



Centraal Planbureau  
Planbureau voor de Leefomgeving



# Kansrijk mobiliteitsbeleid 2020

Bijlage 3  
Verantwoording van  
modellen en berekeningen



## **Kansrijk mobiliteitsbeleid 2020.**

### **Bijlage 3: Verantwoording van modellen en berekeningen**

CPB en PBL (Centraal Planbureau en Planbureau voor de Leefomgeving)  
Den Haag, 2020

### **Eindverantwoordelijkheid**

Centraal Planbureau en Planbureau voor de Leefomgeving

### **Contact**

Annemiek Verrips (A.S.Verrips@cpb.nl) en  
Hans Hilbers (Hans.Hilbers@pbl.nl)

### **Hoofdauteurs**

Annemiek Verrips en Hans Hilbers

### **Projectteam**

Jeroen Bastiaanssen, Judith Bayer,  
Dieuwert Blomjous, Rob Euwals, Gerben  
Geilenkirchen, Hans Hilbers, Maarten  
't Hoen, Olga Ivanova, Jordy van Meerkerk,  
Jennifer Olsen, Koen van Ruijven, Jan  
Schoor, Joep Tijm, Gabrielle Uitbeijerse,  
Annemiek Verrips en Paul Verstraten

### **Met bijdragen van**

De Stichting Wetenschappelijk Onderzoek  
Verkeersveiligheid (SWOV) heeft de stukken  
geschreven over de beleidsopties op het  
gebied van verkeersveiligheid. Auteurs:  
Letty Aarts, Frits Bijleveld en Atze Dijkstra

### **Met dank aan**

Jan Anne Annema (TU Delft), Vincent van  
den Berg (VU Amsterdam), Gerard de Jong  
(University of Leeds), Marieke Martens  
(TU Eindhoven), Jos van Ommeren (VU  
Amsterdam), Eric Pels (VU Amsterdam),  
Lóránt Tavasszy (TU Delft), Wijnand  
Veeneman (TU Delft), Erik Verhoef (VU  
Amsterdam), Bert van Wee (TU Delft), Jaap  
de Wit (emeritus hoogleraar Universiteit  
van Amsterdam) en Toon Zijlstra  
(Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid &  
Universiteit van Antwerpen)

### **Omslagfoto's**

Van boven naar beneden: EyeEm GmbH /  
Hollandse Hoogte, Tineke Dijkstra /  
Mediatheek Rijksoverheid, John van  
Helvert / Mediatheek Rijksoverheid

### **Figuur**

Beeldredactie PBL

### **Eindredactie en productie**

Uitgeverij PBL

### **Vormgeving en opmaak**

Textcetera, Den Haag

U kunt de publicatie downloaden via de website [www.pbl.nl](http://www.pbl.nl) en [www.cpb.nl](http://www.cpb.nl).

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:  
Verrips, A.S. & H.D. Hilbers (2020), *Kansrijk mobiliteitsbeleid 2020. Bijlage 3: Verantwoording van modellen en berekeningen*, Den Haag: Centraal Planbureau en Planbureau voor de Leefomgeving.

# Inhoud

Bijlage 3A	Landelijk Model Systeem (LMS), DYNAMO en KOTERPA voor personenvervoer en verkeersafwikkeling op het wegennet	7
Bijlage 3B	Gebruik Carbontax voor elektrisch rijden	11
Bijlage 3C	BasGoed voor berekeningen goederenvervoer	18
Bijlage 3D	AEOLUS voor berekeningen luchtvaart	20
Bijlage 3E	Berekeningen van verkeersveiligheidseffecten van niet-verkeersveiligheidsmaatregelen	24



# Kansrijk mobiliteitsbeleid 2020

## Bijlage 3

### Verantwoording van modellen en berekeningen

Deze bijlage hoort bij de publicatie Kansrijk mobiliteitsbeleid 2020 van het Centraal Planbureau (CPB) en het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). De bijlage is alleen elektronisch beschikbaar.

Voor de inschatting van de effecten van maatregelen maken we in het Kansrijk-rapport veelvuldig gebruik van modellen. Sommige maatregelen hebben we ten behoeve van de analyse zelf met modellen doorgerekend. De inschatting van de effecten van andere maatregelen zijn gebaseerd op eerder verschenen rapporten, waarin vaak ook gebruik is gemaakt van (soms dezelfde) modellen. Modellen zijn stelsels van theoretische of economisch gefundeerde vergelijkingen voor een specifiek deelgebied van de economie en leefomgeving. In deze publicatie maken we gebruik van (de uitkomsten van) de volgende modellen: het Landelijk Modelsysteem (LMS) voor de personenmobiliteit en de verkeersafwikkeling, Dynamo, KOTERPA en Carbontax voor het personenautopark en de instroom van elektrische auto's, BasGoed voor het vrachtvervoer en AEOLUS voor de luchtvaart. In deze bijlage lichten we de gebruikte modellen kort toe.

In bijlage 3A bespreken we het Landelijk Modelsysteem, Dynamo en KOTERPA, in bijlage 3B Carbontax, in bijlage 3C BasGoed en in bijlage 3D bespreken we Aeolus. Tot slot lichten we in bijlage 3E de raming toe van verkeersveiligheidseffecten van de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) voor de niet specifiek op verkeersveiligheid gerichte maatregelen.



## Bijlage 3A

# Landelijk Model Systeem (LMS), DYNAMO en KOTERPA voor personenvervoer en verkeersafwikkeling op het wegennet

### Het Landelijk Model Systeem (LMS)

Het Landelijk Model Systeem Verkeer en Vervoer (LMS) is een ruimtelijk simulatiemodel voor vervoersstromen in Nederland. Het land en enkele stukken buitenland zijn opgedeeld in een groot aantal zones, met elk hun eigen kenmerken, waaronder aantallen leerlingen, de omvang van de beroepsbevolking en de werkgelegenheid en het inkomen van huishoudens. Het model beschrijft de mobiliteit van personen per vervoerwijze, verplaatsingsmotief en dagdeel. Het model maakt onderscheid tussen verschillende categorieën (autobestuurder, autopassagier, trein, bus, tram, metro, fietsen en lopen) en schat op basis daarvan de omvang van het personen- en vrachtverkeer, het openbaar vervoer en de files op het hoofdwegennet. Het model wordt gebruikt voor verkeersprognoses voor personenvervoer op de middellange en lange termijn en het inschatten van de invloed van beleidsmaatregelen op mobiliteit en verkeersstromen.

Rijkswaterstaat is als eigenaar en beheerder van het model verantwoordelijk voor de kwaliteit. Het model is ontwikkeld in samenwerking met Hague Consulting Group en (later) RAND Europe en Significance. Rijkswaterstaat gebruikt het model zelf voor doorrekeningen en stelt daarnaast het model ter beschikking aan derde partijen. In recente jaren maakten het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, het CPB en het PBL gebruik van het model. Voorbeelden van publicaties die mede op dit model zijn gebaseerd, zijn de Klimaat- en Energieverkenning (zie Schoots & Hammingh 2019), de analyse van het voorstel voor hoofdlijnen van het Klimaatakkoord (zie Hekkenberg & Koelemeijer 2018), de effectstudie voor de vachtwageneffing (zie MuConsult et al. 2018), de Nationale Markt- en Capaciteitsanalyse (NMCA, zie Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat 2017), de analyse van leefomgevingseffecten van de verkiezingsprogramma's (zie PBL 2017) en de maatschappelijke kosten-batenanalyse Prijsbeleid Personenauto's (zie CPB/PBL 2015). De modelanalyses voor dit Kansrijk-rapport zijn uitgevoerd met de in 2019 uitgeleverde modelversie, het zogenoemde Groeimodel versie 3.6.5.

Het model wordt regelmatig geactualiseerd, zodat de modelinvoer up-to-date is. Elk jaar worden de uitgangspunten voor de toekomst geactualiseerd en wordt een nieuwe basisprognose opgesteld. Dit is van belang, omdat telkens nieuwe besluiten over ruimtelijke ontwikkeling en infrastructuur genomen worden. De nieuwe prognose wordt uitgebreid getoetst op plausibiliteit. Daarnaast sluit het model voor de lange termijn aan op de scenario's voor de Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving (CPB/PBL 2015). Met de actualisaties sluit het model aan bij de actuele inzichten en vormt zo een basis voor besluitvorming voor ruimtelijke ontwikkeling en infrastructuur.

Het model wordt periodiek onderworpen aan een onafhankelijke audit, de laatste in 2012 (TNO 2012). Hierbij wordt gekeken in welke mate het model geschikt is om voldoende

gedetailleerde en nauwkeurige antwoorden te genereren op een breed scala aan beleidsvragen en in welke mate het model aansluit bij de hedendaagse (internationale) wetenschappelijke inzichten en ervaringen met verkeers- en vervoersmodellen.

### Het gebruik van het LMS

De grondslag van het LMS-basispad van Kansrijk mobiliteitsbeleid 2020 ligt bij de Klimaat- en Energieverkenning van 2019 (zie Schoots & Hamming 2019, hierna KEV2019), inclusief voorgenomen beleid voor het zichtjaar 2030. Deze modelinvoer is bijgewerkt naar de nieuwste inzichten met betrekking tot de economie, de bevolking en het autopark. Daarnaast is ook de wijziging van de maximumsnelheid op de snelwegen doorgevoerd. Verder is ten opzichte van de KEV2019 ook de verwachte ontwikkeling van de olieprijs bijgesteld. De brandstofprijzen aan de pomp zijn geraamd op basis van een olieprijs van 88 dollar per vat in 2030 uit de World Energy Outlook 2019 (IEA 2019). Bij een veronderstelde wisselkoers van 1,18 dollar per euro (eveneens op basis van IEA 2019) resulteert een olieprijs in euro's van 75 euro per vat. In deze berekening van de pompprijzen is tevens rekening gehouden met een lagere energiedichtheid van biobrandstoffen en met de accijnsverhoging voor diesel in 2021 en 2023 conform het Belastingplan 2020.

8

In het model wordt autorijden in 2030 per saldo goedkoper dan in 2014. De verwachte stijging van de pompprijzen wordt namelijk gecompenseerd door een efficiënter wagenpark en een toename van het aantal elektrische auto's. In het basispad is de aanscherping meegenomen van de Europese CO<sub>2</sub>-normen voor nieuwe personen- en bestelauto's per 2025 en 2030. Deze normen leiden ertoe dat nieuwe auto's (en met enige vertraging het hele wagenpark) zuiniger worden en dat het aantal elektrische auto's toeneemt. Ook de fiscale stimuleringsmaatregelen voor elektrische auto's dragen hieraan bij.

De verwachte samenstelling van het personenautopark en de personenautokilometers worden geraamd met Carbontax (door Revnext) en KOTERPA (door PBL). Met deze modellen wordt voor 2030 een aandeel van ongeveer 13% elektrische kilometers geraamd ten opzichte van het totale aantal personenautokilometers.

Naast de verandering in de samenstelling van het autopark is ook de verlaagde maximumsnelheid van invloed op het gemiddelde brandstofverbruik en navenant op de gemiddelde brandstofkosten van auto's. Immers, bij een snelheid van 100 km/uur wordt minder brandstof verbruikt dan bij een snelheid van 120 of 130 km/uur. In de berekening van de gemiddelde brandstofkosten per kilometer is hier eveneens rekening mee gehouden.

Het wegennetwerk van de KEV2019 op basis van voorgenomen beleid bevatte al een netwerk conform dat van het Meerjarenprogramma Ruimte, Infrastructuur en Transport (MIRT) van 2019. Daarnaast is er nog een pakket van circa 2,5 miljard euro aan weginvesteringen (uitbreiding van het aantal rijstroken) op basis van de verlenging van het Infrafonds en een inpassing van het Regeerakkoord. Daarnaast is op basis van de afspraken uit het regeerakkoord de vrachtwagenheffing toegevoegd, met een tarief van gemiddeld 15 eurocent (prijspeil 2019) op het hoofdwegennet, en op een selectie van de N-wegen die



mogelijk gebruikt worden als sluiproute (gebiedsontsluitingswegen buiten de bebouwde kom, gesloten voor langzaam verkeer). Bovendien wordt ook de maximumsnelheid overdag naar 100 km/uur doorgevoerd in het netwerk.

### **DYNAMO voor de omvang en samenstelling van het personenautopark**

In deze publicatie is DYNAMO gebruikt voor de bepaling van (de effecten op) de omvang van het personenautopark. Daarnaast zijn met dit model voor bepaalde maatregelen de effecten op de gemiddelde brandstofkosten verkend. DYNAMO is een model voor de personenautomarkt, met als kern een dynamisch evenwichtsmodel voor aanbod en vraag naar personenauto's. Het modelleert jaar-op-jaar de omvang en samenstelling van het autopark in Nederland op het niveau van huishoudens. De ontwikkelingen kunnen op korte en lange termijn (tot 2050) geraamd worden. DYNAMO bepaalt de ontwikkelingen in het personenautopark voor een groot aantal autotypen, gebaseerd op autoleeftijd, gewichtsklasse, brandstofsoort en CO<sub>2</sub>-klasse. Daarnaast kunnen uitspraken worden gedaan over ontwikkelingen in de privé- en de leasemarkt. Deze ontwikkelingen kunnen ook worden uitgesplitst naar doelgroepen (huishoudtypen), gedefinieerd op basis van inkomen, werkzaamheid, leeftijdsklasse en huishoudensgrootte. Met het model kunnen effecten van maatschappelijke ontwikkelingen, technologische ontwikkelingen en beleidsscenario's op het personenautopark worden gekwantificeerd.

Het model DYNAMO is eigendom van Rijkswaterstaat en het PBL en is ontwikkeld door MuConsult. De eerste versie van dit model werd vanaf 2003 gebruikt voor beleidsstudies. Het model is in 2017 door TNO gereviewd.<sup>1</sup> De aanbevelingen die hieruit naar voren zijn gekomen, zijn in latere modelupdates zoveel mogelijk opgepakt. Modelversie 3.2 is gebruikt voor de resultaten in deze publicatie (MuConsult 2020).

### **KOTERPA voor de samenstelling van het personenautopark**

Het KORTErErmijnRamingsmodel (KOTERPA) is in deze publicatie gebruikt voor het ramen van de samenstelling van het personenautopark en de afgelegde kilometers. Het KOTERPA-model raamt voor de korte termijn het park en het gebruik van personenauto's in Nederland naar brandstofsoort en autoleeftijd. Door middel van autoparkdemografie en trendextrapolatie van jaarkilometrages van personenauto's wordt de toekomstige samenstelling van het personenautoverkeer geraamd. KOTERPA omvat feitelijk drie componenten:

1. de ontwikkeling van de omvang van het autopark en de verdeling van het park naar brandstofsoort;
2. de leeftijdsopbouw van het autopark per brandstofsoort en de dynamiek hierin op basis van de jaar-op-jaaroverlevingskansen en de instroom van nieuwe auto's;
3. de gemiddelde jaarkilometrages van auto's naar brandstofsoort en leeftijd.

<sup>1</sup> De review was onderdeel van een pilot tussen WVL en TNO. Conclusies en aanbevelingen zijn door TNO aan WVL en PBL gepresenteerd en bediscussieerd.

De jaar-op-jaaroverlevingskansen van personenauto's vormen de kern van het model. Deze zijn op basis van CBS-gegevens voor elke brandstofsoort afgeleid. Ze geven voor ieder bouwjaar de verhouding aan van het aantal auto's aan het einde van een verslagjaar ten opzichte van het aantal aan het begin van het jaar. Deze verhouding is feitelijk het saldo van de import en de uitgaande stromen (export en sloop).

De samenstelling van de nieuwverkopen (Carbontax) en de jaarlijkse ontwikkeling van het totale autopark (DYNAMO) vormen de exogene invoer voor het model. De verandering van de totale omvang van de nieuwverkopen is binnen KOTERPA vervolgens een resultante van de verwachte toe- of afname van het totale wagenpark en de verwachte uitstroom door sloop en het saldo van export en import. Door de jaarlijkse samenstelling van het autopark te koppelen met statische gegevens over het autogebruik (jaarkilometrages) per brandstofsoort en bouwjaar (CBS) wordt de samenstelling van de autokilometers bepaald. Het model is ontwikkeld en wordt gebruikt door het PBL. Zie Traa en Geilenkirchen (2017) voor een verdere toelichting op het model.

## Literatuur

CPB/PBL, 2015. Nederland in 2030-2050: twee referentiescenario's – Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving. Den Haag: Centraal Planbureau en Planbureau voor de Leefomgeving ([link](#)).

Hekkenberg, M. & Koelemeijer, R. 2018. Analyse van het voorstel voor hoofdlijnen van het klimaatakkoord. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving ([link](#)).

IEA, 2019. World Energy Outlook 2019. Paris: International Energy Agency ([link](#)).

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2017. Nationale Markt- en Capaciteitsanalyse 2017 ([link](#)).

MuConsult, 4cast & Significance, 2018. Effectstudie Vrachtwagenheffing. Amersfoort: MuConsult ([link](#)).

MuConsult, 2020. DYNAMO 3.2.4: Dynamic Automobile Market Model. Technische eindrapportage. Amersfoort: MuConsult ([link](#)).

PBL, 2017. Analyse leefomgevingseffecten verkiezingsprogramma's 2017-2021. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving ([link](#)).

Schoots, K. & Hammingh, P. 2019. Klimaat- en Energieverkenning 2019. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving ([link](#)).

TNO, 2012. Audit LMS en NRM Syntheserapport, juni 2012 ([link](#)).

Traa, M. & Geilenkirchen, G. 2017. KOTERPA 2.0, ramingsmodel voor het personenautopark en zijn gebruik. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving ([link](#)).

## Bijlage 3B

### Gebruik Carbontax voor elektrisch rijden

#### Beknopte beschrijving Carbontax-model

Om de effecten van beleidsmaatregelen op het gebied van elektrisch rijden te ramen, is gebruikgemaakt van het Carbontax-model van Revnext. Het Carbontax-model doet voor de periode tot en met 2030 specifiek uitspraken over:

- de omvang en samenstelling van nieuwverkopen en wagenpark (brandstoffen, autosegmenten, marktsegmenten, CO<sub>2</sub>-klassen);
- budgettaire effecten (inkomsten uit bpm, mrb, bijtelling, accijnzen, energiebelasting en uitgaven aan subsidies);
- effecten op de reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot.

Het model omvat twee deelmodellen die aan elkaar gekoppeld zijn: een deelmodel gericht op de nieuwverkopen en een deelmodel gericht op het totale autopark. In Revnext (2019) wordt meer in detail ingegaan op de werking van het model.

Voor de analyses voor Kansrijk Mobiliteitsbeleid hebben het PBL en CPB inzage gehad in de modeluitgangspunten en de (tussen)resultaten. De bewerkingen met het model hebben deels fysiek op het PBL plaatsgevonden.

Het model is begin 2020 op een aantal aspecten geactualiseerd:

- Update van het basisjaar: de omvang, samenstelling, gewichtsverdelingen, CO<sub>2</sub>-verdelingen van de nieuwverkopen en het autopark zijn herijkt aan de hand van de meest recente data (tot en met 2019) van de Rijksdienst Wegverkeer (RDW). Daarnaast zijn ontwikkelingen in import, export en sloop herijkt aan de hand van de meeste recente RDW-data (Revnext & RVO 2020). Deze ontwikkelingen worden nader uiteengezet in Revnext en RVO (2020).
- Update van de modelinvoer aan de hand van recente gegevens over het modelaanbod per autosegment en kostenramingen voor elektrische auto's (BNEF 2019; Nykvist 2019).
- Herijking van aanbodbeperkingen van batterij-elektrische auto's (BEV's) in de Nederlandse markt in relatie tot de productiecapaciteit en landenallocatie in de Europese markt (IHS Markit<sup>2</sup> voor de productieprognose voor de EU-markt, bewerking Revnext naar segmenten; de Vereniging van Europese Autofabrikanten (ACEA) voor het marktaandeel van BEV's in Nederland binnen de Europese nieuwverkopen).
- Update van brandstof- en elektriciteitsprijzen (PBL).
- Actualisatie van private lease-ontwikkelingen en prognoses op basis van gecombineerde data van de RDW, het RAI Documentatie Centrum (RDC) en de Vereniging van Nederlandse Autoleasemaatschappijen (VNA).
- Herijking van anticipatie-effecten bij jaar-op-jaarveranderingen in fiscaal beleid.

2 IHS Markit, Production Volumes by Propulsion System Design.

- Correcties op de totale autokilometrage als gevolg van veranderingen in de gemiddelde brandstofkosten per kilometer (brandstofkostenelasticiteit PBL).

### Modeluitgangspunten elektrisch rijden

Voor het basispad van Kansrijk Mobiliteitsbeleid II is de instroom van elektrische auto's in het Nederlandse personenautopark geraamd met het Carbontax-model (Revnext). Daarbij is uitgegaan van een middenscenario. Inclusief de stimuleringsmaatregelen voor elektrische voertuigen (EV) conform het Belastingplan neemt het marktaandeel van deze voertuigen in de komende jaren naar verwachting toe tot circa 35% van de nieuwverkopen in 2030, wat resulteert in een aandeel van 13% EV-kilometers. Deze raming is met de nodige onzekerheid omgeven.

Om recht te doen aan onderliggende onzekerheden, is in de modelberekeningen ten opzichte van de uitgangspunten voor het basispad gevarieerd met veronderstellingen over de (accu)prijzontwikkeling, het gedrag van consumenten en het gedrag van autoproducenten. Deze onzekerheid is vormgegeven aan de hand van twee toekomstbeelden ('meewind' en 'tegenwind'):

- Bij 'tegenwind' dalen de (accu)prijzen minder snel, dalen consumentenprijzen minder snel door een minder snelle toename van schaalvoordelen en een minder snelle afname van ontwikkelkosten voor elektrische voertuigen, stappen consumenten minder graag over op elektrisch rijden en wordt verondersteld dat fabrikanten vooral inzetten op verdergaande efficiëntieverbetering van conventionele voertuigen.
- Bij 'meewind' dalen de (accu)prijzen juist sneller, dalen consumentenprijzen sneller door een snellere toename van schaalvoordelen en een snellere afname van ontwikkelkosten voor elektrische voertuigen, stappen consumenten sneller over op elektrisch rijden en zetten fabrikanten in sterkere mate in op de ontwikkeling van elektrische voertuigen.

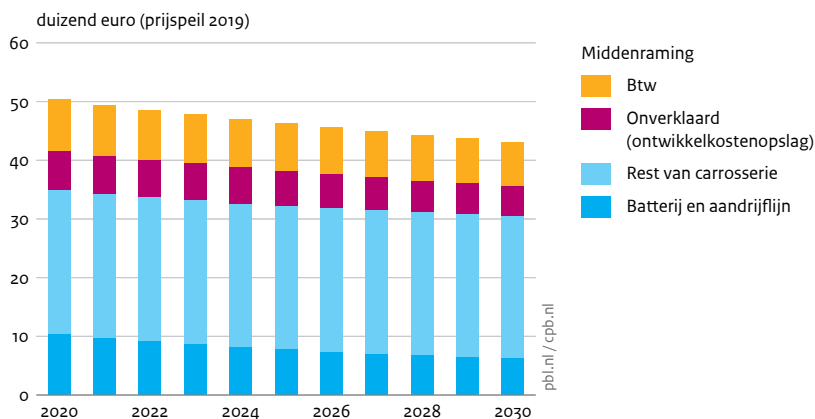
Hierna beschrijven we de veronderstellingen over de kostenontwikkeling van batterijen en elektrische voertuigen, evenals de wijze waarop de verschillende onzekerheden zijn vertaald naar concrete modelinstellingen voor het Carbontax-model.

### Ontwikkeling wereldwijde productie en kostprijs van batterijen:

De verwachte productie van batterijen neemt sneller toe dan eerder verwacht, en daarmee daalt de kostprijs ook sneller dan verwacht. Het verwachte batterijproductievolume (in gigawattuur) voor 2030 is volgens de prognoses van Bloomberg New Energy Finance (BNEF) sinds 2015 ruim verdrievoudigd. Door de toename van de productievolumes en de daarmee samenhangende toenemende schaalvoordelen is ook de verwachte batterijprijs in dollar per kilowattuur gedaald. In 2015 werd de verwachte prijs per kilowattuur voor 2030 geraamd tussen 134 tot 188 dollar (prijspeil 2019). In de meest recente survey van BNEF (Lithium-Ion Battery Price Survey) is de verwachte kostprijs per kilowattuur in 2030 gedaald naar 61 dollar.

Figuur B3.1

### Theoretische kostenopbouw en marktprijzen van elektrische auto's



Bron: BNEF, RDW; bewerking Revnext in afstemming met PBL/CPB

Noot: de figuur betreft het ongewogen kostengemiddelde van de verschillende automarktsegmenten A tot en met E, als indicatie voor de algemene kostenontwikkeling van elektrische auto's.

Ondanks de sterke kostprijzdaling van batterijen tussen 2010 en 2019 is in de markt (Nederland en andere landen) nog geen substantiële daling van BEV-catalogusprijzen waarneembaar. Een verklaring is dat fabrikanten voornamelijk investeren in de doorontwikkeling van batterij-elektrische voertuigen qua nieuwe modellen, productiecapaciteit en toename van de capaciteit, efficiency en actieradius van batterijen. Voor de komende jaren is de verwachting dat er steeds meer mogelijkheden voor fabrikanten ontstaan om de ontwikkelkostenopslag in de prijs te laten dalen, waardoor aanschafprijzen van batterij-elektrische voertuigen kunnen gaan dalen.

#### Ontwikkeling aanschafkosten per toekomstbeeld

Op basis van data van Bloomberg New Energy Finance heeft Revnext de theoretische kostenopbouw van elektrische auto's vertaald naar de Europese marktsituatie met een automarktsegmentering van A (voor de kleinste auto's) tot en met E (voor grootste en meest luxe auto's).

De kosten zijn opgebouwd uit:

- de kale kosten van de carrosserie van het voertuig;
- de batterij plus elektrische aandrijflijn waarbij rekening wordt gehouden met de batterijcapaciteit per segment en de batterijkostprijsontwikkeling, het motorvermogen per segment en aandrijving op een enkele of dubbele wielas;
- de btw.

De productiekosten en marktprijzen van elektrische auto's dalen naar verwachting verder tussen 2020 en 2030 (figuur B3.1). Uit een vergelijking van de theoretische kostenprijzen en de gerealiseerde marktprijzen volgt een onverklaard deel in de prijs van elektrische auto's. Deze interpreteren we als een 'kostenopslag'. We nemen aan dat deze kostenopslag een opslag voor de ontwikkelkosten betreft. Deze opslag is een gevolg van de kosten voor de ontwikkeling van nieuwe modellen, de verbetering van modellen qua efficiency en prestaties en de opschaling van de productiecapaciteit. De marges zijn waarschijnlijk ook mogelijk doordat op de vraag naar elektrische auto's momenteel groter is dan het aanbod. De verwachting is dat de marge in de loop van de tijd gaat afnemen.

In drie toekomstbeelden ('meewind', 'middenscenario' en 'tegenwind') zijn verschillende aannames gedaan voor de kostprijsontwikkeling van het batterijdeel en de aandrijflijncomponenten binnen de auto en voor de ontwikkeling van de 'kostenopslag' van de auto. De aannames voor het batterijdeel en de aandrijflijn zijn afgeleid uit BNEF (2019) en laten tussen 2020 en 2030 in het 'middenscenario' ongeveer een halvering zien van de kostprijs. Voor de kostenopslag is de verwachting dat fabrikanten tot 2025 nog relatief beperkte BEV-aandelen nodig hebben om hun CO<sub>2</sub>-doelen te behalen. Vanaf 2025 dwingen de EU-normen voor 2025 en 2030 hogere BEV-aandelen af, neemt de concurrentie in de markt toe en zal de kostenopslag naar verwachting sterker dalen.

14

Op basis van de onzekerheid over de kostprijs van de batterij en de aandrijflijn enerzijds en de kostenopslagfactor anderzijds, ontstaat richting 2030 een prijsbandbreedte voor de autoprijzen voor batterij-elektrische voertuigen. In de periode 2020-2030 wordt een gemiddelde prijsdaling van circa 5.000 à 10.000 euro verwacht.

### Modelinstellingen van Carbontax

In tabel B3.1 zijn de onzekerheden over de (accu)prijsontwikkeling, het gedrag van consumenten en het gedrag van autoproducenten vertaald naar modelinvoer voor de verschillende toekomstbeelden ('windrichtingen').

Ook de mate waarin elektrische voertuigen doorstromen op de binnenlandse tweedehandsmarkt dan wel geëxporteerd worden is met de nodige onzekerheid omgeven. Naar verwachting wordt de mismatch tussen de elektrische voertuigen die na lease beschikbaar komen voor de tweedehandsmarkt steeds kleiner doordat deze voertuigen ook steeds meer in de kleinere segmenten beschikbaar komen. Daarnaast verbeteren richting 2030 de kwaliteit, functionaliteit en betaalbaarheid van elektrische voertuigen. De courantheid of gewildheid van elektrische voertuigen op de tweedehandsmarkt is vertaald naar verschillende exportscenario's, afhankelijk van de 'windrichting' (tabel B3.2).

Op basis van bovengenoemde uitgangspunten en het fiscale regime conform het Belastingplan neemt het marktaandeel van elektrische voertuigen in de komende jaren naar verwachting toe tot circa 35% van de nieuwverkopen in 2030 (middenscenario), met een bandbreedte van ongeveer 20 à 50%. Het aandeel elektrische voertuigen in het totale

personenautopark is naar verwachting 10%, met een bandbreedte van ongeveer 5 à 15%, wat neerkomt op zo'n 0,6 tot 1,5 miljoen elektrische auto's in 2030.

### Literatuur

- Bloomberg New Energy Finance (BNEF), 2019. Battery Price Survey 2019. New York ([link](#)).
- Nykvist, B., Sprei, F. & Nilsson, M. 2019. Assessing the progress toward lower priced long range battery electric vehicles, *Energy Policy*, Vol. 124, pp. 144-155 ([link](#)).
- Revnext, 2019. Achtergrondrapport Carbontax-model. Rotterdam: Revnext ([link](#)).
- Revnext & RVO, 2020 (te verschijnen). Trendrapport Nederlandse markt personenauto's. Rotterdam: Revnext.

Tabel B3.1

## Modelinstellingen Carbontax per 'windrichting'

Parameters	Meewind / bovengrens (MW)	Middenscenario (MS)	Tegenwind / ondergrens (TW)
Bronbeleid EU-strategie fabrikanten	Max 40% EV <sup>3</sup> , ICEV <sup>4</sup> -aanbod 5 g/km minder zuinig (iets lagere ICEV-prijzen), PHEV <sup>5</sup> max 10%, gemiddeld 55 g/km in 2030	Max 35% EV, ICEV-aanbod ca. 90 g/km, PHEV max 10%, gemiddeld 55 g/km in 2030	Max 25% EV, ICEV-aanbod 5 g/km zuiniger (iets hogere ICEV-prijzen), PHEV max 15%, gemiddeld 55 g/km in 2030
Doorwerking bronbeleid EU in NL	37% EV in 2030, ICEV in NL naar gemiddeld 90 g/km NEDC <sup>6</sup> (= basis voor autonome vergroening bpm), 2% PHEV, gemiddeld 55 g/km in 2030	34% EV in 2030, ICEV in NL naar gemiddeld 85 g/km NEDC (= basis voor autonome vergroening bpm). PHEV max 3% o.b.v. prijsstrategie, gemiddeld 55 g/km in 2030	25% EV in 2030, ICEV in NL naar gemiddeld 80 g/km NEDC (= basis voor autonome vergroening bpm), iets hogere ICEV-prijzen, PHEV 11% o.b.v. prijsstrategie, gemiddeld 55 g/km in 2030
Beschikbaar aanbod (productie fabrikanten)	Een sterkere stijging van de EV-productie beschikbaar voor de Europese markt, o.a. om Europese CO <sub>2</sub> -doelen te behalen plus extra aanbod door marktconcurrentie en aanbod EV-only fabrikanten. In totaal ca. +5% t.o.v. MS	Een stijgende beschikbaarheid van EV's met verschillen per segment (IHS Markit-prognose) richting 35% in 2030. De sterkste aanbodbeperkingen zitten in 2020-2021. In 2030 geen aanbodbeperkingen voor de Nederlandse markt	Een lagere beschikbaarheid van EVs voor de Europese markt doordat fabrikanten ook inzetten op PHEV en ICEV CO <sub>2</sub> -reductie. In totaal ca. -10% t.o.v. MS
Restwaarde en afschrijving EV	Richting 2030 3%-punt hogere restwaarde EV dan ICEV	Richting 2030 gelijke restwaardepercentages EV en ICEV t.o.v. nieuwprijs	Richting 2030 3%-punt lagere restwaarde EV dan ICEV
Batterijprijs en batterijgrootte, energiedichtheid en efficiency	Daling van €140/kWh in 2019 naar €72/kWh in 2025 en €47/kWh in 2030 = 1,15% prijsdaling per jaar	Daling van €140/kWh in 2019 naar €77/kWh in 2025 en €55/kWh in 2030 = 1,20% prijsdaling per jaar. Toename batterijgrootte (gemiddeld +6 kWh), energiedichtheid (naar 225 Wh/kg), efficiency (tot 2025 1,7% en tot 2030 1,4% per jaar) en actieradius (gemiddeld +100 km) gelijk in MS, MW, TW	Daling van €140/kWh in 2019 naar €93/kWh in 2025 en €64/kWh in 2030 = 1,25% prijsdaling per jaar
EV-ontwikkelkosten opslag	20% afname in 2025, 50% afname in 2030 = ca. 1,15% extra prijsdaling per jaar totaal 2,30% per jaar	10% afname in 2025, 25% afname in 2030 = ca. 0,55% extra prijsdaling per jaar, totaal 1,75% per jaar	0% afname in 2025 en 2030. totaal 1,25% per jaar
TCO <sup>7</sup> -zichtjaren consumenten	TCO particuliere aanschaf o.b.v. 4 jaar (minder kortzichtigheid, groter 'terugverdienbewustzijn')	TCO particuliere aanschaf o.b.v. 3 jaar	TCO particuliere aanschaf o.b.v. 3 jaar (idem aan MS)

3 EV: Electric vehicle : volledig elektrische auto's

4 ICEV: Internal Combustion Engine Vehicle. Auto met een verbrandingsmotor (diesel, benzine of lpg).

5 PHEV: plug-in hybrid electric vehicle. Hybrideauto die zowel gebruikmaakt van herlaadbare batterijen die extern opgeladen kunnen worden als van een verbrandingsmotor (diesel, benzine of lpg).

6 NEDC: New European Driving Cycle. Nieuwe Europees voorgeschreven testcyclus voor het bepalen van het brandstofverbruik.

7 TCO: Total cost of ownership: Totale kosten van autobezit en gebruik (aanschaf, verzekeringen, belastingen onderhoudskosten en brandstofkosten).



Tabel B3.2

### Courantheid elektrische voertuigen op tweedehandsmarkt vertaald naar exportscenario's

<b>Meewind / bovengrens (MW)</b>		
t/m 2022	2023-2025	2026-2030
Dieselexportpatroon (=35% export na 5 jaar; 60% export na 10 jaar)	Iets gunstiger dan dieselexportpatroon (=30% export na 5 jaar; 50% export na 10 jaar)	Iets gunstiger dan gemiddelde van benzine/diesel (=15% na 5 jaar en 25% na 10 jaar)
<b>Middenscenario (MS)</b>		
t/m 2022	2023-2025	2026-2030
Dieselexportpatroon (=35% export na 5 jaar; 60% export na 10 jaar)	Diesel-exportpatroon (=35% export na 5 jaar; 60% export na 10 jaar)	Gemiddelde van benzine/diesel (=20% na 5 jaar en 35% na 10 jaar)
<b>Tegenwind / ondergrens (TW)</b>		
t/m 2022	2023-2025	2026-2030
Slechter dan dieselexportpatroon (=40% export na 5 jaar; 70% export na 10 jaar)	Slechter dan dieselexportpatroon (=40% export na 5 jaar; 70% export na 10 jaar)	Iets gunstiger dan diesel-exportpatroon (=25% export na 5 jaar; 45% export na 10 jaar)

## Bijlage 3C

### BasGoed voor berekeningen goederenvervoer

De raming van de omvang van het goederenvervoer is afkomstig uit de Klimaat- en Energieverkenning (KEV, zie Schoots & Hamming 2019), waarvoor gebruikgemaakt is van Basgoed.

Het model BasGoed is een simulatiemodel voor de hoeveelheid goederen die in Nederland over de weg, het water en het spoor vervoerd worden (Wesseling et al. 2018). BasGoed bestaat uit vier modules. De eerste module, de *economimodule* (SMILE+), berekent uit de economische gegevens van het CBS waar producten geproduceerd worden en waar ze gebruikt worden. Vervolgens maakt BasGoed gebruik van het bedrijfstakkenbeeld uit scenario's van de Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving (WLO, [link](#)) om te voorspellen hoe de productie en het verbruik van goederen in de toekomst veranderen. De *distributiemodule* verdeelt vervolgens de vraag naar en het aanbod van goederen naar goederenvervoer over regio's. De derde, *modal split-module* bepaalt op basis van bijvoorbeeld afstand, reistijd en kosten op welke wijze de goederen vervoerd worden: via de weg, de binnenvaart of het spoor. De laatste module, de *rittenmodule*, is alleen beschikbaar voor het wegvervoer. Deze module bepaalt hoeveel ritten nodig zijn om de hoeveelheid goederen (in tonnen) naar hun bestemming te brengen.

Basgoed is eigendom van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en wordt beheerd door Rijkswaterstaat. Rijkswaterstaat gebruikt het model voor eigen doorrekeningen en stelt het model daarnaast ter beschikking aan derde partijen. Zo wordt BasGoed (naast het Landelijk Model Systeem, LMS) gebruikt om de infrastructuurbehoefte in de Nationale Markt- en Capaciteitsanalyse (NMCA, zie Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat 2017) te inventariseren. Het model is bijvoorbeeld ook gebruikt voor de effectstudie voor de vrachtwagenheffing (zie MuConsult et al. 2018).

Bij de ontwikkeling van BasGoed zijn experts van universiteiten en kennispartner TNO betrokken. Ook het PBL en het CPB nemen deel aan begeleidingscommissies en leveren input voor de modelontwikkeling (zie bijvoorbeeld CPB 2019). De plausibiliteit van het model wordt uitgebreid en regelmatig getoetst door vergelijking met wetenschappelijke literatuur, gevoeligheidsanalyses, en interne en externe expert reviews.

#### Het gebruik van Basgoed

In het basispad is conform het vastgestelde en voorgenomen beleid uit de Klimaat- en Energieverkenning (zie Schoots & Hamming 2019) de vrachtwagenheffing meegenomen. De zero-emissiezones en de extra inzet van hernieuwbare brandstoffen zoals genoemd in het Klimaatakkoord zijn nog niet concreet genoeg uitgewerkt en zijn daarom nog niet in het basispad meegenomen.

## Literatuur

- CPB, 2019. Energietransitie en goederenvervoer in de WLO. Den Haag: Centraal Planbureau ([link](#)).
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2017. Nationale Markt- en Capaciteitsanalyse 2017 ([link](#)).
- MuConsult, 4cast & Significance, 2018. Effectstudie Vrachtwagenheffing, Amersfoort: MuConsult ([link](#)).
- Schoots, K. & Hammingh, P. 2019. Klimaat- en Energieverkenning 2019. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving ([link](#)).
- Wesseling, B., Spruijt, J. & de Bok, M. 2018. Doorontwikkeling en actualisatie van het strategisch goederenvervoersmodel van Nederland, Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk. 22 en 23 november 2018. Amersfoort ([link](#)).

## Bijlage 3D

### AEOLUS voor berekeningen luchtvaart

#### Het model AEOLUS

De ramingen van de omvang van de Nederlandse luchtvaart en het brandstofgebruik zijn gemaakt met het rekenmodel AEOLUS (Significance&To70 2019). De verwachte groei in de omvang en het gebruik van brandstof is vervolgens via gegevens van 2018 uit de Emissieregistratie (RIVM 2019) gekoppeld aan de emissie van broeikasgassen. In 2020 zijn in een aparte PBL-notitie de luchtverontreinigende stoffen weergegeven die door het landen en opstijgen van vliegtuigen rondom de luchthavens (tot een hoogte van 1.000 meter) worden uitgestoten (PBL et al. 2020). Het model neemt hierbij alleen de commerciële luchtvaart (het zogenoemde ‘handelsverkeer’) van en naar de Nederlandse luchthavens van nationale betekenis mee (Schiphol Airport Amsterdam (Schiphol), Rotterdam The Hague Airport, Eindhoven Airport, Groningen Airport Eelde, Maastricht Aachen Airport en Lelystad Airport).

Het model AEOLUS is een globaal (wereldschaal) en strategisch simulatiemodel voor de luchtvaart in Nederland. Het model beschrijft de mogelijke toekomstige ontwikkeling van de luchtvaart en kan per Nederlandse luchthaven gebruikt worden voor het bepalen van de effecten van beleid op aantallen vliegbewegingen, aantallen en soorten passagiers, de hoeveelheid luchtvracht, geluidsoverlast en de uitstoot van CO<sub>2</sub>, stikstof, fijnstof en andere stoffen. Het model wordt gebruikt voor scenariostudies, verkenningen en doorrekeningen van beleidsmaatregelen voor de luchtvaart.

Het model is eigendom van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Het beheer en het onderhoud van het model worden in het algemeen uitbesteed aan externe partijen. Het ministerie stelt het model ter beschikking voor modelberekeningen door derde partijen. In recente jaren maakten het PBL, het KiM en het ministerie van Financiën gebruik van het model. Voorbeelden van studies die mede op dit model zijn gebaseerd zijn een verkenning van de mogelijke gevolgen van de Parijse klimaatafspraken voor de omvang van de luchtvaart (Uitbeijerse et al. 2019), een inschatting van de emissies van de luchtvaart voor de Klimaat- en Energieverkenning (Schoots & Hammingh 2019), de beschrijving van luchtvaartontwikkelingen in het Mobiliteitsbeeld 2019 (KiM 2019) en de berekening van de economische en duurzaamheidseffecten van de vliegbelasting (CE Delft 2019).

Het model wordt regelmatig geactualiseerd en extern gevalideerd. Het CPB was eerder betrokken bij het extern valideren van het model (CPB 2006, 2009) en de door het CPB gedefinieerde tests zijn bij de modelactualisatie in 2015 herhaald. De laatste actualisatie van het model heeft plaatsgevonden in 2018 en is uitgevoerd door Significance en To70. Het CPB en PBL en het KiM hebben deelgenomen aan de begeleidingscommissie. Daarnaast is ir. Joris Melkert, luchtvaartdeskundige van de TU Delft, om advies gevraagd over de aannames van de ontwikkeling van vliegtuigtechnologie; Melkert gaf aan dat de

gemaakte aannames plausibel zijn. Een toelichting op het model is te vinden in het actualisatie-rapport van Significance en To70 (2019) en in Uitbeijerse et al. (2019).

Een belangrijk aspect van de vraagstukken omtrent de luchtvaart in Nederland, en daarmee ook in het model, zijn de afspraken over het beperken van de geluidsbelasting en de uitwerking in de restricties op het aantal vluchten en het baangebruik. De aannames zijn afgestemd met het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Alternatieve aannames over de restricties zullen tot andere modelresultaten leiden. In scenario Hoog van de Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving (CPB/PBL 2015) is de berekende vraag naar vluchten hoger dan de capaciteit van de luchthavens. In dat geval past het model door extra 'schaarstekosten' toe te passen de gemaakte keuzes van passagiers en luchtvaartmaatschappijen zodanig aan dat het aantal vluchten binnen de toegestane capaciteit past.

### Het gebruik van het model AEOLUS

Het basispad voor de luchtvaart in dit rapport is gebaseerd op de verwachtingen zoals geschetst als voorgenomen beleid in de Klimaat- en Energieverkenning van 2019 (Schoots & Hamming, hierna KEV2019). In de afgelopen tijd was er in de politiek veel discussie over de luchtvaart, zoals in het kader van de invoering van een Wet op de vliegbelasting, de uitwerking van de Luchtvaartnota 2020-2050 en rondom de opening van Lelystad Airport. Deze ontwikkelingen hebben echter nog niet geleid tot nieuw vaststaand beleid (vóór 1 maart 2020).

Er is uitgegaan van een voorzetting van het *capaciteitsbeleid* uit het Regeerakkoord, waarin voor Schiphol is toegestaan dat de helft van de geluidswinst van stillere vliegtuigen wordt ingezet voor extra vluchten boven de huidige limiet van 500.000 per jaar ('50/50-regel').<sup>8</sup> Dat resulteert door de verwachte technologische ontwikkeling in een ruimte voor 611.000 vluchten op Schiphol in 2030.

In een nabewerking van de KEV-ramingen met AEOLUS is het *aantal vliegbewegingen op Lelystad* in het basispad voor 2030 gemaximeerd op 25.000 (in plaats van 45.000 zoals in de KEV2019). De uitplaatsing van vluchten van Schiphol naar Lelystad leidt tot maximaal 45.000 vluchten volgens het Luchthavenbesluit. De huidige verkeersverdelingsregel heeft echter een werkingsduur tot 25.000 vliegtuigbewegingen op Lelystad Airport. Het is nog niet duidelijk wanneer dit aantal vluchten bereikt zal zijn en welke voorwaarden de Europese Commissie aan een eventueel verdere groei zal stellen, zoals wat het luchtruim veilig aankan. Er zal een fasering nodig zijn om het maximumaantal vliegtuigbewegingen voor Lelystad Airport en de luchtverkeersleiding operationeel maakbaar te maken (Ministerie

8 Over de uitwerking hiervan is geen overeenstemming bereikt. In deze studie nemen we dezelfde uitgangspunten als toegepast in het eindrapport over de actualisatie van AEOLUS (zie Significance & To70 2019). In een persbericht stelt de minister van Infrastructuur en Waterstaat dat mits aan de voorwaarden wordt voldaan, er vluchten boven het maximum van 500.000 kunnen worden gerealiseerd tot 2021, met een maximum van 540.000 (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat 2019a).

van Infrastructuur en Waterstaat 2019b). Daarom is voor Lelystad in het basispad uitgegaan van opening voor commercieel verkeer in 2021 en vervolgens een groei tot 25.000 vluchten in 2030.

De *vliegbelasting* is in het basispad meegenomen als combinatie van een ticketbelasting van 7,00 euro per vertrekkende passagier (transferpassagiers zijn vrijgesteld) en een belasting op het ladinggewicht van vertrekkende vrachtvliegtuigen.

Voor vluchten binnen de Europese Unie betalen luchtvaartmaatschappijen voor een deel van hun CO<sub>2</sub>-emissies vanwege het Europese emissiehandelssysteem (ETS). We veronderstellen dat deze kosten, tegen een prijs van 47 euro per ton CO<sub>2</sub> in 2030 (Schoots & Hamming 2019), geheel worden verwerkt in de ticketprijzen.

In 2016 is besloten om een Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) in te voeren, waarmee de emissies boven het niveau van 2020 worden gecompenseerd of binnen de sector worden gereduceerd. CORSIA is niet meegenomen in het basispad, omdat dit instrument nog niet voldoende kon worden uitgewerkt als voorgenomen beleid. Het is namelijk nog niet bekend aan welke eisen de compensatie moet voldoen en tegen welke prijs aangekocht.

In het basispad is *geen bijmengverplichting* voor duurzame luchtvaartbrandstof opgenomen. Begin maart 2020 heeft de minister aangekondigd zich actief in te zetten voor de invoering van een Europese bijmengverplichting van duurzame luchtvaartbrandstoffen. Tegelijk is benoemd dat – indien de invoering van een Europese verplichting niet tijdig wordt bereikt – Nederland er naar zal streven om per 2023 een nationale bijmengverplichting in te voeren. De uitwerking hiervan zal het ministerie nog verder invullen. In dit rapport wordt een nationale bijmengverplichting als beleidsoptie verkend.

## Literatuur

- CE Delft, 2019. Economische- en Duurzaamheidseffecten Vliegbelasting: doorrekening nieuwe varianten. Delft: CE Delft ([link](#)).
- CPB/PBL, 2015. Nederland in 2030-2050: twee referentiescenario's – Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving. Den Haag: Centraal Planbureau en Planbureau voor de Leefomgeving ([link](#)).
- CPB, 2006. Validatie van het Airport Catchment Area Competition Model (ACCM), CPB-memorandum, 21 april ([link](#)).
- CPB, 2009. Validatie Aeolus-gams, CPB-notitie, 5 juni ([link](#)).
- KiM, 2019. Mobiliteitsbeeld 2019. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid ([link](#)).
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2019a, Ontwikkeling Schiphol en hoofdlijnen luchtvaartnota, Kamerbrief 5 juli 2019.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2019b, Marktonderzoek Lelystad Airport als overloopluchthaven van Amsterdam Airport Schiphol, Kamerbrief 13 december 2019.

- PBL, TNO & RIVM, 2020. Emissieramingen luchtverontreinigende stoffen. Rapportage bij de Klimaat- en Energieverkenning 2019. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving ([link](#)).
- RIVM, 2019. Emissieregistratie. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu ([link](#)).
- Schoots, K. & Hammingh, P., 2019. Klimaat- en Energieverkenning 2019, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving ([link](#)).
- Significance & To70, 2019. Actualisatie AEOLUS 2018 en geactualiseerde luchtvaartprognoses. Den Haag ([link](#)).
- Uitbeijerse, G., Schuur, J. , Hilbers, H. & Geilenkirchen, G., 2019. Parijsakkoord en Luchtvaart, 23 mei 2019. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving ([link](#)).

## Bijlage 3E

### Berekeningen van verkeersveiligheidseffecten van niet-verkeersveiligheidsmaatregelen

De Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) heeft naast een aantal maatregelen specifiek gericht op verkeersveiligheid (P10-13 en P27-28) ook de verkeersveiligheidseffecten van een aantal andere mobiliteitsmaatregelen geanalyseerd. In dit deel van de bijlage geven we een kort overzicht van de werkwijze. De analyse heeft de bij SWOV gebruikelijke kwaliteitszorg doorlopen, bestaande uit een wetenschappelijke toets en een directietoets. Bij de analyse is uitgegaan van de volgende aannames:

#### 1) Vergelijkbaarheid basispad en laatste SWOV-verkenning 2030

De omvang en samenstelling van de mobiliteit in 2030 in het basispad dat in deze studie wordt gebruikt, is voldoende vergelijkbaar met de mobiliteit in het WLO-scenario Hoog van de laatste SWOV-verkenning (Weijermars et al. 2018). Voor de automobilititeit is een vertaling gemaakt naar *voertuigkilometers* door het aantal *reizigerskilometers* per personenauto's uit de SWOV-verkenning scenario Hoog te combineren met de fractie van de bestuurderskilometers uit het onderzoek Onderweg in Nederland (ODiN) van 2019. De SWOV-verkenning is namelijk gebaseerd op *reizigerskilometers* volgens het Onderzoek Verplaatsingsgedrag (OVG) en de opvolgers daarvan, en niet op basis van *voertuigkilometers* die in het basispad worden gebruikt.

#### 2) Mobiliteitseffect nu en in 2030

De tweede aanname is dat een mobiliteitseffect ten gevolge van een maatregel naar rato een effect heeft op het aantal slachtoffers in 2030 dat geassocieerd is met die mobiliteitsverandering (zie hierna).

#### 3) Betrokkenheid van een vervoerwijze in ongevallen

De derde aanname is dat we het effect op het aantal slachtoffers als gevolg van een relatieve mobiliteitsverandering als hiervoor genoemd bepalen aan de hand van het aantal slachtoffers in ongevallen waar de betreffende vervoerwijze bij betrokken is geweest (op basis van BRON 2014-2018). In de analyses betreft dit overigens uitsluitend een personenauto. Vermoedelijk is dit cijfer voor de ernstig verkeersgewonden (EVG) te laag.

#### 4) Fietsverkeer als substituut voor 'langzaam verkeer'

De vierde aanname is dat we, waar van toepassing, fietsverkeer beschouwen als representatief voor langzaam verkeer. Dit hebben we aangenomen, omdat we verwachten dat deze vervoerwijze van het langzaam verkeer ook in 2030 verreweg het grootste aandeel zal hebben in het langzaam verkeer. We verwachten daarnaast dat de maatregelen in veel grotere mate de hoeveelheid fietsverkeer dan de hoeveelheid ander langzaam verkeer zullen beïnvloeden.



## 5) Mobiliteitsveranderingen in het openbaar vervoer hebben geen effect op de verkeersveiligheid

De vijfde aanname is dat de effecten van mobiliteitsveranderingen in het openbaar vervoer op slachtoferaantallen verwaarloosbaar zijn. Het verkeersveiligheidsrisico van het openbaar vervoer is heel laag vergeleken met andere vervoerwijzen.

## 6) Autoverplaatsingen en bestelautoverplaatsingen zijn samengenomen

Als zesde is, waar van toepassing, het aantal bestelautokilometers opgeteld bij het aantal personenautokilometers ten behoeve van de effectberekningen.

### Aanpak

In het geval van een effect op de mobiliteit in termen van voertuigkilometers:

- is het relatieve effect op de mobiliteit bepaald door het verwachte mobiliteitseffect te delen door de mobiliteitsuitkomsten uit het Landelijk Model Systeem (LMS) volgens het basispad.
- is dit getal vermenigvuldigd met het aantal slachtoffers volgens de SWOV-verkenning 2030 en de ophoogfactor voor betrokkenheid van de betreffende vervoerwijze bij ongevallen volgens BRON. Deze ophoogfactor is voor langzaam verkeer aan 1 gelijkgesteld. Hiermee wordt het effect op het aantal slachtoffers bepaald.

Daarnaast hanteren we ‘drempelwaarden’. Er is een minimale mobiliteitswijziging nodig om tot een ‘merkbare’ verandering in de verkeersveiligheid te komen. Daarbij houden we rekening met onzekerheden van effectschattingen. Merkbare veranderingen zijn geoperationaliseerd als een verschil van minimaal 10 doden en 100 ernstig gewonden ten opzichte van de verwachtingswaarde voor 2030 van WLO-scenario Hoog uit de SWOV-verkenning (Weijermars et al. 2018).

In het basispad is uitgegaan van de 100 km/uur-maatregel overdag op autosnelwegen in 2030. Hiervoor heeft de SWOV eerder becijferd dat deze maatregel ongeveer 10 verkeersdoden in 2030 zou kunnen voorkomen. Er is geen effect op ernstig verkeersgewonden berekend. Op basis van Elvik (2009) en de SWOV-verkenning zou het aantal ernstig verkeersgewonden met ruim 100 per jaar kunnen dalen door de snelheidsverlaging, ten opzichte van de situatie wat betreft maximumsnelheden voor maart 2020. Deze berekening is in de effectschattingen verdisconteerd door de schatting van doden door een ongeval met betrokkenheid van een auto uit de SWOV-verkenning met 10 te verminderen, en vervolgens de effectschattingen uit te voeren zoals hiervoor beschreven. Het effect op ernstig verkeersgewonden is niet gekwantificeerd.

### Literatuur

Elvik, R., 2009, The Power Model of the relationship between speed and road safety. Update and new analyses. Oslo: Institute of Transport Economics.

Weijermars, W.A.M., van Schagen, I.N.L.G. & Aarts, L. 2018. Verkeersveiligheidsverkenning 2030; Slachtofferprognoses en beschouwing SPV. R-2018-17. Den Haag: SWOV.

