



Klimaatbeleid voor mobiliteit op de kaart



CE Delft

Committed to the Environment

Klimaatbeleid voor mobiliteit op de kaart

Dit rapport is geschreven door:

Anco Hoen

Harold Meerwaldt

Delft, CE Delft, februari 2017

Publicatienummer: 17.4J56.23

Klimaatverandering / Overheidsbeleid / Mobiliteit / Emissies / Maatregelen

Opdrachtgever: Natuur en Milieu, Greenpeace en Milieudefensie.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Anco Hoen.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

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



Inhoud

| | | |
|----------|---|-----------|
| | Samenvatting | 3 |
| 1 | Inleiding | 5 |
| 1.1 | Achtergrond | 5 |
| 1.2 | Doel van de studie | 5 |
| 1.3 | Leeswijzer | 5 |
| 2 | CO₂-uitstoot van de sector verkeer | 6 |
| 2.1 | Inleiding | 6 |
| 2.2 | De CO ₂ -uitstoot van de sector mobiliteit volgens gangbare definities | 6 |
| 2.3 | De daadwerkelijke CO ₂ -uitstoot van de sector mobiliteit | 8 |
| 2.4 | Résumé | 12 |
| 3 | Klimaatdoelen en CO₂-budget | 16 |
| 3.1 | Inleiding | 16 |
| 3.2 | Van mondiaal naar nationaal budget voor de sector mobiliteit | 16 |
| 3.3 | Hoe lang kunnen we toe met het CO ₂ -budget voor mobiliteit? | 17 |
| 3.4 | Gevolgen voor huidige CO ₂ -doelstellingen mobiliteit | 20 |
| 4 | Beleidsopties | 24 |
| 4.1 | De opgave | 24 |
| 4.2 | Oplossingsrichtingen | 24 |
| 4.3 | Effect van enkele ‘maatregelpakketten’ | 26 |
| 4.4 | Bijdrage van afzonderlijke maatregelen aan emissiereductie | 35 |
| 4.5 | Resume scenario’s | 36 |
| 5 | Bibliografie | 37 |



Samenvatting

In Parijs spraken regeringsleiders af dat de temperatuurstijging op lange termijn ruim onder de 2 graden moet blijven en dat gestreefd wordt naar een maximale opwarming met 1,5 graad. Dat is een ambitieuzer doel dan de maximaal 2 gradenopwarming die voor Parijs gold.

In deze studie verkennen we wat deze aanscherping betekent voor de klimaatopgave voor de sector mobiliteit in Nederland. We berekenen daarvoor het resterende CO₂-budget voor de sector mobiliteit.

Voor deze berekeningen worden ook de CO₂-emissies van de lucht- en zeevaart meegenomen. Deze worden doorgaans niet aan Nederland toegerekend en dus ook niet aan de sector mobiliteit. De doelstellingen uit het Energieakkoord en de voorspellingen over de CO₂-uitstoot in de Nationale Energieverkenning bijvoorbeeld laten lucht- en zeevaart buiten beschouwing. Eveneens nemen we in de berekeningen de CO₂-uitstoot bij de productie van biobrandstoffen mee.

Ook dit wordt doorgaans niet gedaan. Tot slot nemen we in deze studie alleen klimaatbeleid mee waarover al is besloten.

CO₂-emissie sector mobiliteit verdubbelt als lucht- en zeevaart mee worden genomen

Dit rapport laat zien dat wanneer we lucht- en zeevaart meetellen de CO₂-uitstoot van de sector mobiliteit grofweg verdubbelt. Het meenemen van de CO₂-uitstoot van biobrandstoffen leidt tot een toename van het sector-totaal met ruim 5%. Het aandeel van de mobiliteitssector in de totale CO₂-uitstoot in Nederland bedraagt dan 27% in plaats van 18% in 2015 en dit loopt op naar 36% in 2030 en 46% in 2050.

Opgave CO₂-reductie ruim 2 x keer zo groot bij 1,5 graden

Om de opwarming van de aarde te beperken tot 2 of 1,5 graden kunnen we nog een vaste hoeveelheid CO₂ uitstoten, het zogenaamde CO₂-budget. We gebruiken deze methode omdat het klimaatteffect niet zozeer afhangt van de behaalde reductie in 2050, maar vooral van de hoeveelheid broeikasgas die in de tussenliggende periode wordt uitgestoten. Het CO₂-budget dat resteert voor de sector mobiliteit bij een maximale temperatuurstijging van 1,5 graden is ruim twee keer zo klein als bij het 2 gradendoel.

Zonder aanvullend beleid is het CO₂-budget toereikend tot circa 2036 bij een doelstelling van 2 graden en 2024 voor de 1,5 gradendoelstelling. Figuur 1 illustreert de ontwikkeling van de CO₂-uitstoot van de sector mobiliteit en laat zien wanneer het budget daarbij op raakt.

Beleidsscenario's

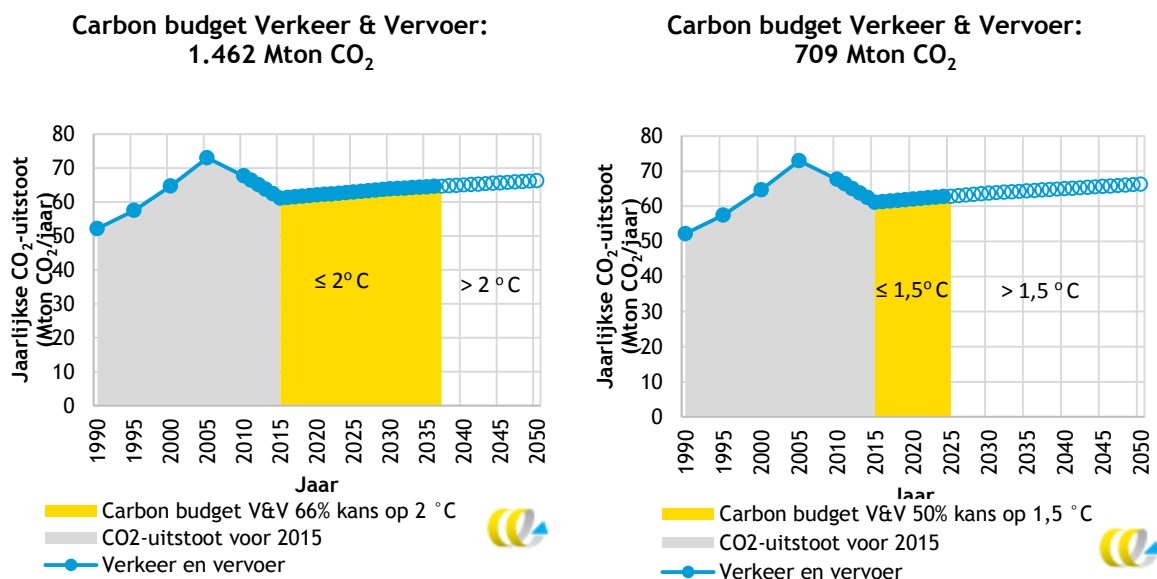
We hebben in de studie een aantal beleidsscenario's doorgerekend om te bekijken met welke maatregelen we de klimaatdoelen kunnen behalen. Daarbij is gekeken naar duurzame brandstoffen en efficiëntere voertuigen, minder kilometers en een verschuiving naar efficiëntere modaliteiten.

Hieruit volgt dat nieuwe personenauto's en bestelauto's rond 2025, en nieuwe vrachtwagens niet later dan 2035 volledig CO₂-emissievrij moeten zijn om het 2 gradendoel te kunnen halen. Voor bestelauto's zal dit moeilijker zijn dan voor personenauto's omdat de normstelling voor bestelauto's achterloopt op



die van personenauto's. Er is tot 25% reductie van het volume nodig bij het wegverkeer indien de CO₂-uitstoot bij lucht- en zeevaart vanaf circa 2025 niet snel gaat afnemen. Dit volumebeleid dient te bestaan uit een combinatie van een kilometerheffing, verlaging van de maximumsnelheid en modal shiftbeleid waardoor meer gebruik wordt gemaakt van de (elektrische) fiets en het OV. Ook ruimtelijk beleid waarbij woon- en werklocaties op voor de fiets en openbaar vervoer goed bereikbare pekken worden gerealiseerd kan hierop een positieve invloed hebben.

Figuur 1 Resterende tijd tot dat CO₂-budget van de sector mobiliteit op is bij 2 graden (links) en 1,5 graad (rechts)



Om het 1,5 gradendoel te kunnen halen moeten alle nieuwe personen- en bestelauto's en vrachtwagens vanaf volgend jaar (2018) volledig CO₂-emissievrij zijn. Daarnaast moet vanaf 2020 de lucht- en zeevaart 2% per jaar minder gaan uitstoten door zuiniger vlieg- en vaartuigen of volumereductie (door bijvoorbeeld prijsbeleid in de vorm van een emissiehandelssysteem, ticketheffingen en accijns op kerosine en scheepsbrandstoffen). Verder moet in 2035 45% van de resterende energievraag van de lucht- en zeevaart bestaan uit duurzame (bio)brandstoffen. Of er voldoende van deze duurzame (bio) brandstoffen geproduceerd zullen kunnen worden is zeer onzeker. Een deel hiervan kan mogelijk worden ingenomen door waterstof. Tot slot is er in dit scenario beleid nodig dat is gericht op gedragsverandering, waardoor er op de weg in totaal in 2017 circa 25% minder kilometers worden afgelegd, zoals bijv. een kilometerheffing.

Implicaties voor het huidige klimaatbeleid

Bovenstaande illustreert dat het streven naar 1,5 graden een zeer forse versnelling van de CO₂-reductie vereist. Maar ook het 2 gradendoel vereist veel extra beleid. Voor beide doelstellingen geldt dat een snelle vermindering van de CO₂-uitstoot ervoor zorgt dat we langer met het resterende CO₂-budget toekunnen. Tegelijkertijd zien we dat de CO₂-doelstellingen voor mobiliteit uit het Energieakkoord voor 2030 en 2050 niet streng genoeg zijn om deze snelle CO₂-reductie te realiseren.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Dit rapport gaat over de klimaatopgave voor de sector mobiliteit die volgt uit het klimaatakkoord dat vorig jaar in Parijs is gesloten. In dat akkoord staat dat de temperatuurstijging op lange termijn ruim onder de 2 graden moet blijven en dat gestreefd zou moeten worden naar een maximale opwarming met 1,5 graad. Dat is een ambitieuzer doel dan de maximaal 2 gradenopwarming die voor Parijs gold.

1.2 Doel van de studie

We verkennen in deze studie wat deze ambitieuzere doelstelling betekent voor de opgave voor de sector mobiliteit in Nederland. Om deze vraag te beantwoorden moeten we eerst nagaan wat de sector bijdraagt aan de totale CO₂-uitstoot. In de beleids- en onderzoekswereld wordt een vaste definitie gebruikt voor de verschillende transportvormen die tot de sector worden gerekend (denk bijvoorbeeld aan het Energieakkoord en de Nationale Energieverkenning). In deze definitie blijft echter een belangrijk deel van de CO₂-uitstoot buiten beschouwing. De lucht- en zeescheepvaart tellen bijvoorbeeld niet mee terwijl dat overduidelijk vormen van mobiliteit zijn en hun aandeel in de totale uitstoot van verkeer fors is en hard groeit. Verder wordt de CO₂-uitstoot die het gevolg is van het gebruik van biobrandstoffen niet aan de mobiliteitssector toegekend.

1.3 Leeswijzer

De eerste stap in deze studie is om de daadwerkelijke CO₂-uitstoot van de mobiliteitssector in beeld te brengen. In Hoofdstuk 2 kijken we daarvoor naar de ontwikkeling sinds 1990 tot nu, maar ook naar de verwachte ontwikkeling tot 2050.

Nadat duidelijk is wat de daadwerkelijke CO₂-uitstoot van de sector is gaan we in Hoofdstuk 3 in op de opgave waar de sector mobiliteit voor staat om het Parijsdoel te kunnen realiseren. We doen dat aan de hand van zogenaamde CO₂-budgetten: hoeveel CO₂ mag de sector mobiliteit nog uitstoten om niet boven de 2 of 1,5 graad opwarming uit te komen? En hoeveel jaar kunnen we dan doorgaan met de huidige CO₂-uitstoot? We beantwoorden hierbij ook de vraag of de huidige CO₂-doelen voor de sector mobiliteit toereikend zijn of zouden moeten worden aangescherpt. In Hoofdstuk 4 bekijken we tenslotte op hoofdlijnen welke maatregelen nodig zijn om het Parijsdoel te realiseren.



2 CO₂-uitstoot van de sector verkeer

2.1 Inleiding

We beginnen dit hoofdstuk met een overzicht van de CO₂-emissie van de sector mobiliteit en die van andere sectoren volgens de gangbare definities. Met gangbare definities bedoelen we hier de administratieve indeling die beleidsmakers en onderzoekers gebruiken voor internationale rapportages over CO₂-uitstoot. Het is deze, zogenaamde IPCC-indeling waarop de nationale CO₂-doelstellingen voor mobiliteit en de andere sectoren zijn gebaseerd. In de Nationale Energieverkenning (NEV) van ECN en PBL wordt deze indeling ook gehanteerd (ECN, 2016).

Vervolgens werken we in Paragraaf 2.3 een alternatief sectortotaal uit waarbij we onder andere lucht- en zeevaart en de uitstoot van biobrandstoffen meenemen.

2.2 De CO₂-uitstoot van de sector mobiliteit volgens gangbare definities

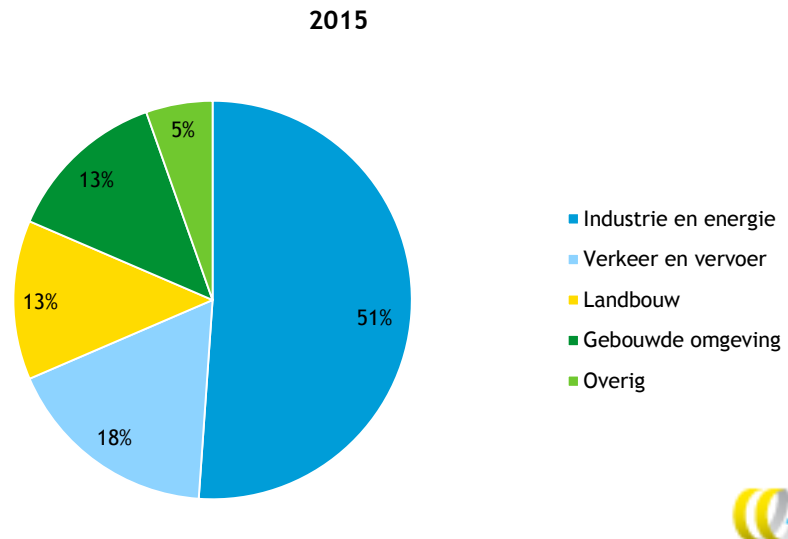
Aandeel mobiliteit in totale CO₂-uitstoot

Volgens de NEV 2016 stootten alle sectoren in Nederland in 2015 gezamenlijk circa 198 Mton CO₂ uit (ECN, 2016)¹. In Figuur 2 zien we hoe de uitstoot over de sectoren is verdeeld. De industrie- en energiesector zijn verreweg het grootst met de helft van de CO₂-emissie. Volgens de gangbare rekenmethode zoals gebruikt in de NEV nam de sector mobiliteit in 2015 bijna 20% van de totale Nederlandse CO₂-uitstoot voor zijn rekening.

¹ We gaan hier uit van CO₂-equivalenten. Dat houdt in dat ook de uitstoot van de broeikasgassen CH₄ (methaan en N₂O (lachgas)) worden meegenomen, maar uitgedrukt in CO₂-uitstoot.



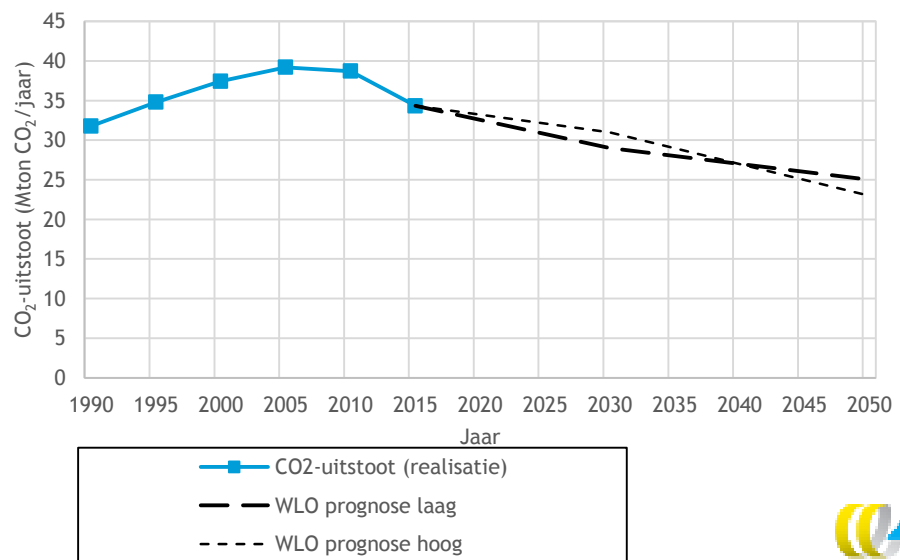
Figuur 2 Aandeel per sector in de totale CO₂-uitstoot in Nederland



Ontwikkeling CO₂-uitstoot sector mobiliteit

De CO₂-emissie verandert jaar op jaar. In Figuur 3 laten we zien hoe de CO₂-uitstoot van de sector mobiliteit zich volgens de gangbare rekenmethode zoals gebruikt in de NEV tussen 1990 en 2015 heeft ontwikkeld en hoe dat naar verwachting na 2015 verder zal gaan². Hierin is te zien dat de CO₂-uitstoot na 2015 gestaag zal dalen tot circa 30 Mton in 2030 en 24 Mton in 2050.

Figuur 3 Ontwikkeling van de CO₂-uitstoot van de sector mobiliteit (exclusief lucht- en zeevaart) in de periode 1990 t/m 2050



² De prognoses voor na 2015 zijn gebaseerd op de langetermijnsenario's van het CPB en PBL, de Welvaart en Leefomgeving 2015 (CPB en PBL, 2015).

2.3 De daadwerkelijke CO₂-uitstoot van de sector mobiliteit

Bij de CO₂-uitstoot van de sector mobiliteit zoals we die in Paragraaf 2.2 lieten zien zijn drie kanttekeningen te maken:

1. In de WLO-toekomstscenario's zit na 2015 aanvullend CO₂-beleid waarover nog niet is besloten.
2. Voor de biobrandstoffen die door de sector mobiliteit worden gebruikt wordt gerekend met nulmissies.
3. De CO₂-uitstoot door lucht- en scheepvaart zijn niet meegenomen.

Bovenstaande punten hebben zoals we zullen zien aanzienlijke gevolgen voor de omvang van de CO₂-uitstoot door de sector. In de volgende paragrafen lichten we deze drie kanttekeningen één voor één verder toe en laten we zien hoe de CO₂-uitstoot van de sector mobiliteit er uitziet als we er voor corrigeren.

Nieuw beleid na 2015

De prognoses voor 2030 en 2050 uit Figuur 2 zijn afkomstig uit de Welvaart en Leefomgeving 2015 (CPB; PBL, 2015a). In deze toekomstscenario's zit aanvullend beleid waarover nog niet besloten is. Om aan te geven hoe groot de uitdaging is om aan de Parijsdoelstelling te kunnen voldoen nemen we in deze studie alleen het vastgestelde beleid mee. Dat wil niet zeggen dat we het onwaarschijnlijk achten dat er de komende jaren geen aanvullend klimaatbeleid komt. Met deze aanpak voorkomen we echter het risico dat de CO₂-emissie toch hoger uitvalt dan verwacht omdat het voorgenomen beleid later of in het geheel niet wordt ingevoerd.

De beleidsaanscherpingen die in de WLO zijn meegenomen verschillen voor het laag en het hoog scenario, zie Tabel 1³.

Tabel 1 Aanscherpingen CO₂-beleid voor de sector mobiliteit in de WLO

| | Vastgesteld beleid | WLO laag | WLO hoog |
|---|--------------------|------------------|----------------------|
| Aanscherping CO ₂ -norm personenauto's | 95 g/km vanaf 2021 | 70 g/km na 2030 | 55 g/km na 2030 |
| Aanscherping CO ₂ -norm bestelauto's | 147 g/km in 2020 | 108 g/km na 2020 | 85 g/km na 2030 |
| Zuiniger vrachtautomotoren | Geen beleid | Geen beleid | 15% zuiniger in 2050 |
| Biobrandstoffen | 10% bijmenging | 10% bijmenging | 20% bijmenging |

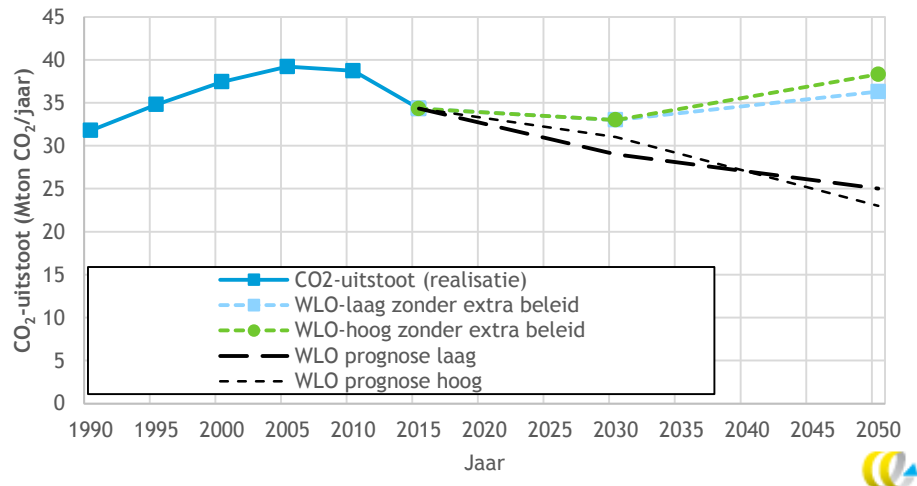
Bron: CPB en PBL (2015).

³ Ondanks de verschillen in beleid tussen WLO laag en WLO hoog is het verschil in de CO₂-emissie in 2050 klein (23 Mton vs. 25 Mton). Dit heeft te maken met het feit dat ook economische groei en de ontwikkeling van brandstofprijzen in beide scenario's verschillen.



We kunnen bij benadering bepalen hoe hoog de CO₂-uitstoot in 2030 en 2050 zou worden als de aanscherpingen in beleid niet zouden zijn meegenomen⁴. Dit is weergegeven in Figuur 4. Uit deze figuur blijkt dat de CO₂-uitstoot in 2050 circa anderhalf keer zo hoog is als volgens de scenario's uit de Welvaart en Leefomgeving (WLO) (CPB; PBL, 2015a). In 2030 is het verschil veel kleiner en is de uitstoot zonder het extra beleid 6 tot 14% hoger.

Figuur 4 CO₂-uitstoot sector mobiliteit exclusief aanscherping van beleid en exclusief lucht- en zeevaart



Biobrandstoffen

Aan benzine en diesel wordt in Nederland een klein percentage biobrandstoffen toegevoegd. Deze biobrandstoffen bestaan uit koolwaterstoffen die net als fossiele brandstoffen bij verbranding leiden tot CO₂-uitstoot. Echter, de CO₂-uitstoot door het gebruik van biobrandstoffen telt formeel niet mee met de totale CO₂-uitstoot van de sector mobiliteit⁵. Over de gehele keten van productie tot gebruik van biobrandstoffen komen echter wel degelijk CO₂-emissies vrij. Wanneer die wel zou worden meegerekend dan zou de aan de sector mobiliteit toegerekende uitstoot ook iets hoger zijn dan volgens de gangbare definities⁶. Dit is weergegeven in Figuur 5. We geven het verschil

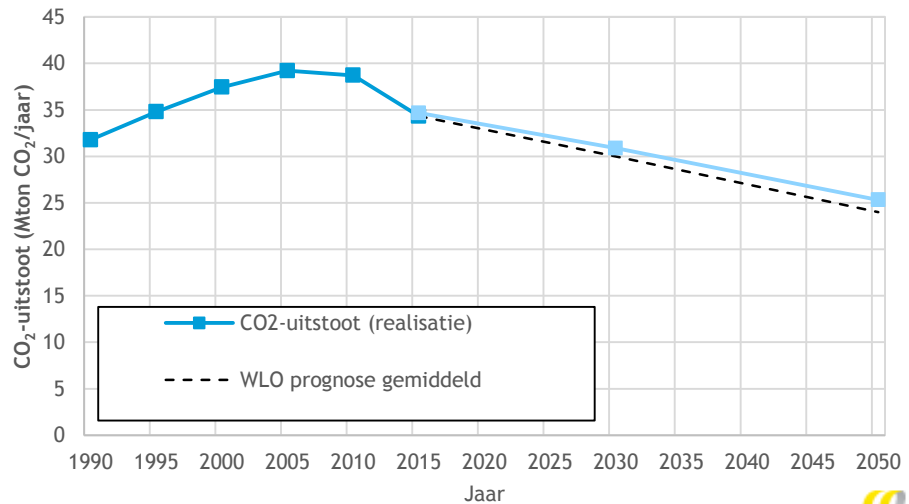
⁴ We doen dat door voor het jaar 2030 uit te gaan van de CO₂-emissie bij vastgesteld beleid uit de NEV 2016. Na 2030 nemen we de volumegroei uit de WLO voor de periode 2030 t/m 2050 als maat voor de groei van de CO₂-emissie. Er is daarbij wel onderscheid gemaakt tussen de volumegroei bij personenauto's en vrachtverkeer.

⁵ Biobrandstoffen tellen met het oog op de nationale beleidsdoelstellingen als een nulmissie brandstof voor de sector mobiliteit omdat de CO₂-emissie ervan aan andere sectoren wordt toegekend (met name de landbouwsector) en tevens aan het land waar de biobrandstof wordt geproduceerd.

⁶ Voor de berekening van de CO₂-emissie door brandstoffen zijn de emissiefactoren voor de FQD-richtlijn gebruikt voor bio-ethanol en biodiesel zoals gerapporteerd in NEa (2016): Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2015 Naleving verplichtingen hernieuwbare energie vervoer en brandstoffen luchtverontreiniging. Deze hebben we opgehoogd met de uitstoot die het gevolg is van de verandering van landgebruik (ILUC-emissies). We baseren ons hierbij op meerdere bronnen: (CE Delft, 2017); (Ecofys, et al., 2016); (TNO, CE Delft en ECN (2014). Het Ecofys-rapport betreft het zogenaamde Globiom-rapport. In deze studie wordt aangetoond dat voor Europa gemiddeld genomen de CO₂-uitstoot van de gebruikte biobrandstoffen hoger is dan die van fossiele benzine en diesel. Met name biobrandstof uit palmolie zorgt voor hoge CO₂-uitstoot. In Nederland wordt nu relatief weinig palmolie ingezet (mede als gevolg van de zogenaamde 'dubbeltellingsregeling') (NEa, 2016). Als dit wijzigt in de toekomst zal ook de gecorrigeerde CO₂-uitstoot in Figuur 4 hoger worden.

weer ten opzichte van het gemiddelde van de scenario's WLO hoog en WLO laag omdat het verschil tussen beide scenario's niet zo groot is en de figuur anders bovendien slecht leesbaar zou worden.

Figuur 5 Toename van CO₂-uitstoot sector mobiliteit indien de CO₂-uitstoot van biobrandstoffen wordt meegeteld (figuur is exclusief CO₂-uitstoot van lucht- en zeevaart)



De correctie als gevolg van het meenemen van de CO₂-uitstoot van biobrandstoffen is niet heel groot omdat er op dit moment nog relatief weinig biobrandstoffen worden bijgemengd (circa 3% van het totale energiegebruik van de sector bestaat uit biobrandstoffen (ECN, 2016). Vanaf 2020 bedraagt dit aandeel circa 7% en neemt volgens het vastgestelde beleid niet verder toe. Dit zien we ook zo terug in Figuur 5.

Lucht- en scheepvaart

De luchtvaart en scheepvaart zijn ontegenzeggelijk vormen van mobiliteit. Het gaat hierbij om mobiliteit die voor verreweg het grootste deel een internationaal karakter heeft en buiten het Nederlandse grondgebied plaats vindt. Volgens de regels die gelden voor de internationaal verplichte rapportages over de CO₂-uitstoot, vallen de emissies van internationale lucht- en scheepvaart onder een aparte categorie en niet onder de sector mobiliteit. Het argument daarvoor is dat het ingewikkeld en enigszins subjectief is om te bepalen welk land verantwoordelijk moet worden gesteld voor de CO₂-uitstoot van een internationale reis: het land van herkomst, het land van bestemming, de vlag waaronder het transport plaatsvindt, het land waar de onderneming is gevestigd die het transport uitvoert (de luchtvaartmaatschappij of scheepseigenaar) of bijvoorbeeld degene die er het meeste baat bij heeft? Tot op heden zijn landen het er niet over eens hoe deze toedeling het eerlijkst zou kunnen plaatsvinden. Het directe gevolg van het ontbreken van dit 'probleem-eigenaarschap' is dat er niet of nauwelijks beleid wordt ontwikkeld om de CO₂-uitstoot van lucht- en zeevaart te reduceren.

Voor het doel van deze studie gaan we even voorbij aan de bestuurlijke en politieke complicaties. We hanteren een toedeling waarbij we 50% van al het internationale verkeer van en naar Nederlandse (lucht)havens aan Nederland

toekennen⁷. Als bron voor de CO₂-uitstoot van de lucht- en scheepvaart gebruiken we CE Delft en VU (2014).

Hierin is op basis van de genoemde toedeling voor het jaar 2010 een CO₂-uitstoot van 8,7 Mton CO₂ voor de luchtvaart en 11,3 Mton voor de zeevaart berekend.

Voor de luchtvaart moet nog een aanvullende correctie worden gedaan: op grote hoogte is het klimaateffect van luchtvaart hoger door de uitstoot van luchtvervuilende stoffen en wolkenvorming. Het totale effect is grofweg tweemaal zo groot als dat van de CO₂-emissie (CE Delft, 2014b). De totale uitstoot van de lucht- en scheepvaart bedraagt dan bijna 29 Mton CO₂-equivalenten in 2010.

Het aantal vliegkilometers van en naar Nederland zal in 2050 circa 2 tot 2,5 keer zo groot zijn als in 2013. De zeevaart groeit tussen 2013 en 2050 naar verwachting met 20 tot 70% (CPB ; PBL, 2015b). De totale CO₂-emissie van lucht- en scheepvaart zou daarmee in 2050 uitkomen op circa 56 Mton. Als we nu de CO₂-emissie van 50% van al het internationale verkeer van en naar Nederlandse (lucht)havens aan de Nederlandse mobiliteitssector toerekenen dan is de CO₂-emissie in 2050 circa 52 Mton, grofweg tweemaal zo groot als wanneer lucht- en zeevaart buiten beschouwing worden gelaten. In Figuur 6 is dat weergegeven.

We moeten hierbij opmerken dat hierbij rekening is gehouden met de verwachting dat zowel de luchtvaart en de zeescheepvaart uit zichzelf zuiniger zullen worden, omdat brandstofkosten voor deze modaliteiten een belangrijke kostenpost zijn. Deze efficiencywinst kan bij de luchtvaart 30 tot 37% bedragen tussen 2013 en 2050⁸. Bij de scheepvaart is efficiencywinst van 25 tot 38% mogelijk in dezelfde periode⁹. Mocht deze efficiencywinst niet optreden dan wordt de CO₂ van de sector mobiliteit in 2050 hoger en komt uit op circa 66 Mton. Ook dit is weergegeven in Figuur 6.

Figuur 6 vertoont een knik rond 2015 in de curve inclusief lucht- en zeevaart. Tussen 2005 en 2015 daalt de CO₂-uitstoot om daarna weer te gaan stijgen. Dit lijkt op het eerste gezicht onlogisch. Dit effect wordt in belangrijke mate verklaard door de economische crisis waardoor er veel minder vlieg- en scheepvaartbewegingen waren in deze periode. Daar komt bij dat de CO₂-normen voor personen- en bestelauto's hebben geleid tot een daling van de uitstoot van het wegverkeer. Dit werkt ook door in de curve inclusief lucht- en zeevaart. De WLO-scenario's veronderstellen dat er economisch herstel optreedt na 2015 en dat lucht- en zeevaart onder invloed daarvan weer flink gaan groeien.

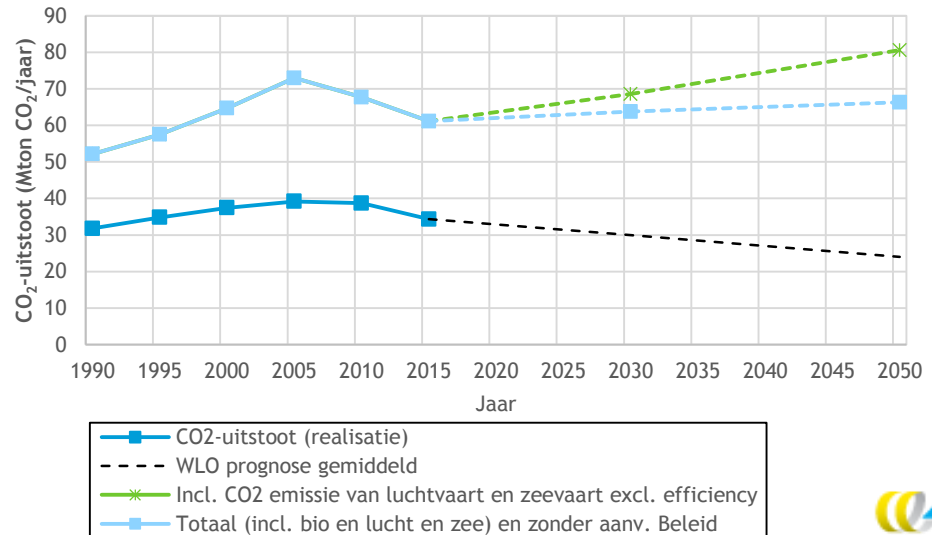
⁷ Dit is dezelfde methode die is gebruikt in de studie 'Externe en infrastructuurkosten van verkeer' (CE Delft en VU, 2014).

⁸ Deze efficiencywinst is verondersteld in de WLO (CPB en PBL, 2015). We nemen deze efficiencywinst over omdat de historische efficiencywinst van vliegtuigen vergelijkbaar is (ICCT, 2015).

⁹ Deze efficiencywinst bij schepen is afkomstig uit de WLO (CPB en PBL, 2015). Anders dan bij luchtvaart is bij zeeschepen minder bekend over de historische ontwikkeling van het brandstofverbruik. Een studie van T&E stelt dat zeeschepen tussen 1980 en 2013 nauwelijks zuiniger zijn geworden. Niet duidelijk is of hierbij ook rekening is gehouden met schaalvergroting. We gaan er in deze studie daarom toch van uit dat de veronderstelde efficiencywinst van 25 tot 38% bereikt zullen worden.



Figuur 6 CO₂ sectortotaal mobiliteit indien lucht- en zeevaart ook meetellen

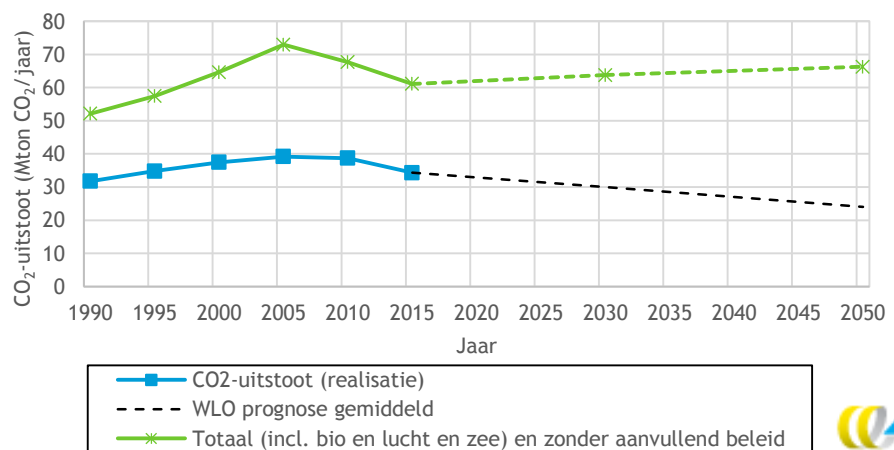


2.4 Résumé

We hebben in dit hoofdstuk laten zien dat de totale CO₂-uitstoot van mobiliteit volgens gangbare definities een aantal zaken buiten beschouwing laat. Zo wordt de CO₂-uitstoot van biobrandstoffen niet meegeteld, blijft de CO₂-uitstoot van de lucht- en zeevaart buiten beschouwing, is verondersteld dat er na 2020 extra CO₂-beleid komt en dat vliegtuigen en schepen in de toekomst uit zichzelf flink zuiniger worden.

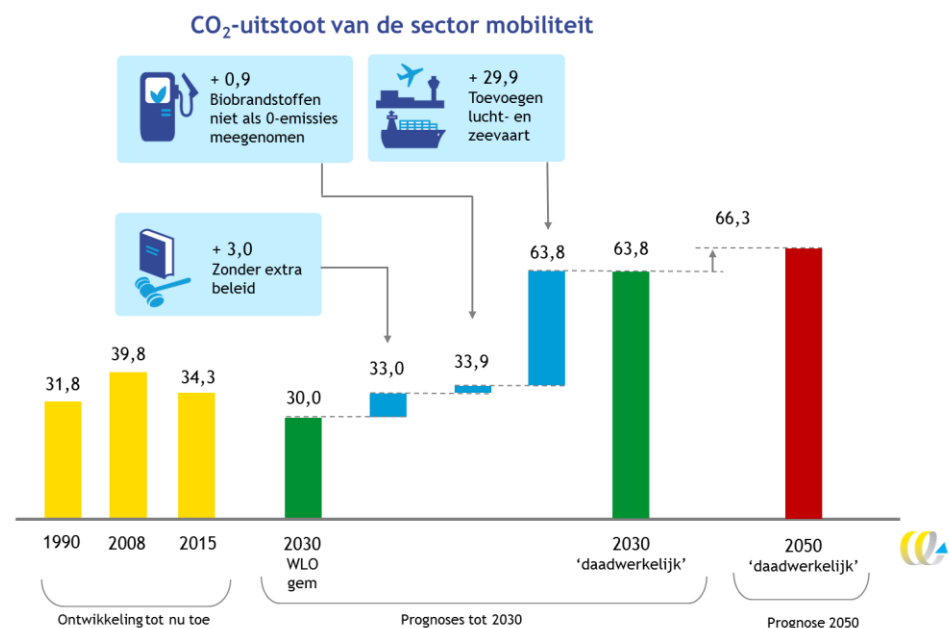
We kunnen al deze correcties in Figuur 7 weergeven en zo een indicatie geven van de ontwikkeling van de daadwerkelijke uitstoot van de sector mobiliteit (zie Figuur 8). Hieruit blijkt duidelijk dat de CO₂-uitstoot beduidend hoger ligt dan in de WLO-scenario's. Bovendien is de trend niet dalend maar licht stijgend. Deze stijging komt vooral door de groei van het wegverkeer.

Figuur 7 Ontwikkeling van de CO₂-uitstoot sector verkeer tussen 1990 en 2050 volgens WLO gemiddeld en gecorrigeerd



We kunnen de correcties die we hebben doorgevoerd ook nog op een andere manier weergeven, zie Figuur 8. Hierin blijkt dat we met het corrigeren voor extra beleid uit de WLO en het toevoegen van de uitstoot van biobrandstoffen en de sloop- en luchtvaart uitkomen op een uitstoot van 63,8 Mton in 2030. In 2050 is de uitstoot van de sector 66,3 Mton CO₂. We gaan er hierbij van uit dat de efficiencywinst bij lucht- en zeevaart uit de WLO realistisch is. Indien die efficiencywinst echter niet zou optreden dan zou de CO₂-uitstoot in 2030 en 2050 uitkomen op respectievelijk 68,8 en 80,6 Mton CO₂. De figuur maakt duidelijk dat verreweg het grootste deel van het verschil tussen de WLO en de gecorrigeerde inschatting wordt veroorzaakt door het meenemen van lucht- en zeevaart.

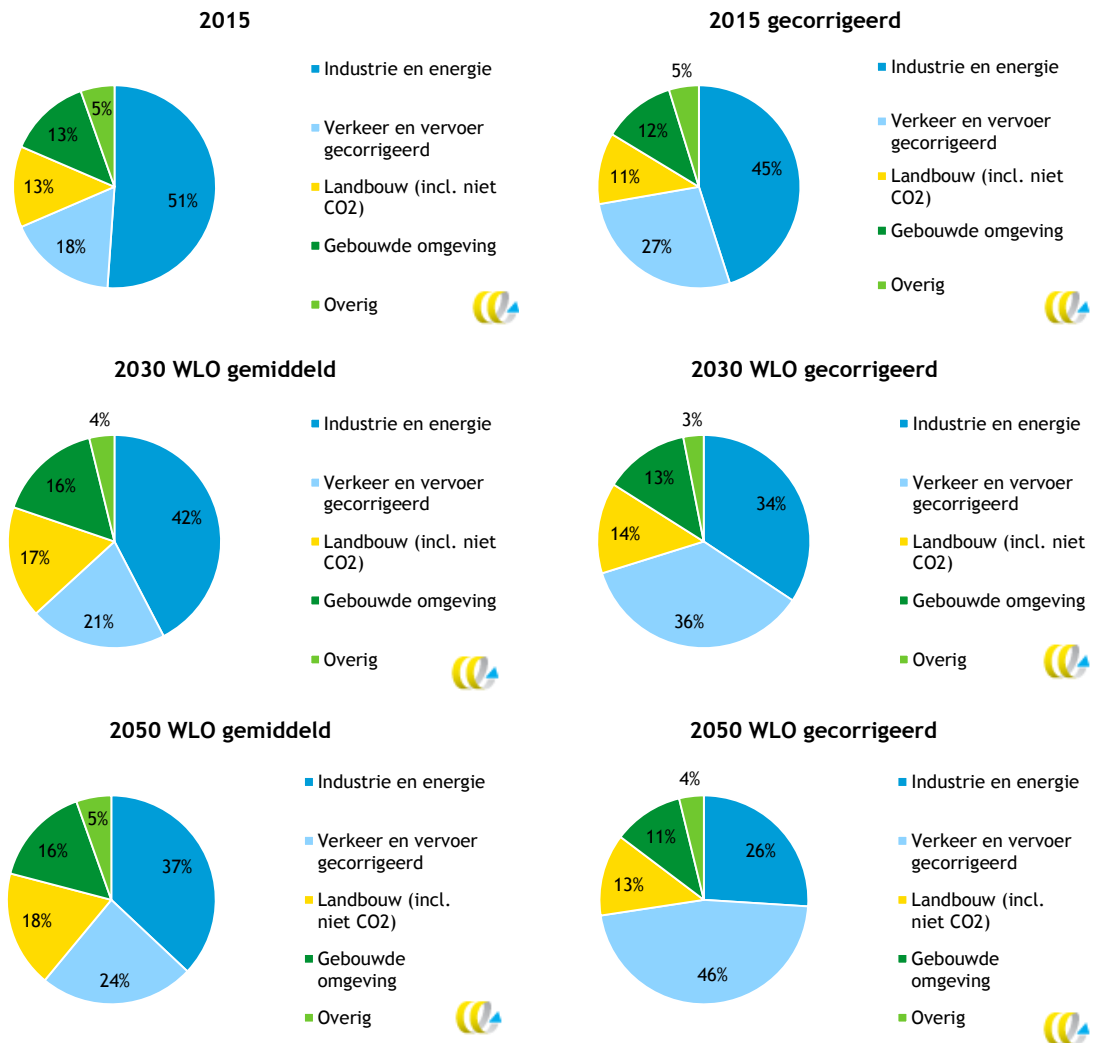
Figuur 8 Van beleidsmatige naar daadwerkelijke CO₂-emissie mobiliteit (uitstoot per jaar)



Wanneer we uitgaan van de daadwerkelijke uitstoot van de sector mobiliteit blijkt ook dat het aandeel van de sector veel groter is dan bleek uit Figuur 2 in Paragraaf 2.2. In Figuur 9 is de CO₂-uitstoot van alle sectoren in 2015, 2030 en 2050 weergegeven. Links staat driemaal de indeling volgens gangbare definities, en rechts de gecorrigeerde CO₂-uitstoot van de sector mobiliteit. Inclusief lucht- en sloopvaart en de uitstoot van biobrandstoffen neemt in 2030 de sector mobiliteit 36% van de CO₂-emissie voor zijn rekening. In 2050 loopt dat op naar 46%.

We moeten bij deze figuur wel opmerken dat voor de overige sectoren de CO₂-uitstoot uit de WLO wordt aangehouden. Voor deze sectoren is geen correctie uitgevoerd voor nieuw klimaatbeleid waar nog niet over is besloten. Deze correctie viel buiten de scope van deze studie. Als die correctie wel zou worden uitgevoerd zou de CO₂-emissie van de andere sectoren hoger worden en zou het aandeel van de sector mobiliteit in het totaal wat kleiner worden dan in Figuur 10 is weergegeven. Het effect van het uitsluiten van beleid waarover nog niet is besloten is op de totale correctie echter vrij gering (zie Figuur 9). Naar schatting zouden de hierboven genoemde percentages enkele procentpunten lager worden wanneer de beleidscorrectie ook voor de overige sectoren zou worden toegepast.

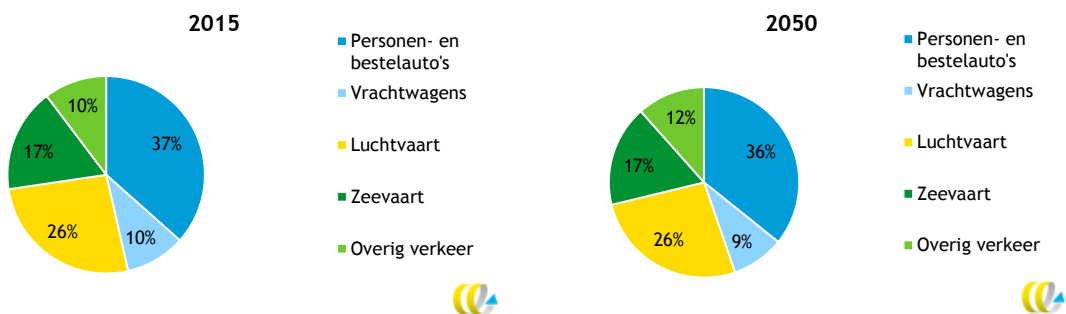
Figuur 9 Aandeel sector mobiliteit in totale nationale CO₂-uitstoot in 2015, 2030 en 2050. Gecorrigeerd betekent sector mobiliteit inclusief lucht- en scheepvaart en CO₂-uitstoot van biobrandstoffen. Gemiddeld houdt in dat het rekenkundig gemiddelde van WLO hoog en WLO laag is gebruikt.



In Figuur 10 tot slot laten we nog even zien hoe de CO₂-uitstoot binnen de sector mobiliteit is verdeeld over de verschillende modaliteiten. Het zijn met name luchtvaart en personen- en bestelauto's die het grootste deel van de CO₂-emissie voor hun rekening nemen. De aandelen verschillen nauwelijks tussen 2015 en 2050.



Figuur 10 Aandeel in CO₂-uitstoot in 2015 en 2050 voor enkele modaliteiten binnen mobiliteit



3 Klimaatdoelen en CO₂-budget

3.1 Inleiding

De uitstoot van CO₂ zorgt voor een versterkt broeikaseffect. Elk extra molecuul CO₂ dat door de verbranding van fossiele brandstoffen in de atmosfeer komt heeft een langdurig effect op de mondiale temperatuur. Met de temperatuurdoelstellingen van 2 graden en 1,5 graad uit het Parijse klimaatakkoord is het mogelijk het zogenoemde koolstofbudget vast te stellen: de hoeveelheid CO₂ die vanaf nu nog wereldwijd zou mogen worden uitgestoten om niet boven deze temperatuurstijging uit te komen (PBL, 2016b).

We laten in dit hoofdstuk zien hoe het mondiale koolstofbudget kan worden vertaald naar het beschikbare budget voor Nederland in het algemeen en vervolgens door vertaald naar de sector mobiliteit in Nederland. We gebruiken deze methode omdat het klimaateffect niet zozeer afhangt van de behaalde CO₂-reductie in 2050, maar vooral van de hoeveelheid broeikasgas die in de tussenliggende periode wordt uitgestoten. Vervolgens laten we zien hoe lang we nog met het CO₂-budget voor de sector toekunnen en wanneer het naar verwachting is opgebruikt.

Voor de 2 gradendoelstelling bepalen we het budget bij een kans dat het doel met 66% kans gehaald wordt. Voor de 1,5 graden doelstelling hanteren we een kans van 50% dat het doel gehaald wordt. Dit past het beste bij de ambitie die in Parijs is afgesproken te *streven* naar maximaal 1,5 graden opwarming.

3.2 Van mondiaal naar nationaal budget voor de sector mobiliteit

In Tabel 1 zijn de mondiale koolstofbudgetten weergegeven die behoren bij de twee klimaatdoelstellingen die sinds Parijs van kracht zijn geworden: de 2 graden- en de 1,5 graaddoelstelling. De huidige emissies zijn wereldwijd zo'n 36 Gigaton CO₂.

Een simpele rekensom leert dat indien de wereldwijde CO₂-emissie op het huidige niveau zou blijven we grofweg in 16 tot 34 jaar door het budget heen zijn voor het 2 gradendoel¹⁰. Bij het 1,5 gradendoel is de beschikbare tijd nog slechts 6 tot 12 jaar¹¹. Indien de CO₂-emissie blijft stijgen is de tijd korter, maar als door bijvoorbeeld nieuw beleid de CO₂-emissie gaat dalen duurt het langer voordat het koolstofbudget op is.

Tabel 2 Mondiale CO₂-budget (in Gigaton CO₂) behorend bij 1,5 graad en 2 graden

| | Vijftig procent kans op het halen van 1,5 °C | Twee derde kans op het halen van 2 °C |
|------------------------------------|---|--|
| CO ₂ -budget vanaf 2015 | 375-425 | 825 (575-1.225) |

Bron: PBL (2016a).

¹⁰ 575 Gton / 36 Gton per jaar = 16 jaar, en 1.225 Gton / 36 Gton per jaar is 34 jaar.

¹¹ Waarom de bandbreedtes in de CO₂ budgetten zo groot is wordt niet toegelicht in PBL (2016a) maar houdt vermoedelijk verband met de moeilijkheid om een verband tussen CO₂-uitstoot en mondiale opwarming op lange termijn te voorspellen.



In deze studie kijken we niet naar de mondiale CO₂-uitstoot maar naar die van de sector mobiliteit in Nederland. Het beschikbare budget voor alle sectoren in Nederland bij 2 graden hebben we ingeschat op 3.907 Mton en bij 1,5 graad op 1.894 Mton vanaf 2015¹¹.

We zien dus dat met het streven naar 1,5 graad met 50% kans in plaats van 2 graden met 66% kans het beschikbare budget ruim twee keer zo klein wordt. Een halve graad minder opwarming klinkt misschien als niet veel, maar het heeft grote verschillen op het klimaat, neerslagpatronen en zeespiegelstijging en dus ook voor de snelheid waarmee CO₂-uitstoot in Nederland moet worden gereduceerd.

We hebben uit het nationale CO₂-budget het CO₂-budget voor de sector verkeer berekend¹². Daarbij zijn we uitgegaan van de daadwerkelijke CO₂-uitstoot van de sector zoals afgeleid in Hoofdstuk 2. Bij 2 graden komt het budget uit op 1.244 Mton en bij 1,5 graad op 709 Mton.

Tabel 3 Koolstofbudget behorend bij 1,5 graad en 2 graden voor Nederland totaal en de sectormobiliteit in Nederland

| | Vijftig procent kans op het halen van 1,5 °C | Twee derde kans op het halen van 2 °C |
|---------------------|---|--|
| Nationaal* | 1.894 Mton | 3.3.907 Mton |
| Sector mobiliteit** | 709 Mton | 1.244 Mton |

* Dit betreft het nationale budget inclusief CO₂-uitstoot van biobrandstoffen en de lucht- en zeevaart. Als we deze niet zouden meetellen met het nationale budget dan worden de getallen 1.612 Mton en 3.325 Mton bij respectievelijk 1,5 graad en 2 graden.

** Inclusief de emissies van lucht- en zeevaart en biobrandstoffen.

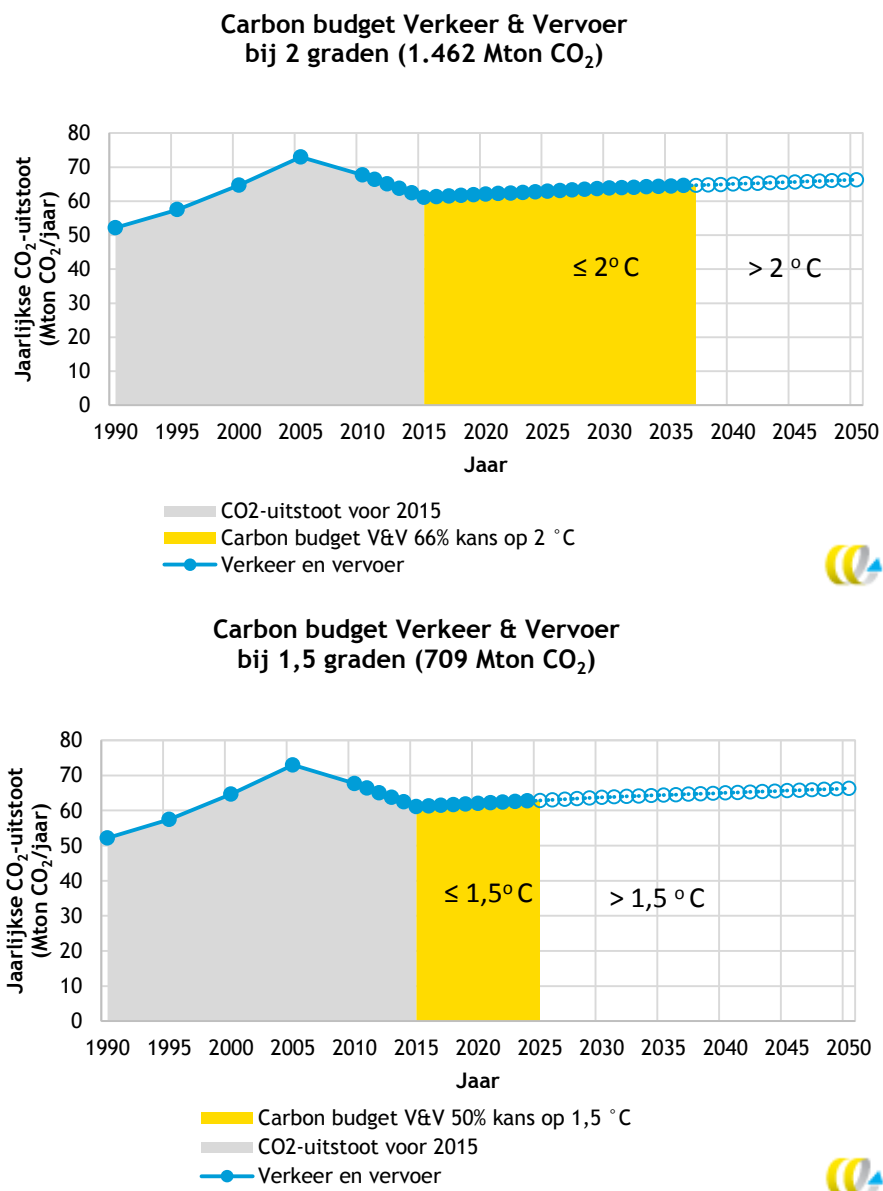
3.3 Hoe lang kunnen we toe met het CO₂-budget voor mobiliteit?

In Figuur 11 laten we zien hoe snel het CO₂-budget op zal raken als de CO₂-uitstoot van de sector mobiliteit zich ontwikkelt zoals we in Hoofdstuk 2 hebben afgeleid. De blauwe lijn in de figuur geeft de verwachte uitstoot weer volgens de gecorrigeerde WLO (waarbij de CO₂-emissie van de lucht- en zeevaart en van biobrandstoffen aan het sectortotaal zijn toegevoegd).

¹² Om van een mondiaal budget te komen tot het nationale budget is in de eerste plaats gebruik gemaakt van het huidige aandeel in de CO₂-uitstoot van de sector mobiliteit (inclusief lucht- en zeevaart en uitstoot door biobrandstoffen). In de tweede plaats is rekening gehouden met de reductiedoelstellingen tussen landen en sectoren. Zo wordt van Westerse landen verwacht dat zeeën grotere inspanning leveren dan niet-Westerse landen. Er is gerekend met een 50% reductie voor de wereld gemiddeld en een 80% reductie voor Westerse landen tussen 1990 en 2050. Dit verschil impliceert dat Westerse landen een relatief groter budget krijgen dan niet-Westerse landen. Het budget voor de sector verkeer is bepaald door uit te gaan van een reductie van 60% tussen 1990 en 2050, een reductie die volgens de Europese Commissie nodig is om aan het 2 gradendoel te kunnen voldoen. Dit is lager dan het gemiddelde van 80% voor alle sectoren. Dit is wat ons betreft een redelijke manier om de budgetten af te leiden om dat het enerzijds in lijn is met de ambities die Westerse en niet-Westerse landen hebben uitgesproken en anderzijds aansluit bij de beleidsdoelstellingen voor mobiliteit die de Europese Commissie en de Nederlandse overheid nastreven.



Figuur 11 Resterende tijd tot dat CO₂-budget van de sector mobiliteit op is bij 2 graden (boven) en 1,5 graad (onder)



Uit Figuur 11 blijkt dat het budget zonder aanvullend beleid en met voortzetting van de huidige mobiliteitstrends toereikend is tot circa 2036 bij een doelstelling van 2 graden. Anders gezegd, we kunnen tot 2036 doorgaan met ons huidige mobiliteitsgedrag, maar per 1 januari 2037 moet de CO₂-emissie dan in één keer nul zijn.

Indien we de 1,5 gradendoelstelling met 50% kans willen halen kunnen we nog tot 2024 op de huidige voet doorgaan maar per 1 januari 2025 mag er dan totaal geen CO₂ meer door de sector mobiliteit worden uitgestoten.

Bovenstaande maakt opnieuw duidelijk dat de nieuwe scherpere doelstelling van 1,5 graad uit het Parijse klimaatakkoord veel ambitieuzer is dan de 2 gradendoelstelling. We moeten echter bedenken dat de resterende tijd verlengd kan worden wanneer we er in slagen de CO₂-emissie te laten dalen.

Consequenties voor autoreizen en vliegereizen

We hebben het in dit hoofdstuk steeds over het CO₂-budget voor Nederland als geheel gehad. Wat de consequenties zijn voor individuele Nederlanders blijft hiermee nog tamelijk abstract. Wat betekent het budget bij 2 en 1,5 graden voor een gemiddelde automobilist in Nederland? Hoeveel kilometers kunnen mensen nog rijden in hun huidige auto die rijdt op benzine of diesel als er geen nieuw klimaatbeleid komt? En hoe vaak zouden we nog op vliegvakantie kunnen als we de 2 gradendoelstelling willen halen? In deze tekstbox gaan we daar wat nader op in.

Consequenties voor automobiliteit

De gemiddelde automobilist in Nederland rijdt circa 13.000 kilometer per jaar (CBS, 2016). De gemiddelde nieuwe auto stoot ongeveer 150 gram CO₂ per kilometer uit (rekening houden met verschil tussen test en praktijk).

We kunnen nu uitrekenen hoeveel kilometer nog kan worden gereden met deze gemiddelde nieuwe auto als de 2 gradendoelstelling moet worden gehaald: dat aantal bedraagt ruim 270.000. Als de doelstelling van 1,5 graad moet worden gehaald bedraagt het kilometerbudget ruim 130.000 kilometer.

Uiteraard zijn er verschillen tussen automobilisten. Met de gemiddelde benzineauto wordt bijvoorbeeld bijna 11.000 kilometer gereden, maar met de gemiddelde dieselauto maar liefst 23.000 km. Ook rijden leaseauto's gemiddeld duidelijk meer dan auto's in particulier bezit. Als iedereen in Nederland hetzelfde CO₂-budget zou krijgen dan zouden mensen met een jaarkilometrage dat 2 keer zo hoog is als het gemiddeld ook 2 keer sneller door hun budget heen zijn. Ook iemand die in een grote zware auto rijdt die 2 keer zoveel CO₂-uitstoot als gemiddeld zal nog 11 jaar in zijn of haar auto kunnen rijden. Dit is overigens nog exclusief de CO₂-uitstoot die het gevolg is van de productie van personenauto's.

Deze beperkingen verdwijnen vanzelfsprekend als vanaf 2025 nieuwe personenauto's volledig emissievrij zouden zijn.

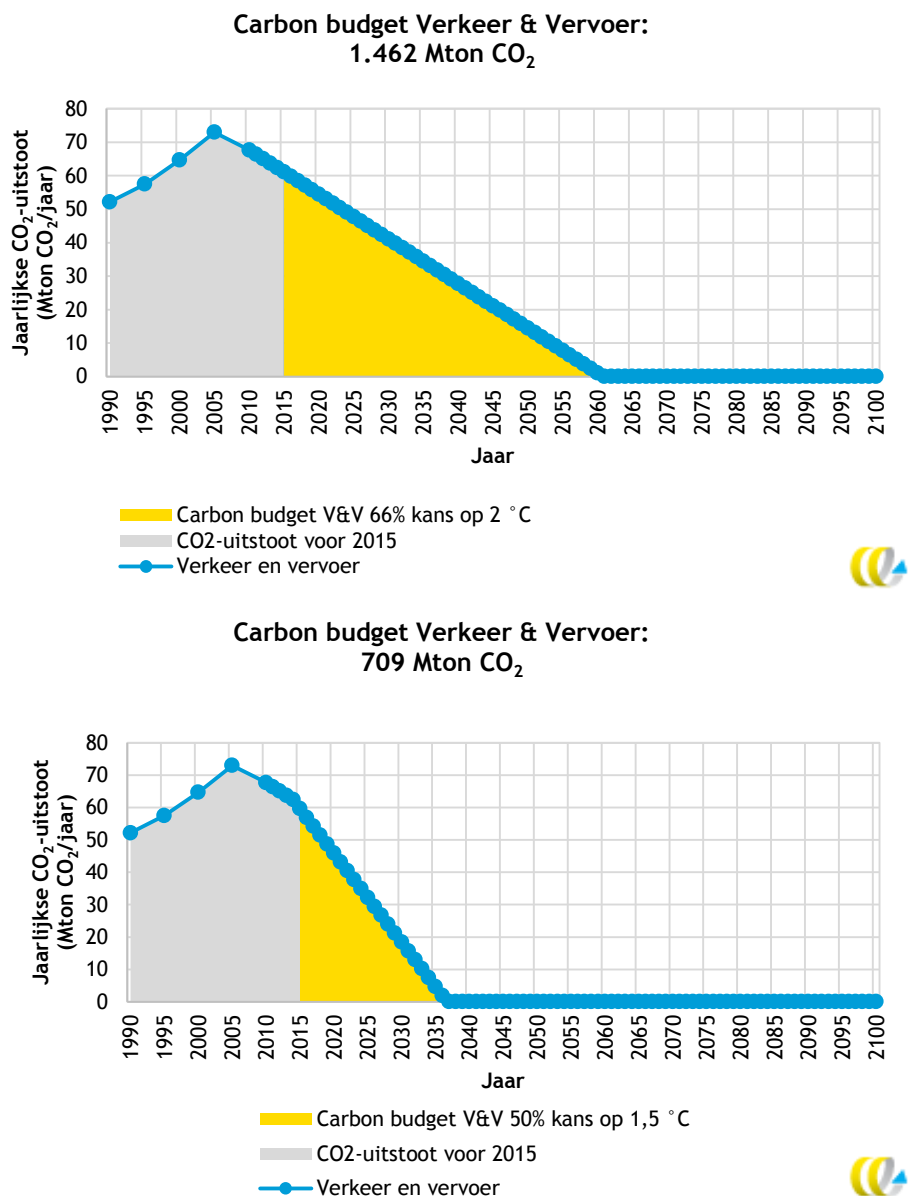
Consequenties voor vliegereizen

Gemiddeld legt een Nederlander jaarlijks ongeveer 4.200 kilometer per vliegtuig af (CBS, 2016). De CO₂-uitstoot voor een middellange vlucht (bedraagt 187 gram per reizigers-kilometer (CE Delft, 2014a)). Als we het aandeel in de CO₂-uitstoot van de Nederlanders aan de internationale luchtvaart vertalen in een CO₂-budget, dan kunnen we uitrekenen hoeveel vluchten de gemiddelde Nederlander in zijn leven vanaf nu nog kan maken. Dat aantal bedraagt 35 bij het 2 gradendoel, en 17 vluchten bij het 1,5 gradendoel. Steeds meer mensen vliegen 2 keer per jaar. Dit gedrag is dus nog slechts 17 jaar mogelijk bij de 2 gradendoelstelling en 8 jaar bij de 1,5 gradendoelstelling indien vliegen niet duurzamer wordt.

In Figuur 12 laten we zien hoeveel extra jaren we toekunnen met het budget wanneer de CO₂-emissie vanaf nu lineair zou gaan dalen. De figuur maakt duidelijk dat we dan tot circa het jaar 2060 hebben om de 2 gradendoelstelling te halen in plaats van het jaar 2036 uit Figuur 11. Voor de 1,5 gradendoelstelling is er tot 2027 de tijd om de CO₂-emissie tot nul te reduceren, zeven jaar langer dus dan volgens Figuur 11.



Figuur 12 Resterende tijd totdat CO₂-budget van de sector mobiliteit op is bij lineaire daling van CO₂-emissie bij 2 gradendoelstelling (boven) en de 1,5 gradendoelstelling (onder)



3.4 Gevolgen voor huidige CO₂-doelstellingen mobiliteit

Er zijn op dit moment meerdere CO₂-doelstellingen voor de sector verkeer in Nederland. Deze doelstellingen gelden voor de sector mobiliteit volgens 'gangbare definities' (zie Paragraaf 2.1 en 2.2), dus zonder lucht- en zeevaart en de CO₂-uitstoot die wordt veroorzaakt door biobrandstoffen. In de eerste plaats zijn er de CO₂-emissieplafonds voor 2020 en 2030 die volgen uit het Nationale Energieakkoord (SER, 2013). In het Energieakkoord is ook de ambitie omarmd om in 2050 de CO₂-emissie met 60% te reduceren, een opgave die volgt uit de doelen van de Europese Commissies passend bij de 2 gradendoelstelling (EC, 2011). Een reductie van 60% ten opzichte van 1990 vertaalt zich in een doelstelling van ongeveer 12 megaton in 2050.

Tot slot is in het SER Energieakkoord de doelstelling opgenomen dat in 2035 alle nieuw verkochte personenauto's in staat moeten zijn om emissievrij te rijden. Bovengenoemde doelstellingen zijn in Tabel 4 samengevat.

Tabel 4 CO₂-doelstellingen voor de sector mobiliteit in Nederland

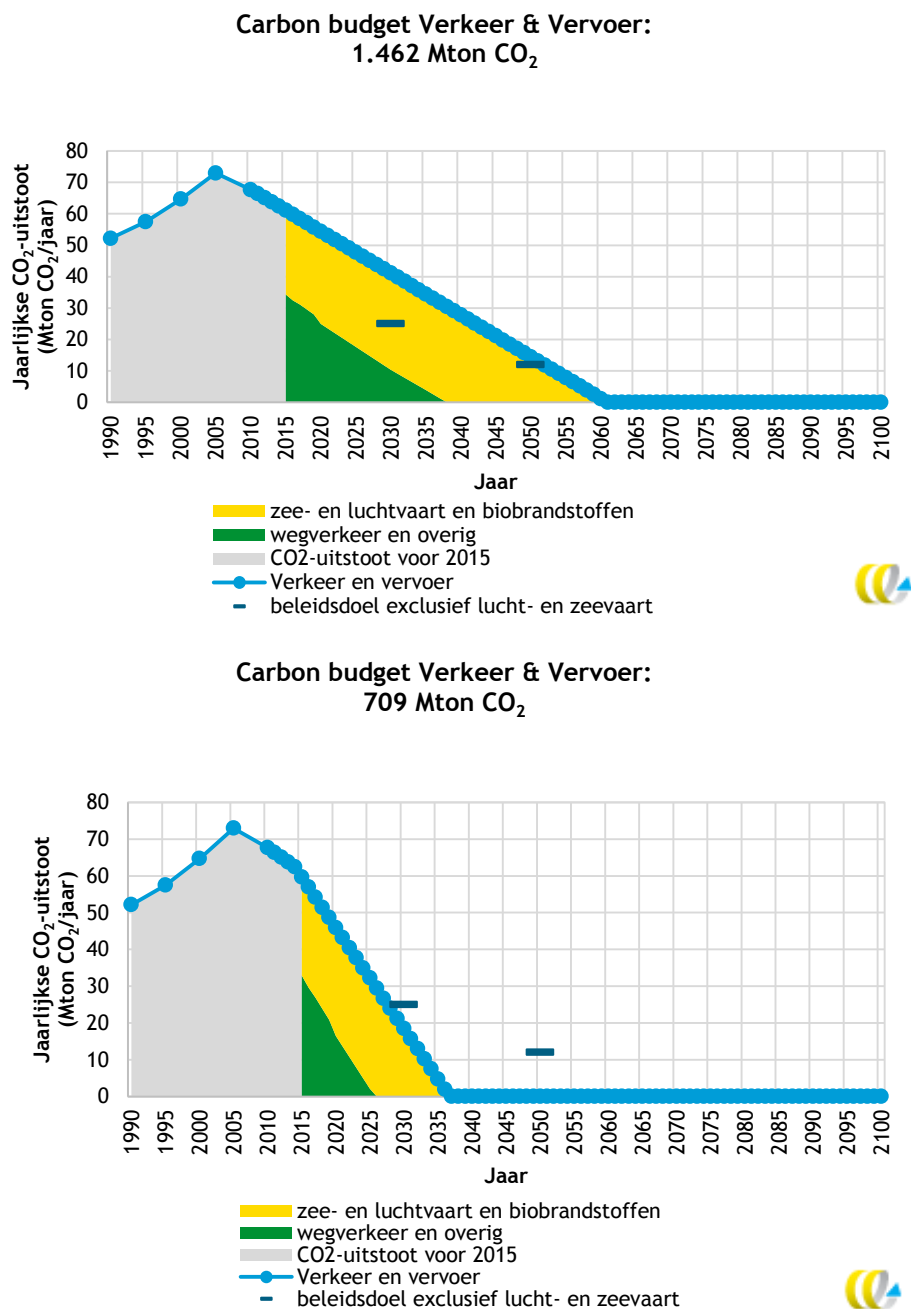
| Doelgroep | Zichtjaar | Doelstelling |
|-------------------|-----------|--|
| Sector mobiliteit | 2030 | Maximaal 25 Mton |
| Sector mobiliteit | 2050 | Maximaal 12 Mton |
| Personenauto's | 2035 | Vanaf 2035 zijn alle nieuw verkochte personenauto's in staat om CO ₂ -emissievrij te rijden |

Bron: SER (2013).

Op de volgende pagina is Figuur 12 uit de vorige paragraaf nogmaals weergegeven maar nu ook met een onderscheid naar de CO₂-uitstoot van de sector volgens gangbare definities en de 'extra emissies' wanneer lucht- en zeevaart en biobrandstoffen ook worden meegerekend. Het is duidelijk dat de lucht- en zeevaart een heel groot deel van het beschikbare CO₂-budget voor hun rekening nemen. Daarmee vergroten deze sectoren de urgentie waarmee het weg- en overig verkeer (ofwel de CO₂-uitstoot van de sector mobiliteit volgens gangbare definities) hun CO₂ moeten reduceren.

In Figuur 13 zijn ook de doelstellingen voor 2030 en 2050 uit Tabel 4 weergegeven. Bij een lineaire daling van de CO₂-emissie vanaf heden, blijkt dat het doel voor 2030 voor wegverkeer (en overig) niet streng genoeg is voor het halen van de 2 gradendoelstelling, laat staan voor de veel scherpere doelstelling van 1,5 graad. Ook het doel voor 2050 van 12 Mton ligt al duidelijk boven het pad van lineaire emissiedaling voor het halen van de 2 gradendoelstelling.

Figuur 13 Doelen en CO₂-budget bij lineaire afname emissies vanaf 2015 bij 2 gradendoelstelling (boven) en de 1,5 graaddoelstelling (onder)



Bovenstaande laat zien dat er een versnelling van de vermindering van de CO₂-uitstoot door mobiliteit nodig is om niet boven een opwarming van 2 graden uit te komen. We moeten hierbij bedenken dat het doel voor 2030 van 25 Mton met het huidig beleid niet gehaald wordt (ECN, 2016). Volgens de Nationale Energieverkenning blijft de emissie van de sector (volgens gangbare definities) steken op circa 34 Mton in 2030. Het zal bovendien een forse extra inspanning vragen om de doelstelling van 25 Mton voor 2030 wel te realiseren. Dit wordt geïllustreerd door het feit dat in het beleidsscenario met voor- genomen beleid uit de NEV, de CO₂-emissies van mobiliteit in 2030 uitkomt op 33 Mton.



De belangrijkste voorgenomen beleidsmaatregel die voor deze lagere emissie verantwoordelijk is, is de aanscherping van de CO₂-norm voor personenauto's naar 73 g/km in 2025¹³. De CO₂-emissienormen voor wegvoertuigen moeten worden gezien als één van de meest effectieve manieren om CO₂-emissie van de sector te verminderen. Het betekent dat zelfs één van de meest effectieve maatregelen slechts een beperkt deel van de beleidsopgave kan worden ingevuld. Om de 2 gradendoelstelling te halen zal in 2030 dus nog minder dan 25 Mton mogen worden uitgestoten. Indien het 1,5 gradendoel wordt nagestreefd zal de CO₂-emissie nog veel sneller verminderd moeten worden (zie Paragraaf 3.3).

In het volgende hoofdstuk gaan we nader in op mogelijke (beleids)maatregelen om het CO₂-budget voor mobiliteit niet te overschrijden.

¹³ Deze waarde is het gemiddelde van de range van 68-78 gram CO₂ per kilometer die de Europese Commissie aanhoudt voor de onderhandelingen over een nieuwe CO₂-norm.



4 Beleidsopties

4.1 De opgave

In Hoofdstuk 3 werd duidelijk dat de opgave om de Parijsdoelstellingen te kunnen realiseren een zeer forse extra inspanning vergt. Als we op de huidige voet doorgaan zullen we in circa twintig jaar tijd door het CO₂-budget heen zijn om een stijging van meer dan 2 graden te voorkomen. Indien we streven naar een opwarming van maximaal 1,5 graad dan rest ons met het huidige beleid nog circa zeven jaar.

We zagen ook dat de daling van de CO₂-uitstoot van de sector mobiliteit nu niet snel genoeg gaat. Het betekent dat de sector mobiliteit zonder aanvullende actie over een aantal jaren van het ene op het ander jaar geen CO₂ meer mag uitstoten.

De kans is groot dat wanneer we 'ineens' door het CO₂-budget heen raken, de temperatuurstijging uiteindelijk boven het beoogde doel uitkomt. Een snelle maar geleidelijke daling van de CO₂-uitstoot verkleint die kans naar verwachting. In dit hoofdstuk onderzoeken we daarom met wat voor pakketten aan beleidsmaatregelen de 1,5 en 2 gradendoelstellingen precies kunnen worden gehaald.

4.2 Oplossingsrichtingen

Om de CO₂-emissie van de sector mobiliteit te verminderen kunnen we drie globale oplossingsrichtingen onderscheiden:

1. **De efficiency van vervoermiddelen vergroten:** het gaat hierbij om het verminderen van de CO₂-uitstoot per gereden kilometer door motoren efficiënter (zuiniger) te maken. Elektrische voertuigen bijvoorbeeld maken gebruik van elektromotoren die energie veel efficiënter omzetten in beweging dan verbrandingsmotoren. Ook is het mogelijk lichtere voertuigen in te zetten, de stroomlijning te verbeteren, start/stop-verliezen te beperken, remenergie terug te winnen en de airconditioning zuiniger te maken.
2. **Inzet van duurzame/klimaatneutrale brandstoffen:** voer-, vaar- en vliegtuigen gebruiken (bio)brandstoffen, of energiedragers zoals elektriciteit en waterstof om in beweging te komen. Wanneer deze biobrandstoffen en energiedragers worden geproduceerd zonder dat daar CO₂ bij vrij komt dan kan de CO₂-uitstoot van de vervoermiddelen ook dalen naar nul.
3. **Volumereductie:** hier gaat om het verkleinen van de vraag naar mobiliteit. Als we minder gaan autorijden, vliegen, etc. dan leidt dat direct tot minder CO₂-uitstoot. Het verkleinen van de vraag kan op veel verschillende manieren. Door middel van bijvoorbeeld prijsbeleid (denk aan kilometerheffing of fiscaal beleid rond reiskostenvergoedingen), zullen mensen gemiddeld minder verplaatsingen maken.
4. **Modal shift beleid:** hier gaat het om het stimuleren van het gebruik van andere vervoerwijzen die minder CO₂-uitstoten zoals het openbaar vervoer en de fiets. Het stimuleren van deze vervoerwijzen kan door te sturen met prijzen (autorijden duurder maken) maar ook met ruimtelijk en



infrastructuurbeleid waardoor het aantrekkelijker wordt om fiets of openbaar vervoer te gebruiken.

Bovengenoemde oplossingsrichtingen kunnen niet voor alle verschillende vervoerwijzen in dezelfde mate worden ingezet. Voor lichte voertuigen zoals personen- en bestelauto's (maar ook brom/snor/motorfietsen) kan de CO₂-uitstoot door het toepassen van elektrische aandrijving nu al tot nagenoeg nul worden teruggebracht. Daarvoor is dan wel elektriciteit of waterstof¹⁴ nodig die is geproduceerd zonder dat daar CO₂ bij is vrijgekomen. Lichtere vrachtauto's die ingezet worden voor stadsdistributie en regionaal transport zouden ook al op korte termijn volledig elektrisch kunnen worden aangedreven.

Zwaardere voertuigen zoals trekker-opleggercombinaties die lange afstanden rijden, maar ook (zee)schepen en vliegtuigen kunnen veel moeilijker volledig elektrisch worden gemaakt. Deze vervoerwijzen zijn naar verwachting voorlopig nog (deels) aangewezen op duurzame (ook wel geavanceerde) biobrandstoffen¹⁵ (of eventueel synthetische brandstoffen uit duurzame bronnen) om de CO₂-uitstoot tot nagenoeg nul te reduceren. Dit wil overigens niet zeggen dat efficiencyverbetering bij deze vervoerwijzen geen rol van betekenis kan spelen. Zware vrachtwagens kunnen naar schatting nog 30% zuiniger worden. In de toekomst kan met waterstof, bovenleidingen en/of inductie een deel van dit vervoer mogelijk ook elektrisch worden aangedreven. Vliegtuigen en zeeschepen, zo zagen we al in Hoofdstuk 3, kunnen in de toekomst respectievelijk nog 30 tot 37% en 25 tot 38% zuiniger worden. De IEA schat het maximale potentieel voor nieuwe zeeschepen zelfs in op zo'n 60% (IEA, 2009).

De beschikbaarheid van biomassa om geavanceerde duurzame brandstoffen te maken vormt een belangrijke onzekerheid bij deze oplossingsrichtingen. Er is in wetenschappelijke kringen consensus dat er mondiaal circa 100 EJ (exajoule) aan biomassa beschikbaar kan zijn op lange termijn (PBL, 2009); (PBL, 2014); (Ecofys, 2014). Er is echter minder consensus over de verdeling naar landen en sectoren. Wij sluiten in dit rapport aan bij de inschatting van Ecofys (2014) die berekenen dat er in 2030 en 2050 respectievelijk 52 en 68 PJ beschikbaar kan komen voor biobrandstoffen in Nederland. In de beleidsscenario's die we in de volgende paragraaf uitwerken wordt telkens de 'maatregel' *percentage duurzame brandstoffen lucht/zeevaart in jaar ...* opgevoerd. Het betreft daarbij voor het grootste deel, maar niet alleen, duurzame biobrandstoffen. Een ander deel komt mogelijk van duurzaam geproduceerde waterstof, synthetische brandstoffen en elektrische aandrijving bij schepen.

¹⁴ Ook waterstofauto's kunnen worden gezien als elektrische auto's. De getankte waterstof in een waterstofauto wordt door middel van brandstofcellen omgezet in elektriciteit. Net als bij een 'gewone' elektrische auto met stekker wordt de auto met elektromotoren in beweging gezet. In de gewone elektrische auto wordt de elektriciteit opgeslagen in accu's (ook wel een batterijpakket genoemd).

¹⁵ Onder duurzame biobrandstoffen verstaan we in deze studie brandstoffen uit biomassa die inclusief emissies door verandering van landgebruik (ILUC-emissies) minimaal 70% reductie in broeikasgasemissies bewerkstelligen in vergelijking met fossiele brandstoffen. Verder moeten het brandstoffen zijn die (1) zijn geproduceerd in overeenstemming met het 'cascaderings-principe' (biomassa wordt alleen ingezet voor productie van biobrandstoffen als er geen andere doeleinden met hoger nut beschikbaar zijn), (2) niet geproduceerd worden op land dat ook voor landbouwdoeleinden (voedselproductie) gebruikt kan worden, (3) worden geproduceerd zonder negatieve sociale impact en (4) geproduceerd worden zonder negatieve invloed op milieu en ecologie.



Overigens moet ook worden bedacht dat de totale energievraag in de scenario's flink daalt door volume- en efficiencybeleid. Voor de genoemde aandelen duurzame brandstoffen in de scenario's is daarom minder biomassa/biobrandstof nodig dan wanneer van de huidige energievraag zou worden uitgegaan.

4.3 Effect van enkele 'maatregelpakketten'

In deze paragraaf bekijken we middels een aantal scenario's met welke maatregelen de CO₂-emissie snel maar geleidelijk kan worden vermindert, zodanig dat er geen situatie ontstaat waarbij de CO₂-emissie ineens naar nul moet (en de doelen in de praktijk waarschijnlijk niet zullen worden gehaald). Bij het opstellen van de scenario's hebben we getracht 'de hoeken van het speelveld' in beeld te brengen. Dat doen we door op één domein (bijvoorbeeld normbeleid voor het wegverkeer) zo scherp mogelijk beleid te veronderstellen en vervolgens te kijken wat er nog extra nodig is aan efficiencyverbetering en volumereductie bij lucht- en zeevaart.

In een ander scenario veronderstellen we juist verregaand beleid bij lucht- en zeevaart en onderzoeken dan hoeveel later het normbeleid voor het wegverkeer in kan gaan. We maken ook één mixscenario waarbij dat juist het midden houdt op alle domeinen.

In totaal construeren we zo vijf scenario's: vier voor het halen van het 2 gradendoel en één scenario voor het halen van het 1,5 gradendoel. Hieronder beschrijven we de scenario's kort. We starten met het mixscenario:

1. Mixscenario voor 2 gradendoelstelling. In dit scenario is er normbeleid en volumebeleid voor wegverkeer en een jaarlijkse emissiereductie bij voor lucht- en zeevaart dat het midden houdt tussen Scenario's 1, 2 en 3.
2. Ambitieuze beleid voor nulemissie wegvoertuigen voor halen 2 graden. Emissies van lucht- en zeevaart hoeven hierdoor minder snel te dalen.
3. Hoge jaarlijkse emissiereductie bij voor lucht- en zeevaart en hoge aandelen klimaatneutrale (bio)brandstoffen voor halen 2 graden. Emissies van het wegverkeer hoeven hierdoor minder snel te dalen.
4. Ambitieuze volumebeleid voor wegverkeer voor halen 2 graden. Er is hierdoor minder streng normbeleid voor wegverkeer nodig en ook emissies van lucht- en zeevaart hoeven minder snel te dalen.
5. Minimaal pakket voor het halen van het 1,5 gradendoel met 50% kans.

In de nu volgende subparagrafen geven we een nadere beschrijving van de vijf scenario's en de (beleids)ontwikkelingen die we daarbij veronderstellen. De invullingen van de scenario's zijn mede op basis van input van de opdrachtgever tot stand gekomen.

4.3.1 Scenario 1: Mixscenario

In het eerste scenario dat we nu bespreken hebben we een mix gemaakt van de verschillende beleidsopties. Het uitgangspunt is net als in de andere scenario's dat het CO₂-budget niet plotseling opraakt. De scenario's die hierna volgen bevatten telkens beleid dat zich concentreert op één van de drie sporen: efficiencyverbetering bij wegverkeer, emissiereductie bij zee- en luchtvaart of volumereductie bij wegverkeer. In die scenario's wordt dit steeds aangevuld met minder verregaand beleid voor de resterende twee sporen.



In Scenario 1 dienen nieuwe personen- en bestelauto's in 2025 volledig emissievrij te zijn¹⁶. In 2040 moet dat ook gelden voor alle nieuw verkochte vrachtwagens. Ook wordt in dit scenario in 2020 een kilometerheffing ingevoerd die ervoor zorgt dat al het wegverkeer (personen en vracht) minder kilometers aflegt. Vanaf 2020 geeft dit een afname van kilometers van 5% die oploopt naar 10% vanaf 2025. Hiervoor is een kilometertarief van circa 7 euro-cent per kilometer nodig. Ook worden de maximum snelheden op snelwegen verlaagd¹⁷. Deze maatregel leidt tot een directe afname van de CO₂-uitstoot omdat langzamer rijden zuiniger is (5% vanaf 2020).

Daarnaast zorgen zowel de kilometerheffing als de snelheidsverlaging ervoor dat het aantal gereden kilometers door personen- en bestelauto's op termijn afneemt (t.o.v. het referentiescenario) omdat verplaatsingen meer tijd en geld kosten. Alternatieven voor autogebruik, zoals (elektrisch) fietsen en het openbaar vervoer worden hierdoor aantrekkelijker. Ook fiscale prikkels die rijden in onzuinige leaseauto's ontmoedigen zijn hier onderdeel van. Verder is het nodig om de onbelaste woon-werkvergoeding af te schaffen. Ook dit zal leiden tot een verschuiving van autogebruik naar fiets en OV. Dit modal shift-beleid kan ondersteund worden met ruimtelijk beleid. Hierbij valt te denken aan het realiseren van woon- en werklocaties op voor fiets en openbaar vervoer goed bereikbare pekken. Het totale effect van dit pakket aan maatregelen moet minimaal een reductie van 15% CO₂ bij het wegverkeer bewerkstelligen.

Ook de CO₂-uitstoot van de lucht- en zeevaart zal in dit scenario worden teruggedrongen. Enerzijds neemt de uitstoot vanaf 2025 per jaar met 1% af, door een combinatie van extra efficiencyverbetering aan vliegtuigen en zeeschepen (bijv. onder druk van beleidsmaatregelen van (lucht)havens, de EU en/of ICAO/IMO) en ook door een vermindering van het aantal vlieg- en scheepvaartbewegingen, o.a. door de invoering van een ticketbelasting en op termijn bij voorkeur door brandstofheffingen of prikkels via het emissiehandelssysteem (ETS). Door deze volumereductie en efficiencyverbetering daalt de CO₂-uitstoot van lucht- en zeevaart tussen 2025 en 2050 met 45%. De resterende energievraag moet worden ingevuld met klimaatneutrale (bio)brandstoffen. Tussen 2025 en 2040 groeit het percentage naar 35%. Daarna neemt het jaarlijks in hetzelfde tempo verder toe zodat rond 2068 alle brandstof klimaatneutraal is.

Tot slot neemt in dit scenario de uitstoot van overige verkeersbronnen zoals binnenvaart, mobiele werktuigen en tweewielers per jaar 3%-punt af, zodat deze vervoerwijzen rond 2050 volledig emissievrij zijn. Hierbij kunnen tweewieler en mobiele werktuigen al snel en voor het grootste deel overschakelen naar elektrische aandrijving.

In Tabel 5 zijn de aannames voor Scenario 1 nogmaals weergegeven.

¹⁶ We nemen in de berekeningen personen- en bestelauto's samen. We moeten hierbij opmerken dat de aanscherpingen (ook in de andere scenario's) voor bestelauto's meer zal vergen dan voor personenauto's omdat de normstelling voor bestelauto's achterloopt op die van personenauto's.

¹⁷ We gaan er bij deze maatregel van uit dat de maximumsnelheid op wegen waar nu 130 of 120 km/uur geldt naar 100 km/uur gaat en dat de snelheid op wegen waar 100 km/uur geldt naar 80 km/uur gaat. Het effect hiervan is in (PBL en ECN, 2015) ingeschat op een CO₂-reductie van circa 5%.

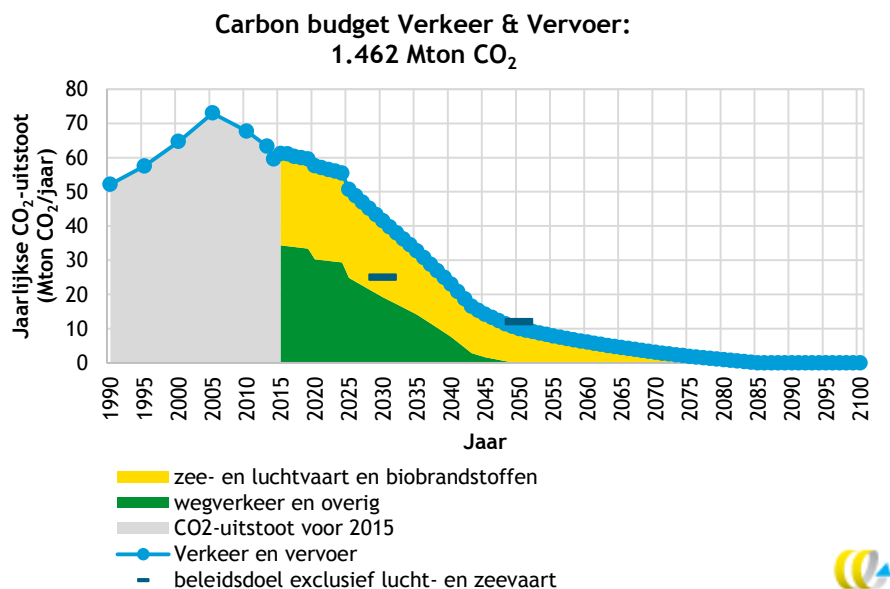
Tabel 5 Aannames Scenario 1: Mixscenario

| Aannames voor wegvoertuigen | Personen- en bestelauto's | Vrachtwagens |
|--|---------------------------|--------------|
| Nieuw naar 0 g/km ^{a)} | 2025 | 2040 |
| Vloot naar 0 naar 0 g/km | 2043 | 2050 |
| Gemiddelde levensduur voertuig (jaar) | 18 | 10 |
| Kortetermijneffecten van kilometerheffing en snelheidsverlaging | -10% in 2020 | -10% in 2020 |
| Langetermijneffecten kilometerheffing en snelheidsverlaging en overige beleid (o.a. investeringen in beter OV en in fietsinfrastructuur, aanpassingen reiskostenregelingen, ruimtelijk beleid) | -15% in 2025 | -15% in 2025 |
| Overige aannames | Jaar | Percentage |
| Jaarlijkse reductie uitstoot lucht/zeevaart vanaf jaar | 2025 | -1,5% |
| Percentage duurzame brandstoffen lucht/zeevaart in jaar | 2040 | 25% |
| 100% duurzame brandstoffen in lucht/zeevaart | 2068 | |
| Jaarlijkse verandering overige bronnen vanaf jaar (in procentpunt) | 2018 | -3% |

a) We veronderstellen dat nieuwe personenauto's in 2021 moeten voldoen aan de geldende norm van 95 g/km en dat de nieuw norm voor 2025 betekent dat alle personenauto's nulmissie auto's worden. Ofwel, de bestaande norm voor 2021 wordt in dit scenario niet aangescherpt/ gewijzigd.

Figuur 14 geeft het verloop van de CO₂-emissie wanneer de maatregelen uit Tabel 5 worden uitgevoerd. In dit scenario is rond 2068 de CO₂-uitstoot van de sector mobiliteit volledig tot nul gereduceerd.

Figuur 14 CO₂-reductiepad in Scenario 1



4.3.2 Scenario 2: Ambitieuw beleid voor nulmissie wegvoertuigen

In Scenario 2 gaan we ervan uit dat de meeste CO₂-reductie bij het wegverkeer wordt gehaald. Dat betekent dat nieuwe personen- en bestelauto's in 2020 volledig emissievrij moeten zijn, en dat ook nieuwe vrachtwagens binnen twee decennia in het geheel geen CO₂ meer uitstoten. In dit scenario hoeven de emissies van lucht- en zeevaart daardoor wat minder snel te dalen.

Hieronder sommen we op welke aannames precies zijn gedaan in Scenario 2:

- Nieuwe personen- en bestelauto's moeten vanaf 2020 volledig emissievrij zijn. De veronderstelde levensduur van een auto is achttien jaar. Dit betekent dat het volledige wagenpark in 2043 geen CO₂ meer uitstoot.
- Nieuwe vrachtwagens moeten in 2035 volledig emissievrij zijn. De veronderstelde levensduur van een vrachtwagen is tien jaar. Dit betekent dat het volledige vrachtwagenpark in 2045 geen CO₂ meer uitstoot.
- Er is geen volumebeleid voor het wegverkeer.
- De CO₂-uitstoot van vliegtuigen en zeeschepen neemt per jaar met 0,75% af vanaf 2025, ofwel door efficiencyverbetering ofwel door een vermindering van het aantal vlieg- en scheepvaartbewegingen. Hierdoor daalt de CO₂-uitstoot tot en met 2050 met circa 20% extra ten opzichte van het referentiep pad¹⁸.
- In 2040 bestaat 30% van de resterende energievraag van lucht- en zeevaart uit klimaatneutrale (bio)brandstoffen.
- Overige verkeersbronnen zoals binnenvaart, mobiele werktuigen en tweewielers worden per jaar 3% zuiniger, waarbij tweewielers maar ook mobiele werktuigen snel overschakelen op elektrische aandrijving.

In Tabel 6 zijn alle aannames nog eens samengevat.

Tabel 6 Aannames Scenario 2: Ambitieuw beleid voor nulmissie wegvoertuigen

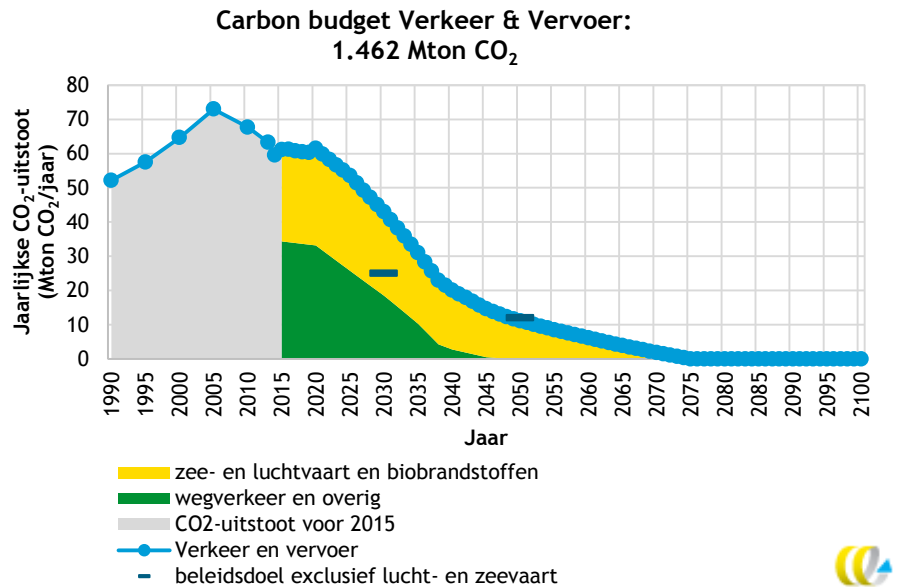
| Aannames voor wegvoertuigen | Personen- en bestelauto's | Vrachtwagens |
|--|---------------------------|--------------|
| Nieuw naar 0 g/km | 2020 | 2035 |
| Vloot naar 0 naar 0 g/km | 2038 | 2045 |
| Gemiddelde levensduur voertuig (jaar) | 18 | 10 |
| Volumereductie weg | Geen | Geen |
| Overige aannames | Jaar | Percentage |
| Jaarlijkse verandering in uitstoot lucht/zeevaart vanaf jaar | 2025 | -0,75% |
| Percentage duurzame brandstoffen in jaar | 2040 | 30% |
| 100% duurzame brandstoffen in lucht/zeevaart | 2075 | |
| Jaarlijkse verandering overige bronnen vanaf jaar | 2018 | -3% |

In Figuur 15 zien we het verloop van de CO₂-emissie wanneer de maatregelen uit Tabel 6 worden uitgevoerd. We zien dat in dit scenario het 2030-doel voor de sector mobiliteit uit het Energieakkoord niet voldoende streng is om binnen het budget te blijven. We zien verder dat het budget van 1.462 Mton tot bijna het jaar 2075 toereikend is. Daarna zal de CO₂-uitstoot van de gehele sector nul moeten bedragen.

¹⁸ In Hoofdstuk 2 gaven we aan dat in het referentiep pad de efficiencywinst bij de luchtvaart 30 tot 37% bedraagt tussen 2013 en 2050. Voor zeevaart bedraagt dit 25 tot 38%.



Figuur 15 CO₂-reductiepad in Scenario 2



4.3.3 Scenario 3: Ambitieuze reductie bij lucht- en zeevaart

In Scenario 3 hoeft het wegverkeer minder snel emissievrij te zijn, maar er moeten nog steeds volledig emissievrije wegvoertuigen komen in dit scenario. Bij de lucht- en zeevaart is daarom een versnelling van de CO₂-reductie nodig. De volumereductie en efficiencyverbetering bij vliegtuigen en zeeschepen moeten in dit scenario veel sneller gaan. Daar bovenop moet de resterende energievraag voor een veel groter deel worden overgenomen door duurzame (bio)brandstoffen. Volumereductie in de luchtvaart kan bereikt worden door middel van een belasting op vliegtickets. Ook kan er worden overgegaan op het heffen van accijnzen op kerosine en scheepsbrandstof. Het oprichten van een emissiehandelssysteem kan worden ingezet om het volume van de scheepvaart beperken.

Hieronder sommen we op welke aannames precies zijn gedaan in Scenario 3:

- Nieuwe personen- en bestelauto's zijn vanaf 2035 volledig emissievrij. De veronderstelde levensduur van een auto is achttien jaar net als in Scenario 1 en 2. Dit betekent dat het volledige wagenpark in 2053 geen CO₂-emissie meer uitstoot.
- Nieuwe vrachtwagens zijn in 2045 volledig emissievrij. De veronderstelde levensduur van een vrachtwagen is tien jaar. Dit betekent dat het volledige vrachtwagenpark in 2055 geen CO₂-emissie meer uitstoot.
- Er is ook in dit scenario geen volumebeleid voor het wegverkeer.
- De CO₂-uitstoot van vliegtuigen en zeeschepen neemt per jaar met 2% af vanaf 2025, ofwel door efficiencyverbetering ofwel door een vermindering van het aantal vlieg- en scheepvaartbewegingen. Hierdoor daalt de CO₂-uitstoot tot en met 2050 met circa 60% extra ten opzichte van het referentiep pad.
- In 2040 bestaat 55% de resterende energievraag van lucht- en zeevaart uit klimaatneutrale (bio)brandstoffen.
- Overige verkeersbronnen zoals binnenvaart, mobiele werktuigen en tweewielers worden per jaar 3% zuiniger, waarbij tweewielers maar ook mobiele werktuigen snel overschakelen op elektrische aandrijving.

In Tabel 7 zijn alle aannames nog eens samengevat.

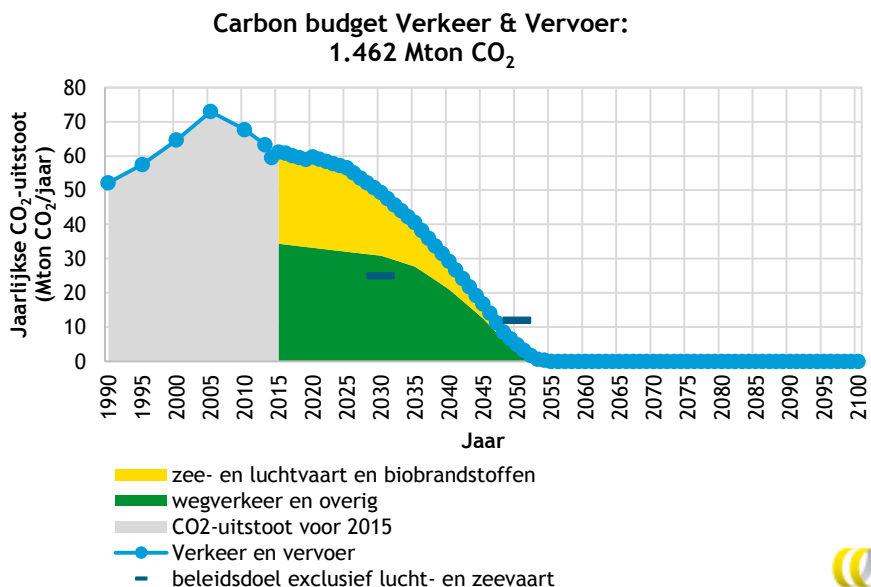
Tabel 7 Aannames Scenario 3: ambitieuze reductie bij lucht- en zeevaart

| Aannames voor wegvoertuigen | Personen- en bestelauto's | Vrachtwagens |
|---|---------------------------|-------------------|
| Nieuw naar 0 g/km ^{a)} | 2035 | 2045 |
| Vloot naar 0 naar 0 g/km | 2053 | 2055 |
| Gemiddelde levensduur voertuig (jaar) | 18 | 10 |
| Volumereductie weg | Geen | Geen |
| Overige aannames | Jaar | Percentage |
| Jaarlijkse verandering lucht/zeevaart vanaf jaar | 2025 | -2% |
| Percentage duurzame brandstoffen in jaar | 2040 | 55% ^{b)} |
| 100% duurzame brandstoffen in lucht/zeevaart | 2052 | |
| Jaarlijkse verandering overige bronnen vanaf jaar | 2018 | -3% |

- a) We veronderstellen hierbij dat nieuwe voertuigen vijf jaar voordat de norm van 0 g/km van kracht wordt, personen- en vrachtwagens reeds 50% minder gram CO₂/km uitstoten.
- b) Het hoge percentage duurzame brandstoffen van 55% betekent niet dat de beschikbare hoeveelheid aan biomassa voor duurzame biobrandstoffen wordt overschreden. In de eerste plaats daalt de energievraag al zeer sterk tot 2040 door efficiency en volumebeperking. In de tweede plaats dient de energievraag die niet kan worden ingevuld met biobrandstoffen, ingevuld te worden met duurzaam geproduceerde synthetische brandstoffen, waterstof en elektriciteit.

Figuur 16 geeft het verloop van de CO₂-emissie wanneer de maatregelen uit Tabel 7 worden uitgevoerd. Omdat de CO₂-emissie in dit scenario in de eerste jaren vanaf nu nog relatief hoog zijn, raakt het CO₂-budget relatief snel op. In 2050 ongeveer moet de CO₂-uitstoot van de sector mobiliteit tot nul zijn gereduceerd.

Figuur 16 CO₂-reductiepad in Scenario 3



4.3.4 Scenario 4: Ambitieu volumebeleid voor het wegverkeer

In Scenario 4 hanteren we voor wegverkeer ambitieus volumebeleid. We veronderstellen dat er door de invoering van een kilometerheffing in 2020 voor personen- bestel- en vrachtwagens 20% minder kilometers worden gereden door personen- en bestelauto's- en vrachtwagens (en waardoor de CO₂-emissie vanaf 2020 met hetzelfde percentage afneemt).

In onderzoeken naar de kilometerheffing waarbij de huidige autobelastingen (BPM en MRB) in een kilometertarief worden omgezet leidt dit tot een vermindering van het aantal personenautokilometers met ongeveer 10% (CPB en PBL, 2016). Het bijbehorende kilometertarief een dergelijke lastenneutrale kilometerheffing bedraagt circa 7 eurocent per kilometer.

Voor een reductie van 20% is een kilometertarief van minimaal het dubbele nodig. Voor de gemiddelde automobilist wordt autorijden dus duurder.

Naast de kilometerheffing worden de maximumsnelheden op snelwegen verlaagd¹⁹ en wordt sterk ingezet op modal shiftbeleid zodat het autogebruik met name in de steden met circa de helft afneemt en fiets- en OV-gebruik sterk toenemen. Forse investeringen in fietsinfrastructuur en openbaar vervoer zijn hierbij ook nodig. Verder wordt er met ruimtelijk beleid voor gezorgd dat woon- en werklocaties worden gerealiseerd op voor fiets en openbaar vervoer goed bereikbare pekken. Ook dit stimuleert het fiets- en OV-gebruik.

In Tabel 8 staan alle aannames voor Scenario 4 nogmaals gegeven.

Tabel 8 Aannames Scenario 4: ambitieus volumebeleid voor wegverkeer

| Aannames voor wegvoertuigen | Personen- en bestelauto's | Vrachtwagens |
|--|---------------------------|-------------------|
| Nieuw naar 0 g/km ^{a)} | 2025 | 2045 |
| Vloot naar 0 naar 0 g/km | 2043 | 2055 |
| Gemiddelde levensduur voertuig (jaar) | 18 | 10 |
| Kortetermijneffecten van kilometerheffing en snelheidsverlaging | -15% in 2020 | -15% in 2020 |
| Langetermijneffecten kilometerheffing en snelheidsverlaging en overige beleid (o.a. investeringen in beter OV en in fiets-infrastructuur, aanpassingen reiskosten-regelingen, ruimtelijk beleid) | -15% in 2025 | -15% in 2025 |
| Overige aannames | Jaar | Percentage |
| Jaarlijkse reductie uitstoot lucht/zeevaart vanaf jaar | 2025 | -1% |
| Percentage duurzame brandstoffen lucht/zeevaart in jaar | 2040 | 30% |
| 100% duurzame brandstoffen in lucht/zeevaart | 2075 | |
| Jaarlijkse verandering overige bronnen vanaf jaar (in procentpunt) | 2018 | -3% |
| Overige bronnen emissievrij vanaf | 2050 | |

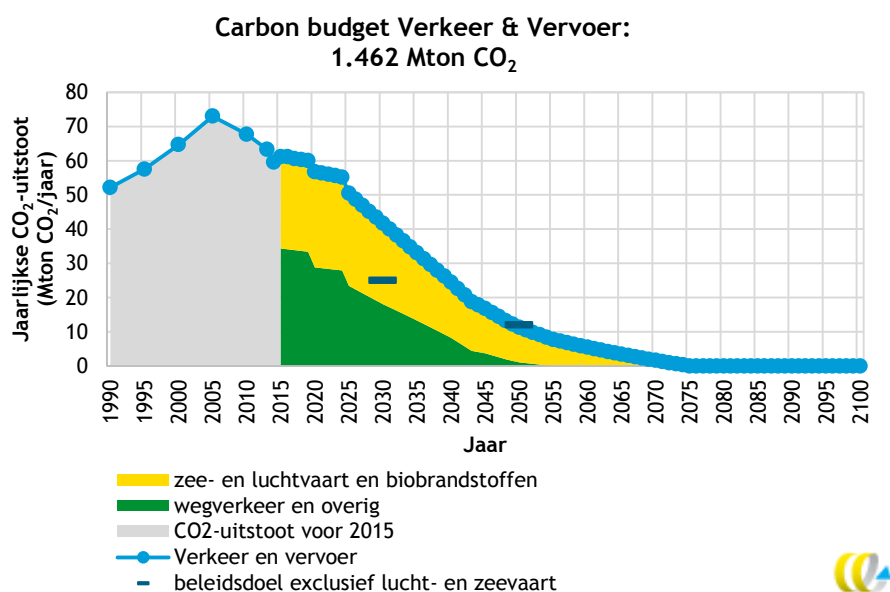
a) We veronderstellen dat nieuwe personenauto's in 2021 moeten voldoen aan de geldende norm van 95 g/km en dat de nieuw norm voor 2025 betekent dat alle personenauto's nulemissie auto's worden. Ofwel, de bestaande norm voor 2021 wordt in dit scenario niet aangescherpt/gewijzigd.

¹⁹ We gaan er bij deze maatregel van uit dat de maximumsnelheid op wegen waar nu 130 of 120 km/uur geldt naar 100 km/uur gaat en dat de snelheid op wegen waar 100 km/uur geldt naar 80 km/uur gaat. Het effect hiervan is in (PBL en ECN, 2015) ingeschat op een CO₂-reductie van circa 5%.



Figuur 17 geeft het verloop van de CO₂-emissie wanneer de maatregelen uit Tabel 7 worden uitgevoerd. We zien in de figuur duidelijk de neerwaartse sprong door het invoeren van de kilometerheffing in 2020. Doordat de CO₂-emissie al in 2020 flink daalt kan in dit scenario relatief lang met het CO₂-budget worden gedaan. Rond 2075 moet de CO₂-uitstoot van de sector volledig tot nul zijn gereduceerd.

Figuur 17 CO₂-reductiepad in Scenario 4



4.3.5 Scenario 5: Minimaal pakket voor 1,5 gradendoelstelling

In Hoofdstuk 3 zagen we reeds dat de 1,5 gradendoelstelling veel ambitieuzer is dan de 2 gradendoelstelling. Het CO₂-budget neemt niet recht evenredig af met de lagere mondiale temperatuurstijging. Dat de 1,5 gradendoelstelling zeer ambitieus blijkt ook wanneer we een pakket van maatregelen proberen samen te stellen waarbij het CO₂-budget niet plotseling opraakt. Hieronder sommen we op welke aannames daarvoor nodig zijn:

- Nieuwe personen- en bestelauto's moeten vanaf 2018 volledig emissievrij zijn. Het volledige wagenpark stoot in 2023 geen CO₂-emissie meer uit (in 2017 verkochte auto's moeten dus in vijf jaar worden afgeschreven).
- Ook nieuwe vrachtwagens moeten in 2018 volledig emissievrij zijn en de in 2017 nog verkochte vrachtauto's mogen slechts vijf jaar in Nederland rondrijden. Dit betekent dat ook het volledige vrachtwagenpark in 2023 geen CO₂-emissie meer uitstoot.
- Er moet in 2017 een kilometerheffing worden ingevoerd die zorgt voor een volumereductie van het wegverkeer met 15%. Hiervoor is een kilometertarief van circa 10 eurocent per kilometer nodig. Dit wordt aangevuld met snelhedenbeleid en modal shift beleid dat voor nog eens 10% volumereductie moet zorgen.
- De CO₂-uitstoot van vliegtuigen en zeeschepen neemt per jaar met 2% af vanaf 2020, ofwel door efficiencyverbetering ofwel door een vermindering van het aantal vlieg- en scheepvaartbewegingen. Hierdoor daalt de CO₂-uitstoot tot en met 2050 met circa 80% extra ten opzichte van het referentiep pad.
- In 2035 bestaat 45% de resterende energievraag van lucht- en zeevaart uit klimaatneutrale (bio)brandstoffen.

- Overige verkeersbronnen zoals binnenvaart, mobiele werktuigen en tweewielers worden per jaar 5% zuiniger, waarbij tweewielers maar ook mobiele werktuigen snel overschakelen op elektrische aandrijving.

In Tabel 9 staan alle aannames voor Scenario 5 nogmaals gegeven.

Tabel 9 Aannames Scenario 5: minimaal pakket voor 1,5 graden

| Aannames voor wegvoertuigen | Personen- en bestelauto's | Vrachtwagens |
|--|---------------------------|-------------------|
| Nieuw naar 0 g/km | 2018 | 2018 |
| Vloot naar 0 naar 0 g/km | 2023 | 2023 |
| Gemiddelde levensduur voertuig (jaar) | 5 | 5 |
| Volumereductie weg (combinatie van km-heffing, snelhedenbeleid en overig volumebeleid) | 2017 | -25% |
| Overige aannames | Jaar | Percentage |
| Jaarlijkse verandering lucht/zeevaart vanaf jaar | 2020 | -2% |
| Percentage duurzame brandstoffen in jaar | 2035 | 45% ^{a)} |
| 100% duurzame brandstoffen in lucht/zeevaart | 2053 | |
| Jaarlijkse verandering overige bronnen vanaf jaar | 2018 | -5% |

- a) Het hoge percentage duurzame brandstoffen van 45% betekent niet dat de beschikbare hoeveelheid aan biomassa voor duurzame biobrandstoffen wordt overschreden. In de eerste plaats daalt de energievraag al zeer sterk tot 2040 door efficiency en volumebeperking. In de tweede plaats dient de energievraag die niet kan worden ingevuld met biobrandstoffen, ingevuld te worden met duurzaam geproduceerde synthetische brandstoffen, waterstof en elektriciteit.

Het behoeft geen betoog dat de maatregelen in dit scenario zeer ingrijpend zijn. Iedereen die in de afgelopen jaren een nieuwe auto heeft gekocht mag daar vanaf volgend jaar (1 januari 2018) niet meer in rijden. Anders gezegd, iemand die eind dit jaar (2017) nog een benzine of diesel auto koopt, mag daar nog slechts vijf jaar in rijden voordat deze vervangen moet worden door een volledig emissievrije auto. Vervoersbedrijven zullen met hogere kosten geconfronteerd worden omdat ook zij hun voertuigenpark versneld zullen moeten afschrijven en vervangen door nulmissievrachtwagens. Daar bovenop komt ook nog een kostenverhoging door het invoeren van een kilometerheffing.

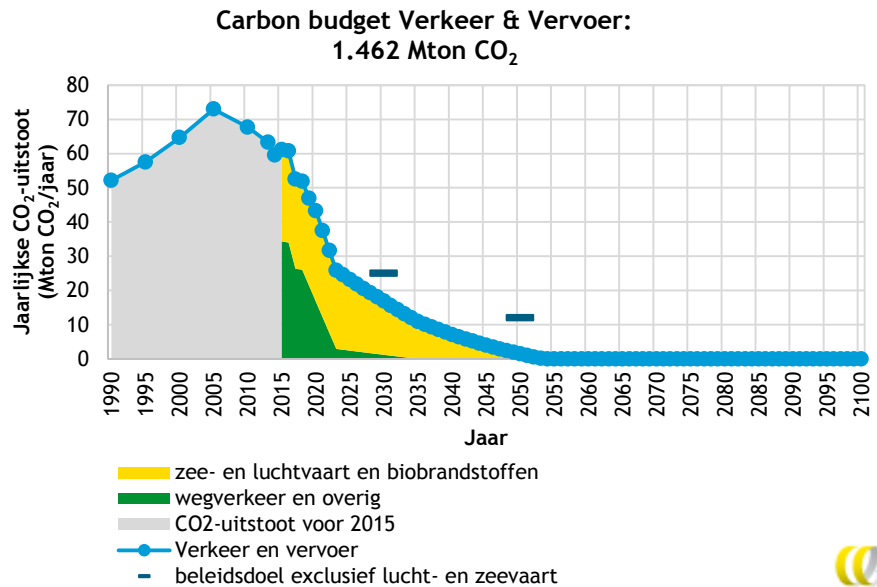
Los van de kosten van het kopen van nieuwe voertuigen door consumenten en bedrijven zal het naar verwachting zeer moeilijk worden voor voertuigfabrikanten om op zo korte termijn voldoende nulmissievoertuigen te produceren. Zeker wanneer we bedenken dat bij de productie van voertuigen ook CO₂ vrij komt.

Voor de lucht- en zeevaart sector geldt iets vergelijkbaars. De 80% reductie zal voor een groot deel door volumedaling moeten worden bereikt omdat er niet voldoende technisch potentieel is voor efficiencyverbetering. Tegelijkertijd is het de vraag of er voldoende duurzame (bio)brandstoffen geproduceerd kunnen worden om reeds in 2035 45% van de energievraag van lucht- en zeevaart te kunnen vervangen.

Figuur 18 illustreert goed hoe snel de CO₂-uitstoot in dit scenario zal dalen. En zelfs als dit lukt is er slechts tot ongeveer 2030 de tijd voordat alle CO₂-emissie van de sector tot nul moet zijn gereduceerd.



Figuur 18 CO₂-reductiepad in Scenario 5



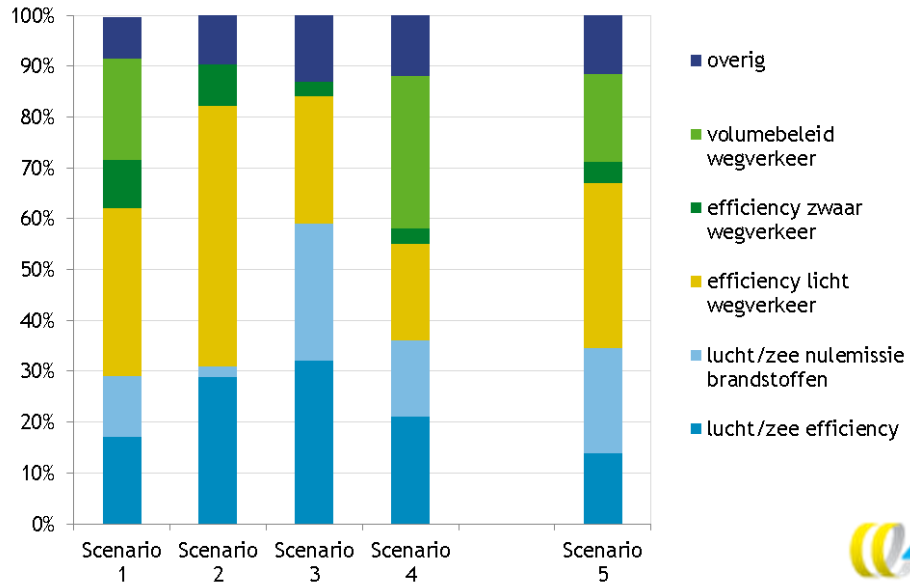
4.4 Bijdrage van afzonderlijke maatregelen aan emissiereductie

In deze paragraaf gaan we voor alle scenario's in op de afzonderlijke bijdrage van de verschillende maatregelen die nodig zijn om de 2 graden- en 1,5 gradendoelstelling te kunnen halen. Op deze manier wordt duidelijker welke doelgroepen binnen de sector mobiliteit de grootste bijdrage moeten leveren om de doelstelling te halen.

In Figuur 19 zien we de relatieve bijdrage aan de totale CO₂-emissiereductie tussen 2015 en 2050. Omdat het licht wegverkeer een groot aandeel heeft in de CO₂-emissie zal ook een groot deel van de reductie bij dit onderdeel vandaan moeten komen. Dat zien we vooral duidelijk in Scenario 1 en 2. In Scenario 4 wordt een groot deel van de emissiereductie gerealiseerd door volumebeleid bij het wegverkeer. Volumebeleid kan dus in theorie een belangrijk deel van de efficiencywinst overnemen, maar zoals reeds aangegeven in Paragraaf 4.3.4 zal daardoor autorijden wel flink duurder worden.

We zien ook in Figuur 19 dat lucht- en zeevaart een grote bijdrage (grofweg tussen de 40 en 60%) moeten leveren aan de CO₂-emissiereductie. Zoals eerdere aangegeven moeten we ons hierbij goed realiseren dat het vanwege het internationale karakter tot nu toe moeilijk is gebleken CO₂-reductie te realiseren bij deze sectoren. Echter, als de lucht- en zeevaart minder dan 40% bijdragen aan de emissiereductie dan is het niet mogelijk om de 2 graden- en 1,5 gradendoelstelling te halen.

Figuur 19 Verdeling van CO₂-emissiereductie over de maatregelen over periode 2015 t/m 2050



4.5 Resume scenario's

2 gradendoel is haalbaar maar vereist forse beleidsintensivering

De beleidsscenario's die we in dit scenario hebben uitgewerkt voor het 2 gradenscenario maken het alle vier mogelijk om de CO₂-uitstoot geleidelijk te verminderen en niet plots door het CO₂-budget heen te geraken. In alle scenario's is daarvoor een zeer forse versnelling van de CO₂-reductie nodig. In het minst ingrijpende geval voor wegverkeer moeten nog steeds alle nieuwe personen- en bestelauto's in 2035, en alle vrachtwagens in 2045 volledig emissievrij zijn. Maar dat kan alleen als de CO₂-emissie bij zee- en luchtvaart veel sneller daalt dan nu het geval is. Het is tot op heden zeer lastig gebleken om die emissies te verminderen. Als dat inderdaad moeizaam blijkt zullen de CO₂-normen voor al het wegverkeer tien jaar eerder moeten ingaan om de opwarming van 2 graden niet te overschrijden. In dat geval moet de CO₂-norm voor personen- en bestelauto's al in 2025 naar nul om het 2 gradendoel te halen. Daarnaast is er volumebeleid nodig bij het wegverkeer indien de CO₂-uitstoot bij lucht- en zeevaart vanaf circa 2025 niet snel gaat afnemen. Dit volumebeleid dient te bestaan uit een combinatie van een kilometerheffing, verlaging van de maximumsnelheid en modal shiftbeleid waardoor meer gebruik wordt gemaakt van de (elektrische) fiets en het OV. Dit modal shiftbeleid kan worden ondersteund met ruimtelijk beleid.

Benodigde beleidsinspanning voor 1,5 gradendoel

Dit hoofdstuk laat ook zien wat er nodig zou zijn om het 1,5 graden te realiseren. Nieuwe personen- en bestelauto's en vrachtwagens moeten daarvoor vanaf volgend jaar (2018) volledig CO₂-emissievrij zijn. Ook mogen alle, ook relatief nieuwe, voertuigen die nu nog rondrijden dat over vijf jaar niet meer. Daarnaast is een zeer snelle emissiereductie voor lucht- en zeevaart nodig en moet door middel van volumebeleid het verkeersvolume substantieel worden gereduceerd. De kilometerheffing die daar onderdeel van is zal dit jaar (2017) moeten worden ingevoerd. En er zal daarnaast zeer sterk moeten worden ingezet op modal shiftbeleid, waardoor OV- en fietsgebruik sterk toenemen en het autogebruik verder afneemt.

5 Bibliografie

CBS, 2016. *Transport en mobiliteit 2016*, Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).

CBS, 2016. *Verkeersprestatie personenauto's*. [Online]

Available at:

[http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=71107ned&D1=0&D2=a&D3=a&D4=0&D5=0&D6=\(l-11\)-l&VW=T](http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=71107ned&D1=0&D2=a&D3=a&D4=0&D5=0&D6=(l-11)-l&VW=T)

[Geopend oktober 2016].

CE Delft ; VU, 2014. *Externe en infrastructuurkosten, een overzicht voor Nederland in 2010*, Delft ; Amsterdam: CE Delft ; VU.

CE Delft, 2014a. *STREAM personenvervoer 2014 -Studie naar TRansportEmissies van Alle Modaliteiten : emissiekentallen 2011*, Delft: CE Delft.

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

CE Delft, 2015. *Projected biofuel consumption in the Dutch transport sector for 2020 and 2030*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2017. *STREAM Goederenvervoer 2016 versie 2*, Delft: CE Delft.

CPB ; PBL, 2015b. *Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving : Cahier Mobiliteit*, Den Haag: Centraal Planbureau (CPB) ; Planbureau voor de leefomgeving (PBL).

CPB en PBL, 2016. *Kansrijk Mobiliteitsbeleid*, Den Haag: Centraal Planbureau (CPB) Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

CPB; PBL, 2015a. *Toekomstverkenning welvaart en leefomgeving : Achtergronddocument klimaat en energie*, Den Haag: Centraal Planbureau en Planbureau voor de Leefomgeving (CPB; PBL).

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

ECN; PBL; CBS; RVO, 2015. *Nationale Energieverkenning 2015*, Petten: ECN.

ECN, 2016. *Nationale Energieverkenning 2016* , Petten: ECN.

Ecofys, 2014. *Duurzame Energie voor transport in Nederland*, Utrecht: Ecofys.

Ecofys, IIASA & E4Tech, 2016. *The land use change impact of biofuels consumed in the EU, Quantification of area and greenhouse gas impacts*, Utrecht: Ecofys.

IEA, 2009. *Transport, Energy and CO2 : Moving Toward Sustainability*, Paris: International Energy Agency (IEA).



NEa, 2015. *Rapportage hernieuwbare energie 2014 : Naleving jaarverplichting hernieuwbare energie vervoer en verplichting brandstoffen luchtverontreiniging*, Den Haag: Nederlandse Emissieautoriteit (NEa).

PBL en ECN, 2015. *Quick scan mogelijke aanvullende maatregelen emissiereductie 2020 ten behoeve van Urgenda Klimaatzaak*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

PBL, 2009. *Getting to the right lane for 2050*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

PBL, 2014. *Biomassa Wensen en grenzen, interactive*, Den Haag: PBL.

PBL, 2016a. *Wat betekent het Parijsakkoord voor het Nederlandse lange-termijn-klimaatbeleid?*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

PBL, 2016b. *Opties voor energie- en klimaatbeleid*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

SER, 2013. *Energieakkoord voor duurzame groei*, Den Haag: Sociaal Economische Raad (SER).

TNO, CE Delft & ECN, 2014. *Scenarios for energy carriers in the transport sector*, Petten: ECN.