reductietrends.

## 1.6 Invloedfactoren en sturingsmechanisme

Tabel 1 geeft een samenvattend overzicht van de verschillende manieren waarop aantallen passagiers, vliegbewegingen, brandstofverbruik, CO<sub>2</sub>-emissie en broeikas effect kunnen worden beïnvloed. De factoren aangeduid in eerdere kolommen (kruisje) werken door op de grootheden genoemd in latere kolommen (kruisje tussen haakjes).

Verplaatsing heeft wel effect op de cijfers voor Schiphol maar niet op die voor Nederland, omdat de afname bij Schiphol gecompenseerd wordt door de toename bij regionale luchtvaart. De factor maximale capaciteit betreft weliswaar aantal vliegbewegingen, maar wordt in het rekenschema verdisconteerd via aanpassing van aantallen passagiers.

**Tabel 1: Invloedfactoren m.b.t. luchtvaart en effecten**

	Passagiers	Vliegbe- wegingen	Brandstof verbruik	CO <sub>2</sub> - emissie	Broeikas effect
Groefactoren per categorie	x	(x)	(x)	(x)	(x)
Verplaatsing (Schiphol)	x	(x)	(x)	(x)	(x)
Reductie transfers	x	(x)	(x)	(x)	(x)
Substitutie door HSL	x	(x)	(x)	(x)	(x)
Bezettingsgraad vliegtuigen		x	(x)	(x)	(x)
Maximale capaciteit	(x)	x	(x)	(x)	(x)
Verbruik/passagier (IC en Europa)			x	(x)	(x)
Emissiefactor kerosine				x	(x)
Reductie via biobrandstof				x	(x)
ICAO afspraken				x	(x)
Opslagfactor niet-CO <sub>2</sub> emissies					x
Opslagfactor bio-kerosine					x
RF-factor contrails					x
Nationale GHG-reductie in 2050					x

De belangrijkste sturingsfactor in scenario Selectief is het aantal Transfer-passagiers. Deze worden momenteel met lage tarieven verleid om via Schiphol naar hun bestemming te vliegen. Op deze manier kunnen lege stoelen op vluchten gevuld worden en het netwerk verder uitgebreid worden. In geval van restricties, zoals het bereiken van het plafond van 500.000 vluchten op Schiphol, is het relatief eenvoudig om het aantal Transfers aan te passen, namelijk door minder actief goedkope transfer-stoelen aan te bieden.

In scenario Volume is er feitelijk geen sturingsmechanisme, behalve het marktmechanisme dat bepaalt in hoeverre het aantrekkelijk is om nog meer passagiers via Schiphol te laten vliegen. Daarom zal in dit scenario de focus liggen op uitbreiding van het netwerk en hogere frequenties. Dit leidt weer tot het aantrekken van goedkope transfer-stoelen om de toestellen te vullen. En uiteindelijk leidt dit tot de noodzaak om de capaciteit van Schiphol verder uit te breiden.

## 1.7 Rapportage

De rapportage bestaat uit enerzijds feitelijke ontwikkelingen en anderzijds grootheden die beleidsmatig van belang zijn.

De feitelijke rapportage betreft hoeveelheden passagiers, vluchten, brandstofverbruik, CO<sub>2</sub>-emissie en bijdrage broeikas effect voor alle combinaties van:

- Scenario's (Volume en Selectief)

- Zichtjaren 2015, 2020, 2030, 2040 en 2050
- Schiphol, regionale luchthavens en Nederland als totaal
- Categorieën voor passagiers (motief) en voor vluchten (IC of Europa)

Cijfers per categorie worden alleen gepresenteerd voor Schiphol. In een enkel geval worden ook historische cijfers gepresenteerd, zoals de nationale emissie van broeikasgassen in 1990 (als referentie voor emissiereductie).

Bij de totalen worden, voor zover relevant, cijfers gepresenteerd voor verschillende cases:

- Met en zonder verplaatsing
- Met en zonder CO<sub>2</sub>-emissiereductie (inzet biobrandstof)
- Met en zonder substitutie (HSL i.p.v. vliegtuig)
- Conform ICAO-afpraak (bij cijfers voor CO<sub>2</sub>-emissie en broeikas effecten).

De beleidsmatige rapportage betreft allereerst de waarden van de invloedsfactoren, zoals:

- bezettingsgraad van vliegtuigen
- gemiddeld brandstofverbruik per passagier
- emissiefactor brandstof inclusief effect inzet van biobrandstof
- opslagfactoren bij het bepalen van de broeikas effecten.

Verder betreft het restricties, zoals (veronderstelde) maximale capaciteit van Schiphol en de beoogde verplaatste vluchten van Schiphol naar de regio.

Deze grootheden zijn onderwerp van discussie en/of beïnvloedbaar met nationaal of internationaal beleid (zie ook Inputgegevens).

Tenslotte betreft het cijfers die van belang zijn voor het beoordelen van de economische effecten, zoals vestigingsklimaat en netwerkkwaliteit (omvang van het netwerk waarin Schiphol functioneert). Bij vestigingsklimaat betreft het cijfers over zakelijke reizigers en inkomend toerisme (exclusief transfers). Bij netwerk gaat het om cijfers over andere reiziger stromen die het netwerk kunnen versterken.

## 2. Inputgegevens

Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar historische gegevens (m.n. voor basisjaar 2015) en gegevens voor de periode tot 2050 (groeifactoren, doelstelling voor 2050, etc.).

### 2.1 Cijfers voor het basisjaar

De herkomst van de historische gegevens staat vermeld in tabel 2. Waar mogelijk wordt ook de waarde vermeld (zie ook gedetailleerde resultaten).

#### *Toelichting*

Het brandstofverbruik per passagier verschilt tussen vluchten binnen Europa en Intercontinentale (IC) vluchten door het verschil in afgelegde afstand (500-1500 km versus 6000-11000 km). Maar dit wordt deels gecompenseerd omdat bij IC vluchten hetzelfde (grote) startverbruik geldt als bij Europese vluchten, en omdat met grotere vliegtuigen wordt gevlogen die minder verbruiken per passagier. Daar staat tegenover dat op de lange IC vluchten gevlogen wordt met een relatief groot gewicht aan brandstof, waardoor het verbruik weer groter is dan bij kortere Europese vluchten. Op basis van voorbeelden van vluchten/vliegtuigen uit de literatuur is geschat dat voor IC vluchten het verbruik/passagier ongeveer zes maal zo hoog is als voor Europese vluchten.

**Tabel 2: Herkomst cijfers voor het basisjaar 2015**

Input	Bron (waarde)
<b>Passagiers</b>	
Schiphol, totaal en naar categorie (motief/lengte vlucht)	TR-2015
Alle Nederlandse luchthavens	Eurostat (64,6 mln)
Aandeel regionale luchthavens	Eurostat (10% in 2013)
<b>Vliegbewegingen</b>	
Totaal Schiphol: IC, Europa en overall	TR-2015
Totaal Nederland en Regionaal	CBS-Kwartaal Monitoring Luchtvaart
Bezettingsgraad vliegtuigen Schiphol: Totaal, IC en Europa	TR-2015 (129, 201 en 112)
Bezettingsgraad vliegtuigen regio	Geschat m.b.v. TR-2015
<b>Brandstofverbruik</b>	
Luchtvaart Nederland	CBS/Eurostat (160 PJ)
Verdeling over Schiphol en Regionaal	Op basis van passagiers (90% /10%)
Verbruik/passagier, Nederland / Schiphol / Regionaal	Uit passagiers en totaal brandstof
Verbruik/passagier voor Schiphol IC / Europa	Zie toelichting
<b>CO2-emissie</b>	
Luchtvaart Nederland, Schiphol en Regionaal	brandstof maal emissiefactor
CO2-emissiefactor kerosine	Protocol luchtvaart, CBS (71 gr/GJ)
Emissie per passagier, Schiphol	CO2-emissie vs aantal passagiers
<b>Broeikasemissie</b>	
Non-CO2-emissies (CH4 en N2O), Nederland en Schiphol	brandstof maal emissiefactor
CH4- en N2O-emissiefactor voor kerosine	Protocol luchtvaart, CBS
Non-CO2 als fractie van CO2-emissie	non-CO2 emissie vs CO2-emissie
Radiative Forcing (RF) factor, historisch	Lee, 2009 / Peeters, 2009 (factor 2,0)
Nationale emissie van GHG in basisjaar (1990/1995)	NIR-2015 (221 Mton)

## 2.2 Cijfers voor de periode tot 2050

De herkomst van de inputgegevens voor de periode tot 2050 worden gegeven in tabel 3.

### *Toelichting*

De groeifactor per deelperiode is in scenario Volume zodanig gedefinieerd dat dit resulteert in een verdubbeling van de hoeveelheid passagiers in 2050 t.o.v. 2015, rekening houdend met een afnemende groei per deelperiode. In beginsel gelden dezelfde groeifactoren voor scenario Selectief, behalve dat de aantallen voor Transfer passagiers zodanig worden aangepast dat het totaal aantal vluchten voor Schiphol het plafond van 500.000 niet overschrijdt. Dit blijkt in dit scenario te leiden tot negatieve groeicijfers, ofwel een absolute afname van Transfer passagiers.

Verplaatsing van vluchten naar Lelystad en Eindhoven is nodig vanwege gebrek aan capaciteit op Schiphol bij doorgaande groei van aantallen passagiers. In de Actie agenda Schiphol [I&M, 2016] zijn maximaal 70.000 te verplaatsen vluchten voorzien. Hier is verondersteld dat dit geleidelijk zal gebeuren i.v.m. fysieke aanpassingen en te doorlopen procedures bij de regionale luchthavens: 15.000 in 2020, 45.000 in 2030 en 70.000 in 2040.

**Tabel 3: Herkomst cijfers voor de periode tot 2050**

Input	Bron (waarde)
<b>Passagiers</b>	
Aantal passagiers Schiphol, scenario Volume in 2050	CPB/PBL, 2016 (verdubbeling 2015)
Groefactor per deelperiode, Schiphol, scenario Volume	Zie toelichting (van 3,0 naar 1,8%)
Groefactor per deelperiode, Schiphol, scenario Selectief	Idem Volume, behalve transfers
Groefactor per deelperiode, Regionaal (excl. verplaatsing)	Idem Leisure-Schiphol
Fractie verplaatst, Schiphol Leisure-uitgaand	Zie toelichting verplaatste vluchten
Aandeel IC (Noord-Afrika) in verplaatste vluchten Schiphol	TR-2015: N-Afrika (5%) en EU (95%)
Fractie substitutie HSL, Schiphol O&D, scenario Selectief	Conform reductie vluchten
Fractie substitutie HSL, Regionaal, scenario Selectief	Conform reductie vluchten
<b>Vliegbewegingen</b>	
Gemiddelde bezettingsgraad vliegtuigen Schiphol in 2050	CPB/PBL, 2016 (143 in 2050)
Toename bezettingsgraad Schiphol IC resp. Europa	Conform toename gemiddelde
Toename bezettingsgraad Regionaal	Conform Schiphol-Leisure
Maximaal aantal vluchten Schiphol, scenario Selectief	Alders, 2013 (plafond 510.000)
Verplaatste vluchten, Schiphol, Leisure-uitgaand	Zie toelichting (tot max 70.000)
Substitutie naar HSL, Schiphol-Europa, scenario Selectief	Zie toelichting (max 100.000)
Substitutie naar HSL, Regionaal-Europa, scenario Selectief	Zie toelichting (hoger dan Schiphol)
<b>Brandstofverbruik</b>	
Jaarlijkse besparing t/m 2020 (verbruik/passagier), Nederland/Schiphol/Regionaal	Zie toelichting (1% per jaar)
Idem per deelperiode tot 2050, scenario Volume	Zie toelichting (1% per jaar)
Idem per deelperiode tot 2050, scenario Selectief	Zie toelichting (1,5% per jaar)
<b>CO2-emissie</b>	
Reductie emissiefactor via biobrandstof, per zichtjaar, Nederland/Schiphol/Regionaal, scenario Volume	Zie toelichting (naar 10% in 2050)
Idem, scenario Selectief	Zie toelichting (naar 35% in 2050)
<b>Broeikaseffect</b>	
Non-CO2 als fractie van CO2-emissie, Schiphol/Nederland	Idem basisjaar (3,5%)
Non-CO2 emissie voor biobrandstof (t.o.v. kerosine)	Gelijk (factor 1)
Internationale toename vluchten, scenario Volume	Hoge schatting XX (+300%)
Internationale toename vluchten, scenario Selectief	Midden schatting XX (+200%)
RF-factor, per zichtjaar, Schiphol/NL, scenario Volume	Afnemend van 2,0 naar 1,9
RF-factor, per zichtjaar, Schiphol/NL, scenario Selectief	Afnemend van 2,0 naar 1,8
Nationaal broeikaseffect (GHG-emissie), per zichtjaar	Laag: 20/40/60/80% van 1990
Idem	Midden: 20/43/67/90% van 1990
Idem	Hoog: 20/45/70/95% van 1990

Verplaatsing betreft uitgaande vakantieverkeer naar Europese en internationale (IC) bestemmingen. Met dat laatste wordt echter vooral Noord-Afrika bedoeld, dat qua vluchtduur meer vergelijkbaar is met Europese vluchten dan met IC vluchten. Uit de TR-2015 blijkt dat het aantal passagiers naar Noord-Afrikaanse bestemmingen ongeveer 5% bedraagt van alle uitgaande vakantievluchten. Om bij verplaatste vluchten een IC-fractie van 5% te krijgen is worden relatief veel meer Europese dan IC vluchten verplaatst.



Substitutie van vliegvluchten door HSL (Hoge Snelheid Treinen) of andere land-gebonden systemen is alleen mogelijk voor Europese vluchten. Het is vooral aantrekkelijk op afstanden tot globaal 800 km [KIM, 2008] omdat dan de langere reistijd met de langzamere trein nog opweegt tegen de extra uren bij vertrek en aankomst op luchthavens, ver van stedelijke centra. Substitutie wordt niet verondersteld in scenario Volume, aangezien dit scenario volledig gericht is op groei binnen het eigen domein, namelijk luchtvervoer. Voor scenario Selectief is substitutie wel logisch, zowel vanuit het oogpunt van milieu (treinen op 100% duurzame elektriciteit zijn veel schoner dan vliegtuigen) als vanuit de het principe dat het gaat om bereikbaarheid van Nederland en niet (alleen) om bereikbaarheid per vliegtuig.

Gezien de noodzakelijke forse uitbreiding van infrastructuur op land is verondersteld dat substitutie start per 2030 en pas in 2050 de maximale redelijke verschuiving is gerealiseerd. Op basis van de huidige bestemmingen vanaf Schiphol tot 500 km (voor 2030-2040) of 1000 km (voor 2040-2050) is het maximaal te substitueren aantal vluchten voor Schiphol geschat op 100.000.

De substitutie fracties voor Regionaal zijn relatief hoger gesteld dan die voor Schiphol. Indien het HSL-alternatief beschikbaar is zal het ook gebruikt worden voor substitutie van vluchten van/naar Regionale luchthavens. Gezien de ligging van deze luchthavens, en hun focus op Europese vluchten, is te verwachten dat substitutie daar nog aantrekkelijker is.

Het brandstofverbruik per passagier wordt voor Nederland berekend uit het totale brandstofverbruik voor de luchtvaart en het totaal aantal passagiers bij alle luchthavens. Dit verbruik blijkt sinds 1990 met 2% per jaar te zijn verminderd. Echter, dit is niet alleen een gevolg van zuiniger vliegtuigen, maar ook van inzet van grotere vliegtuigen (minder verbruik per passagier) en meer passagiers in hetzelfde vliegtuig. Met name de laatste jaren zijn vanwege concurrentie en kostenbesparing steeds meer stoelen bijgeplaatst. Een verschuiving van lange IC vluchten naar kortere Europese vluchten speelt overigens nauwelijks een rol, aangezien de verhouding IC/Europese vluchten de laatste jaren opmerkelijk constant is ([TR-2008] vs [TR-2015]).

Volgens [IEA 2010] is de efficiencyverbetering in het basisscenario zo'n 30 procent tussen 2010 en 2050, maar dit is inclusief betere bezettingsgraad en optimalisatie van vluchten (routing, vertragingen, etc.). Deze besparing van 0,9%/jaar is veel kleiner dan de gevonden 2%/jaar, maar komt redelijk overeen met besparing bij de Dreamliner van Boeing die 20% zuiniger is dan vergelijkbare bestaande toestellen, en over de levensduur van minstens 30 jaar 0,7% /jaar bespaart. IATA is optimistischer in hun Technology Roadmap [IATA, 2013] met besparingen van 27-40%, maar dit zijn nieuwe vliegtuigen die na 2020 op de markt zouden kunnen komen.

Voor de verdere toekomst worden in [IATA, 2013] talloze opties voor reductie van de CO<sub>2</sub>-emisie per passagier beschreven, waaronder vele besparingsmaatregelen. Meer focus op nieuwe, en zuiniger, vliegtuigtypen is [CE, 2000], met High Speed Propellers (HSP) en Wide Body Planes. Bij de eerste is de besparing 15% t.o.v. huidige ontwerpen en 25% t.o.v. het gemiddeld vliegtuig, en leidt vliegen met een lagere snelheid tot nog meer besparing. De tweede gaat nog een stap verder omdat het gehele vliegtuig hier bijdraagt aan het draagvermogen. De besparing zou 30% kunnen zijn, maar het sterk afwijkende concept lijkt snelle marktintroductie te verhinderen. Verder is van belang dat nieuwe typen vliegtuigen sterker kunnen bijdragen aan vorming van contrails. Hierdoor zou de uiteindelijke reductie van het broeikas-effect bij zuiniger vliegtuigen wel eens kunnen tegenvallen.

Verder "volproppen" van vliegtuigen raakt momenteel al aan grenzen, en voortzetting van de historische trend naar steeds grotere vliegtuigen is niet in die mate te verwachten vanwege de afvlakkende groei van luchtvaart in Europa. Daarom wordt voor scenario Volume verondersteld dat het verbruik/passagier afneemt met 1%/jaar tot 2050 (cumulatief 30% voor 2015-2050).

In scenario Selectief wordt voor 2020 uitgegaan van dezelfde 1%/per jaar maar vanaf 2030 van 1,5%/jaar. De hogere besparing is mogelijk omdat in dit scenario niet meer gestreefd wordt naar maximale groei, welke vanwege de felle concurrentie weinig ruimte laat voor het doorrekenen van kosten van een duurzamere luchtvaart. In dit scenario stimuleert Schiphol op alle mogelijke wijzen het gebruik van zuiniger vliegtuigen, b.v. door differentiatie van landingsgelden. Ook wordt hier gemiddeld zuiniger gevlogen omdat minder transfer passagiers ook leidt tot minder korte vluchten (gekoppeld aan de IC vlucht) waarbij relatief veel brandstof per passagier wordt verbruikt. Op termijn heeft substitutie door HSL hetzelfde effect, namelijk reductie van de meest brandstof-intensieve korte vluchten. Verder kan in dit scenario gedacht worden aan maatregelen zoals langzamer vliegen en het schrappen van vluchten met weinig passagiers.

De reductie van de emissiefactor door inzet van biobrandstoffen is niet alleen een zaak van de luchtvaart zelf, maar is ook afhankelijk van:

- De relatieve reductie van CO<sub>2</sub>-emissie door inzet van biobrandstof
- De beschikbaarheid (en kosten) van biobrandstof
- De mogelijkheden en (internationale) verplichtingen voor inzet

Biobrandstoffen stoten ook CO<sub>2</sub> uit bij verbranding maar deze uitstoot wordt gecompenseerd doordat tijdens de groei van bomen en planten deze CO<sub>2</sub> is opgenomen uit de atmosfeer. De reductie is echter geen 100% omdat tijdens de groeifase van bomen en planten, en bij het omzetten in biobrandstof, energie wordt ingezet die (hoofdzakelijk) fossiel is en dus CO<sub>2</sub>-emissie veroorzaakt. Bovendien blijkt dat bij de eerste generatie biobrandstoffen het gebruik van land voor teelt van energie-gewassen leidt tot extra LULUCF opwarmeffecten (Land use, land use change and forestry). Volgens sommige literatuurbronnen leidt dit zelfs tot een negatieve reductie, ofwel biobrandstof veroorzaakt meer broeikas effect dan kerosine. Hier wordt conform [SER/I&M, 2014] uitgegaan van een effectieve reductie van 50% voor huidige biobrandstoffen.

In reactie op de slechte prestatie van biobrandstoffen heeft de EU in het Renewable Energy Directive als minimum eis 50% effectieve reductie van de GHG-emissie vastgelegd [Ecofys, 2013]. Voor nieuwe productiecapaciteit vanaf 2017 is dit 60%. Sindsdien is er meer aandacht voor biobrandstoffen uit reststromen en teelt van biomassa die niet leidt tot land-use-change effecten. Voor deze tweede generatie biobrandstoffen zou de effectieve reductie kunnen stijgen tot 70 a 80% [UK, 2013].

Wat betreft beschikbaarheid van bio-energie wordt in diverse bronnen een potentieel voor Nederland genoemd van 200 PJ (zie [WUR, 2010]; [SenterNovem, 2009] en [WUR 2007]). Het wereldwijde potentieel aan (duurzame) biomassa wordt geschat op 100 EJ [Ecofys, 2014] tot 150 EJ [PBL/ECN, 2011]. In het laatste geval zou Nederland, bij een verdeling naar rato van bevolking, 760 PJ kunnen importeren. Samen komt dit voor 2050 neer op een potentieel van ongeveer 1000 PJ.

Echter, conform cijfers van [CBS] en [NR] voor 2013 zijn er veel meer gegadigden voor gebruik van dit potentieel, waaronder bunkering door schepen (700 PJ), raffinage (100 PJ), feedstocks in de chemie (500 PJ), vrachtvervoer (200 PJ) en hoge-temperatuur warmte bedrijven (100 PJ). Bovendien bestaat het potentieel ook uit groen gas, dat niet gebruikt kan worden in vliegtuigen, en zal een deel van het potentieel worden ingezet voor elektriciteitsproductie, als aanvulling op de fluctuerende productie uit duurzame bronnen. Geschat wordt dat in 2050 slechts een-derde van de totale behoefte aan vloeibare brandstoffen gedekt kan worden uit vloeibare bio-energie (biobrandstoffen).

In scenario Selectief is er ruimte om de kosten van een duurzamere luchtvaart door te rekenen aan de reizigers (zie brandstofbesparing). Daarom is het hier mogelijk om zoveel mogelijk biobrandstoffen in te zetten, hoewel deze op termijn nog steeds duurder zullen zijn dan fossiele brandstoffen

[SER/I&M, 2014]. Hier wordt er vanuit gegaan dat de luchtvaart een iets groter deel (ruim 40%) van het verbruik kan invullen met biobrandstof dan de eerder genoemde een-derde voor alle behoeften in Nederland. In scenario Volume zijn er vanwege de gewenste groei en noodzaak tot concurrentie op kosten weinig mogelijkheden om biobrandstof in te zetten. Hier is verondersteld dat het ICAO-voorstel voor CO<sub>2</sub>-neutrale groei toch leidt tot enige inzet van biobrandstoffen (10-15% van het verbruik in 2050). Beide scenario's zitten rond het aandeel van 26% biobrandstof in 2050 volgens het BLUE Map scenario van de IEA [IEA, ].

In scenario Selectief is er ruimte voor duurdere biobrandstoffen met een hogere effectieve reductie (80%) dan in scenario Volume, met goedkopere brandstoffen, maar minder effectief que reductie (70%). In combinatie met de hoeveelheden biobrandstof leidt dit tot een reductie van de CO<sub>2</sub>-emissie met 35% voor scenario Selectief en 10% voor scenario Volume.

### 3. Gedetailleerde resultaten

De resultaten worden gepresenteerd conform de verschillende sheets die in hoofdstuk 1 behandeld zijn. De data staan in de Appendix

#### 3.1 Toelichting resultaten Passagiers

Zonder verplaatsing verdubbelt het aantal passagiers voor Schiphol in scenario Volume van 58 naar 116 mln (conform de CPB/PBL-studie). Voor scenario Selectief neemt deze slechts 40% toe, omdat het aantal transfer passagiers wordt gereduceerd teneinde het aantal vluchten beneden het huidige plafond van 500.000 te houden.

Met verplaatsing van 70.000 vluchten valt de toename 16%-pnt lager uit in beide scenario's, maar neemt het aantal passagiers op regionale luchthavens met 240% toe. De verplaatsing leidt tot een halvering van het aantal Leisure-uitgaand passagiers op Schiphol in 2050, en een afname t.o.v. 2015.

Samen met de reductie bij Leisure-transfer leidt dit tot 10% afname van het totaal aantal Leisure-passagiers in scenario Selectief (in scenario Volume nog een toename van 67%).

De reductie van transfers in scenario Selectief is aanzienlijk, namelijk 15% van het totaal vergeleken met 43% in scenario Volume.

Het aandeel van IC passagiers blijft ongeveer constant over de gehele periode (van 30 naar 31-32%) en blijft bijna hetzelfde voor beide scenario's omdat minder transfers effect heeft op zowel IC als Europese vluchten.

Wat betreft motief blijft het aandeel ongeveer hetzelfde voor zakelijk/maatschappelijk (35%) en sociaal (18%) vliegverkeer omdat de reductie van transfers in scenario Selectief gelijkelijk uitwerkt op de passagiers met verschillend motief.

Het aantal passagiers dat relevant is voor het vestigingsklimaat is in beide scenario's hetzelfde, omdat transfer-passagiers (gereduceerd in scenario Selectief) hierbij niet meetellen.

Bij netwerk-relevante passagiers is wel een verschil zichtbaar; hier bedraagt het aantal in scenario Selectief de helft van dat in scenario Volume.

### 3.2 Toelichting resultaten Vliegbewegingen

De toename van aantal vluchten is kleiner dan die van passagiers omdat de gemiddelde bezettingsgraad per vliegtuig toeneemt. Voor scenario Volume bedraagt het verschil 20%-pnt en voor Selectief 14%-pnt.

Zonder verplaatsing zou in beide scenario's de capaciteit van Schiphol onvoldoende zijn om de aantallen vluchten te accommoderen. In scenario Volume is uitbreiding met een extra baan (150.000 vluchten) niet genoeg voor de meer dan 800.000 starts/landingen. In scenario Selectief wordt het plafond van 500.000 vluchten ver overschreden.

Met verplaatsing van 70.000 vluchten is het nog steeds de vraag of Schiphol, met extra baan, de 740.000 start/landingen aan kan. In scenario Selectief komt het aantal start/landingen precies op het maximum van 500.000 omdat het aantal transfer-passagiers daarop is aangepast.

De verplaatsing is gefaseerd: 15.000 in 2030 en 45000 in 2040. Hierdoor moet reeds in 2030 de groei van transfers afgeremd worden in scenario Selectief.

De verplaatsing leidt tot een toename met 220% van het aantal starts/landingen op regionale vliegvelden, ofwel 18% (Volume) a 24% (Selectief) van die in geheel Nederland.

Bij volledige benutting van het substitutie-potentieel in scenario Selectief zou het aantal start/landingen op Schiphol kunnen afnemen tot 400.000. Bij regionale luchthavens zou het de toename meer dan halveren (maar nog steeds is sprake van bijna een verdubbeling).

De gemiddelde bezetting van alle vliegtuigen op Schiphol neemt toe van 134 in 2015 tot 149 in 2050 (inclusief vracht vluchten is dit 129 resp. 143).

### 3.3 Toelichting resultaten Brandstofverbruik

De toename van het brandstofverbruik in scenario Volume is kleiner dan dat van passagiers en vluchten omdat het verbruik per passagier jaarlijks afneemt met 1,0%. In scenario Selectief neemt het verbruik zelfs af, mede door de grotere besparing van 1,5%.

Maar het verbruik neemt nog wel fors toe bij de regionale luchthavens, maar veel minder dan het aantal passagiers.

Het gemiddelde verbruik/passagier neemt af met 30% in de periode 2015-2050 (scenario Volume) dan wel 40% (scenario Selectief).

De verdeling van verbruik over IC en Europese vluchten is relatief constant in de tijd en voor beide scenario's (72-74% vs 28-26%) omdat verondersteld is dat beide categorieën even hard groeien en even veel zuiniger worden.

Bij volledige benutting van het substitutie-potentieel in scenario Selectief zou het brandstofverbruik van Schiphol niet met 21% maar met 27% afnemen. De relatief beperkte verdere afname wordt mede veroorzaakt door het eerst meenemen van de brandstofbesparing waardoor minder vliegen relatief minder effect heeft.

### 3.4 Toelichting resultaten CO2-emissie

De toename van de CO2-emissie is in beginsel gelijk aan die van het brandstofverbruik, tenzij er biobrandstof wordt toegepast (of compensatie conform het ICAO-voorstel).

Bij toepassing van biobrandstof neemt in scenario Volume de emissie van de luchtvaart beperkt af omdat relatief weinig biobrandstof wordt ingezet met een matige effectieve reductie (zie toelichting

inputgegevens). In scenario Selectief is de afname substantieel vanwege een veel grotere toepassing en een effectievere reductie (van 8 naar 5 Mton voor Schiphol).

Bij CO<sub>2</sub>-neutrale groei van de luchtvaart mag vanaf 2023 de CO<sub>2</sub>-emissie niet meer groeien, te bereiken via besparing, biobrandstoffen en compensatie. Door de groei van de emissies tussen 2015 en 2023 ligt dit niveau voor Schiphol nog 1 Mton hoger dan momenteel het geval is. Voor scenario Volume betekent de CO<sub>2</sub> neutrale groei dat tot 2050 een beperkte hoeveelheid CO<sub>2</sub>-emissie gecompenseerd moet worden. In scenario Selectief wordt de emissie reeds zover terug gebracht dat er geen compensatie nodig is.

Bij volledige benutting van het substitutie-potentieel in scenario Selectief zou de CO<sub>2</sub>-emissie in 2050 met 52% zijn afgenomen. Hiermee komt dit scenario in de richting van de reducties die in andere verbruikssectoren van Nederland zijn voorzien.

### 3.5 Toelichting resultaten Broeikasemissie

De GHG-emissies zijn steeds ongeveer 3,5% hoger dan de eerder gegeven CO<sub>2</sub>-emissies omdat de verhouding tussen CO<sub>2</sub>-emissies en non-CO<sub>2</sub> emissies in alle gevallen gelijk is verondersteld.

Voor Nederland heeft verplaatsing van vliegverkeer van Schiphol naar regionale luchthavens geen effect op de cijfers; daarom is deze case alleen meegenomen bij Schiphol. Wel wordt onderscheid gemaakt naar cases met wel/geen reductie (biobrandstoffen) en wel/geen substitutie (HSL alternatief).

Het broeikasemissie is de som van GHG-emissies en het bijkomende effect van contrails. Deze laatste wordt ook uitgedrukt in CO<sub>2</sub>-equivalenten en is meegenomen via een RF-opslagfactor (zie toelichting bij Inputgegevens). Het broeikasemissie neemt iets minder dan evenredig toe met de GHG-emissie omdat de RF-factor wat afneemt in de periode 2020-2050.

Het broeikasemissie wordt gerelateerd aan het nationale broeikasemissie dat alleen bepaald wordt door de nationale GHG-emissies. Hierbij kunnen drie nationale reductieniveaus worden onderscheiden voor 2050: 80%, 90% en 95%. Voor 2020 is de reductie gesteld op 20% (conform EU afspraken) en voor tussenliggende zichtjaren is een lineaire toename van de reductie verondersteld.

Hier is het broeikasemissie afgezet tegen het niveau bij 90% reductie. Dan blijkt dat in scenario Volume is alle cases het broeikasemissie van de luchtvaart groter dan dat van de rest van Nederland. Voor scenario Selectief is het in het gunstigste geval ruim de helft en bij CO<sub>2</sub>-neutrale groei bijna gelijk. De grote bijdrage van de luchtvaart is een gevolg van de veel kleinere reductie, of zelfs toename, bij de luchtvaart t.o.v. het nationale niveau en de extra bijdrage van contrails aan het opwarmeffect.

Voor Schiphol liggen de GHG-emissies na verplaatsing lager, maar nemen die bij regionale luchthavens sterk toe (niet getoond). Ook hier is in scenario Volume het broeikasemissie in alle cases groter dan dat van de rest van Nederland. Voor scenario Selectief is het in het gunstigste geval bijna de helft en bij CO<sub>2</sub>-neutrale groei ongeveer twee-derde.

Als uitgegaan wordt van een reductie van de nationale GHG-emissies in 2050 met 95% valt de verhouding tussen Schiphol en nationaal nog dubbel zo ongunstig uit.

## Literatuur:

- Alders, 2013: Eindadvies Alderstafel Schiphol, brief aan Staatssecretaris van I&M, Oktober 2013
- IATA, 2013: IATA Technology Roadmap, 4th Edition, June 2013
- CBS-E: Energiebalans, diverse jaren
- CBS-L: Kwartaal monitoring Luchtvaart, diverse jaren
- CBS-P: Protocol luchtvaart, CBS
- CE, 2000: ESCAPE Economic SCReening of Aircraft Preventing Emissions - Annex I: Designing aircraft for low emissions; technical basis for the ESCAPE project, CE-Delft et al, 2000
- Compendium, 2015:
- CPB/PBL, 2016: Mobiliteit – Luchtvaart Achtergronddocument bij Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving (WLO), Januari 2016
- Ecofys, 2014: Duurzame energie voor transport in Nederland – Onderbouwing visie Natuur & Milieu, Greenpeace, Milieudefensie en WWF, Oktober 2014 (bij publicatie “Een heldergroene visie op brandstoffen - Met slim reizen, hernieuwbare energie en superzuinige voertuigen”)
- EPA, 2000: Aircraft Contrails Factsheet - Summary, EPA 430-F-00-005, September 2000
- Eurostat: Air passenger transport (per land, luchthaven, type vlucht), diverse jaren
- ICAO, 2013: ICAO Environmental report 2013, Overview market-based measures, ICAO Secretariat
- ICAO, 2016: Global Aviation Dialogues (GLADs) on Market-Based Measures to address Climate Change, Environment, Air Transport Bureau, ICAO
- IEA, 2010: ??:
- I&M, 2016: Actie Agenda Schiphol, Ministerie van I&M en EZ, April 2016
- KIM, 2008: Substitutiemogelijkheden luchtverkeer-hogesnelheidstrein, Jorritsma, P., Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, Den Haag
- Lee, 2009: Aviation and global climate change in the 21st century, David S. Lee et al, in Atmospheric Environment 43 (2009)
- NIR, 2014: Greenhouse Gas Emissions in the Netherlands 1990-2013, National Inventory 2015, RIVM Report 2015-0188, Bilthoven
- NR: Nationale Rekeningen, diverse Jaren
- PBL/ECN, 2011: Naar een schone economie in 2050 – Routes verkend – Hoe Nederland klimaatneutraal kan worden, PBL-publ.nr: 500083014, ECN-rap.nr. ECN-O- -11-0762011
- Peters, 2009: Calculating Emissions and Radiative Forcing, Paul Peeters and Victoria Williams. Chapter 3 in Climate Change and Aviation - Issues, Challenges and Solutions. Edited by Stefan Gössling and Paul Upham, Earthscan publication, 2009, London/Sterling (USA)
- PBL, 2016: Balans van de Leefomgeving – Richting geven & Ruimte maken, September 2016
- SAR, 2000: Statistical Annual Review 2000, Amsterdam Airport Schiphol (cf TR)
- SenterNovem, 2009: Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020, SenterNovem, Utrecht

SER/I&M, 2014: Visie Duurzame Brandstoffenmix – Deelrapport Brandstofvisie Duurzame Luchtvaart - Reductie van emissies en kosten door daadwerkelijke groene groei, Deelrapport Luchtvaarttafel, ingesteld door de Sociaal Economische Raad / Ministerie van Infrastructuur & Milieu, Juni 2014

TNO/CE/ECN, 2014: Scenarios for energy carriers in the transport sector, Januari 2014

TR-2008: Traffic Review 2008, Schiphol Group

TR-2015: Traffic Review 2015, Schiphol Group

UK, 2013: Reducing the UK's carbon footprint, Committee on Climate Change, April 2013, UK

WTL, 2016: Quick scan van twee scenario's voor Schiphol tot 2050, H. Buurma en P. Boonekamp, Hilversum, September 2016

WUR, 2007: Biomassa voor energie uit de Nederlandse natuur, een inventarisatie van hoeveelheden, potenties en knelpunten, Alterra-rapport 1616, Alterra, Wageningen

WUR, 2010: De beschikbaarheid van biomassa voor energie in de Agro-industrie, Rapport 1200 Wageningen UR Food & Biobased Research, Wageningen.

## Appendix

Tabel A1: Resultaten passagiers

Passagiers (mln)	2015	2020		2030		2040		2050		Toename 2015-50	
		Volume	Selectief	Volume	Selectief	Volume	Selectief	Volume	Selectief	Volume	Selectief
<b>Nederland</b>											
Zonder/na verplaatsing	64,7	75,0	75,0	91,4	83,7	108,9	90,9	129,3	94,3	100%	46%
<b>Regio</b>											
Eigen groei	6,4	7,4	7,4	9,0	9,0	10,7	10,7	12,7	12,7		
Na verplaatsing	6,4	9,2	9,2	14,6	14,6	19,6	19,6	21,8	21,8	242%	242%
<b>Schiphol</b>											
Zonder verplaatsing	58,3	67,6	67,6	82,4	74,7	98,2	80,2	116,5	81,6	100%	40%
w.o. zakelijk	35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%		
w.o. sociaal	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%		
w.o. leisure outgoing	8,7	10,1	10,1	12,3	12,3	14,6	14,6	17,4	17,4	100%	100%
Verplaatst	0,0	1,8	1,8	5,6	5,6	8,9	8,9	9,1	9,1		
Na verplaatsing	58,3	65,8	65,8	76,8	69,1	89,2	71,3	107,4	72,5	84%	24%
w.o. transfers	39%	41%	41%	42%	36%	44%	29%	43%	15%		
w.o. IC	30%	30%	30%	31%	31%	32%	32%	31%	32%		
w.o. Leisure	27,3	29,8	29,8	33,0	28,3	37,0	27,0	45,5	24,7	67%	-10%
w.o. O&D-leisure outgoing	8,7	8,3	8,3	6,7	6,7	5,7	5,7	8,3	8,3	-5%	-5%
Vestigingsklimaat	20,3	23,5	23,5	28,7	28,7	34,1	34,1	40,6	40,6		
Netwerk-relevant	34,6	40,1	40,1	48,9	41,2	58,3	40,4	69,2	34,2		
Inclusief substitutie	58,3		65,8		66,1		66,2		60,0		3%



Tabel A2: Resultaten Vliegbewegingen

Vluchten (x 1000)	2015	2020		2030		2040		2050		Toename 2015-50	
		Volume	Selectief	Volume	Selectief	Volume	Selectief	Volume	Selectief	Volume	Selectief
<b>Nederland</b>											
Zonder/na verplaatsing	500	563	563	667	611	772	645	901	659	80%	32%
<b>Regio</b>											
Eigen groei	49	55	55	66	66	76	76	89	89	80%	80%
Na verplaatsing	49	70	70	111	111	146	146	159	159	222%	222%
<i>Inclusief substitutie</i>	49		70		100		117		95		93%
<b>Schiphol</b>											
Zonder verplaatsing	451	507	507	601	545	696	569	813	570	80%	26%
w.o. transfers	39%	39%	39%	39%	33%	39%	26%	39%	13%		
w.o. leisure outgoing	15%	15%	15%	15%	17%	15%	19%	15%	22%	80%	80%
Verplaatsing	0	15	15	45	45	70	70	70	70	< maximum	
Na verplaatsing	451	492	492	556	500	626	500	742	500	65%	11%
w.o. IC	19%	20%	20%	20%	20%	21%	21%	20%	21%		
w.o. leisure outgoing	15%	13%	13%	9%	10%	6%	7%	7%	11%	-21%	-21%
<i>Inclusief substitutie</i>	451		492		475		458		400		-11%
Gemiddelde bezetting	134	138	138	142	142	146	146	149	149	11%	11%

Tabel A3: Resultaten Brandstofverbruik

Brandstofverbruik (PJ)	2015	2020		2030		2040		2050		Toename 2015-50	
		Volume	Selectief	Volume	Selectief	Volume	Selectief	Volume	Selectief	Volume	Selectief
<b>Nederland</b>											
Zonder/na verplaatsing	160	176	176	194	169	209	158	225	140	41%	-12%
<b>w.o. Regio</b>											
Eigen groei	10%	10%	10%	10%	11%	10%	12%	10%	14%		
Met verplaatsing	10%	11%	11%	13%	15%	15%	18%	14%	19%	98%	70%
<b>Schiphol</b>											
Zonder verplaatsing	144	159	159	175	151	189	139	202	121	41%	-16%
w.o. transfers	40%	40%	40%	40%	34%	40%	27%	40%	14%		
w.o. leisure outgoing	13%	13%	13%	13%	14%	13%	16%	13%	19%		
Na verplaatsing	144	156	156	168	144	179	130	193	113	34%	-21%
w.o. IC	72%	72%	72%	73%	73%	73%	74%	73%	74%		
w.o. leisure outgoing	13%	12%	12%	9%	10%	8%	10%	9%	13%		
Inclusief substitutie	144		156		142		126		106		-27%
Verbruik/passagier	2,47	2,35	2,35	2,12	2,02	1,92	1,73	1,74	1,48	-30%	-40%

Tabel A4: resultaten CO2-emissie

CO2-emissie (Mton)	2015	2020		2030		2040		2050		Toename 2015-50	
		Volume	Selectief	Volume	Selectief	Volume	Selectief	Volume	Selectief	Volume	Selectief
<b>Nederland</b>											
Zonder reductie	11,4	12,6	12,6	13,9	12,1	15,0	11,3	16,1	10,0		
Met reductie	11,4	12,6	12,6	13,9	11,5	14,2	9,6	14,5	6,5	27%	-43%
Met compen. na 2023	11,4	12,6	12,6	13,0	12,4	13,0	12,4	13,0	12,4	14%	9%
<b>w.o. Regio</b>											
Eigen groei	10%	10%	10%	10%	11%	10%	12%	10%	14%		
Met verplaatsing	10%	11%	11%	13%	15%	15%	18%	14%	19%		
<b>Schiphol</b>											
Zonder verplaatsing	10,3	11,3	11,3	12,5	10,8	13,5	9,9	14,5	8,6	41%	-16%
w.o. transfers	40%	40%	40%	40%	32%	38%	23%	36%	9%		
w.o. leisure outgoing	13%	13%	13%	13%	14%	12%	13%	12%	12%		
Na verplaatsing	10,3	11,2	11,2	12,0	10,3	12,8	9,3	13,8	8,1	34%	-21%
w.o. IC	72%	72%	72%	73%	69%	70%	63%	66%	48%		
w.o. leisure outgoing	13%	12%	12%	9%	10%	8%	9%	8%	8%		
Met emissiereductie	10,3	11,2	11,2	12,0	9,8	12,1	7,9	12,4	5,3	21%	-49%
CO2-neutraal cf ICAO	10,3	11,2	11,2	11,4	10,9	11,4	10,9	11,4	10,9		
Extra compen. na 2023	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,7	0,0	1,0	0,0	11%	6%
Inclusief substitutie	10,3		11,2		9,6		7,7		4,9		-52%

**Tabel A5: Resultaten Broeikaseffect**

Broeikaseffect	2015	2020		2030		2040		2050		Toename 2015-50	
		Volume	Selectief	Volume	Selectief	Volume	Selectief	Volume	Selectief	Volume	Selectief
<b>Nederland</b>											
<i>GHG-emissie (kton CO2-equiv)</i>											
Geen reductie/substi.	11829	13041	13041	14377	12499	15492	11660	16636	10376		
Idem + reductie	11829	13041	13041	14377	11895	14744	9970	15028	6867		
Idem + substitutie	11829	13041	13041	14377	11546	14744	9392	15028	5966		
CO2-neutrale groei	11829	13041	13041	13473	12865	13511	12837	13549	12794		
<i>Broeikaseffect (Mton CO2-equiv)</i>											
Geen reductie/substi.	23,3	25,6	25,6	28,3	24,0	29,7	21,8	31,1	18,4		
Idem + reductie	23,3	25,6	25,6	28,3	23,4	29,0	20,1	29,5	14,9		
Idem + substitutie	23,3	25,6	25,6	28,3	22,7	29,0	19,0	29,5	13,3		
CO2-neutrale groei	23,3	25,6	25,6	27,4	24,3	27,7	23,0	28,0	20,8		
<i>Fractie nationaal effect (90% reductie t.o.v. 1990)</i>											
Geen reductie/subst.	12%	14%	14%	23%	19%	40%	30%	141%	83%		
Reductie/geen subst.	12%	14%	14%	23%	19%	39%	27%	133%	67%		
Reductie + substitutie	12%	14%	14%	23%	18%	39%	26%	133%	60%		
CO2-neutrale groei	12%	14%	14%	22%	19%	38%	31%	127%	94%		
<b>Schiphol</b>											
<i>Broeikaseffect (Mton CO2-equiv)</i>											
Geen verpl/red/subst	20,9	23,1	23,1	25,5	21,4	26,8	19,2	28,0	15,9		
Idem + verplaatsing	20,9	22,7	22,7	24,5	20,4	25,3	18,0	26,7	14,8		
Idem + reductie	20,9	22,7	22,7	24,5	19,9	24,7	16,6	25,4	12,0		
Idem + substitutie	20,9	22,7	22,7	24,5	19,6	24,7	16,1	25,4	11,4		
CO2-neutrale groei	20,9	22,7	22,7	24,5	20,5	25,3	18,1	26,5	15,4		
<i>Fractie nationaal effect (90% reductie t.o.v. 1990)</i>											
Geen verpl/red/subst	11%	13%	13%	20%	17%	36%	26%	127%	72%		
Idem + Verplaatsing	11%	13%	13%	20%	16%	34%	24%	121%	67%		
Idem+ reductie	11%	13%	13%	20%	16%	34%	22%	115%	54%		
Idem + substitutie	11%	13%	13%	20%	16%	34%	22%	115%	51%		
CO2-neutrale groei	11%	13%	13%	20%	16%	34%	25%	120%	70%		

