



Planbureau voor de Leefomgeving

TOEKOMSTVERKENNING

WLO

Cahier
Mobiliteit



Colofon

Toekomstverkenning WLO 2025: Cahier Mobiliteit

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving

Den Haag, 2025

PBL-publicatienummer: 5454

Contact

Hans.Hilbers@pbl.nl

Auteurs

Hans Hilbers, Dieuwert Blomjous, Igor Davydenko, Maarten 't Hoen, Amber Nusteling, Michel Traa (allen PBL) en Jaap Oude Mulders (SWOV)

Met dank aan

Gerben Geilenkirchen, Jordy van Meerkerk, Charlotte Peeters Weem, Jan Ritsema van Eck (PBL), Dick Bakker (4Cast), Jasper van den Broek, Robert Kok (Revnext), Bart Wesseling, Dylan Mulders, Marco Kouwenhoven, Gijsbert van Eck, Wouter Kuhlman (Significance), Frits Bijleveld (SWOV)

Voor het cahier WLO 2025 Mobiliteit heeft het PBL ook dankbaar gebruikgemaakt van de input van externe deskundigen en vertegenwoordigers van departementen (zie bijlage 1).

Redactie figuren

Beeldredactie PBL

Eindredactie en productie

Eric Burgers en Uitgeverij PBL

Omslagfoto

Nienke Noorman

Toegankelijkheid

Het PBL hecht veel waarde aan de toegankelijkheid van zijn producten. Mocht u problemen ervaren bij het lezen ervan, dan kunt u contact opnemen via info@pbl.nl. Vermeld daarbij s.v.p. de naam van de publicatie en het probleem waar u tegenaan loopt.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:

PBL (2025), Toekomstverkenning WLO 2025: Cahier Mobiliteit Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

Inhoud

Voorwoord	5
Samenvatting	6
1 Inleiding	16
1.1 De toekomst van de mobiliteit in vier WLO-scenario's	16
1.2 Methode: modellen, aanpak en uitgangspunten	17
1.3 Hoe zijn de scenario's in de praktijk te gebruiken?	22
1.4 Leeswijzer	24
2 Trends in mobiliteit en achterliggende drijvende krachten	26
2.1 Historische trends mobiliteit	26
2.2 Drijvende krachten personenmobiliteit	31
2.3 Drijvende krachten goederenvervoer en zeehavens	42
2.4 Drijvende krachten luchtvaart	48
3 De scenario's voor mobiliteit	53
3.1 Inleiding	53
3.2 Hoge of lage groei	53
3.3 Snelle of vertraagde klimaattransitie	55
3.4 Trendmatig beleid versus vastgesteld beleid	58
3.5 Wat als het toch anders loopt?	60
4 Binnenlandse personenmobiliteit	61
4.1 Ontwikkeling in de drijvende krachten	61
4.2 Voertuigbezit en autokosten	73
4.3 Omvang en samenstelling van de personenmobiliteit	78
4.4 Gebruik wegennet en bereikbaarheid	86
4.5 Impact vastgesteld en trendmatig beleid	89
4.6 Gevoeligheidsanalyses en onzekerheidsverkenningen	97
4.7 Vergelijking met de vorige WLO	102
5 Goederenvervoer	105
5.1 Ontwikkeling in drijvende krachten	105
5.2 Ontwikkeling wagenpark en transportkosten	111
5.3 Ontwikkeling van vervoerd gewicht	117
5.4 Ontwikkeling van het goederenvervoer per modaliteit	122
5.5 Impact vastgesteld versus trendmatig beleid	130
5.6 Gevoeligheidsanalyses en onzekerheids-verkenningen	131
5.7 Vergelijking met de vorige WLO	135

6	Luchtvaart	137
6.1	Ontwikkeling in drijvende krachten	137
6.2	Ontwikkeling vervoersvraag	143
6.3	Ontwikkeling van het aantal vluchten	146
6.4	Drijvende krachten en ticketprijzen	147
6.5	Gevoeligheidsanalyses en onzekerheids-verkenningen	151
6.6	Vergelijking met de vorige WLO	152
7	Energiegebruik en emissies	154
7.1	Wegverkeer	154
7.2	Binnenvaart	157
7.3	Zeevaart	160
7.4	Luchtvaart	163
7.5	De modaliteiten vergeleken	166
7.6	Vergelijking met de vorige WLO	168
8	Verkeersveiligheid	169
	Referenties	172
	Bijlage 1: Dankwoord	176
	Bijlage 2: Tabellen met uitkomsten	178

Voorwoord

Een blik in de verre toekomst is vereist om beleid voor de fysieke leefomgeving te maken. Investeringsvergoedingen vergen immers niet alleen jaren van voorbereiding en uitvoering, maar ze gaan ook tientallen jaren mee. Ze hebben op de langere termijn effect op de maatschappij.

De toekomst is onzeker en daardoor is het ontwikkelen van robuust beleid niet eenvoudig. In de scenario's binnen de studies 'Welvaart en Leefomgeving' (WLO) uit 2006 en 2015 presenteerden het PBL en het CPB mogelijke toekomstbeelden, die beleidsmakers houvast gaven in het omgaan met deze onzekerheid. Sindsdien zijn er grote verschuivingen geweest, onder andere op het gebied van internationaal klimaatbeleid en geopolitieke kwesties, zoals handelsoorlogen en migratie. Nederland heeft te maken met een verscheidenheid aan maatschappelijke opgaven. Daarom is er behoefte aan een nieuwe toekomstverkenning.

In deze nieuwe studie, de WLO 2025, presenteert het Planbureau voor de Leefomgeving vier mogelijke toekomstbeelden voor Nederland. Het zijn scenario's waarin we meer dan een generatie vooruitkijken naar het Nederland van de toekomst; het Nederland waar nu aan gewerkt wordt. Met de scenario's kan worden verkend wat de maatschappelijke opgaven zijn waar de samenleving de komende decennia voor gesteld wordt, op het gebied van onder andere verstedelijking, infrastructuur en energie. De geschetste toekomstbeelden bieden ook een cijfermatige basis voor het beoordelen van beleidsvoorstellen.

De WLO 2025 bestaat uit verschillende modules. In vijf thematische cahiers komen de volgende onderwerpen aan bod:

1. Demografie
2. Economie
3. Klimaat en energie
4. Regionale ontwikkelingen en ruimtegebruik
5. Mobiliteit

Binnen de opzet van de vier scenario's werkt het PBL, met medewerking van het CPB en de SWOV, in de cahiers op een kwalitatieve en kwantitatieve manier toekomstbeelden uit voor de periode 2040-2060. In het rapport *WLO 2025: vier toekomstscenario's voor Nederland 2040-2060* gaan we in op het doel en de opzet van deze WLO en vatten we de geschetste toekomstbeelden van de vijf cahiers samen.

Voor de WLO 2025 hebben externe deskundigen en vertegenwoordigers van departementen een waardevolle inbreng gehad, waarvan het projectteam dankbaar gebruik heeft gemaakt.

Marko Hekkert
Directeur PBL

Samenvatting

Inzicht in mobiliteit tot 2060

In dit WLO-cahier over Mobiliteit beschrijven we voor vier scenario's de mogelijke ontwikkeling van de binnenlandse personenmobiliteit, het goederenvervoer en de luchtvaartmobiliteit tot 2060. In de scenariostudie Welvaart en Leefomgeving (WLO) worden vier integrale omgevingsscenario's uitgewerkt die enerzijds variëren tussen hoge en lage economische en demografische groei en anderzijds variëren tussen snelle dan wel vertraagde klimaattransitie. We werken die nader uit voor het thema mobiliteit en gaan in op vragen als: hoe kan het auto-, trein-, bus- en fietsgebruik zich in de toekomst ontwikkelen? Wat kan de structurele impact zijn van gedragsverandering en meer thuiswerken na corona op personenmobiliteit? Wat is de mogelijke impact van elektrisch rijden op de mobiliteitsontwikkeling? Wat zijn de gevolgen van de klimaattransitie voor het goederenvervoer en de luchtvaart? We bouwen daarbij voort op de andere modules in de WLO, historische trends en recente inzichten in gedragsverandering en kwantificeren de scenario's met behulp van modellen voor personenmobiliteit, goederenvervoer en luchtvaart.

In de WLO worden vier scenario's uitgewerkt: voor zowel hoge als voor lage economische, demografische groei en technologische vooruitgang een scenario met een relatief langzame internationale klimaattransitie en één met een snelle klimaattransitie. Met klimaattransitie bedoelen we de transitie naar klimaatneutraliteit. Daarnaast besteden we in dit cahier aandacht aan het belang van beleidsaannames bij toekomstverkenningen voor mobiliteit.

Hoge of lage groei

Hoge of lage groei van bevolking en economie heeft direct effect op omvang van de mobiliteit. Naarmate de bevolking en de economie harder groeien, zijn er meer mensen onderweg en worden er meer goederen vervoerd. Ook gaat de ontwikkeling van technologie sneller in de scenario's met hoge groei. Zo worden elektrische auto's dankzij geavanceerde batterijen sneller goedkoper dan benzineauto's. Vliegtuigen worden zuiniger, schoner en stiller. De mate waarin werknemers thuiswerken na corona blijft structureel hoog in de hoge scenario's. In het goederenvervoer worden goederen door productiviteitsverbetering relatief goedkoper. In de hoge scenario's is sprake van verdere groei van internationale samenwerking en van wereldhandel, wat gepaard gaat met een sterke groei van internationaal personen- en goederenvervoer.

In de scenario's met lage groei gaan al deze ontwikkelingen langzamer: er is weinig bevolkingsgroei, inkomens stijgen maar beperkt, batterijtechnologie ontwikkelt minder snel waardoor elektrische auto's iets langer duurder blijven dan benzinevoertuigen; vliegtuigen worden minder snel zuiniger. Thuiswerken neemt wat af, maar wordt nog altijd meer gedaan dan voor corona. In het goederenvervoer zorgt lagere productiviteitsontwikkeling voor relatief duurdere goederen. Ten slotte verschillen ook de geopolitieke ontwikkelingen. In de scenario's met lage groei remmen aanhoudende internationale spanningen en handelsconflicten de groei van internationale vervoersstromen, vooral tussen Europa en landen buiten Europa.

Snelle of vertraagde klimaattransitie

Europees bronbeleid en prijsstellingen voor CO₂ - en brandstoffen bepalen mede het tempo van de klimaattransitie en hebben zo invloed op de ontwikkeling van mobiliteit. De benzineprijzen zijn bij een snelle klimaattransitie hoog, vanwege verplichte bijmenging van biobrandstoffen. In combinatie met het scenario voor lage groei wordt dit effect versterkt doordat alternatieven voor fossiele brandstof maar langzaam beschikbaar komen en de prijs van emissierechten volgens het

Europese emissiehandelssysteem (EU ETS) hoog is. Verplichting van nulmissievoertuigen wordt bij een vertraagde klimaattransitie enkele jaren uitgesteld, waardoor de ingroei van elektrische voertuigen licht vertraagt. Bij een langzame klimaattransitie zijn de benzineprijzen relatief laag. Voor het goederenvervoer betekent de klimaattransitie dat fossiele door duurzame energiedragers worden vervangen. In de luchtvaart zorgt het verplichten van duurzame brandstoffen voor hogere brandstofprijzen. De aanname is dat deze verplichting strenger zal zijn binnen Europa dan in de rest van de wereld.

Trendmatig of vastgesteld beleid

Een mobiliteitsraming kan namelijk niet gemaakt worden zonder aannames over toekomstig beleid, onder andere met betrekking tot autobelastingen, infrastructuraanbod en stedelijk verkeer. In principe gaat de WLO uit van minimaal gedifferentieerd trendmatig beleid, oftewel doorgaan op de huidige voet. Maar de invulling daarvan maakt veel uit voor de ramingen. In de praktijk is gewerkt met vastgesteld beleid: alleen vastgestelde plannen worden meegenomen. Dat betekent dat we uitgegaan van het stilvallen van de doorontwikkeling van infrastructuurnetwerken na 2040 en stilstand in het stedelijk verkeersbeleid. Daarnaast stappen we de komende decennia over van fossiele brandstoffen naar elektrisch rijden. In het huidige belastingregime betekent dat een sterk afnemende belasting op autogebruik (geënt op blijvend gebruik van fossiele brandstoffen). Indien gerekend zou worden met een constant belastingniveau, een doorontwikkeling van infrastructuurnetwerken en een trendmatige voortzetting van stedelijk verkeersbeleid, ontstaat een ander toekomstbeeld met een andere mobiliteitsopgave.

De vraag is welke aannames een zo neutraal en reëel als mogelijk beeld van de mobiliteitsopgave geven. Om te laten zien wat de impact is van aannames over beleid op de uitkomsten van de scenario's hebben we op belangrijke onderwerpen minimaal gedifferentieerd trendmatig beleid verder uitgewerkt, maar maken we ook een doorrekening op basis van het huidig vastgesteld beleid.

Tabel S1 geeft een overzicht van de kernresultaten. Deze lichten we nader toe.

Grootste verschillen in uitkomsten tussen hoge en lage scenario's

Zowel de uitgangspunten in de vier scenario's als het veronderstelde beleid zijn bepalend voor de ontwikkeling van de mobiliteit. De verschillen tussen de scenario's voor lage en hoge groei zijn het grootst. In de scenario's voor hoge groei groeit de personenmobiliteit tot 2060 met 45 procent, in de lage scenario's is dat 5 tot 10 procent. Het vervoerd gewicht in het goederenvervoer stijgt met 15 tot 30 procent en het vervoersvolume van passagiers in de luchtvaart neemt toe met 40 tot 65 procent. De verschillen in trendmatig beleid en vastgesteld beleid zijn ook groot, met name voor de ontwikkeling van autokosten, files en bereikbaarheid. De impact van klimaattransitie verschilt tussen personenmobiliteit, luchtvaart en goederenvervoer. Personenmobiliteit kan goedkoper worden door elektrificatie van voertuigen, terwijl de luchtvaart juist duurder wordt door het bijmengen van duurzame brandstoffen. Voor het goederenvervoer betekent de klimaattransitie dat er andere goederen worden vervoerd, bijvoorbeeld minder kolen en olie. Goederen worden mogelijk ook op andere manieren getransporteerd, zoals door buisleidingen.

Tabel S1
Samenvattend overzicht van uitkomsten bij trendmatig beleid

	2018	2023	2040 HS	2040 HV	2040 LS	2040 LV	2060 HS	2060 HV	2060 LS	2060 LV
Personenmobiliteit										
Aantal personenauto's	100	107	130	130	111	112	154	155	108	109
Reizigerskilometers	100	93	118	118	100	104	144	145	106	110
autobestuurder	100	92	120	121	95	101	150	152	103	109
autopassagier	100	101	101	101	104	103	98	98	100	100
trein	100	85	127	127	113	112	175	175	127	127
bus, tram, metro	100	78	106	106	97	96	130	130	99	98
fiets en lopen	100	104	120	120	113	112	133	132	115	114
Voertuigkilometers hoofdwegennet	100	96	120	121	97	102	147	148	109	112
Voertuigverliesuren hoofdwegennet	100	93	161	163	83	96	268	275	90	97
Bereikbaarheid banen										
per auto	100		105	105	113	111	104	103	117	117
per openbaar vervoer	100		140	141	123	124	184	184	141	142
per fiets	100		143	143	126	127	178	178	139	141
Goederenvervoer										
Vervoerd gewicht goederen over de weg	100	96	112	112	108	105	134	135	129	122
Vervoerd gewicht goederen per spoor	100	95	117	110	104	95	170	148	124	104
Vervoerd gewicht goederen binnenvaart	100	93	104	105	94	94	122	115	96	95
Overslag Nederlandse zeehavens	100	90	103	99	95	93	141	134	110	104
Luchtvaart										
Vervoersvraag passagiers	100	90	189	192	123	132	320	332	138	154
Vervoersvolume passagiers	100	90	147	148	124	132	163	166	140	145
Vervoersvolume vracht	100	78	68	67	76	76	53	52	75	71
Vluchten	100	91	106	106	96	101	106	107	101	103
Energie en emissies										
CO₂ Wegverkeer	100	87	11	20	19	36	0	4	0	3
CO₂ Zeescheepvaart	100	95	25	50	27	55	0	40	0	26
CO₂ Binnenvaart	100	97	31	52	32	51	0	17	0	19
CO₂ Luchtvaart	100	82	73	74	59	65	0	37	0	28
Verkeersonveiligheid										
Aantal verkeersdoden	100	101	112	112	107	106	137	137	113	112
Aantal ernstig gewonden	100	109	143	143	140	138	175	175	148	145

Sterke groei bij trein, auto en fiets

De ontwikkeling van de mobiliteit verschilt sterk tussen de vervoerswijzen. Er wordt voor de personenauto een sterkere groei verwacht dan voor de autopassagier, en voor de trein een sterkere groei dan voor bus, tram en metro. We blijven op de lange termijn meer fietsen en lopen dan voor corona, mede door de blijvende gedragsverandering. De fiets wordt steeds vaker een e-bike.

Na corona meer thuiswerken en meer ommetjes

Corona heeft het thuiswerken een impuls gegeven. Er zijn sindsdien minder woon-werkverplaatsingen. Ook het zakelijk verkeer en het verkeer vanuit en naar (hoger) onderwijsinstellingen zijn lager dan voor corona. Deze ontwikkeling is het sterkst onder fulltime-werkenden, hoogopgeleiden en openbaarvervoerreizigers. Alhoewel het onzeker is in welke mate, thuiswerken blijft naar verwachting op een hoger niveau dan voor corona en dat remt de groei van de mobiliteit. In de scenario's worden de weggevallen verplaatsingen grotendeels gecompenseerd met sociaal-recreatieve verplaatsingen en extra winkelbezoek, opvallend vaak te voet (toeren/wandelen).

De ruimtelijke verschillen in mobiliteitsgedrag nemen toe

De sterke bevolkingsgroei in de steden leidt tot dichtheden die een versterkt stedelijk verkeersbeleid logisch maken. Autobezit en het autogebruik nemen minder toe en er wordt er meer gebruik gemaakt van de fiets en het openbaar vervoer. Groei van het autogebruik vindt vooral plaats buiten de steden. Tegelijkertijd zorgt die sterke bevolkingsgroei ervoor dat, ondanks deze verschillen in mobiliteitsgedrag, de mobiliteit in de steden in de scenario's blijft groeien. De concretisering van versterkt stedelijk verkeersbeleid wordt een belangrijke beleidsopgave.

Aanbod regionaal openbaar vervoer kan onder druk komen te staan

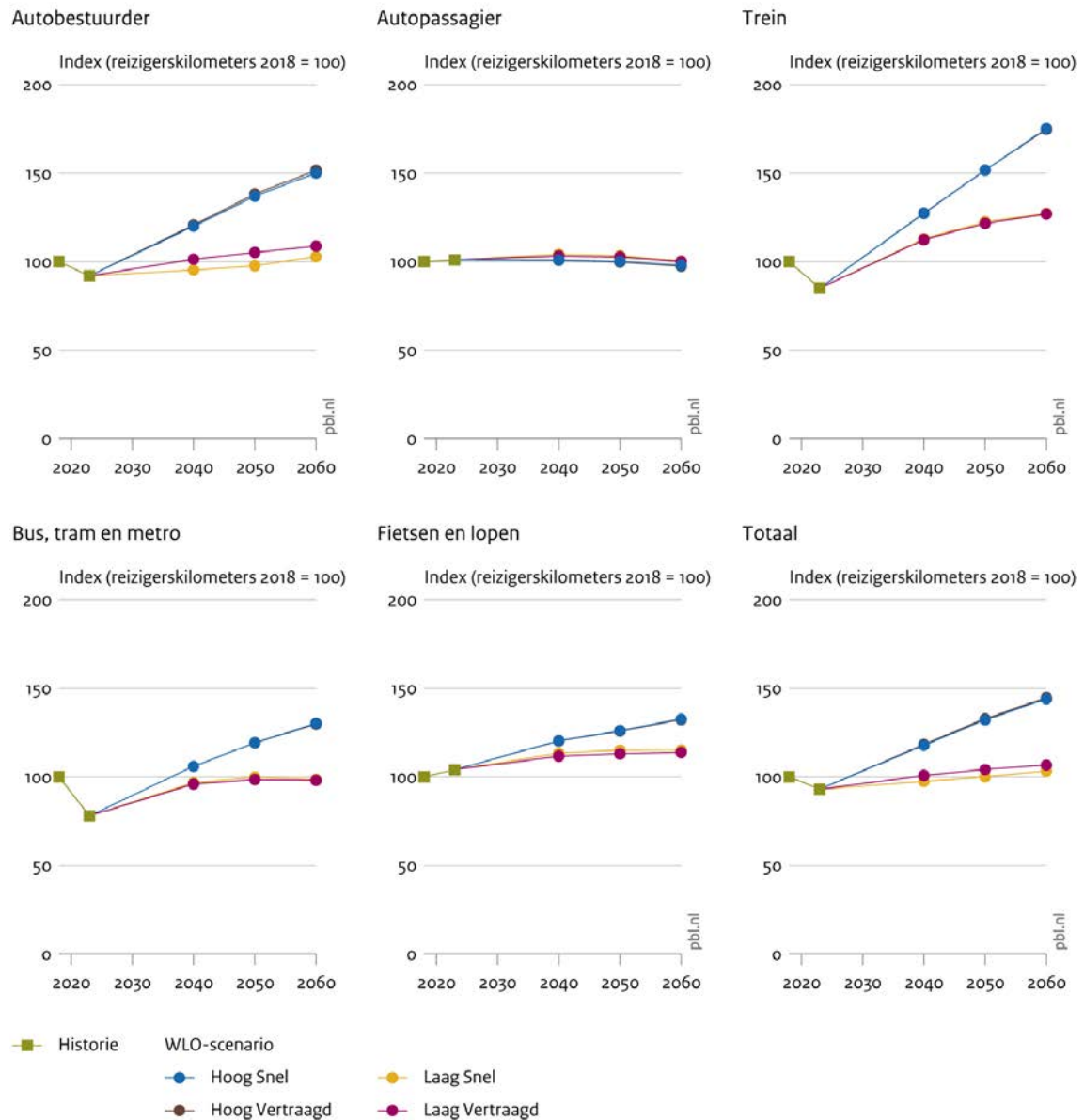
Door de combinatie van lagere bevolkingsgroei, een dalend aandeel jongeren, een verder toenemend e-bike-bezit en een toenemend autobezit is het goed mogelijk dat het gebruik van bussen in landelijke gemeenten het niveau van vóór corona niet meer bereikt. Als minder gebruik wordt vertaald in vermindering van het aanbod kan dat tot een negatieve feedbackloop leiden: vermindering van het aanbod versterkt de afname van het gebruik waardoor een verdere versoering van het aanbod dreigt.

Personenautopark wordt elektrisch en dat kan effect hebben op de autokosten

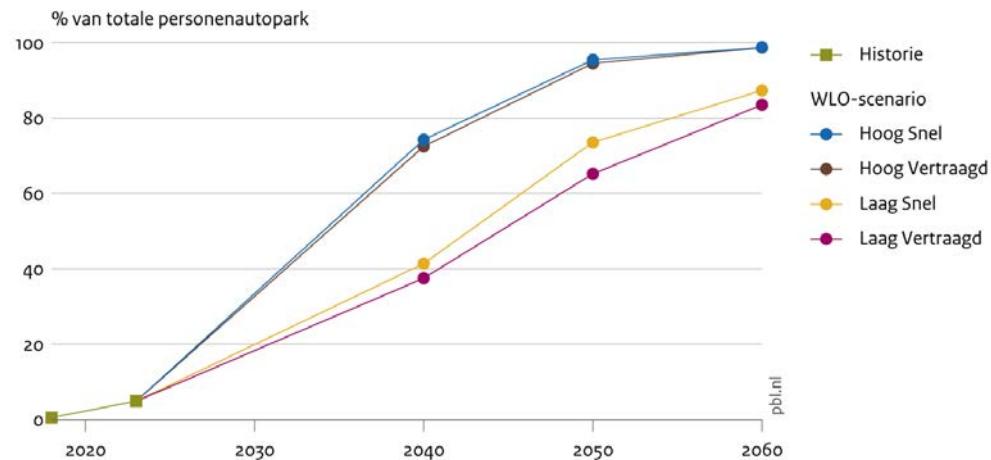
In de scenario's voor hoge groei groeit het aantal personenauto's sterk, tot 13 miljoen. Dit komt door de combinatie van bevolkingsgroei en toenemend autobezit. In de scenario's voor lage groei blijft het aantal personenauto's rond het huidige niveau. In 2060 is het merendeel van de personenauto's batterij-elektrisch. Bij de Hoge scenario's gebeurt de overgang naar elektrisch rijden tussen nu en 2040, maar in de Lage scenario's komt die langzamer op gang. Dat maakt de onzekerheid over het aandeel batterij-elektrische auto's in 2040 groot. Het verschil tussen Hoog en Laag (met onder andere een verschil in snelheid van de technologische ontwikkeling) is hier belangrijker dan het verschil tussen een snelle en een langzame klimaattransitie.

De overgang naar elektrisch rijden werkt door in de kosten van autogebruik. Met het huidige belastingregime (conform vastgesteld beleid) wordt autorijden in 2040 0 tot 40 procent goedkoper en in 2060 30 tot 60 procent goedkoper. Als uitgegaan wordt van een constant belastingniveau (conform trendmatig beleid), blijven de autokosten schommelen rond het huidige niveau.

Figuur S1
Mobiliteit op werkdagen naar vervoerswijze



Bron: CBS, PBL/qcast

Figuur S2**Aandeel batterij-elektrische personenauto's**

Bron: PBL/Revnext

Trendmatig beleid versterkt groei treingebruik en heeft grote invloed op omvang congestie

Trendmatige uitbreiding van het treinaanbod, trendmatig stedelijk verkeersbeleid en instandhouding van het huidige niveau van autobelastingen versterken de groei van het treingebruik. Meer treingebruik leidt tot uitbreiding van het aanbod, en uitbreiding van het aanbod leidt tot meer treingebruik.

Tabel S2**Uitkomsten personenmobiliteit bij trendmatig beleid en vastgesteld beleid**

	2040 HS Vast	2040 HS Trend	2040 LV Vast	2040 LV Trend	2060 HS Vast	2060 HS Trend	2060 LV Vast	2060 LV Trend
Autopark	132	130	112	112	156	155	111	109
Reizigerskilometers	125	118	107	104	141	145	116	110
autobestuurder	135	120	109	101	153	152	125	109
autopassagier	95	101	101	103	87	98	93	100
trein	122	127	109	112	157	175	112	127
bus, tram, metro	104	106	95	96	127	130	95	98
fiets en lopen	113	120	107	112	122	132	103	114
Voertuigverliesuren hoofdwegennet	243	161	119	96	476	275	193	97
Bereikbaarheid banen								
per auto	94	105	105	111	85	103	97	117
per openbaar vervoer	136	140	120	124	160	184	124	142
per fiets	133	143	119	127	156	178	123	141

De congestie op autowegen wordt geremd door een hoog niveau van thuiswerken in de scenario's. Maar ook gelijkblijvende niveau van autobelastingen en een, vanaf 2040, trendmatige uitbreiding van het hoofdwegennet hebben een groot effect op de congestie. Bij trendmatig beleid blijft in de lage scenario's de voertuigverliesuren op het huidige niveau en in de scenario's met hoge groei is er een toename van 60 procent in 2040 en 168 procent in 2060. Bij vastgesteld beleid is er ook in de scenario's met lage groei een toename en zou in 2060 bijna een vervijfvoudiging optreden. 1 procent meer autoverkeer betekent bij een gelijkblijvende wegcapaciteit gemiddeld 3 procent meer voertuigverliesuren, maar de extra files remmen ook weer de groei van het autoverkeer. Deze feedbackloop zorgt ervoor dat de groei van het autoverkeer in de scenario's met hoge groei in 2060 nauwelijks verschilt tussen trendmatig en vastgesteld beleid.

Aannames over beleid doen ertoe

De resultaten laten zien dat het veel uitmaakt of er gerekend wordt met huidig vaststaand beleid of met trendmatig doorgetrokken beleid. Dat geldt bijvoorbeeld voor beleidsaannames over het niveau van autobelastingen, infraprojecten en stedelijk verkeersbeleid. Het is niet aan het PBL om voor te schrijven van welk beleid uitgegaan moet worden, maar wel om er op te wijzen hoe belangrijk het is dat gebruikers van de WLO expliciet zijn over welk beleid in de mobiliteitsraming verondersteld wordt, gezien de impact hiervan.

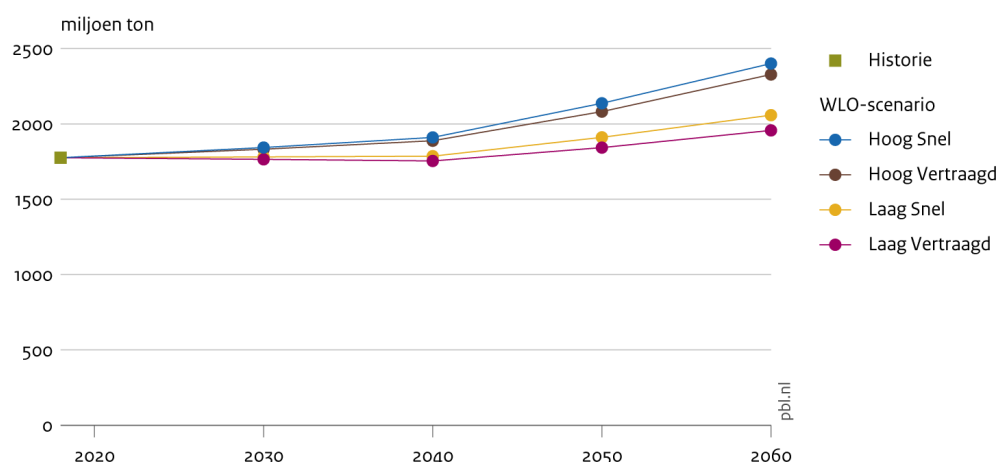
Beperkte groei goederenvervoer en zeevaart

Waar in het verleden lange tijd de wereldhandel sneller groeide dan de wereldeconomie, is dit in de afgelopen vijftien jaar niet meer zichtbaar en wordt ook niet verwacht dat dit in de toekomst wel gebeurt. Dit proces en het wegvallen van het vervoer van fossiele energiedragers als gevolg van de energietransitie leiden tot een lagere groei dan voorheen van de zeevaart, de binnenvaart en het goederenvervoer per spoor.

Desondanks is in de scenario's met een hoge groei wel sprake van groei. Of door de afbouw van fossiele brandstoffen en de opkomst van nieuwe energiedragers zoals waterstof en ammoniak een grotere rol voor buisleidingen is weggelegd als transportmodaliteit, is onzeker.

Figuur S3

Vervoerd gewicht zeezijdig en landzijdig transport



Bron: PBL/Significance

In scenario's met een lage economische groei komt een deel van de productie vanuit het buitenland terug naar Nederland. Dit zorgt voor extra binnenlandse transportvolumes, waardoor er relatief minder variatie is in de uitkomsten tussen scenario's met een hoge en een lage groei. In de scenario's met een lage groei kan dit een afname voor de binnenvaart en het spoor betekenen, terwijl het vrachtvervoer over de weg groeit.

Groei luchtvaart hangt samen met capaciteitsbeleid

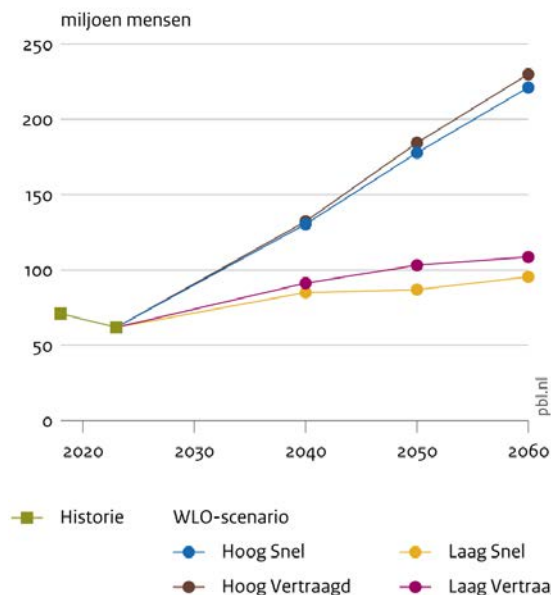
In de scenario's met een lage groei wordt een beperkte groei van de luchtvaart geraamd. De klimaattransitie zal vliegen duurder maken door het gebruik van duurzame brandstoffen en de extra kosten van CO₂-uitstoot. Duurdere vliegtickets zullen de groei van de luchtvaart remmen. Bij de scenario's met een hoge groei wordt door bevolkingsgroei en inkomensgroei een duidelijke toename van de vervoersvraag verwacht. Zonder capaciteitsrestricties zou het aantal passagiers op Schiphol tot 2060 kunnen verviervoudigen. Dan zal het capaciteitsbeleid een bepalende factor zijn voor de omvang van de luchtvaart: hoeveel vluchten kunnen en mogen er in de toekomst binnen de toegestane milieuruimte maximaal afgehandeld worden? Grotere vliegtuigen kunnen worden gebruikt om binnen de restricties van het maximaal aantal vluchten aan een groter deel van de vraag te voldoen.

Opvallend is dat het vervoersvolume vracht in de scenario's met een hoge groei daalt. Bij schaarse capaciteit drukken passagiersvluchten het vrachtvervoer weg. In de lage scenario's blijft het vrachtvolume ongeveer gelijk.

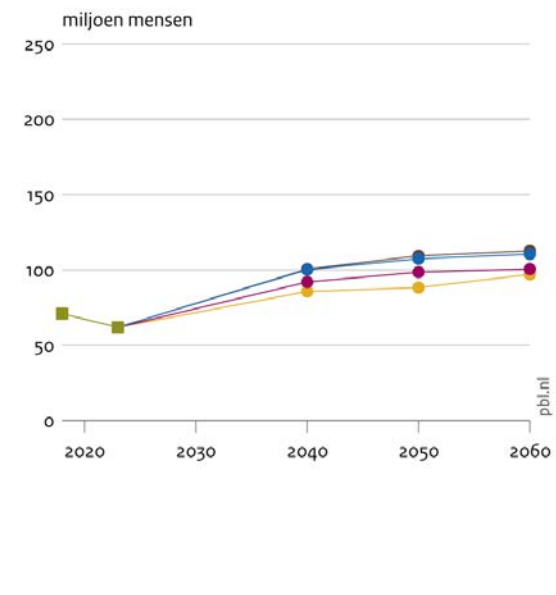
Figuur S4

Aantal passagiers Schiphol

Zonder luchthavenrestricties



Met luchthavenrestricties



Bron: PBL/Significance

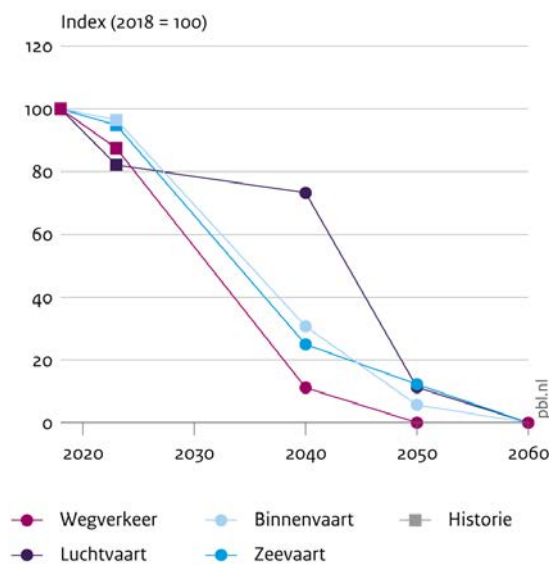
Emissies wegverkeer eerder omlaag dan emissies lucht- en scheepvaart

De klimaattransitie verloopt in alle scenario's sneller voor het wegverkeer dan voor de luchtvaart en scheepvaart. Door de verschoning en elektrificatie van het wagenpark nemen de CO₂-emissies voor wegverkeer in elk scenario sterk af, naar (bijna) nul in 2060. In de scenario's met een snelle klimaattransitie hebben scheepvaart en luchtvaart geen directe CO₂-emissies meer door volledige bijmenging van biobrandstoffen. In de scenario's met een vertraagde klimaattransitie blijft een restemissie bestaan (voor scheepvaart zo'n 15 tot 20 procent van het niveau in 2018).

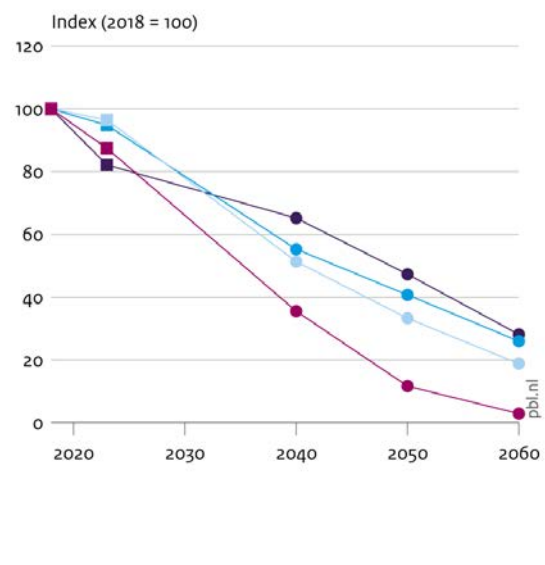
Figuur S6

CO₂-emissie per modaliteit

WLO-scenario Hoog Snel



WLO-scenario Laag Vertraagd



Bron: Emissieregistratie, PBL/Revnext, PBL/Significance

Ook de emissies van stikstofoxiden (NO_x) en fijnstof (PM_{2.5}) dalen in alle WLO-scenario's, door schone voertuigtechnologie en elektrisch rijden. Bij wegverkeer neemt de uitstoot van fijnstof minder sterk af dan die van NO_x vanwege bandenslijtage van elektrische voertuigen.

Impact klimaattransitie verschilt tussen personenmobiliteit, goederenvervoer en luchtvaart

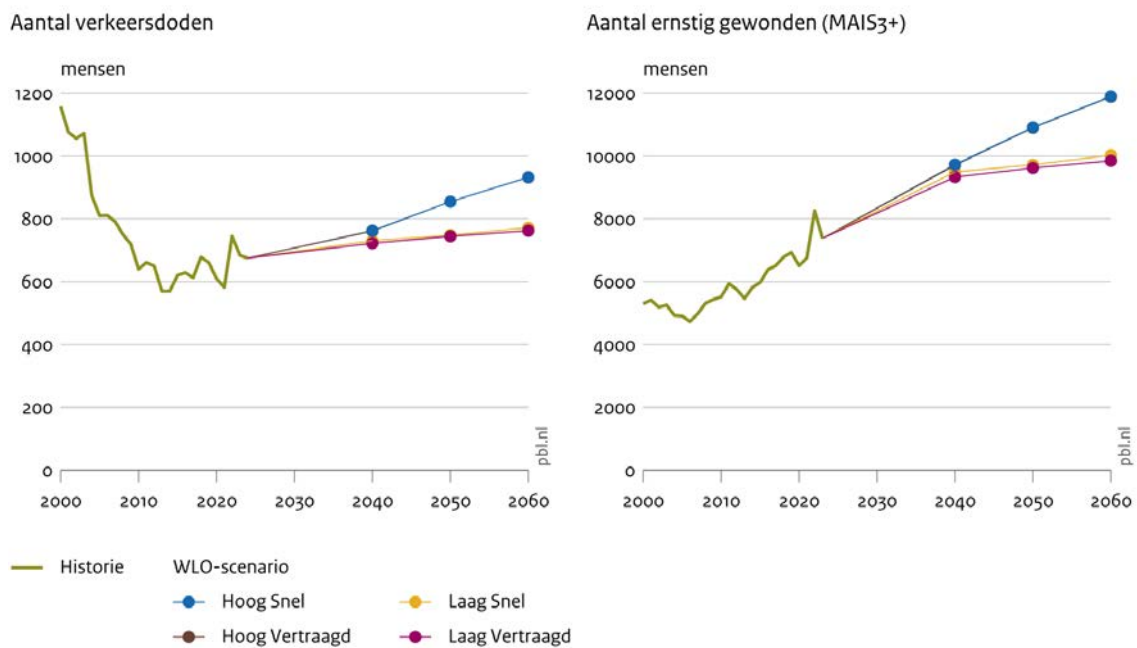
Gevolgen van de klimaattransitie voor binnenlandse personenmobiliteit, goederenvervoer en luchtvaart verschillen per scenario. Bij binnenlandse personenmobiliteit betekent de elektrificatie van het wegverkeer dat de accijnsinkomsten van benzine en diesel wegvallen in het huidige belastingregime. Hierdoor zou autorijden duidelijk goedkoper kunnen worden, en dat zou het volume van het autogebruik duidelijk kunnen verhogen. Bij trendmatig beleid is dit effect weg, omdat de gemiddelde belasting op autorijden per auto en per kilometer gelijk blijft. Bij het goederenvervoer heeft het wegvallen van het vervoer van fossiele energiedragers (kolen en olie) behoorlijke gevolgen, met name voor scheepvaart en spoorvervoer. Dit kan worden gecompenseerd door meer vervoer van duurzame energiedragers, die een lagere energiedichtheid hebben. Duurzame energiedragers kunnen echter ook door elektriciteitsleidingen of pijpleidingen worden vervoerd. In de luchtvaart houdt de klimaattransitie vooral in dat duurdere duurzame brandstoffen worden gebruikt, waardoor ticketprijzen stijgen en de groei van de vraag wordt geremd.

De impact van de klimaattransitie is het sterkst in het scenario Laag Snel, waarin ondanks matige economische en technologische ontwikkeling toch een snelle transitie moet worden gerealiseerd. Dit leidt tot hoge kosten en hoge CO₂-prijzen. In de andere scenario's wordt een snelle transitie ondersteund door een voorspoedige economische en technologische ontwikkeling of verloopt de klimaattransitie langzamer.

Meer verkeersslachtoffers onder ouderen en fietsers, effect automatisch rijden onzeker

De aantallen verkeersdoden en met name ernstig verkeersgewonden stijgen tot en na 2040, vooral onder fietsers en ouderen. In 2040 ligt het verwachte aantal verkeersdoden tussen de 720 en 760; daarna stijgt het verder. Aantallen verkeersdoden en -gewonden onder fietsers stijgen sterk, in ongevallen met en zonder betrokkenheid van een motorvoertuig. In 2040 worden tegen de 10.000 ernstig verkeersgewonden verwacht. Ook na 2040 zal het aantal verkeersgewonden blijven stijgen. Het aantal verkeersslachtoffers neemt sterk toe onder ouderen, vooral doordat Nederland vergrijsd en meer ouderen actief blijven. Ontwikkelingen rond automatisch rijden hebben mogelijk een gunstig effect op de verkeersveiligheid, maar zijn afhankelijk van beleidskeuzes. De effecten op het verkeersvolume zijn te onzeker en zijn daarom meegenomen in de onzekerheidsverkenning.

Figuur S5
Verkeersonveiligheid



Bron: SWOV

1 Inleiding

1.1 De toekomst van de mobiliteit in vier WLO-scenario's

Het WLO-cahier Mobiliteit is gewijd aan de toekomstige ontwikkeling van de binnenlandse personenmobiliteit, het goederenvervoer en de luchtvaart in de vier verschillende WLO-scenario's. Deze scenario's zelf zijn kort toegelicht in onderstaand kader. Voor deze scenario's gaan we op basis van modelberekeningen in op de te verwachten ontwikkeling van de mobiliteit: de binnenlandse personenmobiliteit (met onderscheid naar autobestuurder, autopassagier, trein, bus/tram/metro, fiets en lopen), het goederenvervoer (zeescheepvaart, binnenvaart, spoorvervoer, vrachtverkeer) bestelautoverkeer en de luchtvaart. We besteden ook aandacht aan een aantal effecten van de mobiliteit zoals energiegebruik, emissie van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen (stikstofoxiden en fijnstof) en verkeersveiligheid. Verder brengen we in beeld hoe het aantal bereikbare banen verandert per auto, openbaar vervoer en fiets; hoe de verkeersdruk op het hoofdwegennet en het onderliggend wegennet zich kan ontwikkelen; en wat dit betekent voor het aantal voertuigverliesuren op het hoofdwegennet. De voor de scenario-uitkomsten meest significante factoren worden nader toegelicht.

Over de WLO: vier toekomstscenario's voor 2040, 2050 en 2060

Wat komt er de komende decennia op Nederland af; hoe zullen de bevolking en economie zich ontwikkelen, hoe gaat het verder met de klimaattransitie, wat zijn de ruimtelijke gevolgen voor de verschillende regio's, en voor verkeer en mobiliteit? Dit zijn belangrijke vragen voor beleidsmakers die keuzes en plannen moeten maken op het gebied van verstedelijking, infrastructuur en mobiliteit. Beslissingen die nu genomen worden, bepalen immers talloze investeringen voor de toekomst; investeringen die ook na tientallen jaren nog effect hebben op de samenleving en leefomgeving. Hoe passen de investeringen die nu worden gedaan in de wereld van dan?

Om die onzekere toekomst goed te kunnen doordenken, maken we meerdere scenario's. Scenario's kunnen helpen om beter voorbereid te zijn op de toekomst of, beter gezegd, op verschillende mogelijke toekomsten.

In deze 'WLO' werken we vier toekomstscenario's uit:

- Hoog Snel: Hoge groei met een relatief snelle internationale klimaattransitie
- Hoog Vertraagd: Hoge groei met een vertraagde internationale klimaattransitie
- Laag Snel: Lage groei met een relatief snelle internationale klimaattransitie
- Laag Vertraagd: Lage groei met een relatief langzame internationale klimaattransitie.

Deze scenario's zijn gebaseerd op twee 'assen': een as langs economische en demografische groei, en een as langs de ontwikkeling van de klimaattransitie (zie figuur 1.1). De groei varieert van een relatief sterke economische groei wereldwijd met een relatief sterke bevolkingsaanwas in Nederland en Europa (Hoog) tot een gematigde economische groei wereldwijd met een beperkte demografische ontwikkeling in Nederland en Europa (Laag). In de scenario's met een snelle transitie slaagt de internationale gemeenschap erin om de CO₂-uitstoot relatief snel naar beneden te brengen, passend bij het doel om de temperatuurstijging deze eeuw onder de twee graden te

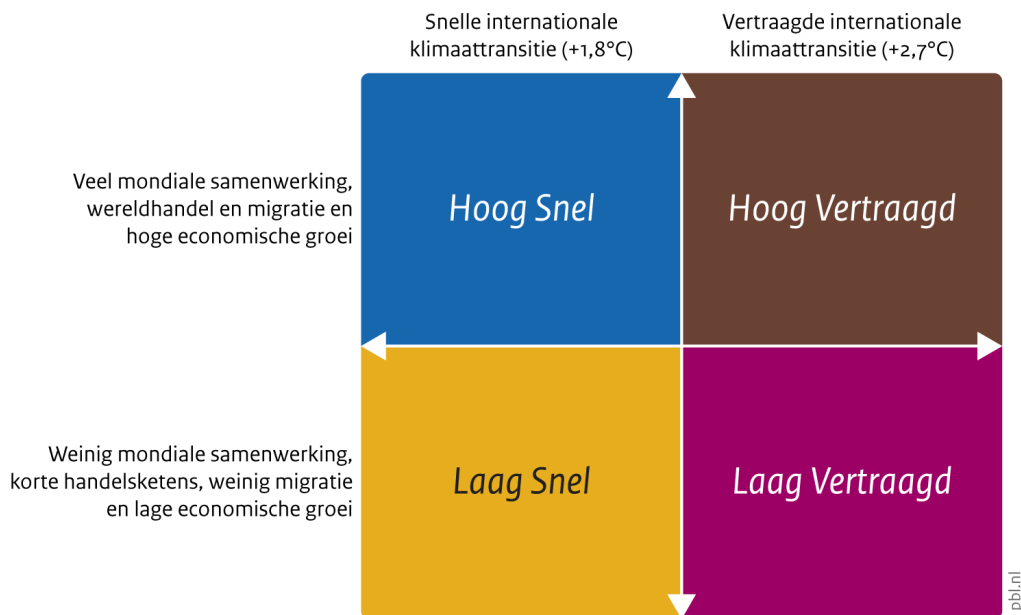
houden; in de scenario's met een vertraagde klimaattransitie gaat de CO₂-uitstoot langzamer naar beneden.

De vier scenario's omspannen een aantal mogelijke ontwikkelingen: ze vormen een bandbreedte waarbinnen de toekomst zich met enige aannemelijkheid zal afspelen. In de scenario's is geen rekening gehouden met grote schokken, die bijvoorbeeld teweeg kunnen worden gebracht door nieuwe pandemieën, het snel stilvallen van de Warme Golfstroom (AMOC) of verder escalerende geopolitieke spanningen.

Aan de hand van de scenario's kunnen de effecten van beleidsopties of maatregelen onderzocht worden. Zo kunnen de WLO-scenario's als een basis dienen om de effecten van nieuw beleid te toetsen, bijvoorbeeld met een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA). De WLO-scenario's worden ook gebruikt voor diverse toekomstverkenningen van het PBL en het CPB, en de Integrale Mobiliteitsanalyse van IenW.

Figuur 1.1

De vier scenario's van de Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving (WLO)



Bron: PBL

1.2 Methode: modellen, aanpak en uitgangspunten

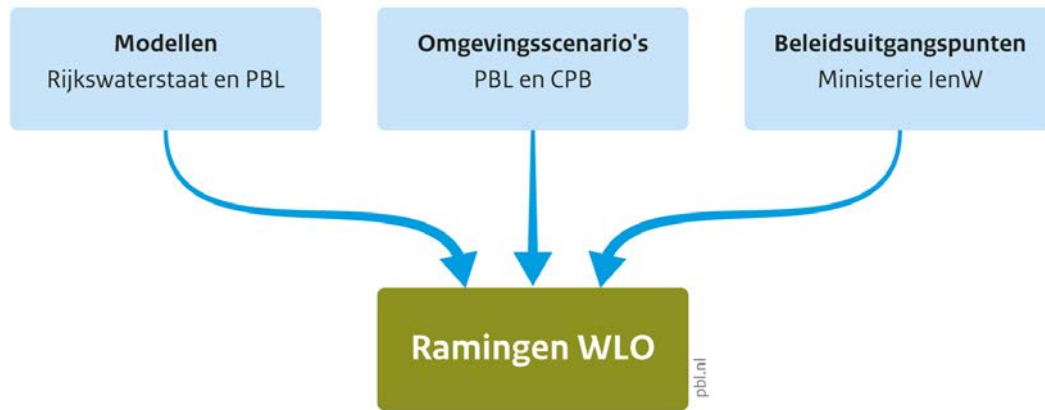
De ramingen voor mobiliteit in 2040, 2050 en 2060 van de WLO komen voort uit de combinatie van drie componenten: omgevingsscenario's (zoals als de groei van de bevolking, economie, technologie en internationaal klimaatbeleid), gehanteerde beleidsuitgangspunten (als ov-tarieven, autobelastingen en infrastructuurontwikkeling) en de modellen (zie figuur 1.2).

Voor de uitwerking en kwantificering van de scenario's hebben we diverse mobiliteitsmodellen gebruikt. We leggen uit welke dit zijn en wat voor informatie ze leveren. Bij de uitwerking hebben

we bovendien een aantal uitgangspunten gekozen, die we hieronder toelichten. Ook gaan we in op belangrijke verschillen tussen de WLO 2015 en de nieuwe scenariostudie. De omgevingsscenario's en beleidsuitgangspunten beschrijven we in hoofdstuk 3.

Figuur 1.2

Bepalende componenten voor WLO-scenario-uitkomsten



Bron: PBL

1.2.1 Modellen

De toekomstige ontwikkeling van de mobiliteit is met verschillende modellen gekwantificeerd. Deze resulterende scenario's zijn consistent met de algemene verhaallijnen van de WLO-scenario's en met de uitwerking in de andere WLO-cahiers, zoals Demografie, Economie, Regio en Energie & Klimaat (PBL 2025a/b/c/d/e, PBL en CPB 2025). De data in andere cahiers zijn input voor de mobiliteitsmodellen (zie figuur 1.3). In de achtergrondrapportages is de toepassing van deze modellen verder toegelicht.

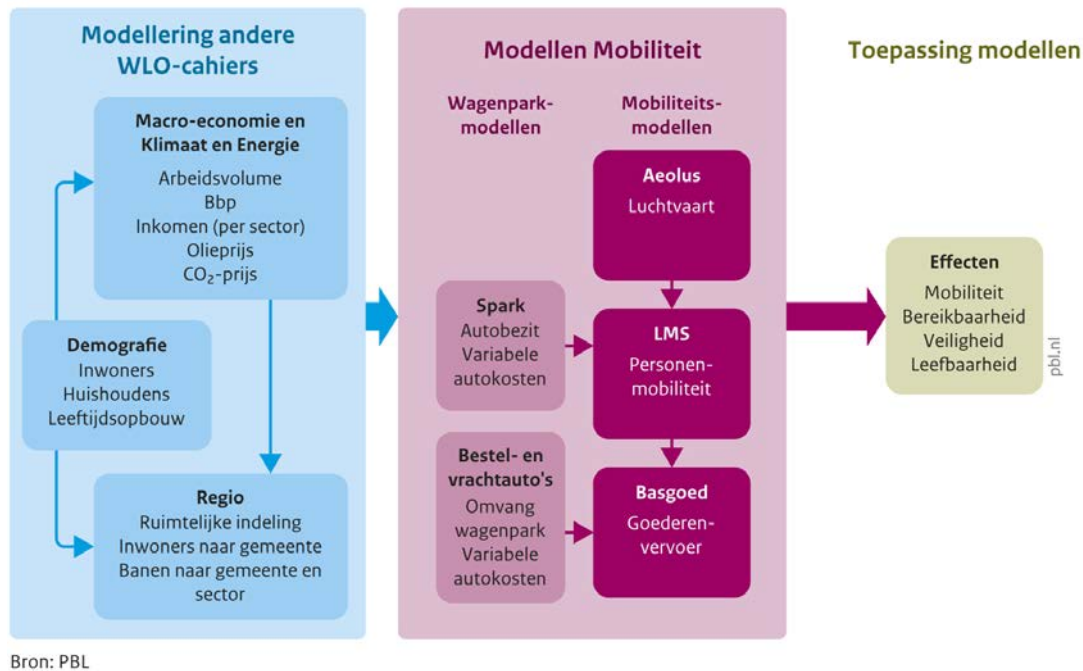
Personenmobiliteit

De ontwikkeling van autobezit en de samenstelling van het personenautopark is geraamd met SPARK (PBL 2025g). Dit model is recent ontwikkeld door *Significance* in opdracht van Rijkswaterstaat en het PBL. Voor de WLO van 2025 is modelversie 1.11.0 gebruikt; deze versie bevat een aanscherping van versie 1.10.0 voor de dynamiek in het autopark in de latere zichtjaren (na 2035).

Met het Landelijk Model Systeem (LMS) van Rijkswaterstaat en ProRail zijn de ontwikkelingen van personenmobiliteit geraamd (RWS 2024). De invoerbestanden van het LMS zijn in de basis overgenomen van de Referentieprognoses 2024 (met het basisjaar 2018) en we hebben gerekend met LMS Groeimodel versie 6. Het LMS raamt het mobiliteitsgedrag van personen (alle leeftijden, inclusief kinderen) met het groeimodel, en rapporteert dit met de module 'SES'.

Figuur 1.3

Methodologie in WLO-cahier Mobiliteit



Deze cijfers zijn gebruikt voor het beschrijven van het mobiliteitsgedrag (autobestuurder, autopassagier, trein, bus/tram/metro, en fietsen en lopen). Verplaatsingen met motor- of bromfiets zijn buiten beschouwing gelaten, behalve voor verkeersveiligheid. De personenautoverplaatsingen zijn met de bestelauto- en vrachtautoverplaatsingen toegedeeld op het wegennet om het gebruik en de voertuigverliesuren op het hoofdwegennet te ramen¹.

Het aantal bereikbare banen is gebaseerd op LMS-resultaten. De banenbereikbaarheid wordt vanuit de woonlocaties afgewaardeerd door middel van een vervalfunctie op basis van reistijden: naarmate de reistijden naar banen toenemen, des te lager de bereikbaarheid van deze banen. Deze vervalfunctie is geschat op basis van verplaatsingen uit het OVIn (Onderzoek Verplaatsingen in Nederland van het CBS).

De verwachte ontwikkeling van het opleidingsniveau, rijbewijsbezit, e-bikebezit, veranderende ruimtelijke ontwikkeling autobezit en thuiswerken zijn uitgewerkt op basis van CBS-statistieken. Meer hierover in het achtergronddocument.

Goederenvervoer

Het BasGoed-model heeft het economisch beeld inclusief de sectorontwikkeling vertaald in goederenstromen naar goederensoort en naar modaliteit (zeescheepvaart, binnenvaart,

¹ Ook de openbaarvervoerplaatsingen kunnen na combinatie met een basismatrix worden toegedeeld op het openbaarvervoernetwerk om te checken of de reizigers aantallen passen in de capaciteit van afzonderlijke ov-diensten, maar dat is nog niet in het kader van de WLO gedaan. Wel is gecheckt of de geraamde ontwikkeling van het ov-gebruik betekenisvol wijzigt als de uitkomsten van het groeimodel worden toegepast op de basismatrix. Dat bleek niet zo te zijn.

spoorvervoer en wegvervoer). Het wegvervoer is nader onderverdeeld naar vervoer per vrachtauto en per bestelauto. Dit is aangevuld met een raming van het overige bestelautoverkeer (bouw- en service). Er is gebruik gemaakt van modelversie 6.1.1 met basisjaar 2018. De samenstelling van het vrachtauto- en bestelautopark is berekend met het vrachtauto- en bestelautoparkmodel van Revnext.

Luchtvaart

Het luchtvaartmodel Aeolus is gebruikt voor de raming van het aantal passagiers, goederenvervoer en aantal vluchten van, naar en via Nederland. Er is gebruik gemaakt van modelversie 6.4.0, met basisjaar 2023. In deze versie zijn onder andere de keuze-elasticiteiten geüpdatet (prijsgevoeligheid en inkomensgevoeligheid van reizigers). Daarnaast is een nieuw type reiziger toegevoegd: naast zakelijke en niet-zakelijke reizigers wordt nu ook de groep VFR-reizigers (Visiting Friends and Relatives, oftewel vrienden en familieleden bezoeken) meegenomen². Door de aanpassingen in de nieuwe modelversie is de prijsgevoeligheid lager en de inkomenselasticiteit van de gemiddelde reiziger hoger dan in de vorige versie. Dit betekent dat prijsverhogingen een iets kleiner effect hebben op het aantal reizigers, terwijl veranderingen in het inkomen een iets groter effect hebben. Het achtergronddocument bevat meer details over de prijs- en inkomensgevoeligheid in de gebruikte versie van AEOLUS.

1.2.2 Aanpak en uitgangspunten

In vergelijking met de WLO 2015 zijn er vele overeenkomsten maar ook een aantal verschillen. De zichtjaren zijn tien jaar opgeschoven: we kijken nu naar 2040 en 2060 in plaats van 2030 en 2050. In de tweede plaats zijn er nu vier scenario's uitgewerkt in plaats van twee: naast hoge en lage groei onderscheiden we een snelle en een vertraagde klimaattransitie. In plaats van alleen uit te gaan van vastgesteld beleid hebben we ten derde het in vorige WLO's gehanteerde begrip trendmatig beleid verder uitgewerkt, en dan vooral in het kader van binnenlandse personenmobiliteit (autobelastingen, infrastructuurnetwerken, openbaarvervoeraanbod en stedelijk verkeersbeleid). Ook besteden we extra aandacht aan de toenemende ruimtelijke verschillen in mobiliteitsgedrag. Tot slot zijn in de nieuwe scenario's de blijvende effecten van de coronapandemie op mobiliteitsgedrag verwerkt. In dit cahier zijn ook vergelijkingen opgenomen tussen uitkomsten van de nieuwe en de vorige WLO.

Aanvullende analyse onzekerheden

Scenario's brengen de gevolgen van onzekerheden in beeld maar niet alle onzekerheden landen in de scenario's. Dat hoeft ook niet. Het gaat er uiteindelijk om dat scenario's een bruikbare basis vormen voor beleids- en besluitvorming. Van sommige onzekerheden is onduidelijk of ze optreden en in hoeverre ze doorwerken. Ook kan een onzekerheid de bandbreedte te groot of te klein maken waardoor scenario's minder bruikbaar worden. Om te kunnen bepalen of een onzekerheid veel impact kan hebben, is een beperkt aantal aanvullende onzekerheidsverkenningen en gevoeligheidsanalyses opgenomen. Ze maken zichtbaar wat er kan gebeuren als sommige dingen anders lopen.

² In de eerdere versies van het Aeolus-model vielen VFR-reizigers onder de categorie niet-zakelijke reizigers. In deze versie van Aeolus is de categorie niet-zakelijke reizigers opgesplitst in vakantie-reizigers en VFR-reizigers.

Basisjaar 2018, 2023 als tussenjaar

In de andere cahiers geldt 2020 of 2021 als basisjaar, maar voor mobiliteit is dat door de lockdowns vanwege corona geen representatief jaar: in dat jaar was het gebruik van openbaar vervoer en luchtvaart tot meer dan de helft lager dan voor corona en ook veel lager dan na corona. In de gebruikte modellen voor personenmobiliteit en goederenvervoer geldt 2018 als basisjaar, in het luchtvaartmodel 2023. We gebruiken in dit cahier 2018 als basisjaar en presenteren waar dat kan 2023 als tussenjaar. Voor luchtvaart is 2023 het basisjaar.

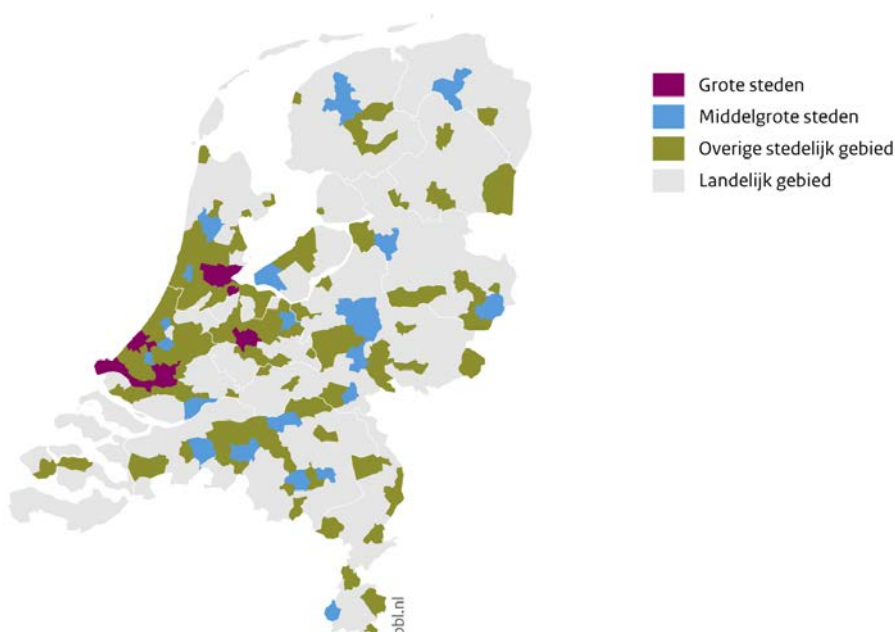
Onderscheid naar vier gebiedstypen

We zien toenemende ruimtelijke verschillen in mobiliteitsgedrag. Om deze inzichtelijk te maken, brengen we gemeenten onder in vier gebiedstypen (zie figuur 1.4):

- de vier grote steden: Amsterdam, Den Haag, Rotterdam en Utrecht;
- 21 middelgrote steden³ (de overige gemeenten van de 25 woonplaatsen met het hoogste aantal inwoners);
- overig stedelijk gebied (gemeenten buiten de grote en middelgrote steden, matig tot zeer sterk stedelijk);
- landelijk gebied (gemeenten buiten de grote en middelgrote steden, weinig of niet stedelijk).

Figuur 1.4

Gebiedstypologie op basis van gemeenteniveau, 2021



Bron: CBS, PBL

³ Groningen, Leeuwarden, Zwolle, Enschede, Apeldoorn, Arnhem, Nijmegen, Amersfoort, Almere, Alkmaar, Haarlem, Leiden, Zoetermeer, Delft, Dordrecht, Breda, Tilburg, 's-Hertogenbosch, Eindhoven, Helmond, Maastricht

1.3 Hoe zijn de scenario's in de praktijk te gebruiken?

Eén ding weten we zeker. Geen van de vier scenario's zal uitkomen. Het loopt altijd anders dan verwacht. Het kan zijn dat de bevolkingsgroei meer op de ontwikkelingen in scenario Hoog lijkt, maar de economische groei meer op wat scenario Laag voorspiegelt, of andersom. Het kan zijn dat het rijbewijsbezit weer sterker toeneemt, of de groei van het e-bike-bezit afvlakt. De olieprijs kan hoger uitvallen dan verwacht, de ingroei van elektrisch rijden kan harder gaan dan verwacht, of langzamer, de ruimtelijke verdeling van de bevolking kan gaan afwijken en vliegvakanties kunnen aan populariteit inboeten. Bovendien hebben niet alle onzekerheden een plek gekregen in de scenario's. Het is denkbaar dat openingstijden van winkels veranderen, dat een vaarroute door de Noordelijke IJsee op termijn een rol van betekenis gaat spelen en dat er meer grenscontroles komen. Het kan allemaal een effect hebben op de omvang en de samenstelling van de mobiliteit.

Hulpmiddel voor robuuste besluitvorming

Dat geen van de scenario's uitkomen, maakt ze niet minder waardevol. De scenario's zijn niets meer en niets minder dan een hulpmiddel om te komen tot robuuste besluitvorming. De omvang van de mobiliteit hangt af van een groot aantal factoren, en niet elke factor hoeft precies correct voorspeld te worden, als mee- en tegenvallers elkaar in de optelsom compenseren. De verwachting is dat de scenario's een bruikbare bandbreedte aanreiken waarbinnen de toekomst zich waarschijnlijk wel zal blijven afspelen, ook als afzonderlijke variabelen zich buiten de bandbreedte begeven.

Activiteitenpatronen en mobiliteitsgedrag veranderen sneller dan infrastructuur en ruimtelijke structuur

Lange termijnsenario's zijn een belangrijk hulpmiddel om robuuste beslissingen te nemen over onomkeerbare beslissingen. De aanleg van nieuwe infrastructuur kost jaren, maar de wegen en rails liggen er daarna voor decennia. Hetzelfde geldt voor nieuwe woongebieden of nieuwe centra voor voorzieningen en werkgelegenheid. Prijzen (zoals energieprijzen, belastingen, openbaarvervoertarieven), busdiensten en gedrag wijzigen doorgaans vaker. Dit betekent dat infrastructuurbeslissingen genomen moeten worden, terwijl de mobiliteitsontwikkeling nog onzeker is. Tegelijkertijd is het zo dat prijsbeleid en mobiliteitsgedrag zich kunnen aanpassen aan de situatie gegeven het beschikbare infrastructuraanbod. Mobiliteit plooit zich naar de mogelijkheden. Dit betekent dat een miljardeninvestering die decennia mee moet gaan lastig gebaseerd kan zijn op een enkele raming van de verwachte verkeersdrukke op een gemiddelde werkdag in 2040. Het blijft van belang na te denken over de robuustheid van de investering.

Gematigde bandbreedte omwille van bruikbaarheid

Het lijkt veilig om alle onzekerheden te stapelen tot een grote bandbreedte. Dan weten we met grote zekerheid dat de toekomst daarbinnen valt. Een veilige bandbreedte is ook een weinig bruikbare bandbreedte. Dan is bij een scenario Hoog niets genoeg, en bij een scenario Laag niets nodig. Omwille van bruikbaarheid is gekozen voor een gematigde bandbreedte, en daarmee accepteren we een grotere kans dat de werkelijk ontwikkeling daarbuiten valt.

Goed gebruik van de WLO vergt toepassing van minstens twee scenario's

Het zal niet altijd mogelijk blijken alle vier de scenario's toe te passen. Het kan verleidelijk zijn maar één scenario te gebruiken, of alle varianten met een Hoog scenario door te rekenen en dan een

enkele variant als gevoeligheidsanalyse met een Laag scenario. Dat wekt wellicht de indruk dat het (meest) gebruikte scenario het door het PBL gelegitimeerd toekomstbeeld is, terwijl dit per definitie aan de hoge of lage kant zal zijn. Dit is daarom met nadruk geen juiste toepassing van de WLO-scenario's. Alleen door gebruik van minimaal twee scenario's (die variëren op de assen Hoog-Laag en Snel-Vertraagd) wordt zichtbaar hoe robuust de effecten van een maatregel zijn.

Combinatie van scenario's Hoog Snel en Laag Vertraagd biedt in de meeste gevallen een bruikbare bandbreedte

Deze combinaties zijn goed uitlegbaar: bij een voorspoedige economische ontwikkeling en een samenwerkende wereld is een snelle klimaattransitie gemakkelijker te realiseren dan bij een matige economische ontwikkeling en een verbrokkelde wereld. Ook in de vorige WLO zat meer klimaatbeleid in scenario Hoog dan in scenario Laag. De andere combinatie van scenario's Hoog Vertraagd en Laag Snel geeft met name bij goederenvervoer een erg kleine bandbreedte.

Wel kan de combinatie van scenario Hoog Snel en scenario Laag Vertraagd ertoe leiden dat de kosten van de energietransitie minder voelbaar blijven. Bij Hoog Snel gaat de transitie relatief gemakkelijk en bij Laag Vertraagd mag het allemaal wat langzamer. De hoge CO₂-prijzen van Laag Snel blijven zo buiten beeld. Dat betekent dat als de WLO wordt gebruikt voor maatregelen met een belangrijke klimaatcomponent, het van belang wordt een gevoeligheidsanalyse toe te voegen met scenario Laag Snel.

WLO-scenario's zijn voor meerdere jaren relevant

Elke dag zijn er nieuwe inzichten en al snel kan de vraag rijzen of de WLO op onderdelen verouderd is. Er hoeft geen rechte lijn te gaan van vandaag naar 2040. Als een trend een paar jaar afwijkt van de WLO-paden, is vaak niet meteen duidelijk of dit tijdelijk is, of structureel.

De WLO geeft omgevingsscenario's als input voor de modellen. Deze input wordt in principe niet snel gewijzigd. De WLO wordt gemiddeld na zo'n tien jaar vernieuwd. Na een jaar of vijf kan gekeken worden of er aanleiding is om gedeeltelijk een update te verzorgen, zoals in 2013 voor de WLO 2006 is gemaakt en in 2020 voor de WLO 2015. Zo'n partiële update wordt gemaakt als zo met een te rechtvaardigen inspanning de gebruikswaarde van de WLO wezenlijk kan worden vergroot, zonder dat er onoverkomelijke inconsistenties worden geïntroduceerd.

De gebruikte modellen worden geregeld vernieuwd en kunnen daardoor andere uitkomsten geven. Zo is het autoparkmodel Spark nog volop in ontwikkeling en wordt op korte termijn van het LMS een nieuwe versie met basisjaar 2022 geïntroduceerd. De mobiliteitsberekeningen worden ook beïnvloed door de beleidsuitgangspunten. Deze worden tweejaarlijks vastgesteld in de beleidsuitgangspuntenbrief. Door het gebruik van nieuwe modelversies en nieuwe beleidsuitgangspunten kunnen de ramingen tussentijds dus wijzigen.

Beleid als opgave voor de een, omgevingonzekerheid voor de ander

De WLO wordt vaak gebruikt om de maatschappelijke opgave in beeld te brengen. In veel gevallen richt een beleidsanalyse zich op een specifiek deelterrein. Het is afhankelijk van het vraagstuk welke invulling van beleid het best de opgave schetst. De opgave op het deelterrein wordt namelijk beïnvloed door beleid op andere terreinen. Zo beïnvloedt bijvoorbeeld de invulling van beleid voor autobelastingen een vraagstuk over wegcapaciteit. Het kan logisch zijn om bij vraagstukken op het eigen beleidsterrein trendmatig beleid weg te laten, maar op aanpalende beleidsterreinen trendmatig beleid wel mee te nemen.

1.4 Leeswijzer

Dit cahier van de WLO-module Mobiliteit is onderdeel van de scenariostudie WLO 2025. De studie bestaat uit een hoofdrapport en vijf thematische cahiers. Daarnaast worden de kwantitatieve resultaten van de berekeningen uit deze module via de website als open data gedeeld. Verdiepende informatie over de gebruikte data, modellen en methoden is in het achtergrondrapport van de WLO-module Mobiliteit te vinden.

Dit cahier bestaat uit acht hoofdstukken. In dit eerste hoofdstuk geven we informatie over de inhoud en de opbouw van het rapport. In het tweede hoofdstuk staat een beknopt overzicht van trends, onzekerheden en drijvende krachten in de ontwikkeling van de mobiliteit. Deze trends en onzekerheden zijn input voor de uitwerking van de scenario's in hoofdstuk 3. Vervolgens bespreken we in het vierde, vijfde en zesde hoofdstuk de geraamde mobiliteitsontwikkeling voor respectievelijk binnenlandse personenmobiliteit, het goederenvervoer en de luchtvaart. Ook komen de onderliggende krachten en het verondersteld beleid aan bod. Tot slot geven we in hoofdstuk 7 een beeld van de effecten op energiegebruik en de emissie van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen. In hoofdstuk 8 zijn de verwachte effecten op verkeersveiligheid beschreven.

In dit cahier kiezen we ervoor vooral de uitkomsten voor 2040 en 2060 te presenteren. De uitkomsten voor 2050 zijn ook beschikbaar in Bijlage 2. In vrijwel alle gevallen zijn de resultaten in 2050 een logische tussenstap in de ontwikkeling tussen 2040 en 2060. Daarnaast zijn voor een aantal uitsplitsingen en gevoeligheidsanalyses niet alle vier de scenario's maar alleen Hoog Snel en Laag Vertraagd vermeld, omdat deze voldoende informatie bieden.

Achtergronddocumenten

Een verdere verantwoording voor de gebruikte invoer is te vinden in de achtergronddocumenten. Er is een PBL achtergronddocument, waarin op het terrein van personenmobiliteit, goederenvervoer, luchtvaart en emissies voor een aantal onderwerpen nader is uitgewerkt. Daarnaast hebben een aantal externe partijen die modelberekeningen hebben uitgevoerd of deelonderwerpen nader hebben uitgewerkt hun werkzaamheden in rapportages verantwoord. De onderstaande tabel geeft aan wat waar te vinden is.

Thema	Onderwerp	Rapportage
Personenmobiliteit	Uitwerking personenmobiliteit (Koopkracht, opleidingsniveau, rijbewijsbezit, e-bikebezit, thuiswerken, stedelijk verkeersbeleid, infra- en ov-aanbod)	Achtergronddocument Mobiliteit (PBL 2025f)
	Omvang en samenstelling personenautopark	Achtergrondrapport wagenparkanalyses personenauto's WLO 2025 (Revnext en PBL 2025a)
	Modelberekeningen personenmobiliteit met LMS	Achtergronddocument Mobiliteit (PBL 2025f)
	Automatisch rijden	Scenario's automated driving 2040/2060 (TU Delft 2023a, 2023b)

Goederenvervoer	Uitwerking goederenvervoer	Achtergronddocument Mobiliteit (PBL 2025f)
	Omvang en samenstelling bestel- en vrachtautopark	Achtergrondrapport wagenparkanalyses bestel- en vrachtauto's WLO 2025 (Revnext en PBL 2025b)
	Modelberekeningen goederenvervoer met BasGoed	WLO 2025 Achtergrondrapportage: Instellingen van het BasGoed-model voor doorrekeningen van goederenvervoerscenario's (Significance 2025)
	Pijpleidingen	Modellering buisleiding voor de energietransitie Verkenning van uitdagingen en onzekerheden Achtergronddocument bij WLO 2025 Goederenvervoer (Kiel 2025, Panteia)
Luchtvaart	Uitwerking luchtvaart	Achtergronddocument Mobiliteit (PBL 2025f)
	Modelberekeningen luchtvaart met Aeolus	Instellingen WLO 2025 doorrekeningen met AEOLUS (van Eck, Kouwenhoven en Kuhlman, Significance 2025)
Energieprijzen en emissies		Achtergronddocument Mobiliteit (PBL 2025f)
Verkeersveiligheid	Verkeersveiligheidsprognoses bij de WLO	Verkeersveiligheidsprognoses 2040-2060 (Oude Mulders et al. 2025)

2 Trends in mobiliteit en achterliggende drijvende krachten

In dit hoofdstuk geven we een beknopt overzicht van trends in mobiliteit en in de achterliggende drijvende krachten vanaf het jaar 2000. Dit geeft houvast bij het invullen en interpreteren van de scenario's.

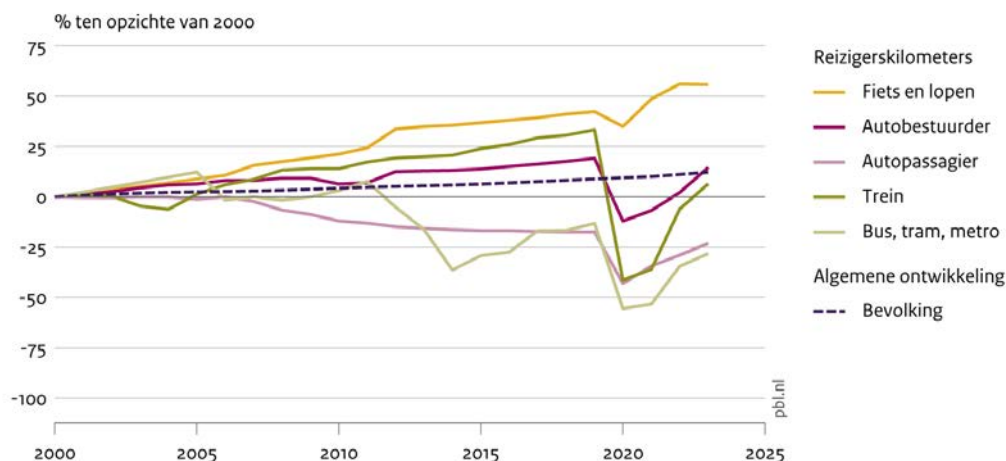
2.1 Historische trends mobiliteit

Gebruik van auto, trein, fiets en lopen namen tot corona toe; minder gebruik van bus, tram en metro en minder autopassagiers

Groei van de mobiliteit is gebruikelijk, als gevolg van bevolkingsgroei en economische groei. Tot aan de coronapandemie groeiden de aantallen reizigerskilometers die per auto, trein, fiets of lopend worden afgelegd. Tijdens de pandemie namen deze fors af, daarna volgde een herstel. Voor het autogebruik en het treinvervoer lagen aantallen afgelegde kilometers in 2023 echter nog niet op het niveau van voor corona. Er wordt inmiddels wel meer gefietst en gelopen dan ooit. Het aantal door autopassagiers en met bus/tram en metro afgelegde kilometers neemt sinds 2000 af.

Figuur 2.1

Verandering personenmobiliteit naar vervoerswijze

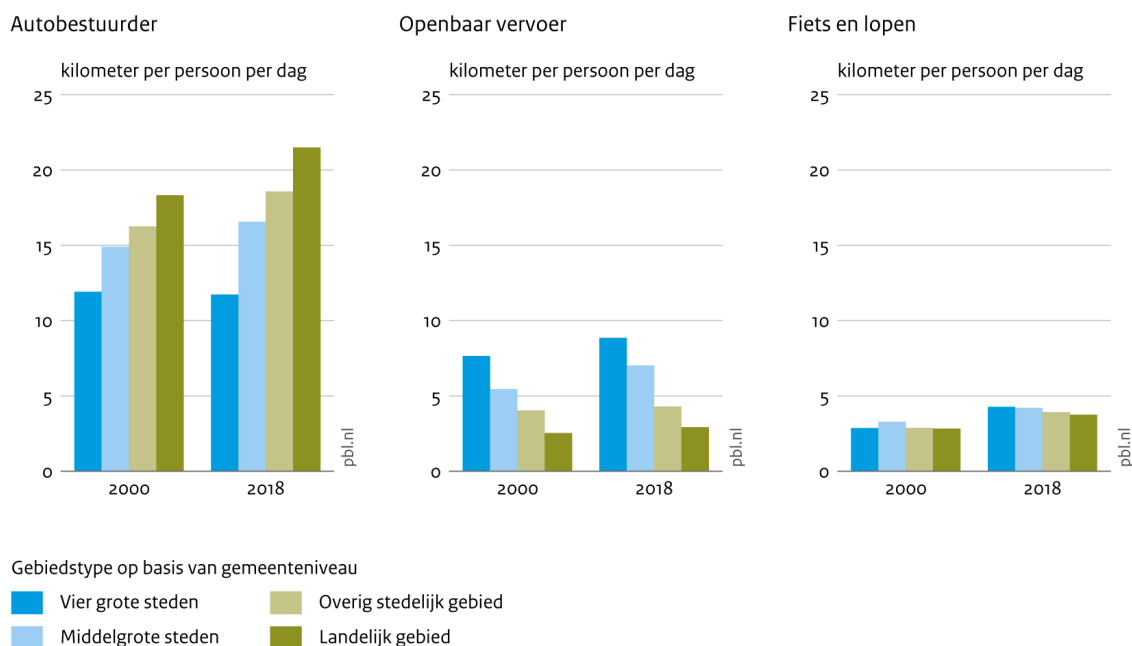


Bron: CBS; bewerking PBL

Toenemende ruimtelijke verschillen in mobiliteitsgedrag

Het is bekend dat mobiliteitsgedrag verschilt tussen bewoners van de stad en die van het platteland. In stedelijke gebieden gebruiken mensen de auto minder en het openbaar vervoer meer dan mensen buiten de steden. Deze verschillen worden steeds groter (zie figuur 2.2). Het gebruik van de auto (als autobestuurder) per persoon is tussen 2000 en 2018 afgenomen in de vier grote steden, en daarbuiten toegenomen. Daarentegen is het aantal met het openbaar vervoer afgelegde reizigerskilometers per persoon in de vier grote steden het hoogst en daarbuiten lager. Ook dit verschil is toegenomen.

Figuur 2.2
Reizigerskilometers per persoon naar gebiedstype



Bron: CBS; bewerking PBL

Sterkere groei bestelautoverkeer, dip in personenautogebruik door corona

Het bestelautoverkeer is in de afgelopen twee decennia harder gegroeid dan het personenautoverkeer en vrachtverkeer op de weg (zie figuur 2.3). De groei van het bestelautoverkeer kende wel een dip: de populariteit van de bestelauto's daalde in 2005 onder particuliereren omdat vanaf dat moment vrijstellingen voor belastingen bij bestelauto's (grijs kenteken) alleen nog voor ondernemers golden. Pas vanaf 2012, na de zwaarste economische recessiejaren, is er weer een stevige toename van de bestelautokilometers. De ontwikkeling van het zwaar wegverkeer was veel gematigder. Deels hangt dit samen met een trend om grotere bestelauto's te benutten in plaats van kleine vrachtauto's. Het personenautoverkeer nam tot 2019 geleidelijk toe, maar maakte in 2020 en 2021 een stevige dip door de coronapandemie.

Gebruik hoofdwegennet nam veel sterker toe dan gebruik onderliggend wegennet, schommelingen in omvang van files

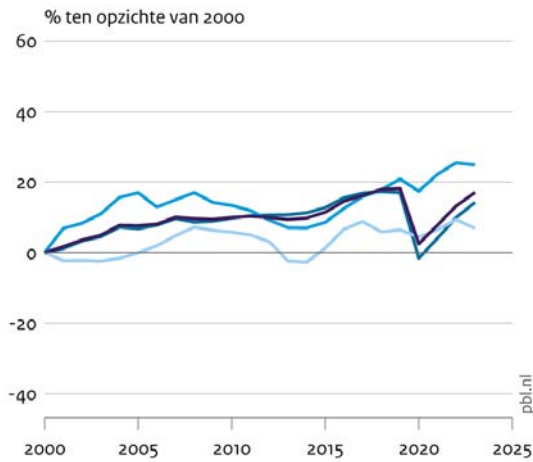
Tussen 2000 en 2019 is het gebruik van het hoofdwegennet met ruim 30 procent toegenomen. Door corona volgde een duidelijke daling en een herstel, waardoor het gebruik in 2023 25 procent boven het niveau in 2000 lag. Het totaal aantal voertuigkilometers nam in dezelfde periode duidelijk minder toe, omdat op het onderliggend wegennet (lokale en regionale wegen) het gebruik in 2023 geen 25 procent maar 7 procent boven het niveau in 2000 lag.

Een verandering in het volume van het wegverkeer geeft vaak een naar verhouding sterkere toename van de files. In 2019 lag het aantal voertuigverliesuren op het hoofdwegennet circa 60 procent hoger dan in het jaar 2000, maar dat daalde sterk in de coronajaren. Daarna zijn met het herstel van het wegverkeer de files weer teruggekomen, waardoor het aantal voertuigverliesuren in 2023 40 procent boven het niveau van het jaar 2000 kwam te liggen.

Figuur 2.3

Verandering voertuigkilometers wegverkeer

Naar voertuigtype

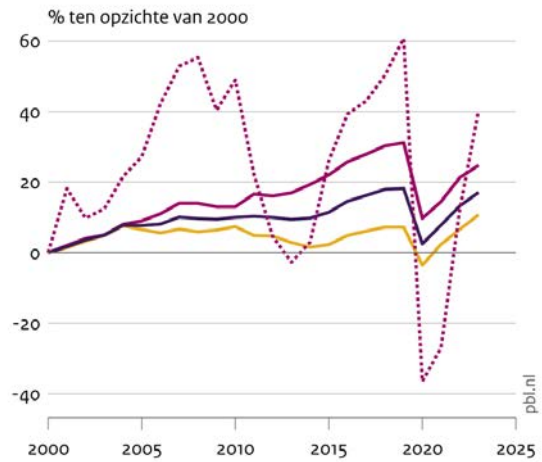


Voertuigtype

- Personenauto's
- Bestelauto's
- Vrachtauto's en bussen
- Totaal

Bron: CBS, RWS; bewerking PBL

Naar wegtype en voertuigverliesuren hoofdwegennet



Wegtype

- Hoofdwegennet
- Onderliggend wegennet
- Totaal

Voertuigverliesuren

- Hoofdwegennet

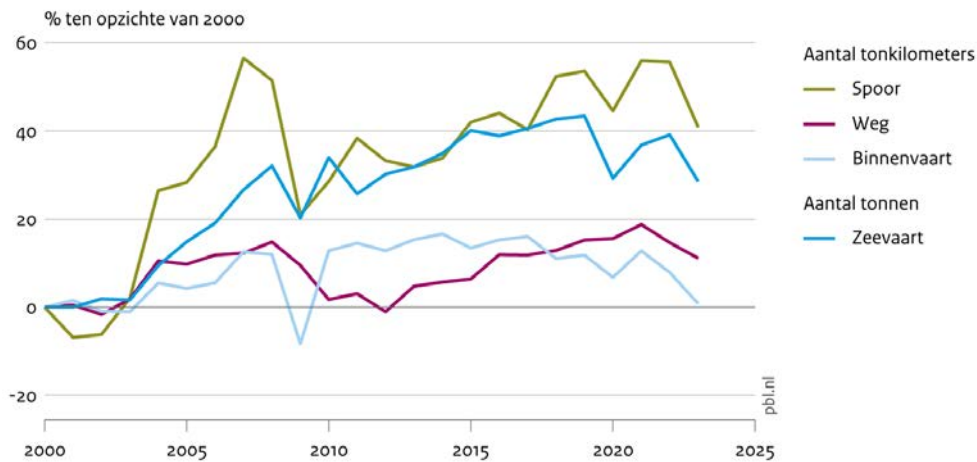
Sterke groei stedelijk gebied verbetert gemiddelde bereikbaarheid banen

Bereikbaarheid gaat over de mogelijkheid om binnen een acceptabele inzet van tijd, geld en moeite bestemmingen te kunnen bereiken om gewenste activiteiten te kunnen uitvoeren. Zowel de woonplek van huishoudens en de ruimtelijke verdeling van mogelijke bestemmingen als de mogelijkheden om de afstand te overbruggen tussen de woonplek en de mogelijke bestemmingen zijn hiervoor relevant. Het aantal bereikbare bestemmingen is per auto duidelijk groter dan per openbaar vervoer of fiets, en in de steden groter dan in het landelijk gebied. De groei van het aantal banen en de sterkere concentratie van bevolking en banen in stedelijk gebied betekent dat voor de gemiddelde inwoner het aantal banen op een acceptabele afstand is toegenomen (indicator 'Nabijheid wonen werken, 1996-2018' *Compendium voor de leefomgeving*). De analyse van PBL van de bereikbaarheid van arbeidsplaatsen tussen 2012 en 2022 laat zien dat in die periode voor de auto de mogelijkheden om de afstand te overbruggen tussen de woonplek en de mogelijke bestemmingen niet zijn veranderd, maar per openbaar vervoer wel, doordat in 2022 het aanbod van openbaar vervoer nog niet terug was op het pre-coronaniveau (Bastiaanssen & Breedijk 2024).

Sterkere groei goederenvervoer per spoor en zeevaart, gematigde ontwikkeling binnenvaart en wegtransport

Tussen 2000 en 2007 groeide het goederenvervoer per spoor sterk, waarna het tot 2009 sterk terugviel. Sindsdien is sprake van een gematigde groei. Het vervoer via de weg is sinds 2000 met zo'n 10 procent toegenomen, het vervoer via de binnenvaart is ongeveer op hetzelfde niveau als in 2000. In absolute zin gaat ruim de helft van het goederenvervoer over de weg, ongeveer 40 procent via de binnenvaart en 5 procent via het spoor.

Figuur 2.4
Verandering goederenvervoer



Bron: CBS; bewerking PBL

Luchtvaart groeit snel

De luchtvaart is in de afgelopen decennia snel gegroeid. In de periode 2000-2019 is het aantal passagiers bijna verdubbeld. Ook het vrachtvolume en het aantal vliegbewegingen zijn in die periode toegenomen. Tijdens de coronapandemie was er een sterke dip in het aantal passagiers en het aantal vluchten. De vraag naar vliegen herstelde zich nadat de coronabeperkingen werden opgeheven en bevond zich in 2023 weer bijna op het niveau van 2019 (zie figuur 2.5). Schiphol is met 88 procent van het aantal vluchten en 88 procent van het aantal passagiers de belangrijkste luchthaven van Nederland. Restricties en de noodzaak om efficiënter te opereren hebben ervoor gezorgd dat het aantal passagiers per vlucht tot aan de pandemie continu toenam, gemiddeld met ruim twee procent per jaar.

Figuur 2.5
Verandering luchtvaart



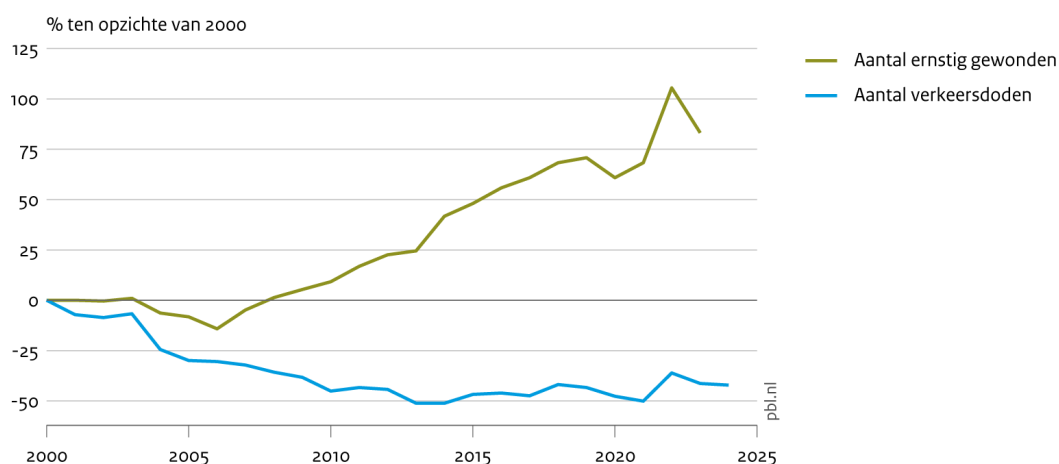
Bron: CBS; bewerking PBL

Daling verkeersdoden vlakt af, aantal ernstig gewonden neemt toe

Sinds de jaren zeventig daalde een lange tijd het aantal verkeersdoden, maar deze daling is afgevlakt en in de afgelopen tien jaar omgezet in een licht stijgende trend. Het aantal ernstig gewonden stijgt sinds 2006 (zie figuur 2.6). We zien vooral een stijging in het aantal fietsslachtoffers, met name onder oudere leeftijdsgroepen. Bij fietsdoden gaat het vaak om aanrijdingen met een auto; bij ernstig gewonde fietsers gaat het meestal om ongevallen zonder motorvoertuig. De langjarige stijging in het aantal ernstige verkeersslachtoffers houdt deels verband met de vergrijzing, maar ook met onveilig ingerichte infrastructuur en gedrag. (SWOV 2024).

Figuur 2.6

Verandering verkeersonveiligheid



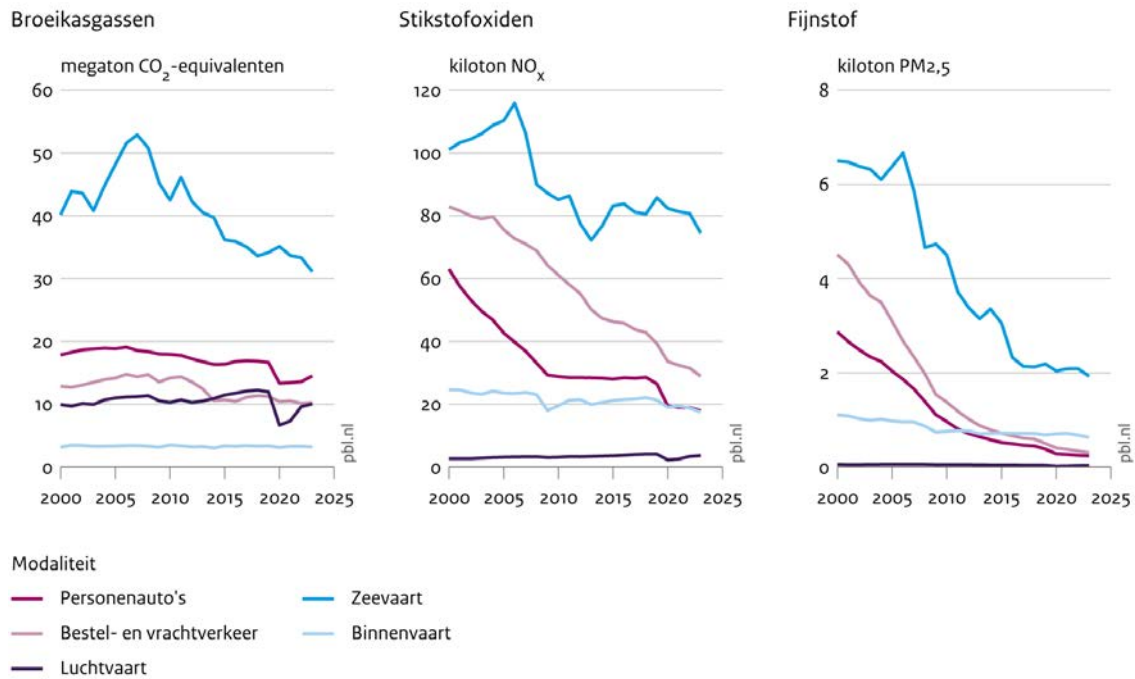
Bron: SWOV; bewerking PBL

De uitstoot van broeikasgassen door het wegverkeer daalt en die van stikstofoxiden en fijnstof daalt nog veel sterker

Waar tot 2006 de CO₂-uitstoot door het wegverkeer nog toenam, is daarna een langzame daling ingezet, ondanks de toename van het volume (zie figuur 2.7). Lange tijd kwam dit doordat nieuwe auto's zuiniger waren, in recente jaren is de daling een gevolg van een overgang naar elektrisch rijden en een tijdelijke afname van het verkeersvolume in de coronajaren. Internationale emissienormering heeft ertoe geleid dat de uitstoot van stikstofoxiden (NO_x) en fijnstof (PM_{2,5}) veel sneller gedaald is dan de CO₂-uitstoot. De uitstoot van PM₁₀, vooral het gevolg van bandenslijtage, is minder sterk gedaald.

Figuur 2.7

Emissie broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen door mobiliteit



Bron: CBS; bewerking PBL

2.2 Drijvende krachten personenmobiliteit

2.2.1 Demografie, economie, ruimtelijke verdeling en internationale klimaattransitie

Voor de WLO-thema's demografie, macro-economie, regionale ontwikkelingen en verstedelijking, en klimaat en energie is uitgewerkt wat, onder invloed van allerlei drijvende krachten, mogelijke ontwikkelingen zijn. De resultaten vormen input voor het thema mobiliteit. Hieronder geven we ze in hoofdlijnen weer. Voor meer informatie verwijzen we naar de relevante cahiers en de hoofdrapportage van de WLO (PBL 2025a/b/c/d/e).

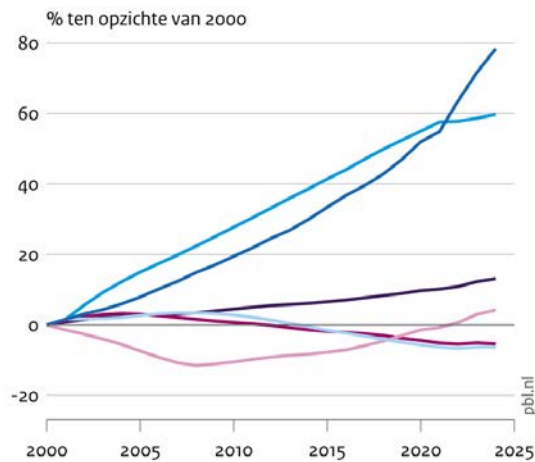
Gematigde bevolkingsgroei, stevige vergrijzing

Over het algemeen geldt dat een stijging van het aantal mensen leidt tot een grotere mobiliteitsvraag. Ook de bevolkingssamenstelling is relevant. Zo zal de vergrijzing de mobiliteitsgroei normaal gesproken remmen: ouderen zijn in de regel minder mobiel dan mensen in de werkzame leeftijd. Maar er zijn ook cohort- en periode-effecten. Nieuwe generaties ouderen zijn hoger opgeleid en mobieler en werken door tot op hogere leeftijd. Jongere generaties vrouwen zijn hoger opgeleid en werken en reizen meer dan eerdere generaties. Deze ontwikkelingen leiden tot meer mobiliteit. Waar in 2000 de groep van 35 tot 55-jarigen dominant was, zijn door vergrijzing sinds 2000 vooral de bevolkingsgroepen van 55 jaar en ouder toegenomen. De laatste jaren vlakkt de groei in de groep 55 tot 74-jarigen af, en groeit vooral de groep 75-plussers (zie figuur 2.8).

Figuur 2.8

Verandering demografie en economie

Bevolking naar leeftijd

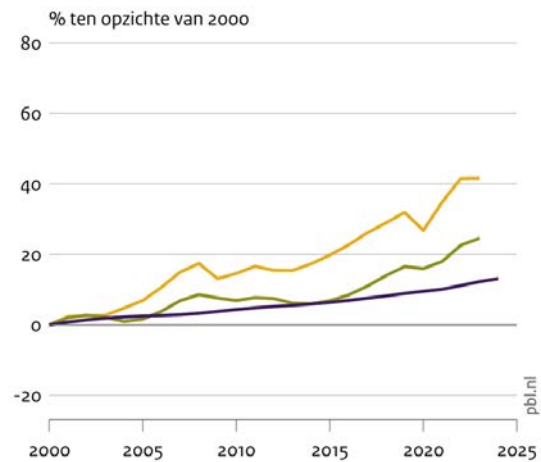


— Totaal aantal inwoners

Leeftijd

- 0 – 17 jaar
- 18 – 34 jaar
- 35 – 54 jaar
- 55 – 74 jaar
- 75 jaar en ouder

Bevolking, arbeidsvolume en omvang economie



— Bruto binnenlands product

— Aantal werkzame personen

— Totaal aantal inwoners

Bron: CBS; bewerking PBL

Economische groei mede door meer arbeidsdeelname

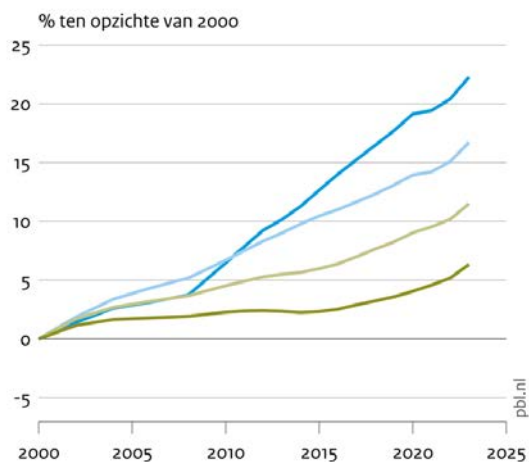
Bij een hoge economische groei neemt de vervoersvraag sneller toe dan bij lage economische groei. Economische groei leidt tot meer goederenvervoer en daarmee tot meer drukte op de weg, met mogelijke gevolgen voor de personenmobiliteit, die gebruik maakt van diezelfde weg. Hogere economische groei gaat veelal samen met een hogere arbeidsdeelname en een hoger inkomen, en hangt ook op die manier samen met een grotere mobiliteitsvraag. In de afgelopen decennia is door toegenomen arbeidsdeelname het aantal werkzame personen verhoudingsgewijs sneller toegenomen dan de bevolking. Door een toename van de productiviteit is het bruto binnenlands product (bbp) nog harder gegroeid. Dit betekent een duidelijke stijging van het bbp per capita, de basis voor een stijging van het gemiddelde inkomen.

Ruimtelijke ontwikkelingen: sterke groei van de grote steden

In de afgelopen decennia was er een sterkere bevolkingsgroei in de steden en in de Randstadprovincies. De sterkste groei was na 2008 in de vier grote steden (zie figuur 2.9). Een toenemende concentratie van mensen en bedrijvigheid in de (centra van) steden heeft bijgedragen aan een minder sterke toename van het autogebruik en aan meer gebruik van het openbaar vervoer.

Figuur 2.9
Verandering aantal inwoners

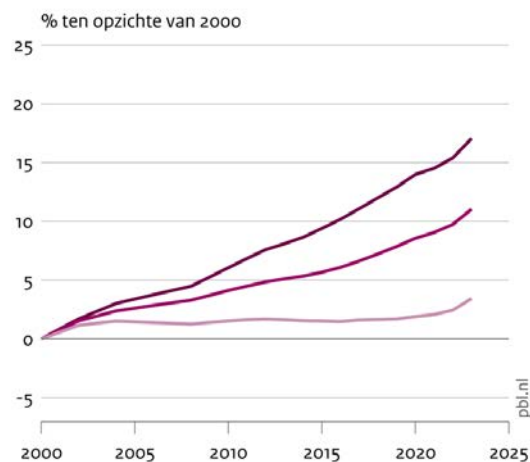
Naar gebiedstype



Gebiedstype op basis van gemeenteniveau

- Vier grote steden
- Middelgrote steden
- Overig stedelijk gebied
- Landelijk gebied

Naar landsdeel



Landsdeel

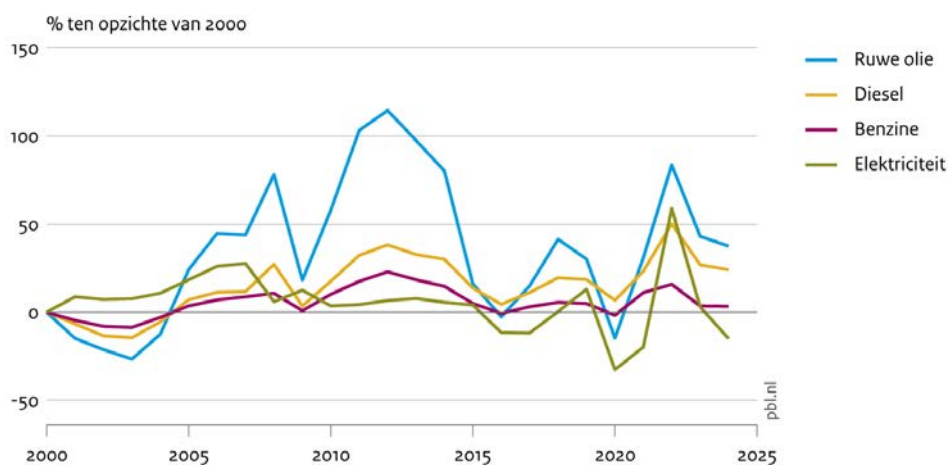
- Randstadprovincies
- Intermediaire zone
- Minder verstedelijkte provincies

Bron: CBS; bewerking PBL

Olieprijs varieert sterk, belang van elektriciteitsprijs neemt toe

In het verleden was de olieprijs een belangrijke omgevingsonzekerheid voor de mobiliteitsontwikkeling. De olieprijs bepaalde immers direct de brandstofprijzen aan de pomp en kan behoorlijk variëren (zie figuur 2.10). Door de klimaattransitie wordt er steeds meer elektrisch gereden en wordt fossiele benzine en diesel vervangen door biobrandstoffen. Daardoor worden in de toekomst de prijzen van elektriciteit en biobrandstof belangrijke omgevingsonzekerheden.

Figuur 2.10
Verandering van energieprijzen



Bron: CBS; bewerking PBL

De overgang naar elektrisch rijden hangt sterk samen met Europees bronbeleid. De EU bepaalt aan welke eisen nieuw verkochte auto's moeten voldoen en een verbod op de verkoop van personenauto's op fossiele brandstoffen per 2035 betekent dat er in de toekomst geen nieuwe benzineauto's het wagenpark instromen. Dat heeft niet alleen effect op de emissie van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen, maar ook op de belastinginkomsten (wegvallen accijnsinkomsten) en de kosten van autobezit en autogebruik. Voldoende laadinfrastructuur wordt bovendien noodzakelijk. Deze ontwikkelingen overlappen gedeeltelijk met onzekerheden in de ontwikkeling van voertuigtechnologie.

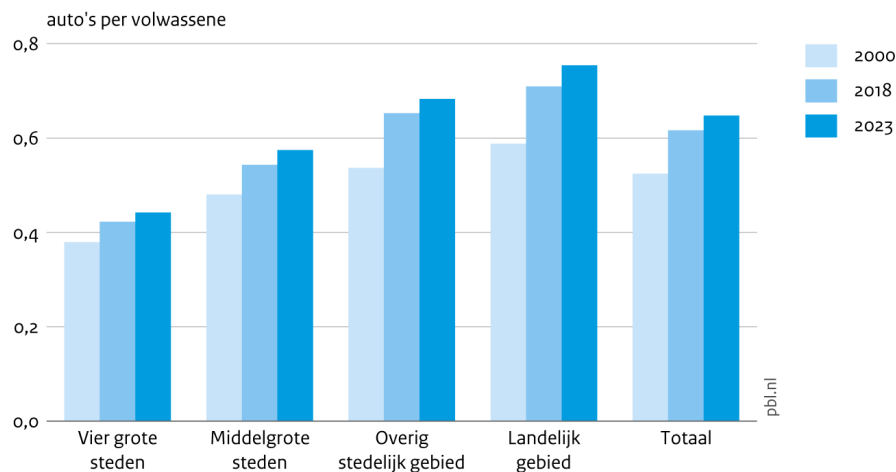
2.2.2 Ontwikkelingen in technologie en gedrag

Voor het onderwerp mobiliteit voor personenvervoer zijn ontwikkelingen in technologie en gedrag ook relevant. Hoe zij de mobiliteitsvraag in de toekomst mede bepalen, leggen we hieronder uit.

Autobezit neemt in landelijk gebied sneller toe dan in grotere steden

Het aantal personenauto's steeg in de afgelopen twintig jaar met gemiddeld meer dan 100.000 voertuigen per jaar. In het jaar 2000 waren er ongeveer 6,5 miljoen personenauto's en in 2023 ongeveer 9 miljoen. Het aantal personenauto's steeg sterker dan het aantal volwassenen (zie figuur 2.11). Het autobezit per volwassene is in alle regio's toegenomen, maar in het landelijk gebied bijna twee keer zo hard als in de grote steden. Het autobezit per volwassen inwoner is in grote steden ongeveer 40 procent lager dan in het landelijk gebied.

Figuur 2.11
Autobezit naar gebiedstype



Bron: CBS; bewerking PBL

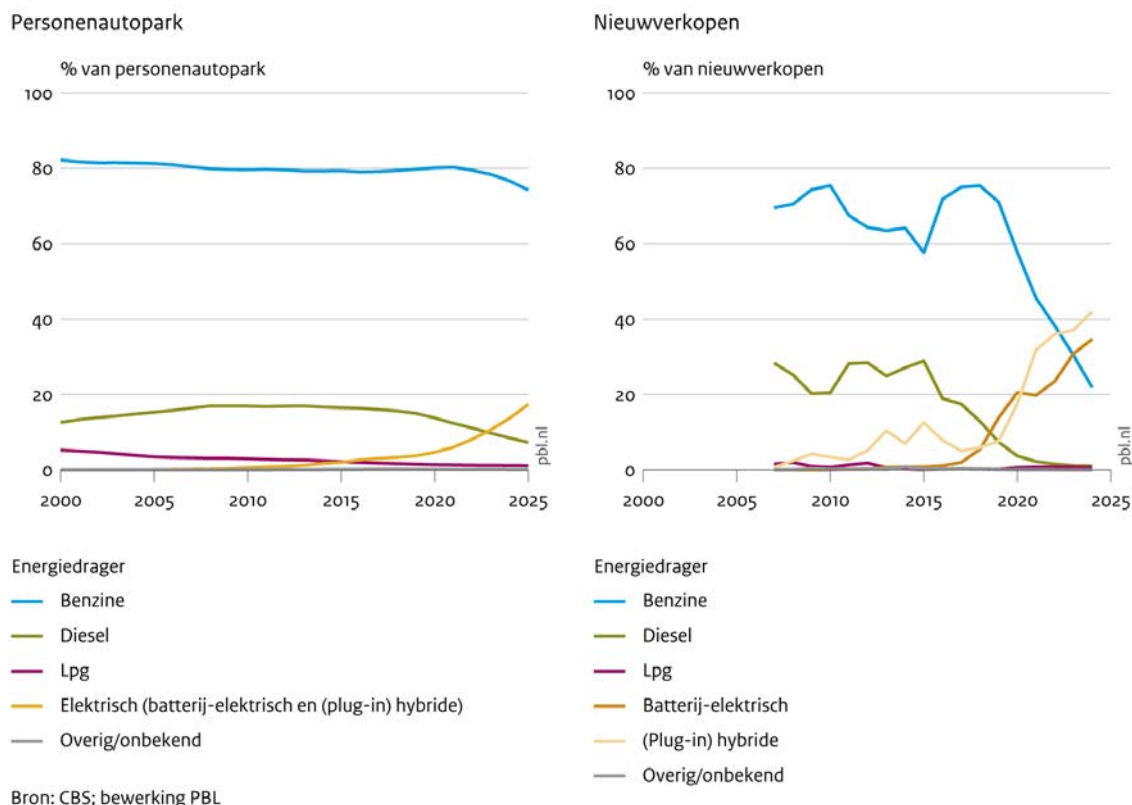
Gebiedstype op basis van gemeenteniveau

Auto's worden zuiniger en schoner

Een steeds groter deel van de nieuwverkopen betreft batterij-elektrische personenauto's (zie figuur 2.12). In 2030 was ruim 30 procent van de nieuw verkochte auto's batterij-elektrisch ten opzichte van 14 procent in 2019. Dieselpersonenauto's worden al een aantal jaren nauwelijks verkocht. Het aandeel plug-in hybride voertuigen neemt ook toe, maar is minder groot dan het aandeel volledig batterij-elektrische auto's, dat goed is voor ongeveer 5 procent van de gereden kilometers in Nederland.

Figuur 2.12

Aandeel van energiedragers bij personenauto's



Als gevolg van Europese regelgeving zijn nieuw verkochte auto's zuiniger en schoner. Deze ontwikkeling is deels gedempt door het toegenomen gewicht en een langzaam verouderend wagenpark. De gemiddelde auto op de weg is inmiddels negen jaar oud. Het aandeel diesel loopt sterk terug, het aandeel elektrisch groeit. Dit werkt ook door in de gebruikskosten.

Private lease is een invulling van bezit versus gebruik die de drempel voor de overstap naar elektrisch rijden kan verlagen. Er rijden inmiddels een kleine 250.000 private leaseauto's rond, en dat is 23 procent van het totaal aantal leaseauto's.

Aandeel elektrische fiets groeit sterk

De elektrische fiets is met een fikse opmars bezig. Tussen 2013 en 2023 is het aandeel van de e-bike in de fietskilometers toegenomen van 10 procent tot 38 procent. Ook het bezit is sterk toegenomen. Eerst met name in minder stedelijke gebieden en onder vrouwen boven de 55, maar recent ook in stedelijke gebieden en onder de rest van de bevolking. Alles wijst erop dat de opmars doorzet.

Nog geen doorbraak automatische voertuigen

Automatische voertuigen kunnen een fundamenteel andere invulling geven aan mobiliteit. In zo'n voertuig met vergevorderde technologie wordt reistijd vooral verblijftijd, die je naar believen kunt invullen. De exploitatiekosten van openbaar vervoer en het goederenvervoer kunnen hierdoor worden beïnvloed. In de Verenigde Staten rijden in een aantal steden zelfrijdende taxi's. In Nederland zijn in de afgelopen tijd meer ondersteunende functies beschikbaar gekomen, maar van een doorbraak is nog geen sprake.

Verschillende vormen van deelmobiliteit vooral zichtbaar in de steden

In de afgelopen twintig jaar is het aanbod van deelmobiliteit toegenomen. Met ruim veertigduizend deelvoertuigen (auto's, fietsen, bakfietsen en scooters), zijn er nu tien keer zo veel deelvoertuigen als in 2008 (CROW 2025). Dit aanbod is het grootst in de steden, met name in de Randstad. In de afgelopen vier jaar is het aanbod gestabiliseerd en in 2024 is het afgenomen.

Het overgrote deel van de deelvoertuigen bestaat uit deelfietsen waarvan de overgrote meerderheid ov-fietsen betreft. Andere concepten voor deelfietsen en deelscooters zijn in wisselende mate succesvol. Sommige aanbieders van deelscooters hebben zich alweer teruggetrokken: in 2023 en 2024 is het aanbod van deelscooters sterk afgenomen (CROW 2025).

Ook het aantal deelauto's is in de afgelopen twee decennia gegroeid. Vooral nog is autodelen vooral aantrekkelijk is voor de jonge, goed opgeleide stadsbewoner met een hoog inkomen en die weinig autokilometers rijdt en een laag autobezit heeft.

Thuiswerken na corona op een hoger niveau

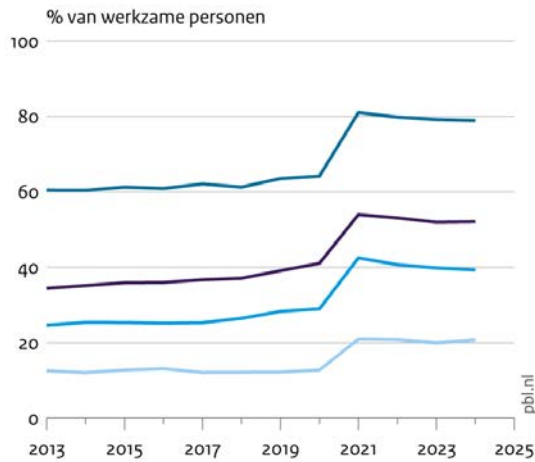
De geleidelijke toename van het thuiswerken (minimaal 1 uur per week) is door de coronaperiode naar een hoger niveau getild. Het aandeel van de beroepsbevolking dat regelmatig thuiswerkt is tijdens corona sterk gestegen en de mate waarin zij thuiswerkten (aandeel van de gewerkte uren) ook (zie figuur 2.12). Tussen 2013 en 2020 (pre-corona) was er al een lichte stijging van het aandeel thuiswerkers zichtbaar, van 34 procent naar 41 procent, maar tijdens corona nam dit toe tot ruim 50 procent. Na corona daalt het aandeel thuiswerkers licht. Het aandeel thuiswerkers is duidelijk hoger bij hoogopgeleiden en nam toe van bijna twee derde voor corona naar 80 procent tijdens corona. Hoogopgeleiden hebben meer mogelijkheden om thuis te werken.

De mate van thuiswerken (het aantal thuiswerkuren per week en het aandeel van de totaal gewerkte uren) is ook sterk toegenomen: van gemiddeld 6,1 uur per gemiddelde werkweek voor thuiswerkers naar 19,3 uur tijdens de piek van corona. Na corona is de mate van thuiswerken weer (sterk) gedaald, naar 12,2 thuiswerkuren per gemiddelde werkweek voor thuiswerkers. Dit komt neer op gemiddeld 5 thuiswerkuren per week voor alle werkzame personen in 2024. Dus hoewel het aandeel thuiswerkers sterk is gestegen en ook blijvend is toegenomen, is de mate waarin zij thuiswerken weer voor een groot deel teruggeveerd. Op termijn kan het hogere niveau van thuiswerken ook een effect op de gemiddelde woon-werkafstand: mensen met lange woon-werkafstanden kunnen meer tijd besparen door thuis te werken, maar de mogelijkheid van thuiswerken kan het ook aantrekkelijker maken een baan op een grotere afstand te accepteren.

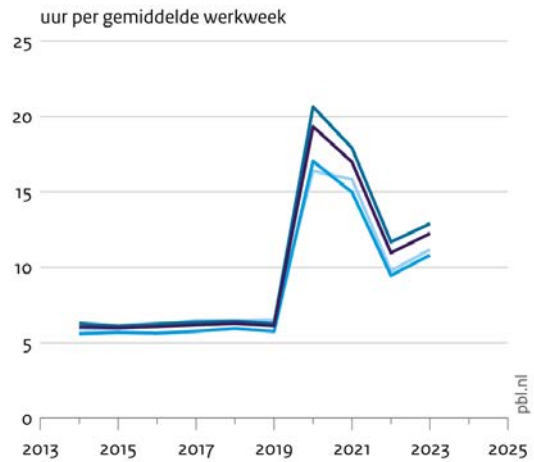
Uiteindelijk is de vraag wat een hoger niveau van thuiswerken betekent voor de omvang van het woon-werkverkeer. Figuur 2.14 laat de ontwikkeling zien van het aantal werkzame personen, gewerkte uren en ritten naar het werk. De toename in het thuiswerken tussen 2013 en 2020 lijkt nauwelijks invloed te hebben gehad op het aantal woon-werkritten per gewerkt uur, maar tijdens corona is dit duidelijk anders. In 2020 en 2021 lag het aantal woon-werkritten per gewerkt uur 30 tot 33 procent lager dan in 2019 en in 2023 was dit nog een kleine 19 procent. Ook zakelijke en onderwijsverplaatsingen lagen tijdens corona duidelijk lager dan in 2019 en zijn in 2022 en 2023 maar gedeeltelijk teruggeveerd naar het oude niveau.

Figuur 2.13
Thuiswerken naar opleidingsniveau

Aandeel thuiswerkers



Aantal thuiswerkuren van thuiswerkers

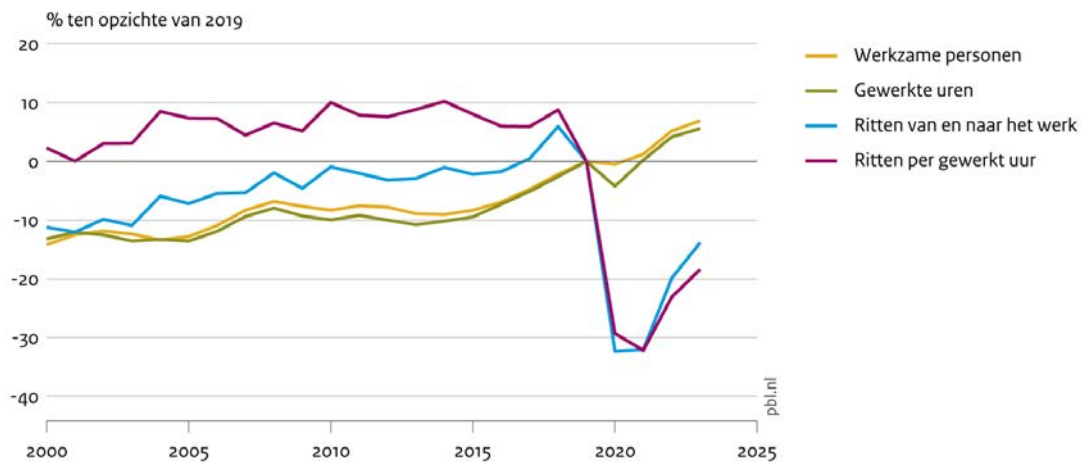


Opleidingsniveau

— Laag — Gemiddeld
— Middelbaar
— Hoog

Bron: CBS/EBB, TNO/NEA; bewerking PBL

Figuur 2.14
Verandering arbeidsvolume en woon-werkmobiliteit

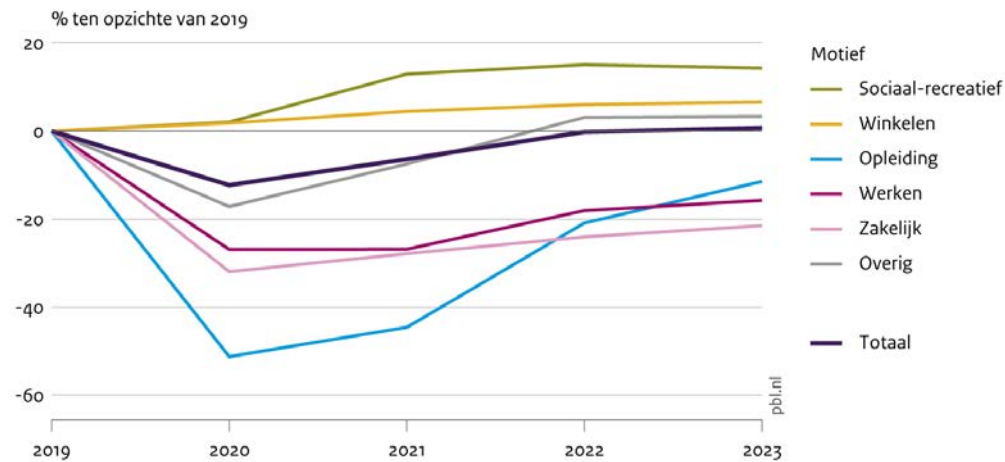


Bron: CBS; bewerking PBL

Hoewel het aantal woon-werkverplaatsingen fors is afgenomen, is het totaal aantal verplaatsingen per persoon ongeveer gelijk gebleven (zie figuur 2.15). Tegelijk met de afname van het aantal woon-werkverplaatsingen zijn verplaatsingen met andere motieven, zoals winkelen, visite, sporten en toeren toegenomen. Met name het aantal winkelverplaatsingen en vooral het aantal sociaal-recreatieve verplaatsingen ligt boven het niveau van vóór corona, hoewel het aantal bestellingen online ook is toegenomen. De toename van sociaal-recreatieve verplaatsingen betreft veelal toeren/wandelen: we zijn meer ommetjes gaan maken.

Figuur 2.15

Verandering van aantal verplaatsingen per persoon op werkdagen naar motief



Bron: CBS; bewerking PBL

De toename van thuiswerken is duidelijk terug te zien in het aantal verplaatsingen van en naar het werk (zie figuur 2.16). Ook in de vervoerwijze zien we duidelijke verschillen. Het openbaar vervoer kent de sterkste daling van het aantal woon-werk verplaatsingen, bij autopassagiers is dit zeer beperkt.

Figuur 2.16

Verandering van aantal verplaatsingen per persoon op werkdagen naar motief en vervoerwijze, 2019 – 2023



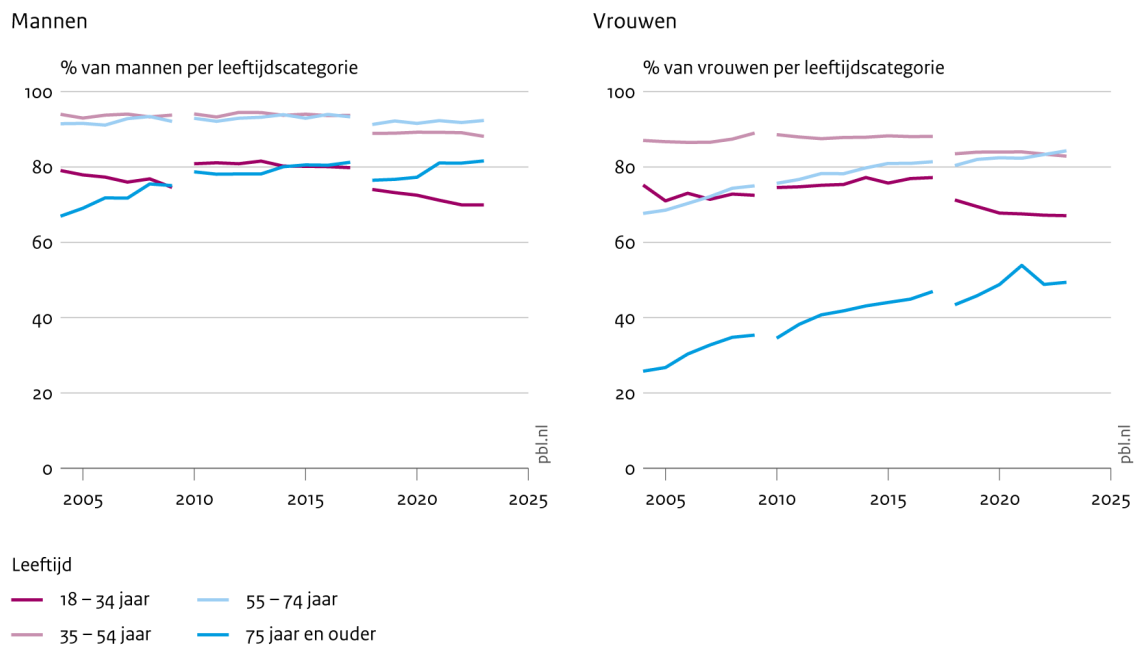
Bron: CBS; bewerking PBL

Rijbewijsbezit stijgt onder ouderen, maar is stabiel of daalt onder jongeren

Voor vrouwen van eerdere generaties was het minder gebruikelijk een rijbewijs te halen dan voor mannen. Dat verschil is bij jongere generaties kleiner, waardoor onder vrouwen van 55 jaar en ouder het rijbewijsbezit sinds 2004 duidelijk toeneemt (zie figuur 2.17). Ook onder mannen boven de 75 is dit het geval. Onder jongeren zien we echter een licht dalende tendens. Daarnaast is relevant dat op hoge leeftijd (boven de 75 jaar), het rijbewijsbezit niet alleen afhankelijk is van het cohorteffect (heeft men vroeger een rijbewijs gehaald), maar ook van de fysieke gesteldheid. Op hoge leeftijd wordt het rijbewijs regelmatig niet meer verlengd waardoor het bezit onder 75-plussers minder hard stijgt dan mag worden verwacht op basis van het cohorteffect.

Figuur 2.17

Rijbewijsbezit naar leeftijd



Bron: MON (2004 – 2009), OVIn (2010 – 2017), ODin (2018 – 2023); bewerking PBL

2.2.3 Beleid voor infrastructuur, autobelastingen en stedelijk verkeer

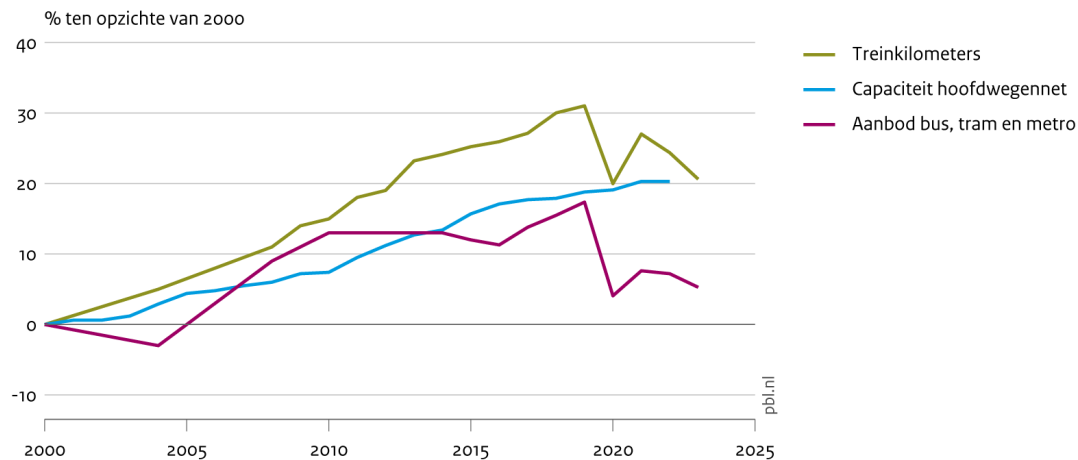
Ontwikkelingen in beleid rond infrastructuur, autobelastingen en stedelijk verkeer zijn belangrijke drijvende krachten voor personenmobiliteit. In dit stukje beschrijven we beknopt wat dit beleid betekent voor het aanbod aan infrastructuur, het openbaarvervoeraanbod, autobelastingen en openbaarvervoertarieven.

Investerings in weginfrastructuur betekenen meer autogebruik

Tussen 2000 en 2022 is de lengte van het hoofdwegenet met 8 procent uitgebreid, en de capaciteit met 20 procent (zie figuur 2.18). Waar in het verleden nieuwe autosnelwegen regelmatig nieuwe regio's ontsloten (A37, A50, A73), zijn het tegenwoordig vaker extra schakels in verstedelijkt gebied (A5, A13/A16, Blankenburgtunnel). Het aantal op- en afritten is tussen 2000 en 2022 met 7 procent toegenomen en deze liggen vooral langs nieuw geopende snelwegen. Tegelijkertijd zijn er weinig extra op- en afritten gerealiseerd bij nieuwbouwlocaties langs bestaande snelwegen.

Figuur 2.18

Verandering van capaciteit hoofdwegennet en openbaarvervoeraanbod



Bron: CBS, KiM, Spoorboekjes; Prorail, KPVV/NEA; OVg292; dienstregelingen; bewerking PBL

Toename van het treinenaanbod

Het treinenaanbod is sinds 2000 duidelijk toegenomen. Er zijn spoorlijnen aangelegd (zoals de Hanzelijn en de HSL Zuid), er zijn spoorlijnen heropend (zoals de spoorlijn naar Veendam), er zijn extra stations geopend en frequenties zijn verhoogd. Drie voorstadslijnen (Zoetermeerlijn, Hofpleinlijn en Hoekse lijn) zijn omgebouwd tot metro- of sneltramverbinding. Tussen 2000 en 2019 is de spoornetlengte met 7 procent vergroot, het aantal stations met 12 procent en het aantal treindienstkilometers met 31 procent. De rijsnelheid is licht toegenomen door veranderingen in de dienstregeling en door de aanleg van nieuwe spoorlijnen. Een deel van de toename van het aanbod op regionale spoorlijnen hangt samen met de decentralisatie van deze lijnen. In een aantal regio's is het buslijnenaanbod bovendien zo aangepast dat het beter als toevoer voor de regionale spoorlijnen functioneert. Na 2019 is door corona het gebruik van openbaar vervoer teruggefallen en is het aanbod afgeschaald, maar inmiddels (2025) is het treinenaanbod weer op het niveau van 2019.

Gemengd beeld bij stads- en streekvervoer

Op nationaal niveau is het aanbod aan stads en streekvervoer tussen 2000 en 2019 met 16 procent toegenomen, minder dan het treinenaanbod (ruim 30 procent), maar meer dan de bevolkingsgroei (9 procent). Tot 2013 was die toename overal ongeveer gelijk. In 2020 is in verband met corona het aanbod overal afgeschaald. Sindsdien is het gedeeltelijk hersteld, in de Randstadprovincies minder mede vanwege personeelstekorten. Netto is de toename tussen 2003 en 2023 zeer beperkt. Het aantal haltes is tussen 2003 en 2023 met 13 procent afgenomen, maar het aandeel inwoners zonder ov-halte is niet in hetzelfde tempo gestegen. Bij de opgeheven haltes woonden niet veel bewoners in de buurt, bovendien concentreerde de bevolking zich rond de bestaande haltes en werden nieuwe haltes geopend bij nieuwbouwwijken. De rijsnelheid is vrij constant: de vertragende ontwikkeling van toegenomen verkeersdrukke en verkeersremmende maatregelen werd gecompenseerd met versnellende ontwikkelingen zoals het strekken van routes en het opheffen van haltes.

Binnen het regionaal openbaar vervoer neemt het belang van tram en metro toe. Tussen 2000 en 2022 is het aanbod aan metro- en sneltramverbindingen met bijna 40 procent vergroot. Dit is het gevolg van de ombouw van drie spoorlijnen naar metro- of sneltramlijn, de aanleg van de

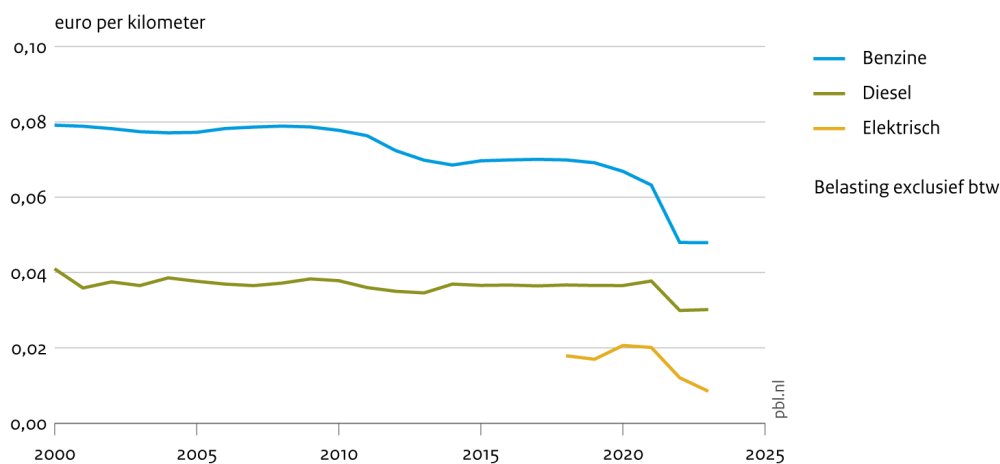
NoordZuidlijn in Amsterdam en de verlenging van bestaande metro- en sneltramlijnen. De meeste van deze uitbreidingen vloeien voort uit de Vinex-convenanten. Bij de busdiensten lijken sterke lijnen sterker te worden. Minder gebruikte lijnen in het landelijk gebied en stadsbuslijnen in kleinere steden staan onder druk of worden vervangen door vraagafhankelijke concepten.

Belasting op autogebruik daalt langzaam en is lager voor elektrische auto's

Accijns wordt geheven op benzine en diesel, op de elektriciteit voor de batterij-elektrische auto betalen mensen en bedrijven energiebelasting. Door lager brandstofverbruik per kilometer en met name door een (tijdelijke) accijnsverlaging is de belastingdruk per kilometer voor benzineauto's gedaald van gemiddeld 8 eurocent in 2000 naar 5 eurocent per kilometer in 2024 (prijsspeil 2023). Voor dieselauto's is de belastingdruk per kilometer gedaald van 4 naar 3 eurocent. De belastingdruk bij elektrische auto's is beduidend lager: de energiebelasting op elektriciteit schommelt rond 1 eurocent per kilometer (zie figuur 2.19).

Figuur 2.19

Betaalde belasting voor autogebruik



Bron: CBS, PBL

Ov-tarieven stegen tot 2015 sneller dan inflatie, daarna minder snel

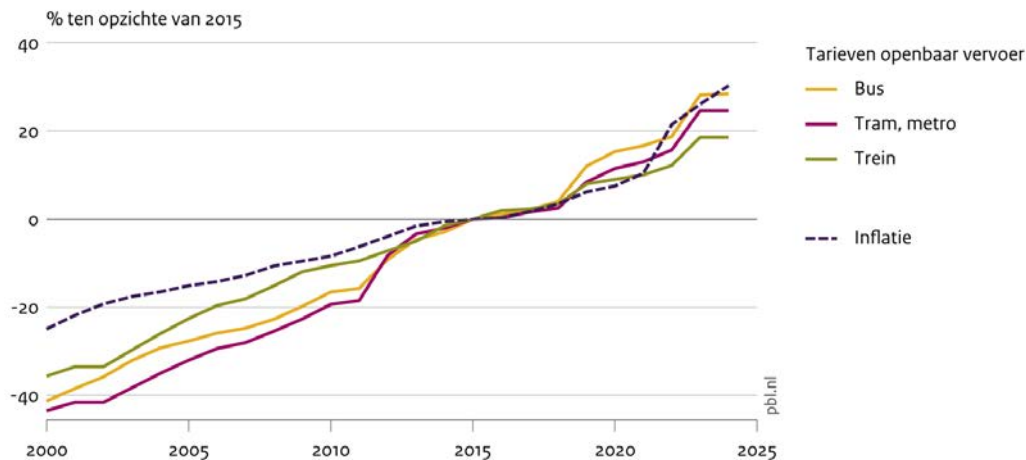
Hogere tarieven voor openbaar vervoer remmen de mobiliteitsvraag. De gemiddelde ov-tarieven zijn tussen 2000 en 2015 duidelijk sneller gestegen dan de algemene inflatie (zie figuur 2.20). Vanaf 2015 blijven met name treintarieven juist iets achter bij de inflatie, ondanks de verhoging van het btw-tarief per 1 januari 2019. Eenmalige Rijksbijdragen voorkwamen tijdelijk ticketprijsstijgingen als gevolg van sterk toegenomen inflatie.

Woonwerkvergoedingen en ov-studentenkaart dragen bij aan mobiliteit

Naast de reguliere ov-tarieven zijn ook de (fiscaal vrijgestelde) woon-werkvergoedingen en ov-studentenkaart van belang voor de gebruikskosten van het openbaar vervoer. 43 procent van de werknemers krijgt de reiskosten van het woon-werkverkeer volledig en 37 procent krijgt ze gedeeltelijk vergoed. Dit betreft ten eerste ov-reizigers (67% volledig, 25% gedeeltelijk), gevolg door autogebruikers (43% volledig vergoed, 43% gedeeltelijk) en fietsers (29% geheel vergoed, 35% gedeeltelijk) (Goudappel 2024).

Figuur 2.20

Verandering van openbaarvervoertarieven



Bron: CBS; bewerking PBL

Stedelijk mobiliteitsbeleid vergroot ruimtelijke verschillen

Gemeenten hanteren in hun mobiliteitsplannen en -visies steeds vaker een brede, maatschappelijk georiënteerde aanpak (*accessibility-based planning*) in plaats van een op (auto)mobiliteit gerichte aanpak (*mobility-based planning*) (KiM 2023, Akse 2021). Zij willen hiermee de kwaliteit van de leefomgeving verbeteren, actieve mobiliteit (lopen en fietsen) stimuleren, verkeersveiligheid verhogen, duurzaamheid bevorderen en ruimte vrijmaken voor andere stedelijke functies. Dit leidt over het algemeen tot beleid dat de auto minder ruimte geeft (autoluw).

Met name gemeenten die kampen met een hoge druk op de openbare ruimte en beschikken over een relatief goed aanbod van alternatieven voor de auto (openbaar vervoer en fietsinfrastructuur) zetten in op autoluw beleid (KiM 2023). Randgemeenten zijn over het algemeen terughoudender, maar zien wel de noodzaak om de auto een minder dominante rol te geven bij nieuwe ontwikkelingen. Het beleid voorziet in maatregelen voor parkeren (verhogen parkeertarieven, uitbreiden betaald parkeren, schrappen van parkeerplekken en beperken van het aantal parkeerplekken bij nieuwe bebouwing), de bebouwde omgeving (verdichting en functiemenging), wegen en straten (invoeren van lage maximumsnelheid zoals 30 km/uur, investeren in fietsnetwerk, instellen autoluw centrum) en maatregelen ter bevorderen van deelmobiliteit en gebruik van het openbaar vervoer.

Mede door stedelijk mobiliteitsbeleid neemt het autobezit en -gebruik in de middel(grote) steden af en neemt met name het aandeel fietsen en lopen toe. Zoals we eerder hebben laten zien (figuur 2.11) is het autobezit in grote steden duidelijk lager dan in het landelijk gebied en nemen de ruimtelijke verschillen toe. We verwachten dat stedelijk mobiliteitsbeleid deze verschillen nog verder vergroot.

2.3 Drijvende krachten goederenvervoer en zeehavens

De ontwikkeling van het goederenvervoer wordt bepaald door (internationale) handel en de weerstand die de handel ondervindt. Het volume van goederenvervoer en overslag bij de

zeehavens is afhankelijk van een groot aantal drijvende krachten, zoals de ontwikkeling van lonen in verschillende werelddelen, de specialisatie van landen, de ontwikkeling van de kapitaalmarkten, verticale integratie binnen multinationale bedrijven, beleid omtrent internationale handel, beleid rondom duurzaamheid en de beprijzing van emissies (Amador & Cabral 2016; Yilmazkuday 2021; Kubatko et al. 2024). Ook recente ontwikkelingen rondom handelstarieven hebben een impact op de internationale handel, zowel op de korte termijn als op de lange termijn. Deze krachten spelen zich grotendeels buiten Nederland af, met name op het niveau van handelsblokken. In deze paragraaf volgt een beknopt overzicht.

2.3.1 Wereldeconomie en internationale handelsstromen

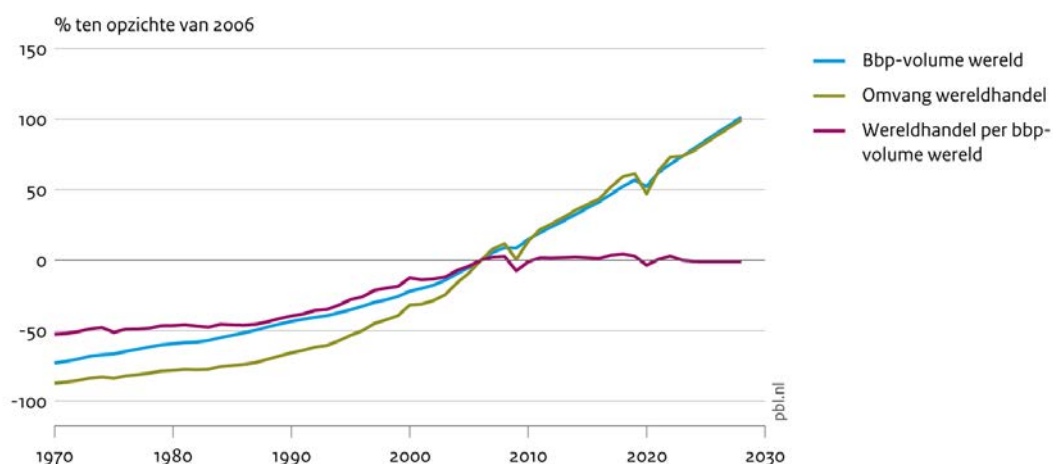
Er zijn twee belangrijke onzekerheden in de ontwikkeling van het internationale goederenvervoer en de zeevaart. Ten eerste is de groei van de wereldwijde economie zeer bepalend voor de internationale handelsstromen. Ten tweede bepaalt de ontwikkeling van globalisering (of de-globalisering) of handel en goederenvervoer sneller dan wel trager groeien dan de mondiale economie.

De verhouding tussen wereldeconomie en wereldhandel

Lange tijd groeide de internationale handel sneller dan de wereldeconomie, als gevolg van specialisatie, globalisering door het slechten van handelsbarrières en de dalende kosten van (internationaal) goederentransport. Deze trend lijkt echter gestopt: sinds 2006 gaan het wereld-bbp en de wereldhandel gelijk op. Of de globalisering zich in de toekomst voortzet of dat juist de-globalisering zal optreden, is op dit moment niet te voorspellen. Daarom is deze onzekerheid opgenomen in de scenario's: in scenario's met hoge groei wordt globalisering verondersteld en in scenario's met lage groei wordt de-globalisering aangenomen.

Figuur 2.21

Verandering van wereldeconomie en wereldhandel



Bron: CBS, CPB; bewerking PBL

De positie van Nederland in de handel tussen Noordwest-Europa en de rest van de wereld

De positie van de Nederlandse mainports, met name de Rotterdamse haven en Schiphol, is afhankelijk van de ontwikkeling van de handel, goederenstromen en de infrastructuur in de omliggende landen. De-globalisatie gekoppeld aan een lage economische groei kan minder import-exportstromen via de mainports betekenen; tegelijkertijd zou de terugkeer van productie

naar Europa meer intra-Europees vervoer en relatief minder zeevaart kunnen betekenen. Ook zijn de volumes bij de Nederlandse havens afhankelijk van de staat van de infrastructuur in Nederland, de omliggende landen en de infrastructurele interconnectiviteit met die landen. Als de bottlenecks in spoorverbindingen met Duitsland niet in voldoende mate worden opgelost, of als het veranderende klimaat binnenvaart lastiger maakt door steeds vaker voorkomende hoge of lage waterstanden in de rivieren, zullen de overslagvolumes bij de mainports hieronder lijden.

Gevolgen van de internationale klimaattransitie

We staan voor een grote opgave: de EU wil in 2050 klimaatneutraal zijn. De klimaattransitie zal op meerdere manieren het goederenvervoersysteem beïnvloeden. Ten eerste geldt dit voor de goederenstromen zelf. Nederland importeert op dit moment fossiele energiedragers zoals kolen en aardolie. Deze komen meestal via Nederlandse havens het land binnen. Vervolgens worden deze grondstoffen direct gebruikt of dienen ze als invoer voor industriële processen zoals de raffinage van aardolie, of worden ze verder getransporteerd naar omliggende landen. Kolen worden per trein en binnenvaartschip vervoerd, terwijl de meeste aardolie via buisleidingen wordt getransporteerd. Maar dit zal veranderen. Kolencentrales worden in Nederland uiterlijk in 2030 gesloten; naar verwachting gebeurt dit ook in Duitsland, zij het met een vertraging van vijf jaar. De raffinage van aardolie zal, afhankelijk van het klimaatscenario, in omvang dalen of verdwijnen. De klimaattransitie zal leiden tot een afname of het verdwijnen van de import van fossiele energiedragers. De uitfasering van fossiele energiedragers zou een aanzienlijke daling van de vervoersvolumes van met name bulkgoederen betekenen. Echter, deze fossiele energiedragers zullen deels worden vervangen door duurzamere grondstoffen zoals houtpellets, die onder andere gebruikt zullen worden voor de productie van duurzame vloeibare brandstoffen. Deze transformatie zal ook in omliggende landen plaatsvinden, waardoor Nederland een grote rol zal blijven spelen in de bevoorrading van de industrie in Duitsland.

Ten tweede betekent de klimaattransitie dat vervoermiddelen zoals vrachtwagens, schepen en vliegtuigen in steeds grotere mate duurzame energie zullen gebruiken. Voor het wegvervoer zal de nadruk liggen op elektrische vrachtwagens, voor de binnenvaart is de verwachting dat fossiele diesel wordt vervangen door duurzame vloeibare brandstoffen. De energietransitie in het vervoerssysteem zal de verhouding van transportkosten tussen de modaliteiten kunnen veranderen. Dat is mede afhankelijk van toekomstig beleid: komen er aanvullende maatregelen, zoals een generieke belasting op elektriciteit die wordt gebruikt in het wegverkeer, ter compensatie van de wegvallende accijnsopbrengsten uit diesel- en benzineverkoop?

2.3.2 De Nederlandse economie en binnenlandse goederenstromen

De binnenlandse goederenstromen worden sterk beïnvloed door de ontwikkeling van de Nederlandse economie. Hieronder beschrijven we de belangrijkste onzekerheden in de ontwikkeling van binnenlandse goederenstromen.

Het doet ertoe welke sectoren groeien of krimpen

Een euro extra landbouw- of energieproductie leidt tot meer goederenvervoer (gemeten in tonkilometers) dan bijvoorbeeld een euro extra productie van gezondheidszorg- of financiële diensten. De samenstelling van de economische groei is dus van belang voor het binnenlandse goederenvervoer.

Ruimtelijke spreiding speelt een rol

Voor de ontwikkeling van het binnenlandse goederenvervoer is het van belang waar producenten en consumenten zich vestigen. Meer ruimtelijke concentratie zal leiden tot een afname van de gemiddelde afstand tussen laad- en loslocaties, terwijl meer spreiding het omgekeerde effect heeft. Meer ruimtelijke concentratie betekent niet per se dat er minder tonnen worden vervoerd, maar kan wel leiden tot minder tonkilometers door kortere transportafstanden. Vanuit het perspectief van het infrastructuurgebruik zou dit resulteren in minder goederenvervoer.

Van fossiele energiedragers naar duurzame grondstoffen

De ontwikkeling van het nationale klimaatbeleid zal de omvang en vorm van het goederenvervoer beïnvloeden. De klimaattransitie zal leiden tot een afname van de stromen van fossiele energiedragers en een toename van de stromen van duurzame grondstoffen. Ook zal klimaatbeleid de verhouding in transportkosten tussen modaliteiten veranderen, waardoor enige verschuiving in de modal split te verwachten is.

Detailhandel of onlinewinkelen, het maakt een verschil

De detailhandel moet worden bevoorrad via min of meer centrale punten, waar consumenten de producten zelf afhalen. Onlinewinkelen leidt daarentegen tot directe leveringen aan consumenten. Hoewel het effect van online winkelen qua vervoerde tonnage beperkt is, zorgt last mile-bezorging voor meer verkeer, omdat zendingen kleiner zijn vergeleken met de centrale bevoorrading van winkels. Ook genereert onlinewinkelen meer retourstromen die qua gewicht weliswaar niet substantieel zijn, maar wel zorgen voor meer vervoer en lastig zijn om in te plannen. Innovaties zoals afhaalpunten of leveringen met drones kunnen de verkeersdruk door bezorging temperen.

2.3.3 Ontwikkelingen in de vervoerslogistieke dienstverlening

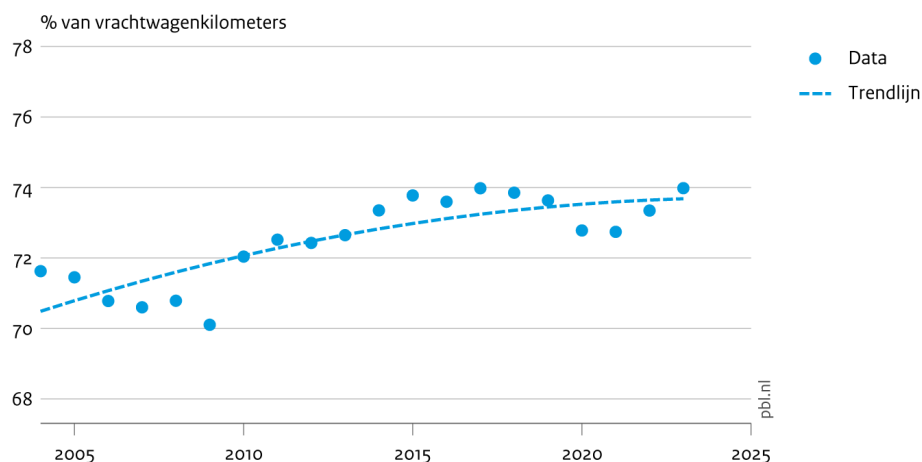
Efficiëntieverbetering wegvervoer vlakkt af

In de vorige WLO (WLO 2015) werd verondersteld dat schaalvergroting en intensieve samenwerking in de logistieke keten sterk konden bijdragen aan een hogere effectiviteit en efficiëntie van de keten, evenals aan het gebruik van andere modaliteiten, voertuigen of beladingsgraden. De efficiëntieverbetering heeft zich in de afgelopen decennia inderdaad voortgezet, maar minder snel dan verwacht. CBS-data over het totale aantal gereden voertuigkilometers door zowel professioneel als eigen vervoer laten zien dat het percentage beladen kilometers slechts beperkt toenam en nu afvlakt (zie figuur 2.22).

De CBS-data laten ook zien dat het gemiddelde gewicht van de lading die door Nederlandse vervoerders wordt vervoerd, is gedaald in de periode 2005-2022. Dit betekent echter niet dat het gemiddelde gewicht van de lading als geheel is gedaald, aangezien buitenlandse vervoerders, die vaak langere afstanden afleggen, deze daling mogelijk compenseren. Wel lijkt het erop dat de efficiëntie in het wegvervoer zijn grenzen bereikt. Een ander aspect is dat voertuigen vaak de volumelimiet van hun laadcapaciteit bereiken in plaats van de gewichtslimiet.

Figuur 2.22

Aandeel beladen kilometers in vrachtverkeer



Bron: CBS; bewerking PBL

Leeg rijden is kostbaar. Er is potentieel voor schaalvergroting en consolidatie in de sector⁴, evenals voor ICT-oplossingen zoals vrachttuitwisselingsplatformen. Tegelijkertijd zijn er organisatorische barrières, zoals controle over de keten, en structurele disbalansen, zoals de stromen van productielocaties naar consumptielocaties, waarbij er slechts in één richting vracht is. Ook spelen handelsdisbalansen een rol, zoals vrachtstromen van op productie georiënteerde regio's (of landen) naar op consumptie georiënteerde regio's. In deze WLO wordt daarom een bescheiden groei in efficiëntieverbetering van het wegvervoer verondersteld.

Nieuwe technologie en innovatie kunnen efficiëntie vergroten

De exacte effecten van technologische ontwikkeling en innovatie zijn moeilijk te voorspellen, omdat ze per definitie onzeker zijn. Er zijn mogelijke doorbraken, zoals autonoom rijden of de harmonisatie van Europese regelgeving voor het grensoverschrijdend gebruik van Lange Zware Voertuigen (LZV's), een onderwerp dat al lange tijd op de agenda staat (De Ceuster et al. 2008) maar nog niet is ingevoerd.

Daarnaast biedt synchromodaal vervoer kansen, bijvoorbeeld voor containerstromen van en naar de Rotterdamse haven. Hierbij wordt eerst de capaciteit van spoor- en binnenvaartverbindingen benut en pas daarna die van het wegvervoer. De realisatie van dergelijke concepten ligt niet alleen op technologisch vlak, maar vooral in de organisatie van transport, samenwerking tussen bedrijven en de bereidheid om capaciteit en systemen te delen.

⁴ Milieuzones kunnen samenwerking en consolidatie in de logistieke ketens bevorderen. Dit kan worden bereikt door middel van consolidatie- of distributiecentra aan de randen van steden. Zulke distributiecentra maken het mogelijk om volle ladingen naar deze centra te brengen, om ze vervolgens met zero-emissievoertuigen (ZE) in de stad af te leveren. Dit ontwerp vermindert het verkeer zowel in de steden als daarbuiten en zorgt ervoor dat alleen ZE-voertuigen in de steden rijden. Hiervoor is samenwerking tussen de marktpartijen wel noodzakelijk is; daarnaast is er ruimte nodig voor distributiecentra aan de randen van de steden.

In deze WLO wordt uitgegaan van een bescheiden efficiëntieverbetering in de toekomst. Aan de andere kant wordt verwacht dat met name het wegvervoer relatief snel klimaatneutraal zal worden. Elektrische voertuigen zullen de vervoersmarkt domineren, wat zowel de CO₂-uitstoot als de emissie van schadelijke stoffen zoals NO_x zal verminderen.

2.3.4 Internationaal beleid

Omdat Nederland internationaal beleid maar zeer beperkt kan bijsturen, wordt dit in de scenario's als een omgevingsfactor beschouwd. Voor het goederenvervoer en de zeehavens zijn met name het handelsbeleid, het internationale klimaat- en energiebeleid, en het Europese transportbeleid van belang. Er zijn verschillende beleidsmaatregelen genomen en reguleringen ingevoerd om de CO₂-uitstoot van het Europese transport te verminderen. Deze maatregelen bestrijken het wegvervoer, het spoor, de binnenvaart en de zeevaart, en dragen bij aan de verduurzaming van de transportsector.

Scherpere normen uitstoot wegvervoer

Voor het wegvervoer zijn de CO₂-normen voor nieuwe voertuigen aanzienlijk aangescherpt. Nieuwe bestelauto's moeten in 2030 50 procent minder CO₂ uitstoten ten opzichte van 2021, en per 2035 moet de uitstoot volledig zijn geëlimineerd. Voor nieuwe vrachtauto's gelden reductiedoelen ten opzichte van het gemiddelde niveau van 2019-2020, met stapsgewijze dalingen van 15 procent in 2025, 45 procent in 2030, 65 procent in 2035 en 90 procent in 2040.

Daarnaast wordt wegvervoer per 2027 opgenomen in het Europese emissiehandelssysteem ETS₂, dat uitstootrechten reguleert voor onder andere de gebouwde omgeving, transport en kleine industrieën. Verder stimuleert de *Renewable Energy Directive III* het gebruik van hernieuwbare energie in de sector, en draagt de *Alternative Fuels Infrastructure Regulation* bij aan de uitrol van infrastructuur voor alternatieve brandstoffen.

Verdere verduurzaming spoorvervoer en binnenvaart

Voor de spoorsector zijn eveneens verduurzamingsmaatregelen genomen. De *Renewable Energy Directive III (RED III)* stimuleert het gebruik van hernieuwbare energiebronnen in het spoorvervoer. Het emissiehandelssysteem ETS₂ verhoogt de kosten van dieselgebruik. Tot slot speelt het *European Rail Traffic Management System (ERTMS)* een sleutelrol bij het verbeteren van efficiëntie en interoperabiliteit van spoorverkeer binnen Europa.

Ook de binnenvaart wordt beïnvloed door Europese duurzaamheidsmaatregelen. De *Alternative Fuels Infrastructure Regulation* stimuleert de beschikbaarheid van walstroominstallaties in binnenvaarthavens, met implementatiedoelen voor 2025 of 2030. Daarnaast vergroot de *Renewable Energy Directive III* het gebruik van hernieuwbare energie in de binnenvaart, hoewel de mate van implementatie afhankelijk is van nationale beleidskeuzes. Per 2027 kan binnenvaart optioneel worden opgenomen in ETS₂, met variabele deelname per lidstaat. In deze WLO wordt aangenomen dat Nederlandse binnenvaart onder ETS₂ valt.

Mondiaal en Europees beleid voor zeevaart

Op mondiaal niveau is de Internationale Maritieme Organisatie (IMO) verantwoordelijk voor CO₂-reductie in de zeevaart, met onder andere bindende maatregelen gericht op energie-efficiëntie:

- *Energy Efficiency Design Index (EEDI)* voor nieuwe schepen
- *Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)* voor operationele efficiëntie
- *Energy Efficiency eXisting Ship Index (EEXI)* voor bestaande schepen
- *Carbon Intensity Indicator (CII)* voor monitoring van CO₂-intensiteit

Binnen Europa gelden aanvullende reguleringen, waaronder de MRV-verordening (Monitoring, Rapportage & Verificatie) en de *FuelEU Maritime*-regelgeving. Vanaf 2024 is de zeevaart bovendien opgenomen in het EU-ETS, wat betekent dat scheepvaartbedrijven emissierechten moeten kopen voor hun CO₂-uitstoot in Europa.

2.4 Drijvende krachten luchtvaart

De ontwikkelingen in de luchtvaart worden grotendeels gedreven door economische en demografische groei in zowel Nederland als het buitenland, de ontwikkeling van ticketprijzen (waarop de klimaattransitie invloed heeft), en de milieugrenzen die nationaal worden opgelegd.

2.4.1 Demografische en economische ontwikkeling

Meer luchtvaart als gevolg van bevolkingsgroei en economische groei

De ontwikkeling van de luchtvaart hangt direct samen met de bevolkingsgroei: hoe meer mensen, hoe meer luchtreizigers. Ook de samenstelling van de bevolking, bijvoorbeeld naar leeftijd of inkomensniveau, is relevant: jongeren vliegen vaker dan ouderen, en mensen met een hoog inkomen vliegen meer dan mensen met een laag inkomen (Zijlstra en Jonkeren 2024). Niet alleen de Nederlandse bevolkingsontwikkeling is van belang, maar vooral ook de bevolkingsgroei buiten Nederland. Het gaat immers om mensen die misschien naar Nederland komen (voor vakantie en zakenreizen) of op Schiphol overstappen op een andere vlucht.

Daarnaast is economische groei van groot belang, zowel in Nederland als in het buitenland. Wanneer de economie in reële termen groeit, krijgen mensen meer bestedingsruimte, ook voor buitenlandse vlieguren. Ook nemen zakelijke contacten toe, wat leidt tot meer zakenreizen, en groeit het volume van vracht dat internationaal per vliegtuig wordt vervoerd. Dit resulteert in een toename van zowel het aantal vlieguren (zakelijk en niet-zakelijk) als het aantal vliegbewegingen.

Hogere kosten remmen de groei van de luchtvaart

De afgelopen decennia worden gekenmerkt door de liberalisatie van de internationale luchtvaart en de opkomst van *low-cost*-luchtvaartmaatschappijen. Deze twee ontwikkelingen hebben gezorgd voor lagere ticketprijzen, wat leidde tot meer vlieguren en een groei van zowel de Nederlandse als de mondiale luchtvaart. De potentie voor verdere liberalisatie is echter beperkt: binnen Europa kennen luchtvaartmaatschappijen geen algemene restricties en de intercontinentale luchtvaart wordt momenteel niet sterk beperkt door regelgeving.

Daarnaast is het *low-cost*-businessmodel deels overgenomen door traditionele *Full Service Carriers* (FSC), met name op kortereafstandsroutes en routes met veel concurrentie. Tegelijkertijd worden de negatieve gevolgen van veel vliegen, zoals de uitstoot van broeikasgassen en geluidshinder, breed erkend in de samenleving. In Nederland is in 2021 opnieuw een vliegbelasting ingevoerd en verduurzaming van de luchtvaart is een onderdeel van de Europese *Fit for 55*-regelgeving. Deze ontwikkelingen maken vliegen duurder, waarbij met name de kosten van duurzame brandstoffen een belangrijke rol spelen in de scenario's van deze WLO. Al met al lijken de tijden van dalende vlieggasten in Nederland en Europa voorbij.

Internationale ontwikkelingen beïnvloeden de vraag naar vlieguren op meerdere manieren

In landen als China en India, samen goed voor bijna drie miljard inwoners, wordt een relatief sterke economische groei verwacht. Een steeds groter wordende middenklasse in deze en andere

ontwikkelingslanden zal de vraag naar vliegreizen uit die regio's doen toenemen. Een deel van deze reizen zal naar Europa zijn, waarbij Nederland fungeert als eindbestemming of overstappunt. De omvang van de Nederlandse luchtvaart wordt dus niet alleen bepaald door ontwikkelingen in Nederland en Europa, maar ook door mondiale trends. Daarnaast is het de vraag welk klimaatbeleid andere landen zullen voeren, wat een grote invloed heeft op de kosten van vliegen. Verder hebben de mondiale economie en handelsrelaties impact op het volume van vliegreizen. Duurdere goederen, waarbij tijdswaarde cruciaal is, en bederfelijke goederen worden vaak per vliegtuig vervoerd. Daarnaast stimuleert handel ook het aantal zakenreizen. Goederenvervoer vindt niet alleen plaats via vrachtvliegtuigen, maar ook in passagiersvliegtuigen. Met name grote *widebody*-vliegtuigen hebben onder het passagiersdek aanzienlijke ruimte voor vracht. Gecombineerd vervoer van passagiers en goederen verlaagt de kosten voor beide, waardoor meer routes of hogere frequenties mogelijk worden.

Hubfunctie van Schiphol heeft voors en tegens

Schiphol bedient een relatief groot aantal overstappers: passagiers die landen met een inkomende vlucht en overstappen op een vertrekkende vlucht zonder de luchthaven te verlaten. Met de hubfunctie kunnen luchtvaartmaatschappijen die op Schiphol gevestigd zijn, samen met hun (alliantie)partners, een groter aantal rechtstreekse verbindingen en hogere vluchtfrequenties aanbieden. In de praktijk betekent de hubfunctie dat er door een groot aantal overstappers routes mogelijk zijn die zonder hen niet rendabel of haalbaar zouden zijn. De hubfunctie van Schiphol creëert voor de inwoners van Nederland, en ook voor mensen die Nederland willen bezoeken, een groter aanbod van directe verbindingen⁵. De hubfunctie heeft echter ook nadelen. Ze leidt tot een groter aantal vliegbewegingen, wat extra geluidsoverlast en emissies veroorzaakt.

Het behoud van de hubfunctie van Schiphol is niet vanzelfsprekend. Deze functie wordt in de praktijk gerealiseerd door KLM en haar SkyTeam-partners. Een vergaande beslissing van het Air France-KLM-management over de rolverdeling tussen Parijs en Schiphol of een faillissement van KLM heeft directe gevolgen voor het volume op Schiphol en de hubfunctie.

2.4.2 Internationaal beleid

Voor de Nederlandse luchtvaart is internationaal luchtvaartbeleid van groot belang. Wat er speelt op internationaal niveau kan door Nederland slechts in beperkte mate worden bijgestuurd. Terwijl we de WLO zoveel mogelijk beleidsneutraal maken, geldt deze neutraliteit alleen voor het Nederlandse beleid. Internationaal beleid kan worden gezien als een omgevingsfactor en moet daarom worden beschouwd als een onzekere factor bij de ontwikkeling van toekomstscenario's.

Streng internationaal klimaat- en energiebeleid maakt vliegen duurder

Op zowel internationaal als Europees niveau heeft klimaatbeleid de meeste invloed op de Nederlandse luchtvaart. Het klimaatplan CORSIA (*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*) van ICAO, de luchtvaartorganisatie van de Verenigde Naties, beperkt de groei van broeikasgasemissies van de luchtvaart. Recent heeft de ICAO het *Long-Term Global Aspirational*

⁵ In alle scenario's hanteren we het vastgestelde beleid van maximaal 500.000 vliegbewegingen op Schiphol en geen commercieel verkeer op Lelystad luchthaven. Als in de toekomst toch een besluit wordt genomen om de luchthaven van Lelystad te openen, zou dat mogelijk meer ruimte voor de hubfunctie van Schiphol creëren, als vakantievluchten deels naar Lelystad verplaatst worden.

Goal (LTAG)-initiatief aangenomen. Om de doelen van het Parijsakkoord te halen, stelt LTAG voor dat de internationale luchtvaart netto nul CO₂-emissies bereikt in 2050. Nederland is lid van ICAO en de LTAG-afspraken zijn van toepassing op de Nederlandse luchtvaartsector. LTAG-afspraken veronderstellen dat de netto CO₂-neutraliteit in 2050 op verschillende manieren kan worden bereikt, waaronder via emissiecompensaties, omdat compensaties buiten de luchtvaartsector ook worden toegestaan. De klimaateffecten van dit beleid zullen echter sterk afhangen van de wijze waarop deze maatregelen worden geïmplementeerd en de kwaliteit van de uitvoering.

Op Europees niveau is de *ReFuelEU Aviation*-regelgeving (onderdeel van de *Fit For 55*-agenda) bepalend. *ReFuelEU Aviation* stelt eisen aan de bijmenging van duurzame brandstoffen, zoals biobrandstoffen en e-fuels, voor vluchten die vertrekken vanuit Europa. Het percentage duurzame brandstoffen stijgt van 6 procent in 2030 naar 70 procent in 2050. Daarnaast valt de luchtvaart onder het Europese emissiehandelssysteem (EU ETS), dat van toepassing is op intra-Europese vluchten. Vanaf 2027 ontvangen luchtvaartmaatschappijen geen gratis emissierechten meer. Het afbouwpad van het EU ETS leidt tot een situatie waarin rond 2040 er geen nieuwe rechten meer worden geveild.

Het internationale klimaat- en energiebeleid vormt daardoor een belangrijke onzekerheid voor de ontwikkeling van het vliegverkeer. Dit komt door de impact op de brandstofkosten én door het feit dat dit beleid in de toekomst zowel kan worden aangescherpt als versoepeld. Stringent klimaatbeleid leidt tot een snel stijgende CO₂-prijs. Dit betekent ook dat de luchtvaart een steeds groter aandeel in deze kosten moet dragen, wat vliegen duurder maakt. Aangezien brandstofkosten in de luchtvaart een aanzienlijk deel uitmaken van de totale transportkosten — meer dan bij de meeste andere modaliteiten — vertaalt de beleidsmatige onzekerheid zich direct in onzekerheid over de omvang van de luchtvaartsector.

Naar een efficiënter Europees luchtruim

Een efficiëntere indeling van het luchtruim kan directere routes mogelijk maken. Zogenaamde *Continuous Climb / Descend Operations* (CCO/CDO) kunnen brandstof besparen doordat vliegtuigen optimaal naar de gewenste hoogte stijgen en luchthavens naderen zonder in stappen te hoeven dalen. De komende decennia wordt verdere verbetering van de vervoersefficiëntie verwacht door beter luchtruimmanagement, zoals de invoering van de *Single European Sky*. Dit initiatief van de Europese Commissie heeft als doel het Europese luchtruimbeheer te moderniseren en te harmoniseren.

De winst van deze maatregelen is echter eenmalig; de huidige routes zijn al relatief efficiënt. De belangrijkste barrières liggen vooral in de politieke sfeer (Davydenko, Hilbers & De Wilde 2024) en minder in technologische ontwikkelingen. Factoren zoals luchtruimsoevereiniteit en nationale luchtvaarnavigatiedienstverleners spelen hierbij een grote rol.

2.4.3 Technologische ontwikkeling

Trendmatige ontwikkeling van veiligheid, vliegtuigen worden steeds stiller

De technologische ontwikkeling in de luchtvaart richt zich op verschillende aspecten, met name op brandstofverbruik en geluid. Dankzij continue verbeteringen in de technologie van vliegtuigmotoren worden vliegtuigen steeds zuiniger en stiller. Bovendien blijft de luchtvaart veiliger per gevlogen kilometer, mits incidenten door oorlogsvoering buiten beschouwing worden gelaten. Wat betreft veiligheid gaan we uit van een trendmatige ontwikkeling, die in de referentiescenario's niet verschilt.

Geluidshinder door luchtverkeer vormt echter een belangrijke beperking voor de werking van de meeste luchthavens, waaronder Schiphol. Brandstofverbruik en het geluidsniveau bij opstijgen en landen zijn de belangrijkste drijfveren achter de ontwikkeling van nieuwe vliegtuigtypen en vliegtuigmotoren.

Hogere brandstofkosten leiden tot zuiniger toestellen

Zoals hierboven genoemd, vormen brandstofkosten een van de grootste kostenposten in de luchtvaart. Fabrikanten van vliegtuigen en motoren concurreren vooral op operationele kosten, waarbij brandstofkosten meestal het belangrijkste zijn. Hogere brandstofprijzen (bijvoorbeeld door een (hogere) CO₂-prijs) versnellen technologische verbeteringen op dit gebied.

Daarnaast moedigen hogere brandstofprijzen luchtvaartmaatschappijen aan om hun vloot sneller te moderniseren. Nieuwe vliegtuigen hebben doorgaans een lager brandstofverbruik en een lager geluidsniveau; ook zijn grotere vliegtuigen binnen een vliegtuigfamilie vaak zuiniger per reizigerskilometer. Technologische ontwikkelingen dragen bovendien bij aan een verminderde milieubelasting door vliegtuigen, zoals minder geluidsoverlast, lagere uitstoot van luchtverontreinigende stoffen en een kleinere CO₂-voetafdruk. Ook kunnen deze ontwikkelingen het gebruik van biobrandstoffen stimuleren.

Meer efficiëntie in vliegbewegingen

Tot slot kunnen verbeteringen in start- en landingstechnieken en de bijbehorende technologieën de fysieke capaciteit van een banenstelsel vergroten. In het luchtruim kunnen vliegtuigen dichter op elkaar vliegen dankzij technologische ontwikkelingen. Daarnaast kunnen nieuwe innovaties ervoor zorgen dat vliegtuigen niet alleen in vaste corridors hoeven te vliegen, maar optimaal gebruik kunnen maken van het gehele luchtruim.

2.4.4 Gedrag van passagiers en luchtvaartmaatschappijen

Vlieggedrag verandert ook

Het vlieggedrag van consumenten is aan verandering onderhevig. De algemene neiging om te vliegen hangt samen met factoren zoals inkomensontwikkeling, ticketprijzen, inkomenselasticiteit en de beschikbaarheid van alternatieven. Al deze aspecten zijn besproken. Daarnaast kan de houding van mensen ten opzichte van vliegen in de loop der tijd veranderen. Jongere generaties lijken bijvoorbeeld gemakkelijker het vliegtuig te nemen dan oudere generaties, mogelijk omdat vliegen voor hen een vanzelfsprekendheid is geworden. Aan de andere kant worden mensen steeds milieubewuster en proberen zij vaker milieuvriendelijke alternatieven te kiezen voor hun reizen.

Andere factoren die een rol spelen bij de vlieggeneigdheid zijn bijvoorbeeld de nabijheid van een luchthaven, het gemak van boeken en de perceptie van de milieueffecten. Naast de traditionele verdeling van reisdoelen tussen zakelijke reizen en vakanties, wordt het zogenaamde *Visiting Friends and Relatives* (VFR) ofwel het bezoeken van vrienden en familieleden, belangrijker, naarmate het percentage inwoners met internationale wortels en connecties groeit. VFR-reizigers zijn vaak minder prijsgevoelig dan vakantiegangers.

Luchtvaartmaatschappijen hanteren verschillende netwerkstrategieën

Het vlieggedrag wordt ook beïnvloed door het beleid van luchtvaartmaatschappijen, zoals hun keuze voor bestemmingen. Luchtvaartmaatschappijen die samenwerken binnen allianties en joint ventures bieden vaak uitgebreide netwerken aan. Dit kan via een *hub-and-spoke*-systeem, waarbij

één of meer luchthavens als centrale hubs fungeren. De samenstelling van deze allianties en hun netwerken vormt een belangrijke onzekerheid.

Voor Nederland is de positie van KLM en de strategie van Air France-KLM van groot belang, evenals de vraag of dit bedrijf blijft opereren met twee hub-luchthavens. Naast *hub-and-spoke*-systemen bestaan er ook *point-to-point*-systemen, waarbij luchtvaartmaatschappijen uitsluitend rechtstreekse verbindingen wordt aangeboden. Reizigers geven de voorkeur aan directe vluchten, maar in een *point-to-point*-systeem is het aantal mogelijke bestemmingen beperkter vanwege de afhankelijkheid van een stabiele vraag.

Low-cost carriers (LCC's) domineren het *point-to-point*-systeem. Toch vervagen de verschillen tussen LCC's en *full-service carriers* (FCC's) steeds meer, zowel qua ticketprijzen als qua service aan boord. Naar verwachting blijven beide systemen bestaan, maar het aandeel van elk systeem in de markt blijft onzeker.

Trends in frequentie, vliegtuiggrootte en ticketprijzen

Mondiaal gezien wordt verwacht dat de pre-corona-trend van een toenemende vluchtfrequentie en grotere vliegtuigen zich zal voortzetten. Bij een veranderende vraag kunnen maatschappijen de frequentie van vluchten aanpassen of grotere vliegtuigen inzetten. In situaties met slotrestricties kunnen vooral buitenlandse luchtvaartmaatschappijen snel overschakelen op grotere toestellen.

Tot slot bestaat er onzekerheid over de toekomstige ontwikkeling van ticketprijzen. In het verleden zijn ticketprijzen aanzienlijk gedaald door efficiëntere bedrijfsvoering, een hogere bezettingsgraad en meer concurrentie door liberalisatie. Voor de toekomst wordt echter een stijging van ticketprijzen verwacht, vooral als gevolg van strengere eisen vanuit klimaatbeleid, zoals de bijmenging van duurzame brandstoffen en de kosten van CO₂-uitstoot, en de beperkte scope voor verdere toename van efficiëntie en bezettingsgraad.

Trends in beleid: vliegbelasting maakt inhaalslag

Lange tijd was vliegen onbelast. Waar automobilisten naast btw ook nog brandstofaccijns, motorrijtuigenbelasting (mrb) en belasting van personenauto's en motorrijwielen (bpm) betalen is kerosine vrijgesteld van accijns en zijn vliegtickets vrijgesteld van btw. Sinds 2021 is er een vliegbelasting voor vertrekkende passagiers, oorspronkelijk van net geen 8 euro, vanaf 2023 ruim 26 euro. Er zijn nu plannen om vanaf 2027 een afstandsafhankelijke vliegbelasting te heffen. Desondanks blijft de belasting op vliegen achter op de belasting op autorijden of gebruik van het openbaar vervoer.

Capaciteitsbeleid staat ter discussie

Capaciteitsbeleid beïnvloedt en begrenst de omvang van de luchtvaart. Lange tijd gold voor Schiphol een maximum van 500.000 vluchten. Dat was niet knellend tot in 2018 dit maximum vrijwel werd bereikt. De laatste jaren is dit capaciteitsbeleid onderwerp van discussie. Er wordt nu gewerkt aan een luchthavenverkeerbesluit waarin het maximum aantal vluchten wordt gewijzigd van 500.000 naar 478.000 per jaar. Voor de verdere toekomst komt er een nieuw stelsel met regels voor geluid en uitstoot waarmee het aantal vluchten dat Schiphol mag afwerken alleen mag groeien als vliegtuigen stiller worden en minder CO₂ en stikstof uitstoten.

3 De scenario's voor mobiliteit

3.1 Inleiding

In hoofdstuk 2 zijn de factoren beschreven die bepalend zijn voor de ontwikkeling van de mobiliteit in de komende decennia. Deze trends en onzekerheden vormen de basis van de vier omgevingsscenario's voor mobiliteit. Deze draaien om twee in de WLO centrale onzekerheden: de groei-as (met hoge of lage groei) en de klimaat-as (snelle of vertraagde internationale klimaattransitie). Deze kunnen als kort worden samengevat (zie ook figuur 3.1):

- Het scenario **Hoog Snel** combineert een hoge demografische en economische groei en een snelle technologische vooruitgang met een relatief snelle internationale klimaattransitie;
- Het scenario **Hoog Vertraagd** combineert een hoge demografische en economische groei met een snelle technologische vooruitgang en met een vertraagde internationale klimaattransitie;
- Het scenario **Laag Snel** combineert een lage demografische groei met een beperkte economische groei, een trage technologische vooruitgang en een relatief snelle internationale klimaattransitie
- Het scenario **Laag Vertraagd** combineert een lage demografische groei met een beperkte economische groei, een trage technologische vooruitgang en een relatief langzame internationale klimaattransitie.

In de volgende hoofdstukken gaan we nader in op de specifieke aannames in de scenario's voor de thema's personenmobiliteit, goederenvervoer en luchtvaart. We beschrijven de ontwikkelingen ten opzichte van het basisjaar, tenzij anders vermeld. De algemene aannames en aannames rond demografie, macro-economie, regionale ruimtelijke ontwikkelingen en energie en klimaat stippen we in dit hoofdstuk kort aan (zie de betreffende cahiers, PBL 2025a/c/d/e/f, voor nadere informatie).

3.2 Hoge of lage groei

Sterke of bescheiden bevolkingsgroei

Voor de bevolkingsgroei zijn twee scenario's ontwikkeld: een met een hoge bevolkings- en huishoudensgroei (scenario Hoog) en een scenario met een lage bevolkings- en huishoudensgroei (scenario Laag). Hoge bevolkings- en huishoudensgroei zijn gecombineerd met hoge technologische en economische groei. Lage bevolkings- en huishoudensgroei vallen samen met lage technologische en economische groei. Scenario Hoog gaat daarnaast uit van een lange periode van vrede en een toename van globalisering en handel, terwijl in scenario Laag rekening wordt gehouden met meer pandemieën en conflicten (zie Cahier WLO algemeen). In Scenario Hoog zorgt een hogere economische groei ervoor dat mensen gemiddeld langer leven, en immigratie verder toeneemt dan in scenario Laag. Economische ontwikkeling heeft ook gevolgen voor huishoudens. In het scenario Hoog leidt de hogere economische groei tot een groter aandeel eenpersoonshuishoudens dan in scenario Laag.

Figuur 3.1
Hoofddlijnen in de WLO-scenario's

	Hoog Snel	Hoog Vertraagd	Laag Snel	Laag Vertraagd
Demografie	Sterke groei		Eerst nog bescheiden groei, daarna krimp	
Economie	Sterkere groei wereldeconomie en internationale handel		Beperkte groei wereldeconomie en internationale handel	
Sectoren	Globalisering, offshoring en specialisatie in kennisintensieve diensten		Economische autonomie, accent op landbouw en industrie	
Technologie	Snelle ontwikkeling		Trage ontwikkeling	
Klimaattransitie	Broeikasgasneutraal in 2050	Broeikasgasneutraal in 2075	Broeikasgasneutraal in 2050	Broeikasgasneutraal in 2075
Ruimtelijke verdeling	Trendmatige voortzetting voorkeur voor stedelijke gebieden; iets meer ruimtelijke spreiding na 2040		Trendmatige voortzetting voorkeur voor stedelijke gebieden	
Opleidingsniveau, rijbewijsbezit	Langzame stijging onderwijsdeelname Hoger rijbewijsbezit ouderen, lager onder jongeren			
Mobiliteitsgedrag en thuiswerken	Duidelijk hoger niveau van thuiswerken na corona		Beperkt hoger niveau van thuiswerken na corona	
Voertuig-technologie	Snellere daling accu- en autokosten, hogere stijging actieradius en hogere acceptatie van elektrische voertuigen		Minder snelle daling accu- en autokosten, minder hoge stijging actieradius en minder acceptatie van elektrische voertuigen	
Nederlands beleid	Minimaal gedifferentieerd trendmatig beleid op het gebied van weginfrastructuur, autobelastingen, openbaar vervoeraanbod, stedelijk verkeersbeleid			

pbl.nl

Bron: PBL

In 2021 telde Nederland 17,5 miljoen inwoners. In 2024 werd de mijlpaal van 18 miljoen bereikt. In scenario Hoog groeit de bevolking met 26 procent ten opzichte van 2021 tot 21,9 miljoen in 2060. In scenario Laag bedraagt de groei 4 procent ten opzichte van 2021, tot 18,2 miljoen. Na 2040 slaat de groei in scenario Laag om in bevolkingskrimp. In beide scenario's neemt het aantal huishoudens en het aantal eenpersoonshuishoudens toe tot 2040. Het aantal huishoudens neemt daarna tot 2060 in geringe mate af in scenario Laag, terwijl het in scenario Hoog blijft groeien. In 2060 zijn er volgens scenario Hoog 11 miljoen huishoudens in Nederland en in scenario Laag 8,4 miljoen.

Groei van de economie in beide scenario's

De scenario's Hoog gaan uit van een lange periode van vrede en een toenemende mate van globalisering en internationale handel. In combinatie met een sterke arbeids- en studiemigratie naar Europa en andere OESO-landen leidt dit tot een relatief sterke economische groei in deze gebieden, ondanks de vergrijzing die hier optreedt. Technologische ontwikkeling blijft in deze landen een belangrijke drijfveer van economische groei. Het opleidingsniveau stijgt vooral in ontwikkelingslanden, wat bijdraagt aan een afnemende bevolkingsgroei.

De scenario's Laag schetsen een toekomst met meer onzekerheid. Rekening houdend met de kans op nieuwe pandemieën en conflicten beperkt de Nederlandse overheid de afhankelijkheid van andere mogendheden. Dit vertaalt zich in kortere handelsketens binnen steeds meer afgebakende politieke- en handelsblokken. Het opleidingsniveau stijgt wereldwijd maar langzaam, wat gepaard gaat met een grotere groei van de wereldbevolking.

Tabel 3.1
Bevolking en economie (Index 2018 = 100)

	2018	2023	Hoog 2040	Laag 2040	Hoog 2060	Laag 2060
Inwoners (index)	100	103	117	107	128	105
Huishoudens (index)	100	106	124	107	139	105
Werkzame personen (index)	100	108	115	105	131	107
BBP (index)	100	110	153	114	230	126

De arbeids- en studiemigratie naar Europa en andere OESO-landen blijft ongeveer op het gemiddelde niveau van de jaren 2010-2020, waardoor de bevolking hier ongeveer gelijk blijft of krimpt.

In het scenario Hoog ligt de groei van het bbp rond de twee procent per jaar. Deze groei wordt met name gedreven door een groei van de arbeidsproductiviteit, de werkgelegenheid blijft ook groeien maar draagt minder bij. In het scenario Laag ligt de groei van het bbp op ongeveer een half procent per jaar. De arbeidsproductiviteit neemt nog maar zeer beperkt toe, en de werkgelegenheid groeit ook nog maar heel langzaam.

3.3 Snelle of vertraagde klimaattransitie

Snelle klimaattransitie

Vanwege de voortgaande internationale samenwerking wordt het klimaatbeleid internationaal verder aangescherpt, dusdanig dat de opwarming van de aarde wordt beperkt tot zo'n 1,8 graden Celsius ten opzichte van het pre-industriële niveau. In combinatie met het scenario Hoog is dit door een snellere technologische ontwikkeling relatief gemakkelijker, en blijft de stijging van de CO₂-prijzen beperkt. Een snelle klimaattransitie is in een scenario Laag door een achterblijvende technologische ontwikkeling lastiger, de CO₂-prijs stijgt in dit geval substantieel.

Vertraagde klimaattransitie

In dit scenario wordt wereldwijd beperkter klimaatbeleid gevoerd, ook in Europa wordt. Hierdoor koerst de wereld af op een opwarming met ongeveer 3 graden Celsius ten opzichte van het pre-industriële niveau.

Uitgangspunten EU-klimaatbeleid voor WLO Mobiliteit

Naast de algemene uitgangspunten voor klimaatbeleid in de WLO nemen we de volgende overwegingen mee in de aannames over EU-beleid in dit WLO-rapport over mobiliteit:

- We variëren het beleid alleen over de as voor de klimaattransitie, met zo weinig mogelijk verschillen tussen de scenario's Hoog en Laag. Dit om de scenario's transparant en overzichtelijk te houden.
- In de scenario's met een snelle klimaattransitie gaan we uit van klimaatneutrale mobiliteit in 2050. Dit betekent onder meer dat het ETS (1 en 2) afloopt naar 0 emissierechten in ongeveer 2040 en de bijmengverplichting voor zeevaart naar 100 procent gaat in 2050. Voor luchtvaart gebeurt dit iets later, in 2060.

- Voor de 3°C-scenario's wordt het klimaatbeleid voor mobiliteit uit *Fit for 55* grotendeels vastgehouden. Waar *Fit for 55* nog niet naar 0 emissies stuurt in 2050, wordt het beleid niet aangescherpt. De ingroei van elektrische voertuigen vertraagt vijf jaar. De eisen voor bijmenging van biobrandstoffen in de lucht- en zeevaart worden zodanig afgezwakt dat zij sturen op 100 procent gebruik van duurzame brandstoffen in 2075 (mede vanwege achterblijven grote uitstoters van buiten Europa). Het ETS wordt wel (sterk) afgezwakt, namelijk aflopend naar netto 0 emissierechten in 2060.

Tabel 3.2
Klimaatbeleid in de scenario's

	Hoog Snel en Laag Snel	Hoog Vertraagd en Laag Vertraagd
Mondiale temperatuur 2100	1,8°C (1,3 tot 2,4°C)	2,7°C (2,3 tot 3,9°C)
Transitie	<i>Snelle internationale klimaattransitie</i>	<i>Vertraagde internationale klimaattransitie</i>
Ontwikkeling CO₂-uitstoot mondiaal	Mondiale CO ₂ -uitstoot daalt naar 0 rond 2070 (<i>Representative Concentration Pathway</i> (RCP) 2.6)	Mondiale CO ₂ -uitstoot grofweg op huidige niveau tot 2060, daarna dalend maar nog geen 0 in 2100 (iets boven RCP 4.5)
EU klimaatneutraal	CO ₂ -neutraal in 2040 – 2045, broeikasgasneutraal in 2050	CO ₂ -neutraal in 2065, broeikasgasneutraal in 2075
Mondiaal klimaatbeleid	In lijn met doelen Parijs (onder 2 graden Celsius)	In lijn met vastgesteld klimaatbeleid, 40 jaar vertraging ten opzichte van doelen Parijs
Europees klimaatbeleid	Europees beleid conform <i>Fit for 55</i> en daarna voortvarend door (staand beleid, Green Deal, <i>Fit for 55</i> , en wat er nog meer nodig is)	<i>Fit for 55</i> wordt gedeeltelijk waargemaakt en daarna gaat het te langzaam om Europese klimaatdoelen te halen. 25 jaar vertraging in beleid t.o.v. wat nodig is voor doelen Green Deal
Nederlands klimaatbeleid	Bestaand beleid + doorwerking EU-beleid + doorwerking aangescherpt EU-beleid dat nodig is om klimaatneutraal te worden in 2050	Bestaand beleid + doorwerking EU-beleid

Tabel 3.3 vat de aannames over specifiek Europees beleid samen.

Tabel 3.3
Uitwerking klimaatbeleid in de scenario's voor mobiliteit

	Hoog Snel en Laag snel	Hoog Vertraagd en Laag Vertraagd
Globale aanpak klimaatbeleid voor mobiliteit	2 °C-scenario's volgen aangescherpt <i>Fit for 55</i> -pad vanuit EU 2040 doel en/of de essays uit het PBL-project <i>ZE mobiliteit in 2050</i>	3 °C-scenario's volgen vastgesteld en voorgenomen beleid uit de KEV + aannames over een 'waarschijnlijk <i>Fit for 55</i> -pad
ETS-1 en ETS-2	0 in 2040, negatieve emissies mogelijk	0 in 2060, lineair interpoleren, negatieve emissies mogelijk

REDIII	Aanscherping van REDIII om fossiele brandstoffen uit te faseren in 2050	Aanscherping van REDIII om fossiele brandstoffen uit te faseren in 2075
Bijmengen biobrandstoffen in nationaal transport	100% in 2050, lineaire ingroei vanaf 2030	100% in 2075, lineaire ingroei vanaf 2030
Europese normering ZE personenauto's en bestelauto's	100% BEV nieuwverkopen in 2035	Lichte vertraging van EU-beleid: 100% BEV nieuwverkopen in 2040
Europese normering ZE vrachtauto's	Staan EU-beleid, geen verdere aanscherping (90% in 2040). Aanne 100% in 2050	Lichte vertraging van EU-beleid (90% in 2045, 100% in 2055)
ReFuelEU Aviation	<i>Fit-for 55</i> in 2040: 34% in 2040. Aanscherping na 2040: 90% in 2050 en 100% in 2060	<i>Fit for 55</i> in 2040: 34% in 2040. Afzwakking na 2040: 53% in 2050 en 72% in 2060, pas 100% in 2075
FuelEU Maritime	Aanscherping ten opzichte van <i>Fit for 55</i> (-31% in 2040): aandeel hernieuwbaar naar 80% in 2040 en 100% in 2050	Aandeel hernieuwbaar 36% in 2040 (conform <i>Fit for 55</i>). Afzwakking na 2040, pas naar 100% in 2075.

Hogere energie en CO₂-prijzen voor West-Europa

De ontwikkeling van de groothandelsprijs van energiedragers voor West-Europa is weergegeven in tabel 3.4. Fossiele energieprijzen zijn voornamelijk het resultaat van de vraag naar energie, de mate van handel (en de gerelateerde aannames rond geopolitieke invloeden op prijzen) en uitputting van winbare reserves.

Tabel 3.4

Energieprijzen voor West-Europa in de WLO-scenario's, in Euro₂₀₂₂/GJ en CO₂-prijzen €/ton

	2020	2040	2040	2040	2040	2060	2060	2060	2060
		HS	HV	LS	LV	HS	HV	LS	LV
Kolen	1,8	4,4	4,5	4,5	4,5	4,7	5,4	4,4	4,4
Olie	3,4	9,1	9,2	10,9	11	8,5	9,1	10,5	11,6
Gas	2,4	8,7	8,6	8,7	8,7	7,9	7,7	8	7,7
Biograndstoffen	9,9	8,1	5,7	15,6	8,1	14,1	11,2	25,2	13,9
Elektriciteit	10,2	22,1	19,7	37,1	20,3	31,4	22,4	37,7	23,9
Mondiale CO₂ -prijs (pp2023)		82	1	332	55	141	5	394	55
Etsprijzen (pp2023)		184	142	428	154	428	333	999	359
Efficiënte CO₂-prijs voor mkba's		184	149	432	162	287	232	675	253

De mondiale koolstofprijs ligt in de scenario's met een vertraagde klimaattransitie aanzienlijk lager dan in de scenario's met een snelle klimaattransitie. De reden is dat in de scenario's met een vertraagde klimaattransitie de mondiale opwarming tot 2100 2,9°C bedraagt, hetgeen in de buurt

ligt van de verwachte ontwikkeling zonder aanvullend klimaatbeleid, waardoor de benodigde koolstofprijs om dit doel te halen laag blijft. Het beperken van de opwarming tot ruim onder de 2°C (snelle klimaattransitie) leidt tot een hogere mondiale CO₂-prijs omdat er duurdere emissiereductiemaatregelen nodig zijn. De CO₂-prijs verschilt daarbij nog tussen de scenario's Hoog en Laag. In het scenario Laag Snel is het aanzienlijk moeilijker het doel te behalen dan in het scenario Hoog Snel.

In alle scenario's is de CO₂-prijs in Europa aanzienlijk hoger dan in de rest van de wereld; ook de energieprijzen liggen in Europa hoger dan het mondiaal gemiddelde. De mate waarin dit nadelig uitpakt voor het concurrentievermogen van Europese energie-intensieve industrie hangt onder andere af van de kostenstructuur van de Europese bedrijven versus bedrijven buiten Europa (zie ook het WLO-Cahier Economie). In de scenario's Laag stelt de EU eisen aan de CO₂-emissie van producten die op de EU-markt mogen worden gebracht en is beleid ter bescherming van de industrie mogelijk. Een voorbeeld is het instellen van grensheffingen (via uitbreiding van het *Carbon Border Adjustment Mechanism* (CBAM)). Uitbreiding van de CBAM is in deze WLO niet expliciet gemodelleerd. De effecten op de economische structuur worden behandeld in het WLO-Cahier Economie.

De efficiënte CO₂-prijzen geven het prijspad weer dat nodig is om in een scenario tegen de laagst mogelijke kosten de broeikasgasreductie te realiseren. Een mkba van een klimaatmaatregel waarbij gebruik wordt gemaakt van de efficiënte CO₂-prijzen voor het waarderen van broeikasgassen, maakt duidelijk of die maatregel efficiënt bijdraagt aan het behalen van de emissiereductiedoelstelling van het beschouwde WLO 2025-scenario.

3.4 Trendmatig beleid versus vastgesteld beleid

3.4.1 De beperkingen van rekenen met vastgesteld beleid

In de WLO geldt 'minimaal gedifferentieerd trendmatig beleid' als het uitgangspunt voor de verdere ontwikkeling van het Nederlandse transport- en mobiliteitsbeleid. Zo brengen de scenario's in beeld wat mogelijke ontwikkelingen zijn zonder aanpassingen in beleid. De vervolgvraag is: wat is minimaal gedifferentieerd trendmatig beleid? Alleen uitgaan van als vastgestelde plannen, of een inschatting maken wat een voortzetting van trendmatig beleid nog meer kan betekenen. In de vorige WLO is minimaal gedifferentieerd trendmatig beleid ingevuld met vastgesteld beleid, zoals voor infrastructuur en autobelastingen. Ramingen maken tot aan het jaar 2060 zonder iets aan te nemen over nieuw beleid geeft in de praktijk een aantal dilemma's. We lopen vier dilemma's langs.

Grotere steden zien beperkte groei van het autoverkeer

Op stedelijk en regionaal niveau zijn de plannen voor de middellange en lange termijn vaak nog niet bekend. Grotere steden geven wel aan systematisch de verkeersruimte te herindelen ten gunste van fietsen, lopen en openbaar vervoer, maar deze plannen hebben een korte tijdhorizon. Als dit beleid niet wordt meegenomen in de scenario's is het denkbaar dat de groei van actieve en openbare vervoerwijzen in de stad worden onderschat en die van de auto wordt overschat. De sterke groei van het autoverkeer zoals die voor de WLO 2015 in verkeersmodellen in de steden werd geraamd komt niet overeen met de waargenomen mobiliteitsontwikkeling. Dit leidt tot kritiek vanuit de grote steden op de WLO: stedelijk mobiliteitsbeleid dat uitmondt in meer betaald parkeren, betere fietsinfrastructuur en meer ruimte voor de voetganger zit niet in de modellen (Clerx 2023).

Is het logisch te rekenen op basis van vastgestelde autobelastingen?

Op lange termijn zal volgens de scenario's een groot deel van het personenautoverkeer op elektriciteit rijden. Bestuurders van elektrische auto's betalen geen brandstofaccijns, maar per kilometer een veel geringer bedrag aan energiebelasting en ODE (Opslag duurzame Energie en Klimaat-transitie). Wanneer wordt vastgehouden aan dit beleid zullen de belastinginkomsten met miljarden dalen. Daarnaast rammen mobiliteitsmodellen door dit goedkoop elektrisch rijden een sterke stijging van het autogebruik en daarmee ook een stijging van de filedruk. Voor de Rijksfinanciën wordt het probleem nijpend tussen 2030 en 2040. Als op basis van WLO-scenario's wordt geraamd of de capaciteit van de netwerken voor 2040 of 2050 toereikend is, moet er dan worden gerekend op basis van de huidige autobelastingen, terwijl duidelijk is dat deze wellicht niet houdbaar zijn? Het voorbeeld roept de vraag op of scenario's met vastgestelde autobelastingen ook voldoende bandbreedte geven voor de uitdagingen op andere beleidsterreinen, zoals infrastructuur.

Wat is de waarde van een fileraming voor 2060 zonder rekening te houden met verlenging van het MIRT?

Werken met vastgesteld beleid voor weginfrastructuur betekent concreet dat verondersteld wordt dat na 2040 de uitbreiding van het hoofdwegennet stilvalt. Dat heeft zeker in een scenario Hoog voor 2050 of 2060 een groot effect op de verkeersdruk op wegen en leidt via voorspelde langere reistijden tot een rem op de ontwikkeling van het autogebruik. In de praktijk wordt het MIRT elk jaar verlengd. Door hier geen rekening mee te houden wordt niet duidelijk of het huidige trendmatig beleid voldoende is om de verwachte groei op te vangen. De tijdshorizon van het beleid heeft dus invloed op de geschetste opgave.

Zonder duidelijke plannen voor alle ov-modaliteiten kunnen uitkomsten verschillen

De kwaliteit van het ov-netwerk heeft in de modelramingen een groot effect op het ov-gebruik. Het grote verschil in voorspelde groei in de vorige WLO tussen trein enerzijds en bus, tram en metro anderzijds kwam vrijwel geheel door verschillen in de veronderstelde ontwikkeling van het aanbod. Een gevolg van het feit dat er voor het spoorvervoer een concreet ambitieniveau voor 2030 lag, maar dit voor vervoer per bus, tram en metro ontbrak. Het al of niet aanwezig zijn van concreet infrastructuurbeleid per vervoerswijze leidt tot verschillen in verwachte groei van deze vervoerswijzen.

Alleen rekenen met vastgesteld beleid zorgt voor dode hoeken

Alleen rekenen met vastgesteld beleid betekent rekenen aan de mobiliteit in 2060 op basis van ruim twintig jaar stilstand in de ontwikkeling van infrastructuurnetwerken, een sterk afnemende belasting op autogebruik en zonder doorontwikkeling van het stedelijk verkeersbeleid. Dat geeft een andere beleidsopgave dan als gerekend wordt inclusief een doorontwikkeling van de infrastructuurnetwerken, een constant niveau van autobelastingen en een trendmatige voortzetting van stedelijk verkeersbeleid.

3.4.2 Invulling van trendmatig beleid

Als antwoord hierop is trendmatig beleid in deze WLO verder uitgewerkt voor een aantal thema's. De trendmatige invulling van beleid wijkt dan af van vastgesteld beleid. Voor personenmobiliteit wordt uitgegaan van gelijkblijvende autobelastingdruk en gematigde verdere uitbreiding van het: hoofdwegennet, regionale weggennet, het aanbod van trein, bus, tram en metro, en voortzetting van het stedelijk beleid. In hoofdstuk 4 laten we de impact zien van de beleidskeuzes door uitkomsten op basis van vastgesteld en trendmatig beleid te vergelijken.

Bij goederenvervoer zijn effecten van trendmatig beleid merkbaar als gevolg van de andere vormgeving van belastingen op autogebruik voor vracht- en bestelauto's. Deze worden beschreven in paragraaf 5.5. Het capaciteitsbeleid voor luchthavens is volop onderwerp van discussie zonder dat er nu een eenduidige invulling gegeven kan worden trendmatig beleid. Het gaat daarbij vooral om het aantal toegestane vluchten op Schiphol in de komende jaren. Dat zegt nog weinig concreets over wat er in 2040 of 2060 toegestaan zou kunnen zijn. Daarom is voor de luchtvaart in beeld gebracht wat de omvang zou zijn met de tot nu toe gehanteerde capaciteitsrestricties en zonder capaciteitsrestricties (zie paragraaf 6.2).

3.5 Wat als het toch anders loopt?

In de scenario's hebben allerlei onzekerheden een plek gekregen. Toch is een aantal denkbare ontwikkelingen, zoals aangestipt in hoofdstuk 2, nog niet aan de orde gekomen. Om de mogelijke impact van die ontwikkelingen op de mobiliteit in kaart te brengen, hebben we aanvullende gevoeligheidsanalyses en onzekerheidsverkenningen uitgevoerd: wat als het toch anders loopt? Gevoeligheidsanalyses geven aan hoe sterk de ramingen wijzigen als een veronderstelling anders wordt ingevuld. Niet al deze ontwikkelingen konden kwantitatief worden doorgerekend. Denk bijvoorbeeld aan mogelijke gedragsveranderingen voortkomend uit de ontwikkeling van ICT of de eventuele opkomst van de deeleconomie. Daarom hebben we ons in een aantal gevallen beperkt tot een onzekerheidsverkenning in de vorm van een kwalitatieve beschouwing van een mogelijke ontwikkeling. In de hoofdstukken 4, 5 en 6 zijn de gevoeligheidsanalyses en onzekerheidsverkenningen uitgewerkt.

4 Binnenlandse personenmobiliteit

Dit hoofdstuk gaat over de verwachte ontwikkeling van de binnenlandse personenmobiliteit volgens de vier scenario's. In 4.1 beschrijven we de ontwikkeling van de drijvende krachten. In 4.2 behandelen we de verwachte ontwikkeling van het voertuigenpark en in 4.3 het gebruik van auto, openbaar vervoer, fiets en lopen. In 4.4 beschrijven we het gebruik van het hoofdwegennet en de banenbereikbaarheid. In 4.5 vergelijken we de uitkomsten met de invulling van trendmatig beleid, met een doorrekening op basis van vastgesteld beleid. De overige gevoeligheidsanalyses en onzekerheidsverkenningen zijn opgenomen in 4.6. We sluiten af met een vergelijking met de vorige WLO in 4.7.

Daarbij richten we ons op de volgende kernvragen:

- Hoe beïnvloeden de belangrijke onzekerheden personenmobiliteit? Wat betekent bijvoorbeeld de toename van de e-bike voor ons verplaatsingsgedrag en wat is de structurele impact van gedragsverandering, zoals meer thuiswerken, na corona?
- Hoe ontwikkelen het autobezit en de autokosten zich in 2040 en 2060 in scenario's met een hoge en een lage groei, en onder invloed van een snelle en vertraagde klimaattransitie? Wat is bijvoorbeeld de impact van elektrisch rijden op de gemiddelde autokosten?
- Hoe ontwikkelt personenmobiliteit zich in de verschillende scenario's?
- Hoe ontwikkelt personenmobiliteit zich wanneer alleen vastgesteld beleid wordt aangenomen? Wat zijn bijvoorbeeld implicaties van beleidskeuzes op de toekomstige ontwikkeling van de mobiliteit op het gebied van autobelastingen, infrastructuur en stedelijk beleid?
- Hoe ontwikkelt personenmobiliteit zich als belangrijke kernonzekerheden toch anders lopen?

4.1 Ontwikkeling in de drijvende krachten

4.1.1 Demografie en economie

Duidelijk verschil in bevolkingsgroei en economische groei tussen Hoog en Laag

Startpunt voor de analyse is de bevolkingsontwikkeling en de economische ontwikkeling in de scenario's. We hebben de ontwikkeling in bevolking en economie gekwantificeerd voor de scenario's Hoog en Laag in 2040 en 2060 en ook de doorwerking daarvan op de koopkracht (zie tabel 4.1). Waar tussen het jaar 2000 en nu de bevolking gemiddeld met een 0,5 procent per jaar toenam, neemt de bevolkingsgroei in de scenario's met een hoge groei tot 2040 iets toe (0,7%), om daarna te matigen (0,45% per jaar). In het scenario met een lage groei is de bevolkingsgroei tot 2040 beperkt tot 4 indexpunten ten opzichte van 2023, en neemt de bevolking tussen 2040 en 2060 af.

De arbeidsdeelname is tussen 2018 en 2023 vrij sterk toegenomen, voor 2040 en 2060 is de ontwikkeling van het aantal werkzame personen in beide scenario's weer vrijwel in lijn met de ontwikkeling van de totale bevolking.

Tabel 4.1

Bevolking en economie (Index 2018 = 100)

	2018	2023	Hoog 2040	Laag 2040	Hoog 2060	Laag 2060
Inwoners (index)	100	103	117	107	128	105
Werkzame personen (index)	100	108	115	105	131	107
Bbp (index)	100	110	153	114	230	126
Huishoudgrootte	2,18	2,15	2,05	2,17	2,00	2,18
Dynamische koopkracht (index)	100	105	127,5	106	173	113

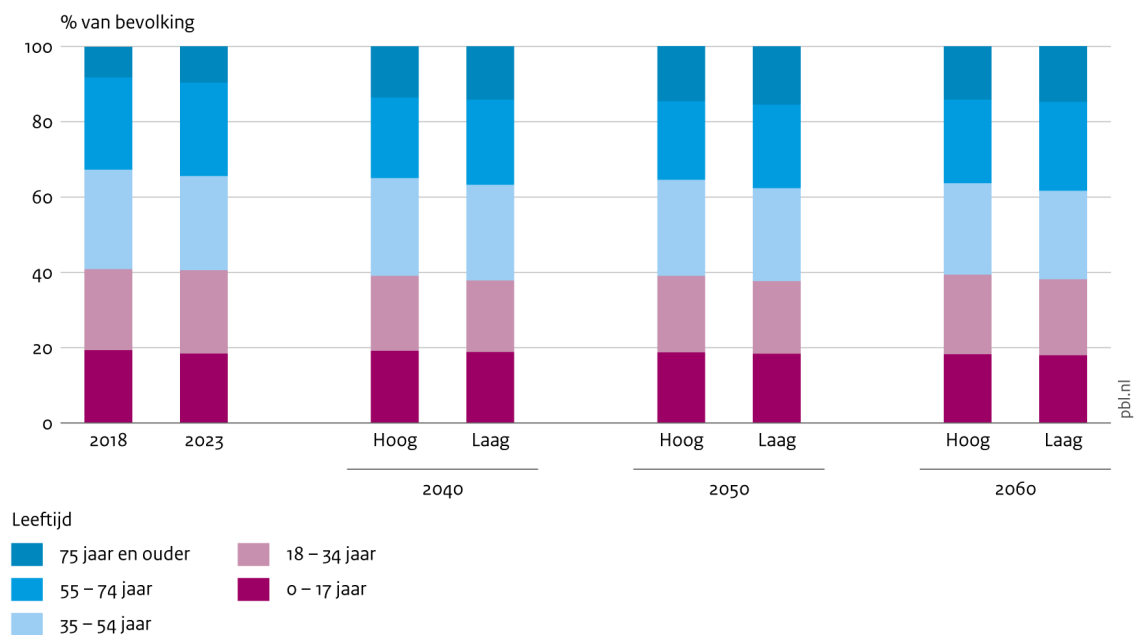
In de scenario's Hoog wordt uitgegaan van een duidelijk hogere productiviteitsontwikkeling dan in de scenario's Laag. Dat uit zich ook in een snellere toename van het bbp. Via het bbp per capita werkt het bbp ook door in het inkomen. Daarnaast zet de daling van de gemiddelde huishoudgrootte door in de scenario's Hoog, waar in de scenario's Laag de gemiddelde huishoudgrootte iets stijgt. Een kleinere huishoudgrootte is nadelig voor de koopkracht, waardoor de dynamische koopkracht in het scenario Hoog iets minder stijgt dan op basis van bbp per capita verwacht zou worden, maar nog steeds duidelijk meer dan in de scenario's Laag. De doorwerking van bbp op de koopkracht wordt in het achtergronddocument verder toegelicht.

In alle scenario's stabiliseert de vergrijzing na 2040

Er zijn duidelijke verschillen in het mobiliteitsgedrag naar leeftijd. Hele jonge kinderen zijn vaak autopassagier, scholieren fietsen veel, studenten zijn vaak gebruikers van het openbaar vervoer en senioren leggen minder kilometers af, maar lopen wat meer. De belangrijkste ontwikkeling in de scenario's met betrekking tot de leeftijdsopbouw is het stijgend aandeel van 75 jaar en ouder tot 2040 (zie figuur 4.1).

Figuur 4.1

Leeftijdsopbouw bevolking volgens WLO-scenario's



Bron: CBS, PBL

In alle scenario's stijgt na 2040 het aandeel 75-plussers niet verder, maar neemt daarbinnen wel het aandeel hoogbejaarden toe. Er zijn geen grote verschillen in de leeftijdsopbouw tussen de scenario's Hoog en Laag.

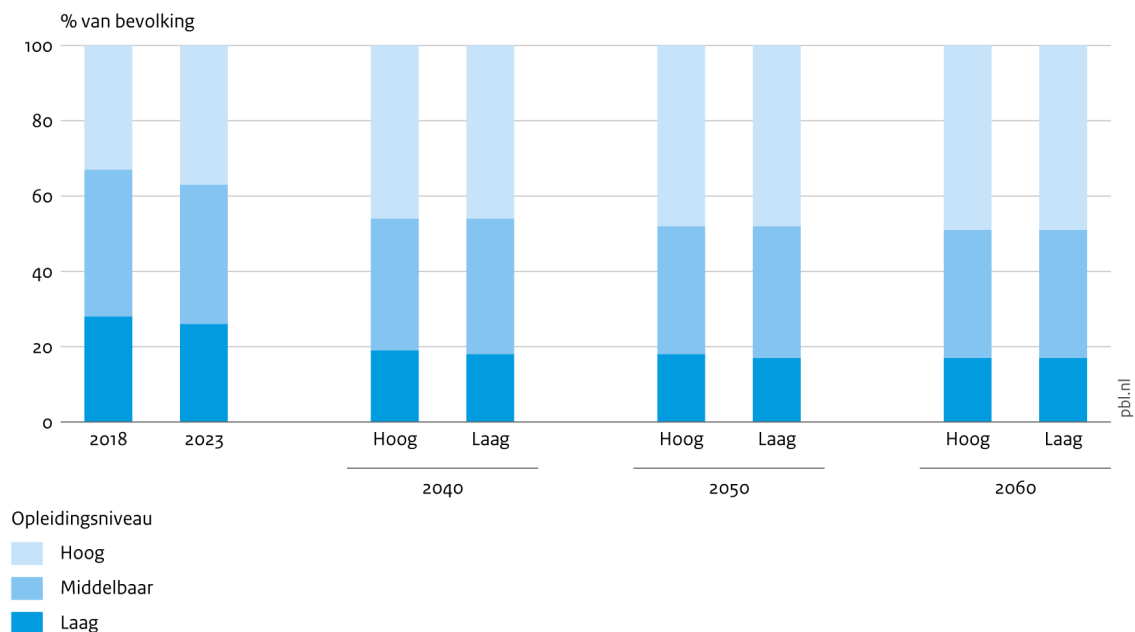
4.1.2 Opleidingsniveau, rijbewijsbezit en ruimtelijke verdeling

Stijging opleidingsniveau vlakt af na 2040 in alle scenario's

Mensen met een hoog opleidingsniveau hebben vaker een hoger inkomen en bezitten gemiddeld meer auto's. Tegelijkertijd gebruikt deze groep naar verhouding vaker de trein en de fiets. Bovendien werken zij gemiddeld vaker thuis. Oudere generaties zijn minder hoog opgeleid dan de nieuwe generaties, maar in de scenario's stijgt door dit cohorteffect het opleidingsniveau tot 2040 nog wel door. Na 2040 vlakt deze ontwikkeling af. Het verschil in ontwikkeling van opleidingsniveau tussen de scenario's Hoog en Laag is zeer beperkt (zie figuur 4.2). In de scenario's Hoog is wel uitgegaan van een hogere onderwijsdeelname, maar dit effect wordt gedempt door een hogere instroom van migranten met gemiddeld een lager opleidingsniveau. De raming is in het achtergronddocument verder toegelicht.

Figuur 4.2

Opleidingsniveau bevolking volgens WLO-scenario's



Rijbewijsbezit neemt in alle scenario's toe onder ouderen, maar neemt onder jongeren licht af

Het rijbewijsbezit is traditioneel lager onder oudere vrouwen maar in de scenario's neemt dit effect naar de toekomst sterk af. Door het cohorteffect stijgt het rijbewijsbezit onder 75-plussers in de scenario's. Wel zien we een lager rijbewijsbezit onder hoogbejaarden (85-plus), omdat deze groep hun rijbewijs niet altijd verlengt. Ook als rekening gehouden wordt met een hogere levensverwachting, wat betekent dat ouderen langer vitaal zijn en langer hun rijbewijs aanhouden, zien we toch zo'n sterke groei van hoogbejaarden dat dit de toename van het rijbewijsbezit onder 75-plussers remt. Daarnaast zien we enige daling van het rijbewijsbezit tussen 2018 en 2023 in de

leeftijdscategorieën tot 50 jaar. We zijn er bij de scenario's vanuit gegaan dat deze trend nog beperkt doorzet. De raming is in het achtergronddocument verder toegelicht.

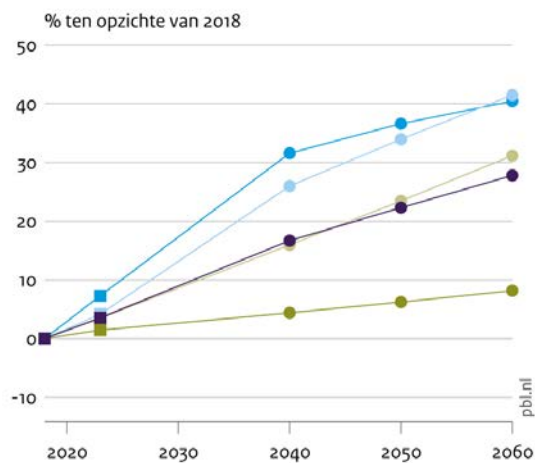
De bevolking in de steden groeit in alle scenario's

De ruimtelijke verdeling van de bevolking (zoals die in module Regio is uitgewerkt) geeft zeker tot 2040 een sterke groei van de bevolking in de vier grote steden. Terwijl de scenario's een zeer gematigde groei of krimp in het landelijk gebied laten zien (zie figuur 4.3). Met name na 2040 kampen de grote steden in de scenario's Hoog door de combinatie van een hoge bevolkingsgroei en kleinere huishoudens met toenemend ruimtegebrek, waardoor een deel van de behoefte elders wordt opgevangen. Tussen 2040 en 2060 is daarom in het scenario Hoog de bevolkingsgroei het sterkst in de middelgrote steden en in overig stedelijk gebied.

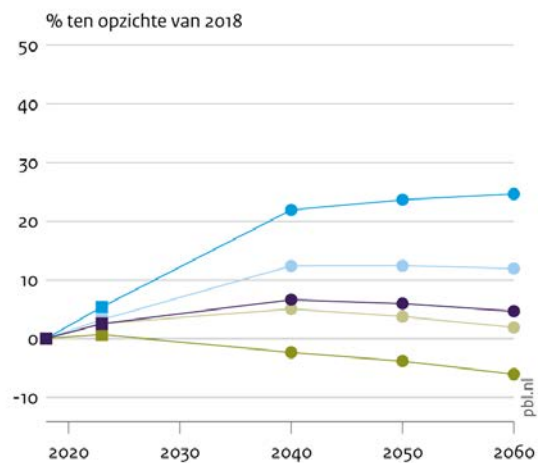
Figuur 4.3

Verandering bevolkingsomvang naar gebiedstype

WLO-scenario Hoog



WLO-scenario Laag



Gebiedstype op basis van gemeenteniveau

— Vier grote steden — Overig stedelijk gebied — Totaal — Historie
— Middelgrote steden — Landelijk gebied

Bron: PBL

4.1.3 Mobiliteitsgedrag en thuiswerken

Van mobiliteitsgedrag is bekend dat het relatief stabiel is. Zo is het gemiddeld aantal ritten en de gemiddelde hoeveelheid tijd die per persoon besteed wordt aan reizen al decennialang ongeveer hetzelfde (Hupkes 1982, Ahmed & Stopher 2014). In paragraaf 2.2 hebben we echter laten zien dat twee belangrijke ontwikkelingen zorgen voor mogelijk structureel ander mobiliteitsgedrag op de lange termijn. Dit zijn de toenemende ruimtelijke verschillen en de structurele gedragsveranderingen na de coronaperiode (zoals een toename in thuiswerken en verandering in vervoerswijzekeuze).

Vanwege de onzekerheden in het mobiliteitsgedrag op de lange termijn doen we hier aannames over. Ten aanzien van ruimtelijke verschillen (zoals een afname van het autobezit en gebruik in de grote steden) worden deze aannames beschreven onder het kopje stedelijk mobiliteitsbeleid (zie paragraaf 4.1.5), omdat de gedragsverandering mede het gevolg is van beleidskeuzes. In deze

paragraaf lichten we de aannames toe over structurele gedragsverandering na de coronapandemie, namelijk die over de mate van thuiswerken, veranderingen in reismotieven en vervoerswijzekeuze.

In de scenario's Hoog blijven we vaker thuiswerken dan in de scenario's Laag

De belangrijkste structurele gedragsverandering in de scenario's is die van de toename van thuiswerken ten opzichte van het niveau van vóór corona. De trend laat zien dat het aantal woon-werkverplaatsingen tijdens de coronapandemie fors minder was, maar daarna weer is toegenomen. Het is onzeker hoe het niveau van thuiswerken zich verder zal ontwikkelen, maar duidelijk is dat deze op een hoger niveau zal blijven dan voor corona. Daarbij bestaat spanning tussen de wensen van werknemers, die graag een groter deel van hun werktijd thuis blijven werken, en werkgevers die hun werknemers graag weer vaker op kantoor zien. Zo geven werknemers aan dat ze inmiddels minder vrijheid hebben om thuis te werken dan tijdens corona (CNV 2024, 2025). In de scenario's nemen we bij Hoog aan dat de afname van het aantal woon-werkverplaatsingen na corona grotendeels structureel is, terwijl we bij Laag aannemen dat werknemers weer wat vaker naar het werk zullen reizen ten opzichte van 2023. De bandbreedte is gebaseerd op trends voor corona en verwachtingen van werknemers tijdens en na corona over hoe vaak zij thuis zullen blijven werken (CPB, KiM). Tabel 4.2 laat de aannames zien over structurele verandering van mobiliteitsgedrag in de scenario's, naar reismotief en vervoerswijze.

Tabel 4.2
Verandering van het aantal verplaatsingen per persoon in 2060 door aannames over structurele gedragsverandering naar reismotief en vervoerswijze

	2060 HS Auto *	2060 HS Trein	2060 HS BTM *	2060 HS AM*	2060 HS Tota al	2060 LV Auto *	2060 LV Trein	2060 LV BTM *	2060 LV AM*	2060 LV Tota al
Werken	-12%	-22%	-21%	-12%	-14%	-8%	-15%	-14%	-8%	-9%
Zakelijk	-18%	-22%	-14%	-14%	-18%	-12%	-15%	-9%	-9%	-12%
Onderwijs	-8%	-8%	-8%	-1%	-2%	-6%	-5%	-6%	-1%	-1%
Overig	+3%	-2%	-5%	+11%	+5%	+1%	-2%	-3%	+7%	+4%
Totaal	-5%	-17%	-12%	+4%	-2%	-4%	-11%	-8%	+3%	-1%

* Auto = autobestuurder, BTM= bus, tram en metro, AM= actieve mobiliteit (lopen en fietsen)

De mate van thuiswerken verschilt in de scenario's tussen opleidingsniveaus en maatschappelijke participatie. We zien dat hoogopgeleiden structureel vaker thuiswerken, met name de fulltime werkenden. Hierdoor leidt het stijgend opleidingsniveau in de scenario's op de lange termijn tot een toename van thuiswerken. In de veranderingen in tabel 4.2 zijn deze samenstellingseffecten al meegenomen. Bij een onveranderde bevolkingssamenstelling naar opleidingsniveau en arbeidsparticipatie ligt het aantal woon-werkritten per saldo 8 tot 12 procent lager in respectievelijk scenario Laag en scenario Hoog door deze structurele gedragsverandering.

Er is geen structureel verschil in de mate van thuiswerken naar woon-werkafstand aangenomen. Verschillende trends hebben impact op de gemiddelde woon-werkafstand van thuiswerkers. Aan de ene kant is thuiswerken aantrekkelijker voor werknemers met een lange woon-werkafstand. Zij hebben meer reistijd te winnen door thuis te werken. Aan de andere kant kan op termijn de woon-werkafstand toenemen dankzij de mogelijkheid om thuis te werken. Dit komt doordat werknemers mogelijk bereid zijn om banen te accepteren op langere afstand, omdat ze (deels) kunnen thuiswerken. Welk effect op termijn het sterkst is, is niet bekend. Daarom nemen we eventuele

effecten niet expliciet mee in de aannames. Recent onderzoek van MuConsult (2025) laat zien dat de verdeling van autoverplaatsingen over weekdays maar zeer beperkt veranderd is ten opzichte van voor corona.

Er is ook geen extra structureel effect aangenomen van meer thuiswerken op vertrektijdstipkeuze. Het gebruikte verkeersmodel houdt al rekening met de mogelijkheid voor automobilisten om bij lagere reistijden vanwege verkeersdrukke uit te wijken naar een ander vertrektijdstip.

Het structurele gedragseffect na corona betreft meer dan alleen een daling van woon-werkverplaatsingen

Naast de ontwikkeling in thuiswerken, en daardoor minder woon-werkverplaatsingen, is ook het aantal verplaatsingen voor onderwijs en zakelijke motieven afgenomen ten opzichte van het niveau voor corona. In de scenario's nemen we dit mee op basis van waargenomen gedrag na corona. Daarbij hanteren we dezelfde aannames over het structurele effect (en terugveereffect) van dit gedrag en dezelfde bandbreedte als bij woon-werkverplaatsingen.

Terwijl het aantal woon-werk-, zakelijke en onderwijsverplaatsingen is afgenomen ten opzichte van het niveau voor corona, hebben we gezien dat tegelijkertijd het aantal verplaatsingen voor andere motieven is toegenomen. Per saldo is het gemiddeld aantal verplaatsingen per persoon per dag niet veranderd. Dit *rebound-effect* is van wezenlijk belang voor de structurele gedragsveranderingen door thuiswerken, omdat de mobiliteitsontwikkeling wordt onderschat wanneer we hier geen rekening mee zouden houden. In de scenario's gebruiken we daarom de waargenomen aanpassing van het mobiliteitsgedrag voor en na corona om rekening te houden met de verandering in verplaatsingen bij overige motieven.

De structurele gedragseffecten na corona verschillen in de scenario's per vervoerswijze

Naast een verandering in het aantal verplaatsingen is de verdeling van mobiliteit naar vervoerswijzen ook verschoven tijdens en na de coronapandemie. Deze veranderingen in vervoerswijzekeuze zijn deels het gevolg van de verandering in de mate van thuiswerken. Hoogopgeleiden reizen namelijk relatief vaker met de trein naar het werk. Daarnaast is een extra verandering in vervoerswijze opgenomen in de scenario's, die overeenkomt met de waargenomen gedragsverandering na corona. Ook deze wordt in scenario Hoog verondersteld grotendeels structureel te zijn en in scenario Laag verder terug te veren naar het niveau van voor corona. Opvallend is onder andere de grote toename van lopen na corona en een relatief lager gebruik van het openbaar vervoer. Zie voor verdere details het achtergronddocument.

4.1.4 Ontwikkeling voertuigtechnologie

In de afgelopen tien jaar is de ontwikkeling van de batterij-elektrische voertuigen snel gegaan. Momenteel is meer dan een derde van de nieuwverkopen batterij-elektrisch en huidig Europees beleid houdt in dat in 2035 alle nieuwverkopen een nulmissieaandrijving hebben. Deze normering is meegenomen in de scenario's Snel en werkt in de scenario's Vertraagd pas door vanaf 2040.

Elektrisch rijden komt eraan in alle scenario's

De verplichting tot nulmissieaandrijving voor alle nieuwverkopen wordt naar verwachting voornamelijk ingevuld met batterij-elektrische aandrijving in het wegverkeer (Meerkerk et al. 2024). Onderdeel van de scenario's is dat technologische ontwikkelingen zorgen voor verdere verbetering van de batterij en dat er bij de productie van voertuigen nog opschaalvoordelen te

behalen zijn. Deze ontwikkelingen leiden tot lagere aanschafprijzen, efficiëntere voertuigen in gebruik en een hogere actieradius. Als gevolg hiervan worden in de scenario's batterij-elektrische auto's tussen 2030 en 2040 in kale aanschafprijs (dus exclusief autobelastingen) goedkoper dan de benzineauto's. Deze ontwikkeling gaat in de scenario's Hoog sneller dan in de scenario's Laag, en ook bij grote voertuigen sneller dan bij kleine voertuigen. Bovendien passen fabrikanten hun prijsstrategie aan op het internationale beleid om de Europese normeringen te behalen. Waardoor in de scenario's Snel de aanschafprijzen van batterij-elektrische voertuigen sneller dalen dan bij in de scenario's Vertraagd.

De ontwikkeling naar batterij-elektrische auto is afhankelijk van fysieke (kosten)kenmerken van elektrische auto's zoals aanschafkosten, autobelastingen, actieradius en de uitrol van de laadinfrastructuur. Daarbovenop is deze ontwikkeling ook afhankelijk van de acceptatie van deze technologie door consumenten (Li 2017). Vaak wordt de verspreiding van een nieuwe technologie onder consumenten beschreven met een diffusiecurve (Rogers 1962). In het begin is de technologie vooral interessant voor vernieuwers (*innovators*) en na verloop van tijd wordt de technologie breder onder de bevolking geaccepteerd en aangeschaft.

... maar niet iedereen stapt even snel over

Het is nog onzeker hoe de acceptatie van elektrische voertuigen zich zal ontwikkelen, daarom verschilt deze ontwikkeling tussen de scenario's. We gaan ervan uit dat het grootste deel van de consumenten in het scenario Hoog rond 2040 al een hoge acceptatie heeft van, en dus een intrinsieke voorkeur voor, elektrische personenauto's. Terwijl in het scenario Laag we ervan uitgaan dat deze acceptatie zich minder snel ontwikkelt en er ook op lange termijn nog een beperkte groep personen is met een minder hoge acceptatie van elektrische personenauto's.

Laadinfrastructuur, netcongestie en duurzaam materiaalgebruik

Verschillende factoren kunnen de overgang naar elektrisch rijden beïnvloeden. Belangrijke uitdagingen liggen rond de opschaling van de laadinfrastructuur (in de context van een overvol elektriciteitsnet op diverse plekken) en de beschikbaarheid van nieuwe voertuigen en de daarvoor benodigde kritieke grondstoffen en materialen. In de scenario's Laag verloopt de ontwikkeling van welvaart en technologie minder snel en zijn de internationale samenwerkingen beperkter en onzekerder. Dit heeft zijn weerslag op de opschaling van laad- en energieinfrastructuur en de ontwikkeling richting duurzaam materiaalgebruik. Dit zijn daarom remmende factoren in de opschaling van batterij-elektrische voertuigen binnen de scenario's Laag. Zie (Meerkerk et al. 2024) voor meer achtergrondinformatie over uitdagingen en handelingsperspectieven.

Zie voor verdere details het achtergronddocument en zie 4.2 voor de uitkomsten van de scenario's voor de samenstelling van het autopark (Revnext en PBL 2025a).

4.1.5 Beleid

In deze WLO hebben we minimaal gedifferentieerd trendmatig beleid nader ingevuld als onderdeel van de scenario's. Dat is gebeurd voor achtereenvolgens het hoofdwegennet, het regionale wegennet, het treinenaanbod, het aanbod van bus, tram en metroverbindingen, openbaarvervoertarieven, stedelijk mobiliteitsbeleid en belastingen op autobezit en autogebruik. In paragraaf 3.3 beschrijven we de achtergrond van beleid in de scenario's. In paragraaf 4.5 laten we zien wat de effecten hiervan op de ontwikkeling van mobiliteit zijn, ten opzichte van alleen vastgesteld beleid.

Uitbreiding hoofdwegennet gaat bij trendmatig beleid langzamer dan voorheen

Jaarlijks werd tussen 2008 en 2021 ongeveer 6,8 tot 7,7 miljard euro uitgegeven aan beheer, onderhoud en aanleg van weginfrastructuur (KiM 2022). De onderhoudsopgave is echter groeiende doordat veel constructies in de infrastructuur het einde van hun levensduur gaan bereiken. De mogelijkheden om tot 2024 aanvullend op de bestaande MIRT-projecten extra uitbreiding van de capaciteit van het hoofdwegennet te realiseren worden door IenW als zeer beperkt ingeschat. Dit volgt uit een combinatie van de grote onderhoudsopgave, stikstofproblematiek, krapte op de arbeidsmarkt en stijgende kosten. Daarom is voor 2040 ook onder trendmatig beleid uitgegaan van de huidige MIRT-projecten. Verlenging van het MIRT maakt het mogelijk na 2040 de gepauzeerde projecten te realiseren en daarop aanvullend extra rijstrookkilometers toe te voegen, waardoor de capaciteit van het hoofdwegennet in 2060 6 indexpunten hoger kan zijn dan in 2040.

Tabel 4.3

Ontwikkeling capaciteit hoofdwegennet en regionale wegen

	2018	2023	Vastgesteld beleid 2040 en 2060	Trendmatig beleid 2040	Trendmatig beleid 2060
Capaciteit hoofdwegennet	100	102	105	105	111
Capaciteit regionale wegen	100	101	102	103	105

Gematigde ontwikkeling regionale wegennet bij trendmatig beleid

Bij de ontwikkeling van landelijke prognosenetwerken ligt traditioneel het accent op de uitbreidingen van het hoofdwegennet. In de netwerken van de Referentieprognose 2024 (RWS 2024) is de uitbreiding van het hoofdwegennet (840 extra rijstrookkilometers, oftewel 5 procent groei t.o.v. 2018) veel groter dan van het regionale wegennet (300 extra rijstrookkilometers, oftewel 2 procent groei t.o.v. 2018). Niet alle uitbreidingen van het regionale wegennet tot 2040 zullen reeds bekend zijn. Om die reden is bij trendmatig beleid de uitbreiding van het regionale wegennet met 1 procent vergroot, en voor 2060 nog eens met 2 procent extra (zie tabel 4.2).

Treinenaanbod groeit trendmatig verder door in de scenario's

De groei van het aantal stations lijkt af te vlakken. Er ligt maar een beperkt aantal mogelijke nieuwe stations in het vizier. Met de huidige MIRT-projecten wordt een dienstregeling mogelijk met 6 IC's en 6 sprinters (treindienstmodel 6basis) op de belangrijkste spoorlijnen. Dit betekent 18 procent meer treinkilometers dan in 2019. Bij verlenging van het MIRT komt een treindienstmodel 'Doorgroeiref' binnen bereik, waarin op de belangrijkste relaties tot 8 IC's per uur worden aangeboden. Dit betekent 27 procent meer treinkilometers dan in 2019. De gemiddelde rijnsnelheid ligt 5 procent hoger dan in 2019, door een combinatie van een groter aandeel intercity's en enige snelheidsverhoging. Voor 2050 wordt de 'Doorgroeiref' als een goede invulling van trendmatig beleid geïnterpreteerd. Er is geen concrete uitwerking beschikbaar van de verdere ontwikkeling van het treinenaanbod na 2050. Voor na 2050 wordt gerekend met een gematigde verdere groei van het treinenaanbod via een frequentieverhoging (verkorting gemiddelde wachttijd met 8 procent) en een bescheiden verdere toename van de gemiddelde rijnsnelheid (2 procent).

Tabel 4.4

Ontwikkeling openbaarvervoeraanbod (index 2018=100)

	2018	2023	Vastgesteld beleid 2040 t/m 2060	Trendmatig beleid 2040	Trendmatig beleid 2050	Trendmatig beleid 2060
Treinenaanbod (in treinkilometers)	100	93	118	118	128	138
Aanbod bus, tram en metro (in voertuigkilometers)	100	91	100	101	102	104

Trendmatig herstel aanbod bus, tram en metro in de scenario's na afschaling door corona

Uit een analyse van de gemiddelde reistijden tussen dezelfde herkomst- en bestemmingslocaties in 2018, 2022 en 2040 blijkt dat tussen 2018 en 2022 het regionaal ov-aanbod door de afschaling als gevolg van corona is afgenomen. Voor de periode 2022-2040 wordt een herstel van het aanbod verwacht. De inschatting is dat nog niet alle aanbodontwikkeling tot 2040 bekend is, en daarmee voor trendmatig beleid aanvullende aannames gemaakt kunnen worden. Die aannames betreffen de voor- en natransportafstand (afstand tot de halte), de wachttijd (frequenties) en de rijtijd (rijnsnelheid). Onderstaande tabel schetst de ontwikkeling 2018-2022 en 2022-2040 op basis van de *Level of service*-matrices van het LMS en de aanvullende aannames voor de invulling van trendmatig beleid. De onderliggende trend wijst in de richting van iets langere voor- en natransporttijd door minder haltes, iets hogere frequenties en iets hogere rijnsnelheid.

Tabel 4.5

Ontwikkeling reistijdcomponenten stad en streekvervoer (index 2018=100)

	2018	2022	Vastgesteld beleid 2040-2060	Trendmatig beleid 2040	Trendmatig beleid 2050	Trendmatig Beleid 2060
Voor en natransporttijd	100	103	103	104	106,5	108
Wachttijd	100	106	102	100	98	96
Rijtijd	100	99	98	97	95,5	94

Trendmatig stedelijk mobiliteitsbeleid

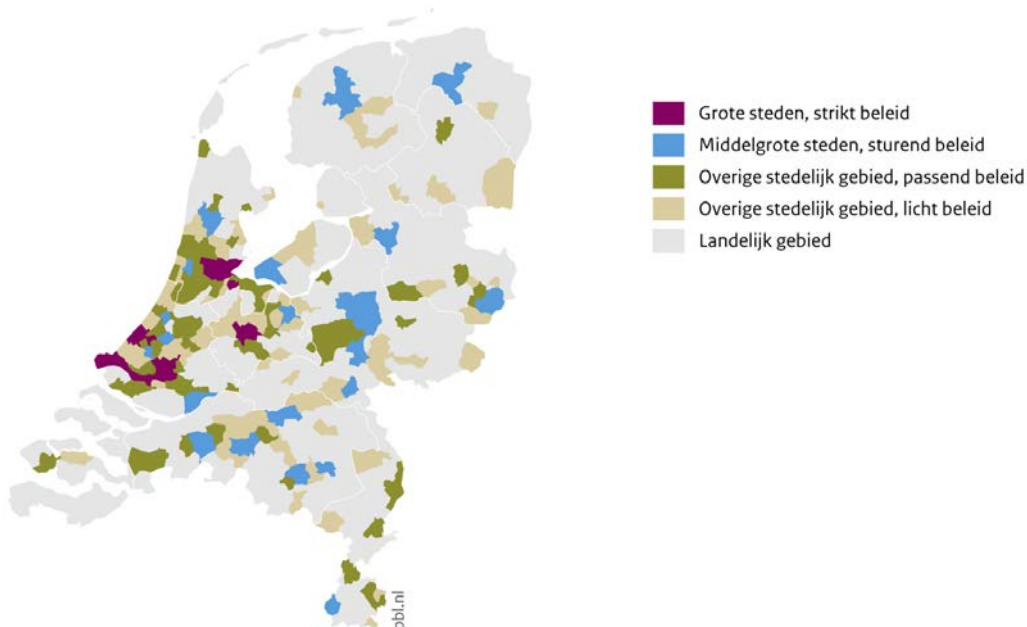
Stedelijk mobiliteitsbeleid is uitgewerkt voor een typologie van gemeenten en wijken. Het beleid voor de verschillende typen gebieden hebben we geïmplementeerd via maatregelen rond parkeerbeleid, fietsinfrastructuur en de uitrol van 30 km/u-zones.

Uit onderzoek van Jorritsma et al. (2023) blijkt dat grote en middelgrote gemeenten meer inzetten op autoluwe maatregelen dan kleinere gemeenten. De typologie van stedelijk mobiliteitsbeleid is in deze WLO gedaan in vier categorieën (licht, passend, sturend en strikt beleid) en is gebaseerd op grootte van de woonplaats en ruimtedruk (op basis van de omgevingsadressendichtheid). Deze sluit grotendeels aan op de gebiedsindeling zoals beschreven in hoofdstuk 1. Daarbij hebben de vier grote steden (Amsterdam, Rotterdam, Den Haag en Utrecht) een duidelijk strikter autoluwe beleid dan de rest van het land. Bovendien is voor alle gemeenten en gebieden rekening gehouden met de

bevolkingsontwikkeling naar 2060. De typologie en het beleid kunnen dus door de tijd veranderen. Een precieze beschrijving van de gebiedstypologie is te vinden in de achtergrondrapportage (PBL 2025f).

Figuur 4.4

Gebiedstypologie op basis van gemeenteniveau, inclusief verschillen in beleid, 2021



Bron: CBS, PBL

Jorritsma et al. (2023) bundelt autoluwe beleidsmaatregelen in beleid rond de bebouwde omgeving (verdichting en functiemenging), parkeren (parkeernormen nieuwbouw, parkeertarieven, parkeervergunningen en opheffen parkeerplaatsen) en wegen en straten (zoals invoering 30 km/u, ontwikkeling fietsnetwerk, herinrichting straten). In de WLO hebben we rond deze bundels aannames gedaan over de ontwikkeling van trendmatig stedelijk mobiliteitsbeleid op basis van waargenomen trends uit het verleden.

Zo zijn parkeertarieven hard gestegen in de periode 2018-2023 (Parkeren in de stad 2023), gemiddeld met 60 procent in de vier grote steden en ruim 20 procent in andere grote steden, waarbij in Amsterdam de hoogste parkeertarieven gelden. Over een langere periode (2009-2023) is een meer gematigde trend zichtbaar. We nemen aan dat de tarieven trendmatig zullen doorstijgen in de grote steden, waardoor de vier grote steden in de centra gemiddeld het huidige niveau van Amsterdam zullen bereiken. Daarnaast nemen we aan dat buiten de centra (winkelgebieden) de parkeertarieven relatief minder hard stijgen.

Ten aanzien van parkeercapaciteit krijgen nieuwe woningen tegenwoordig gemiddeld minder parkeerplaatsen dan in het verleden. De parkeerkencijfers van CROW (CROW 2024), die veel worden gebruikt, liggen ongeveer 20 tot 50 procent lager dan in 2012 (CROW 2012) voor het aantal parkeerplekken per nieuwe woning. Deze daling is sterker in centra en wijken met hoge stedelijkheidsgraad. Voor nieuwe bebouwing (woningen en arbeidsplaatsen) nemen we aan dat gemeenten aangescherpte parkeernormen hanteren bij nieuwe bebouwing.

Ten slotte zijn veel gemeenten bezig met de invoering van 30 km/u-zones en het verbeteren van fietsinfrastructuur. De grote steden zijn het eerst begonnen met 30 km/u-zonering, zoals Amsterdam en Rotterdam. We nemen aan dat bij strikt en sturend (rond 2040), passend (rond 2050) en licht (rond 2060) stedelijk mobiliteitsbeleid 30 km/u-zones worden uitgerold op wijkontsluitingswegen. Voor de fietsnetwerken nemen we aan dat landelijk een kwaliteitsverbetering wordt gerealiseerd, en dat gemeenten met strikt en sturend beleid daarbovenop een extra impuls geven.

Tabel 4.6
Samenvatting van regionaal vastgesteld en trendmatig beleid

	Vastgesteld beleid 2040 en 2060	Trendmatig beleid 2040	Trendmatig beleid 2060
30 km/u-zones	Alleen huidige zones met beperkte uitbreiding	Uitbreiding grote gemeenten	Uitbreiding naar gemeenten met passend, sturend of strikt beleid
Parkeerbeleid	Gelijke stijging parkeertarieven alle gemeenten, geen uitbreiding betaald parkeren.	Stijging parkeertarieven hoger in gemeenten met strikter parkeerbeleid, uitbreiding betaald parkeren, strengere parkeernormen	Stijging parkeertarieven hoger in gemeenten met strikter parkeerbeleid, uitbreiding betaald parkeren, strengere parkeernormen
Fietsnetwerken	Huidig netwerk met uitbreiding van geplande projecten hoogwaardig fietsnetwerk t/m 2030	Verbetering van de netwerkqualiteit voor de fiets, sterker in (middel)grote steden	Verbetering van de netwerkqualiteit voor de fiets, sterker in (middel)grote steden

Trendmatig beleid werkt door in ruimtelijke verschillen autobezit

De autoparkmodellen kunnen de nationale ontwikkeling van het autopark wel ramen, maar hebben moeite om de toenemende ruimtelijke verschillen in autobezit te reproduceren. Het stedelijke mobiliteitsbeleid is een relevante verklarende factor voor de toenemende ruimtelijke verschillen in autobezit. De waargenomen trend in ruimtelijke verschillen in de ontwikkeling van autobezit, gecorrigeerd voor persoonskenmerken, is als input meegenomen naar de toekomst bij trendmatig beleid. Dat geeft voor de vier grote steden voor 2040 tussen 5 procent en 10 procent lager autobezit, en voor 2060 tussen 10 procent en 16 procent ten opzichte van de ontwikkeling in autobezit als gevolg van het scenario zonder aanpassing.

Tabel 4.7
Ruimtelijke verschillen in ontwikkeling van gemiddeld autobezit per persoon

	2040 HS	2040 LV	2060 HS	2060 LV
Vier grote steden	-8%	-4%	-16%	-9%
Middelgrote steden	-1%	-1%	-1%	-2%
Overig stedelijk gebied	+1%	0%	+2%	+1%
Landelijk gebied	+4%	+2%	+4%	+4%
Totaal	0%	0%	0%	0%

Voor middelgrote steden is deze aanpassing tussen -1 procent en 2 procent. Terwijl in het overig stedelijk en landelijk gebied de trend is dat juist het autobezit toeneemt, ook als je corrigeert voor persoonskenmerken. Zie de achtergrondrapportage voor een toelichting van de methode (PBL 2025f).

Openbaarvervoertarieven stijgen in de scenario's mee met inflatie

In principe volgen de ov-tarieven de inflatie. Wel is per 1 januari 2019 het lage btw-tarief verhoogd naar 9 procent, hetgeen een extra verhoging impliceert. De sterke inflatie was aanleiding voor de Tweede Kamer om via de motie Bikker structureel geld beschikbaar te stellen voor het regionaal ov om een tariefsverhoging per 2024 van 11,7 procent conform de inflatie te voorkomen. Daardoor kan per saldo de tariefontwikkeling voor stad- en streekvervoer beneden de inflatie worden gehouden.

Tabel 4.8

Ontwikkeling openbaarvervoertarieven (index 2018=100)

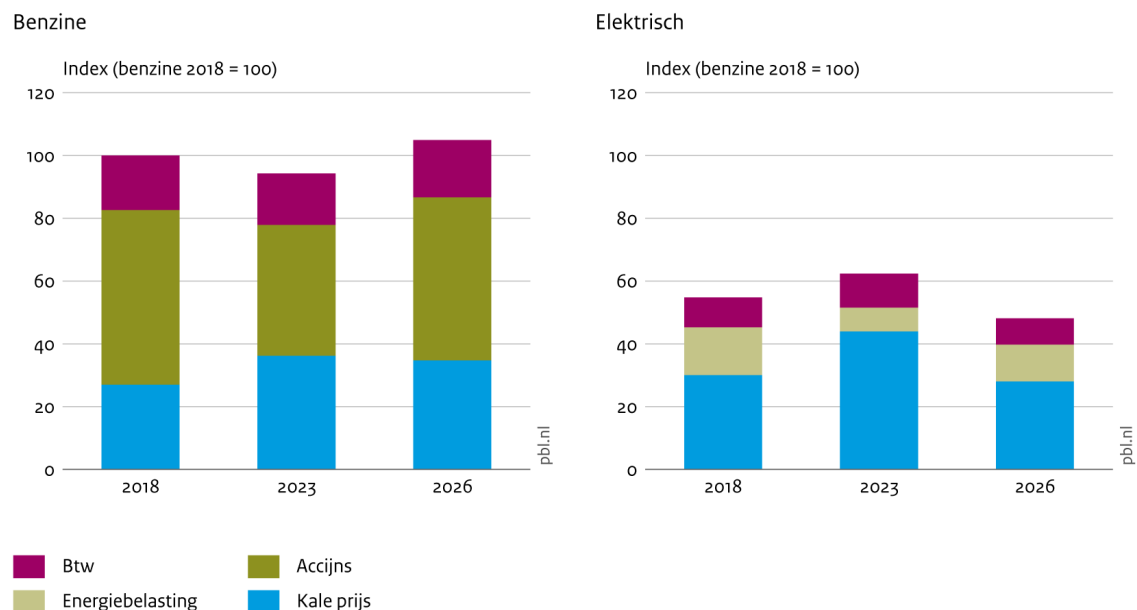
	2018	2040 en 2060
Tarieven trein	100	103,2
Tarieven BTM	100	92,45

Aanpassing autobelastingen voor trendmatige invulling van scenario's om belastingdruk op autobezit en autogebruik gelijkmatig te houden

Door de elektrificatie van het wegverkeer zullen de accijnsinkomsten wegvallen en kan de belastingdruk op autogebruik sterk afnemen. De gemiddelde energiekosten per kilometer exclusief belastingen van batterij-elektrische voertuigen en benzine voertuigen zijn momenteel vergelijkbaar, maar er is een groot verschil in de belastingdruk (zie figuur 4.5). Bij trendmatig beleid blijft de gemiddelde belastingdruk op autobezit en -gebruik gelijk aan de huidige situatie (in 2026).

Figuur 4.5

Gemiddelde kosten per kilometer voor personenauto's



Bron: CBS; bewerking PBL

Dat betekent dat eigenaren van elektrische auto's een heffing gaan betalen op energiegebruik die gemiddeld uitkomt op hetzelfde niveau als belastingen voor benzine- en dieselmotoren in 2026. Dit groeit geleidelijk in tussen 2030 en 2040 om de overgang naar elektrisch rijden niet te veel te verstoren. De belasting gekoppeld aan het energiegebruik betekent dat als bij accijns voor onzuinige voertuigen meer belasting per kilometer wordt betaald.

Tegelijkertijd wordt ook de belasting voor batterij-elektrische auto's bij autoaanschaf (bpm) en op autobezit (mrb) aangepast. Voor de mrb wordt een gewichtscorrectie toegepast, ter compensatie van het hogere gewicht van batterij-elektrische auto's en voor de bpm wordt voor batterij-elektrische auto's de CO₂-grondslag vervangen door een alternatief dat per segment tot een vergelijkbaar niveau komt als bij benzineauto's. Hiermee wordt ook de belasting op autobezit weer vergelijkbaar met het huidige stelsel.

De Europese Commissie wil het gebruik van fossiele brandstoffen in transport onder het ETS₂ laten vallen. Dat betekent dat weggebruikers voor het gebruik van fossiele brandstoffen een ETS-prijs moet gaan betalen. De opbrengsten worden voor 75 procent teruggegeven aan de lidstaten. Weggebruikers betalen al brandstofaccijns. Bij trendmatig beleid wordt aangenomen is dat een groot deel van de nationaal terugontvangen ETS₂-opbrengsten worden gebruikt om de brandstofaccijnzen te verlagen, waardoor de weggebruiker netto voor twee derde wordt gecompenseerd. Deze teruggave is nog niet vastgesteld, waardoor bij vastgesteld beleid wel de volledige ETS₂-prijs aan de automobilist wordt doorberekend.

4.2 Voertuigbezit en autokosten

Autobezit stijgt door in scenario's Hoog en stabiliseert in de scenario's Laag

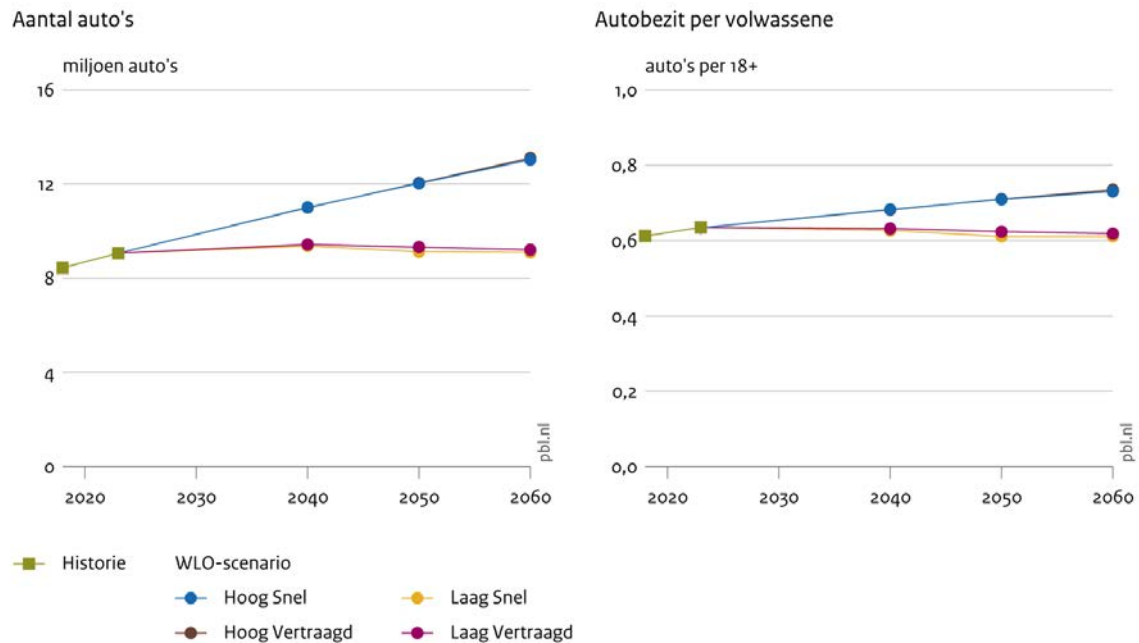
Het aantal personenauto's neemt in de scenario's Hoog toe van de huidige negen miljoen auto's naar zo'n elf miljoen in 2040 en dertien miljoen in 2060. Dat betekent dat het autobezit in de scenario's Hoog met een vergelijkbare snelheid als in het verleden (zie figuur 4.6 links) doorgroeit. Het autobezit neemt niet alleen toe door een toename van het aantal volwassenen, maar het autobezit per volwassene neemt ook toe (zie figuur 4.6 rechts). Dit komt door de toename van welvaart en de verlaagde kostprijs van voertuigen vanwege snellere technologische ontwikkeling. De groei van het autopark wordt licht gedempt, omdat naar verhouding meer mensen gaan wonen in stedelijk gebieden waar over het algemeen het autobezit lager is.

In de scenario's Laag daarentegen stabiliseert het autopark zich ongeveer op het huidige niveau (zie figuur 4.6 links). Het gemiddelde autobezit van volwassenen heeft een beperkte ontwikkeling in de scenario's Laag door beperkte inkomensgroei en tragere ontwikkeling van technologie. In combinatie met een vrijwel gelijkblijvende bevolkingsomvang leidt dat tot een stabilisatie van het aantal personenauto's in de scenario's Laag.

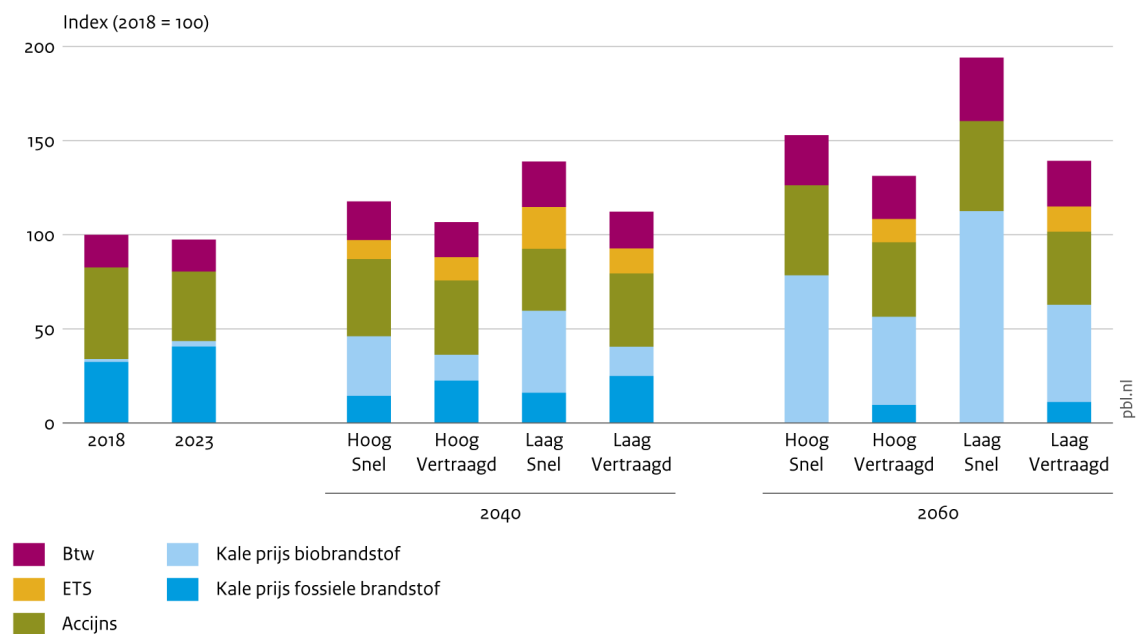
Pompprijs van benzine stijgt en laadtarieven nemen toe in alle scenario's

In alle scenario's nemen de pompprijzen toe, met de sterkste stijging in het scenario Laag Snel (zie figuur 4.7). In alle scenario's wordt biobenzine bijgemengd en aangezien geavanceerde biobrandstoffen duurder zijn dan benzine, nemen hierdoor de pompprijzen toe. Deze stijging is het grootst in de scenario's met een snelle klimaattransitie omdat het bijmengpercentage van biobenzine geleidelijk ingroeit totdat het benzine in 2050 volledig vervangt.

Figuur 4.6
Personenautobezit



Figuur 4.7
Pompprijzen benzine volgens WLO-scenario's



Terwijl in de scenario's met een vertraagde klimaattransitie het bijmengpercentage van biobenzine minder sterk groeit tot ongeveer een tweederdedeel. De productiekosten van biobenzine nemen het meest toe in het scenario met een lage groei en een snelle klimaattransitie. Dit is vanwege de

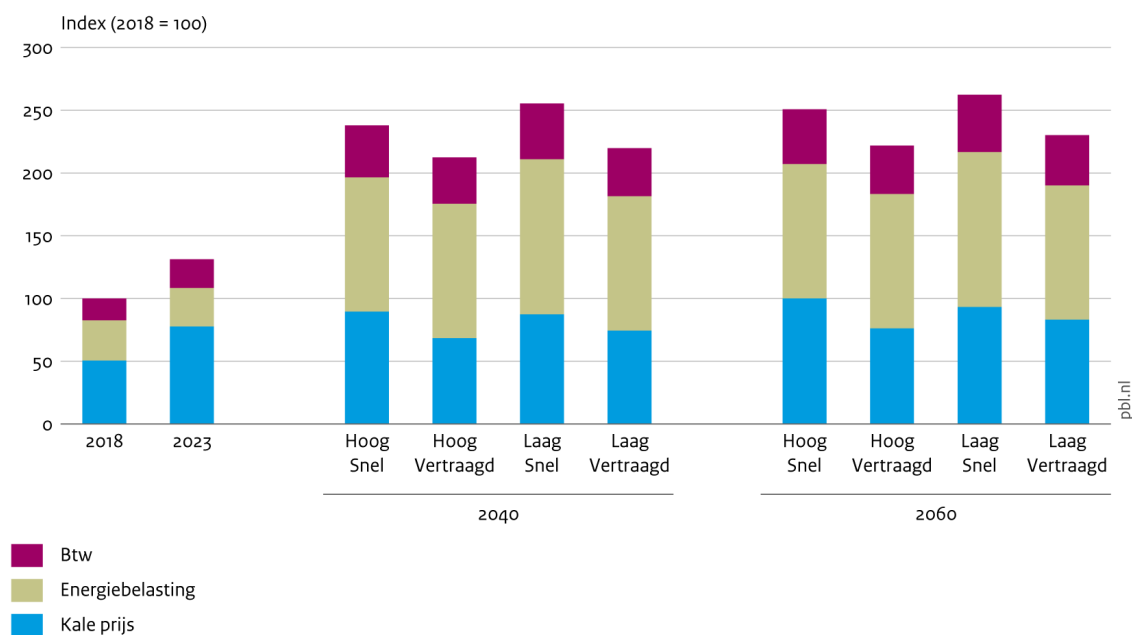
schaarste van geavanceerde biobrandstoffen in een scenario met een lage technologische ontwikkeling en een wereldwijde grote vraag naar hernieuwbare energiebronnen.

De ETS-prijzen verschillen per scenario, maar ze hebben beperkt effect op de verschillen in pompprijzen. Dit komt door de aanname van trendmatig beleid dat tweederdedeel van de ETS-prijs gecompenseerd wordt in accijns. In de scenario's met een snelle klimaattransitie rijden de voertuigen in 2050 volledig op biobenzine waardoor vanaf dat zichtjaar geen ETS meer betaald hoeft te worden.

Ook de laadtarieven nemen in alle scenario's toe (zie figuur 4.8). Dit komt door zowel de groei van de laadtarieven als de toegenomen belastingdruk voor batterij-elektrische auto's bij trendmatig beleid. Het laadtarief exclusief energiebelasting en btw groeit in alle scenario's 1,5 tot 2,5 keer ten opzichte van 2018, met name als gevolg van de toegenomen groothandelsprijzen van elektriciteit en het meest in de scenario's Vertraagd. Een groot deel van deze stijging van de elektriciteitsprijzen heeft al plaatsgevonden tussen 2018 en 2023. Omvangrijker is de groei van het belastingtarief. Onder trendmatig beleid wordt verondersteld dat de belastingen per gereden kilometer voor elektrische auto's tussen 2030 en 2040 geleidelijk worden gelijkgetrokken met belastingen voor benzineauto's. Aangezien de belastingen op elektriciteit per afgelegde kilometer nu nog duidelijk lager zijn dan de accijns bij benzinevoertuigen, betekent dit omgerekend vrijwel een verviervoudiging van het belastingdeel van de huidige laadtarieven.

Figuur 4.8

Elektrische laadtarieven voor personenauto's volgens WLO-scenario's



Bron: PBL/Revnext

In alle scenario's rijdt een groot deel van de personenauto's op elektriciteit, maar het groeitempo verschilt

Vanuit Europa wordt verplicht dat alle nieuwverkopen voor personenauto's in de toekomst nulmissie zijn. In de scenario's wordt verondersteld dat batterij-elektrische auto's op termijn in aanschafprijs voordeliger worden dan conventionele voertuigen en dat de acceptatie van deze

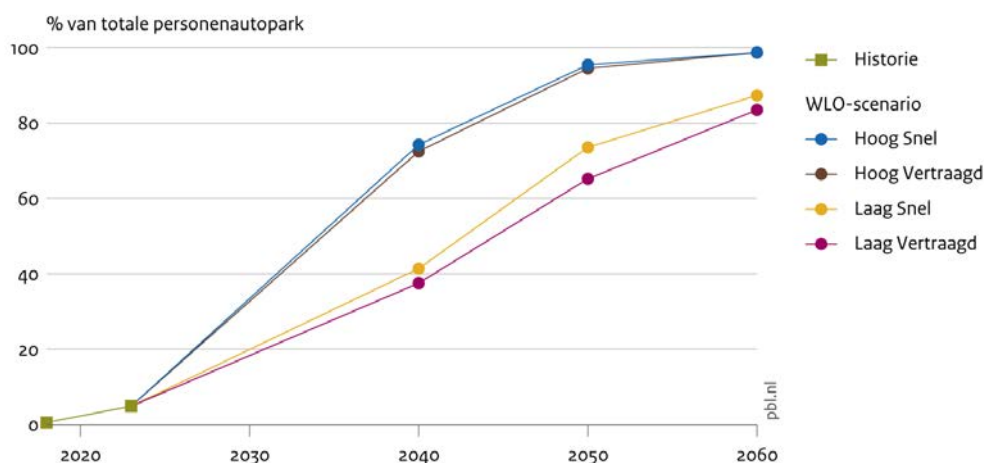
technologie toeneemt over tijd (zie paragraaf 4.1.4 voor meer informatie over deze ontwikkelingen).

In de scenario's met een hoge groei verloopt de groei van elektrisch rijden sneller dan in de scenario's met een lage groei (zie figuur 4.9). In 2040 is volgens de scenario's ongeveer 40 tot 80 procent van de auto's batterij-elektrisch en in 2060 ongeveer 80 tot 100%. In alle scenario's dalen de voertuigprijzen door technologieontwikkeling, maar in de scenario's Hoog verloopt deze daling sneller. Daarnaast is de acceptatie van deze nieuwe technologie in de scenario's Hoog hoger en is dus de intrinsieke voorkeur van consumenten voor elektrische personenauto's in de scenario's Hoog groter. Bovendien groeit het totaal aantal nieuwverkopen per jaar in de scenario's Hoog (van ongeveer 400 duizend naar 450 tot 550 duizend auto's per jaar) waardoor ook de vernieuwing van het park met elektrische auto's sneller gaat. Terwijl bij de scenario's Laag het aantal nieuwverkopen juist daalt en de vernieuwing dus minder snel gaat (300 duizend auto's per jaar).

In de scenario's met een vertraagde klimaattransitie groeit het elektrisch rijden minder snel dan in de scenario's met een snelle klimaattransitie. Er is een vertraging verondersteld van EU-beleid, waardoor pas in 2040 (in plaats van 2035) alle nieuwverkopen volledig nul emissie zijn. Bovendien verloopt de ontwikkeling van voertuigprijzen en energieprijzen in deze scenario's door de vertraagde klimaattransitie minder voorspoedig voor elektrische voertuigen ten opzichte van conventionele voertuigen. Ook hierdoor verloopt de groei van elektrisch rijden minder snel in scenario's met een vertraagde klimaattransitie.

Dit betekent dat alleen in de scenario's met een hoge groei in 2060 naar verwachting niet tot nauwelijks gebruik gemaakt zal worden van (bio)brandstoffen, terwijl in het andere zichtjaar 2040 en in de scenario's met een lage groei nog steeds (bio)brandstoffen gebruikt zullen worden. De effecten hiervan op de emissies staan in paragraaf 7.1 beschreven.

Figuur 4.9
Aandeel batterij-elektrische personenauto's



Bron: PBL/Revnext

Elektrisch rijden wordt bij trendmatig beleid duurder, maar blijft in de scenario's in gebruik goedkoper dan rijden op fossiele brandstoffen

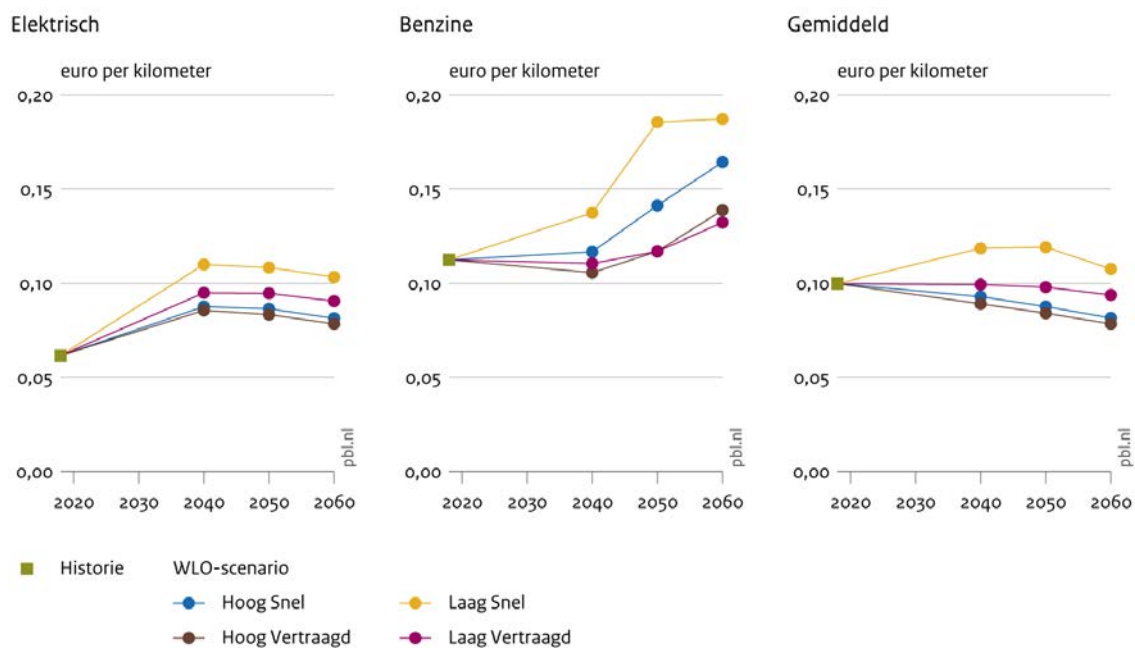
Momenteel is elektrisch rijden beduidend goedkoper in gebruik dan rijden op fossiele brandstoffen. In de scenario's gaan we trendmatig uit van een gelijkblijvende gemiddelde belastingdruk,

waardoor elektrisch rijden gemiddeld per kilometer duurder wordt dan nu, maar naar verhouding nog steeds goedkoper blijft dan rijden op fossiele brandstoffen.

In de scenario's Hoog blijft elektrisch rijden per kilometer gemiddeld goedkoper dan de huidige gemiddelde energiekosten (zie figuur 4.10). Hoewel de laadtarieven stijgen, gaan de batterij-elektrische voertuigen minder energie gebruiken. De verwachting is dat de techniek zuiniger wordt, voornamelijk vanwege de technologische ontwikkeling van batterijpakketten naar hogere energiedichtheden. Ook wordt in de scenario's Hoog voor het grootste deel elektrisch gereden, waardoor per saldo de gemiddelde autokosten per kilometer dalen.

De ontwikkeling naar zuiniger voertuigen verloopt in de scenario's Laag minder snel en de laadtarieven nemen in deze scenario's sterker toe, waardoor de verwachting is dat hierdoor elektrisch rijden iets goedkoper (Laag Vertraagd) of bijna net zo duur wordt als de huidige gemiddelde energiekosten (Laag Snel). De autokosten voor de conventionele voertuigen nemen alleen nog sterker toe, met name bij een snelle klimaattransitie. In de scenario's Laag wordt ook naar verhouding meer dan in de scenario's Hoog met conventionele voertuigen gereden. De gemiddelde energiekosten per kilometer stijgen hierdoor in scenario Laag Snel licht en dalen in scenario Laag Vertraagd licht ten opzichte van de huidige gemiddelde energiekosten per kilometer.

Figuur 4.10
Energiekosten voor personenauto's



Bron: PBL/Revnext

E-bikebezit blijft doorgroeien in alle scenario's

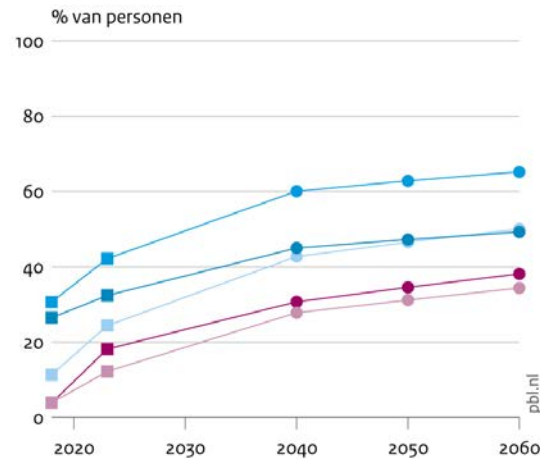
Het e-bikebezit was traditioneel hoger onder vrouwen van middelbare leeftijd in het landelijk gebied, maar in de afgelopen jaren is het e-bikebezit onder alle groepen duidelijk toegenomen. Inmiddels is 38 procent van de fietskilometers elektrisch. De verwachting is dat het e-bike-bezit in alle groepen doorstijgt, in de scenario's met een hoge groei wat sneller en verder dan in de scenario's met een lage groei. Het aantal e-bike-bezitters neemt toe van 2,3 miljoen in 2018 tot 6,2

miljoen in 2060 in de scenario's met een lage groei en tot 9,5 miljoen in 2060 in de scenario's met een hoge groei. De raming is in het achtergronddocument verder toegelicht.

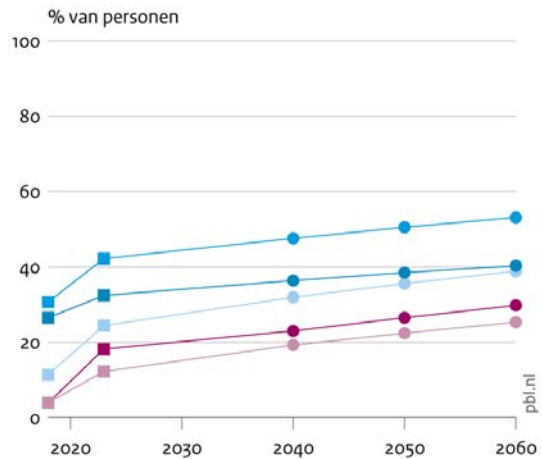
Figuur 4.11

E-bikebezit naar leeftijd

WLO-scenario Hoog



WLO-scenario Laag



Leeftijd



Bron: CBS, PBL

4.3 Omvang en samenstelling van de personenmobiliteit

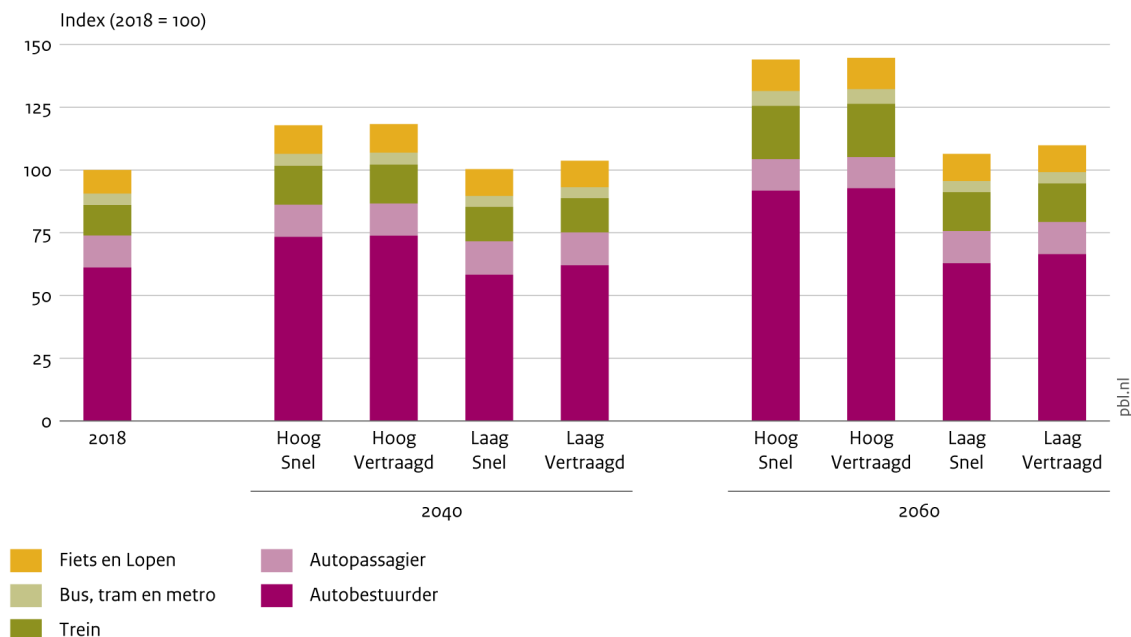
Deze paragraaf gaat over de ontwikkeling van mobiliteit op basis van trendmatig beleid. In paragraaf 4.5 beschrijven we de ontwikkeling bij vastgesteld beleid.

4.3.1 Ontwikkeling reizigerskilometers

De meeste scenario's laten een toename van het aantal reizigerskilometers op lange termijn zien (zie figuur 4.12). Uitzondering vormen de scenario's Laag in 2040, waar het mobiliteitsvolume ongeveer gelijk blijft aan de pre-coronaniveaus. Wel groeit vervolgens de mobiliteit in de scenario's Laag tegen 2060 met 6 tot 8 procent ten opzichte van 2018. De scenario's Hoog tonen een aanzienlijk grotere groei, met stijgingen van 18 procent in 2040 en 43 tot 44 procent in 2060. Factoren zoals bevolkingsgroei, veranderingen in bevolkingssamenstelling, welvaartsontwikkeling, energieprijzen en trendmatig beleid beïnvloeden deze ontwikkelingen.

Figuur 4.12

Reizigerskilometers op werkdagen naar vervoerwijze volgens WLO-scenario's



Bron: PBL/qcast

*: ontwikkeling op basis van LMS

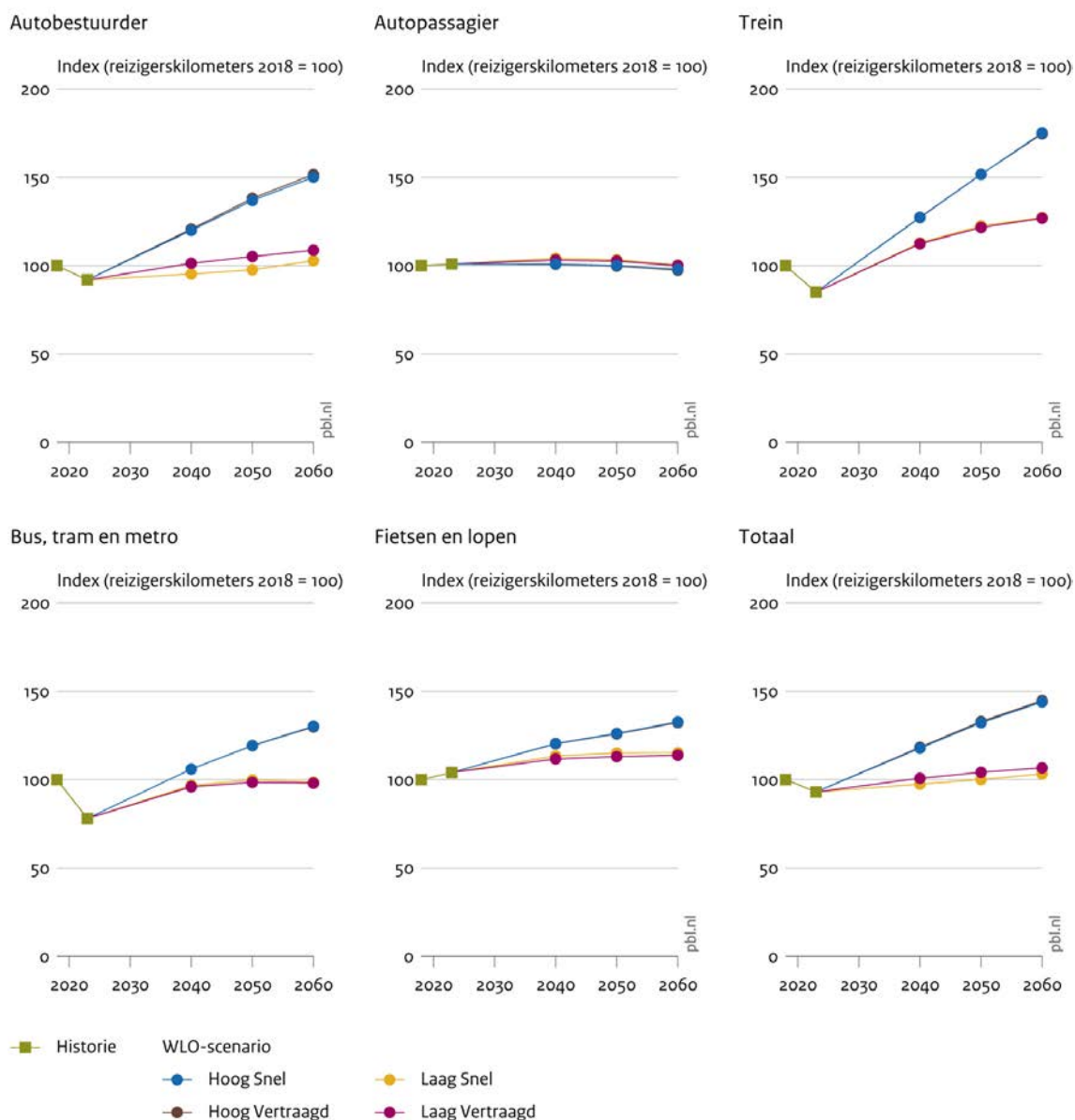
Het autogebruik stabiliseert in de scenario's Laag op het huidige niveau in 2040 en stijgt licht naar 2060 (zie figuur 4.13). De scenario's Hoog hebben een stijging van 20 tot 50 procent ten opzichte van 2018 voor respectievelijk 2040 en 2060. Ondanks de populariteit van thuiswerken onder treinreizigers, laat het treingebruik in de scenario's de grootste groei zien. Deze groei bedraagt zo'n ruim 10 tot 25 procent in 2040 en zo'n 25 tot 75 procent in 2060 t.o.v. 2018 voor respectievelijk de scenario's Laag en Hoog (zie figuur 4.13 rechtsboven). Factoren zoals sterkere bevolkingsgroei in grotere steden, stijgend opleidingsniveau, de uitbreiding van het aanbod, en stedelijk mobiliteitsbeleid bevorderen de groei van het treingebruik. In totaal worden nog steeds de meeste kilometers als autobestuurder afgelegd (zie figuur 4.12).

Voor bus, tram en metro (BTM) zijn de groeiverwachtingen lager dan voor de trein (zie figuur 4.13 linksonder). In de scenario's Laag veren de reizigerskilometers voor BTM ongeveer terug naar iets minder dan het pre-coronaniveau. In de scenario's Hoog neemt BTM toe met zo'n 5 tot 30 procent in respectievelijk 2040 en 2060. Het aantal reizigerskilometers als autopassagier blijft in alle scenario's ongeveer op het huidige niveau (zie figuur 4.13 midden boven). De reizigerskilometers als fietser en voetganger nemen in alle scenario's toe (zie figuur 4.13 midden onder), mede door de groei van het e-bikebezit en de trendmatige verbetering van fietsinfrastructuur. Het lopen neemt toe, vooral door de gedragsverandering na corona. Per saldo is er dus een lichte stabilisatie van het mobiliteitsvolume in 2040 en neemt het totale mobiliteitsvolume in alle scenario's toe (zie figuur 4.13 rechtsonder).

Mobiliteitsvolume vloeit voort uit een combinatie van vervoersvraag en vervoerssysteem

In tabel 4.9 ontrafelen we welk deel van de mobiliteitsontwikkeling voortvloeit uit ontwikkelingen in de vraag naar mobiliteit en welk deel uit ontwikkelingen in het vervoerssysteem. Voor bijna alle vervoerswijzen stijgt de vervoersvraag in 2040 ten opzichte van 2018.

Figuur 4.13
Mobiliteit op werkdagen naar vervoerswijze



Bron: CBS, PBL/qcast

*: ontwikkeling 2018-2023 op basis van CBS. 2018-2040 en 2060 op basis van LMS

In scenario Hoog Snel is deze stijging sterker dan in scenario Laag Vertraagd, door de sterkere groei van de bevolking in de scenario's Hoog Snel (zie tabel 4.9). Door de bevolkingssamenstelling en toename van welvaart en daarmee ook het autobezit groeit de mobiliteit met name voor de auto en de trein. In het scenario Laag Vertraagd groeit de auto minder sterk dan de trein door toegenomen autokosten en lager autobezit, terwijl in het scenario Hoog Snel juist het autogebruik harder groeit dan het treingebruik. Bus, tram en metro blijven wat achter, met name vanwege de doorgroei van het e-bike-bezit en de samenstelling van de bevolking.

Onder treinreizigers blijven de structurele gedragseffecten na corona (zoals meer thuiswerken) het grootst in de scenario's. Ook voor de auto, bus, tram en metro en nog enigszins bij de fiets⁶ wordt de vervoersvraag gedempt (tabel 4.9). De structurele effecten blijven in de scenario's met een hoge groei grotendeels aan, maar in de scenario's met een lage groei veren ze meer richting het pre-coronaniveau (zie paragraaf 4.1.3). Daarom zijn de verschillen ten opzichte van 2018 in het scenario Hoog Snel groter dan in het scenario Laag Vertraagd. Wanneer de effecten van infrastructuur nog niet worden meegenomen (tabel 4.9), lijkt de groei in het scenario Hoog Snel het grootst bij de auto, terwijl bij het scenario Laag Vertraagd de verschillen tussen de vervoerswijzen kleiner zijn.

Tabel 4.9

Involed van factoren op mobiliteitsontwikkeling in afgelegde kilometers tussen 2018 en 2040**

	2040 HS Auto	2040 HS Trein	2040 HS BTM	2040 HS AM*	2040 LV Auto	2040 LV Trein	2040 LV BTM	2040 LV AM*
2018	100	100	100	100	100	100	100	100
Bevolkingsomvang	+16%	+16%	+16%	+16%	+7%	+7%	+7%	+7%
Bevolkingssamenstelling, economie en voertuigbezit	+24%	+16%	+0%	-1%	+5%	+8%	-3%	+1%
Structureel gedragseffect	-9%	-15%	-12%	-1%	-7%	-10%	-9%	-1%
2040 alleen o.b.v. vervoersvraag	131	115	102	113	105	103	94	106
Congestie en wegwitbreidingen	-8%	+2%	+1%	+1%	-2%	+1%	+0%	+0%
Uitbreiding ov-aanbod	-0%	+7%	+4%	-0%	-0%	+7%	+4%	-0%
Stedelijk beleid	-0%	+1%	-2%	+5%	-1%	+1%	-2%	+5%
2040 totaal	120	127	106	120	101	112	96	112

*Auto= autobestuurder, AM= actieve mobiliteit: fietsen en lopen

** ontwikkeling op basis van LMS. Doel van deze tabel is om de effecten van invloedfactoren inzichtelijk te maken. De tabel bevat procentuele veranderingen en geen indexpunten, waardoor de percentages niet bij elkaar optellen tot de totaalrij maar wel vermenigvuldigen tot de (sub)totaalrij.

Infrastructuur speelt een bepalende rol in verschillen in ontwikkeling tussen auto en trein in de scenario's

Waar bij de auto de toegenomen drukte op de weg de vervoersvraag remt (tabel 4.9), stijgen de gereden kilometers bij de trein als gevolg van het toegenomen aanbod (tabel 4.19). Ook voor bus, tram en metro geldt dat de verbeteringen in de dienstregeling belangrijk zijn voor de mobiliteitsontwikkeling. De trendmatige uitbreidingen bij bus, tram en metro zijn alleen minder groot dan bij de trein. Verder heeft op nationaal niveau het regionaal beleid beperkt effect, met uitzondering van de stijging van de fietskilometers (tabel 4.9).

In totaal wordt de grootste groei van de kilometers dus bij de trein verwacht. Voor alle vervoerswijzen is de ontwikkeling in scenario Laag Vertraagd kleiner. Het verschil is het grootst bij de auto, de verschillen in autobezit- en kosten zijn hiervoor de belangrijkste verklaring.

⁶ Het structurele gedragseffect dempt de groei enigszins bij de fiets, terwijl bij lopen het de groei juist versterkt. Per saldo zien we bij actief vervoer een kleine afname omdat er meer kilometers met de fiets worden afgelegd dan te voet.

In 2060 zijn de verschillen tussen de scenario's en tussen de vervoerswijzen groter dan in 2040

De bevolking en economie blijven ook na 2040 groeien in scenario Hoog Snel, terwijl in scenario Laag Vertraagd deze groei wordt gedempt. Hierdoor nemen de verschillen tussen deze scenario's sterker toe (tabel 4.10). Het structurele gedragseffect is procentueel even groot als in 2040, maar neemt vanwege de toegenomen vraag wel absoluut iets toe. Op basis van alleen de vervoersvraag neemt de groei in met name scenario Hoog Snel dus sterker toe, in scenario Laag Vertraagd is de verdere ontwikkeling klein.

Na 2040 remt de drukte op de weg in scenario Hoog Snel de vervoersvraag met de auto naar verhouding sterker dan in 2040; ondanks de extra uitbreidingen neemt de drukte sterker toe (tabel 4.10). Ook bij de trein zijn verdere verbeteringen van het netwerk verondersteld, waardoor in beide scenario's in 2060 de treinkilometers nog verder groeien dan in 2040 (tabel 4.9). De totale mobiliteitsontwikkeling is dus in scenario Hoog Snel voor veel vervoerswijzen doorgegroeid, terwijl deze in scenario Laag Vertraagd stabiliseert.

Tabel 4.10 Invloed van factoren op mobiliteitsontwikkeling in afgelegde kilometers tussen 2018 en 2060

	2060 HS Auto	2060 HS Trein	2060 HS BTM	2060 HS AM*	2060 LV Auto	2060 LV Trein	2060 LV BTM	2060 LV AM*
2018	100	100	100	100	100	100	100	100
Bevolkingsomvang	+28%	+28%	+28%	+28%	+5%	+5%	+5%	+5%
Bevolkingssamenstelling, economie en voertuigbezit	+50%	+33%	+9%	-5%	+14%	+15%	-0%	+1%
Structureel gedragseffect	-8%	-15%	-12%	-2%	-6%	-10%	-9%	-1%
2060 alleen o.b.v. vervoersvraag	176	144	122	119	112	108	96	105
Congestie en wegbuitbreidingen	-14%	+4%	+3%	+3%	-2%	+1%	+0%	+0%
Uitbreiding ov-aanbod	-0%	+14%	+7%	-0%	-0%	+14%	+6%	-0%
Stedelijk beleid	-1%	+2%	-3%	+8%	-1%	+2%	-3%	+8%
2060 totaal	150	175	130	133	109	127	98	114

* Auto= autobestuurder, AM= actieve mobiliteit: fietsen en lopen

** ontwikkeling op basis van LMS. Doel van deze tabel is om de effecten van invloedfactoren inzichtelijk te maken. De tabel bevat procentuele veranderingen en geen indexpunten, waardoor de percentages niet bij elkaar optellen tot de totaalrij maar wel vermenigvuldigen tot de (sub)totaalrij.

4.3.2 Mobiliteit naar reismotief en mobiliteit per persoon

In alle scenario's zit de meeste groei bij sociaal recreatief en overig verkeer

Omdat het basisjaar 2018 voor corona ligt, wordt de ontwikkeling tot 2040 sterk beïnvloed door het hogere niveau van thuiswerken na corona. De motieven werken, zakelijk en (hoger) onderwijs kennen hierdoor een lagere groei dan winkelen, sociaal-recreatief en overig (zie figuur 4.14). Het verschil tussen de scenario's met een snelle en vertraagde klimaattransitie is zeer beperkt, het verschil tussen de scenario's met een hoge en een lage groei is wel duidelijk zichtbaar.

Alleen in het scenario Hoog 2060 zijn mensen langer onderweg dan in 2018

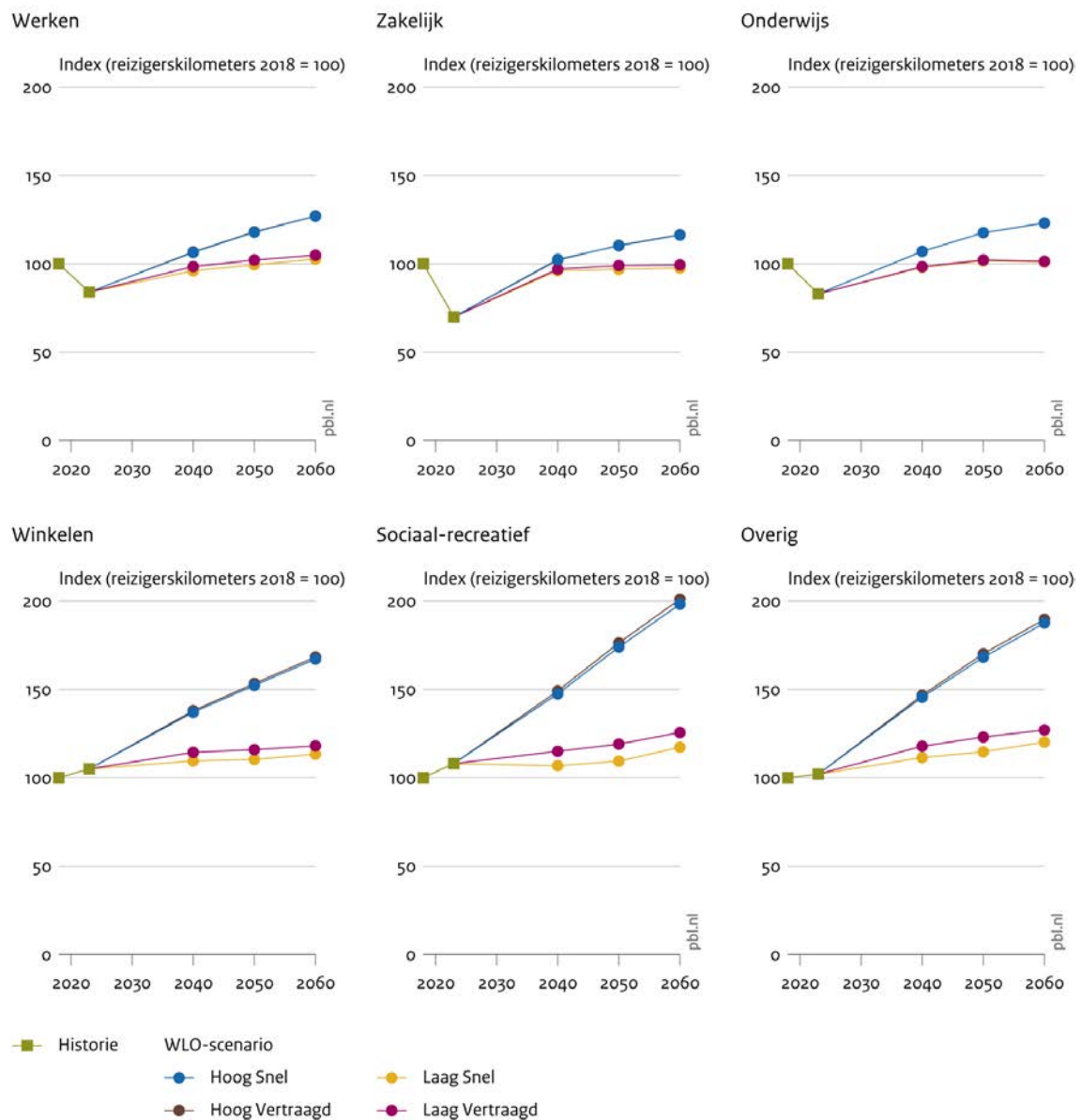
Volgens de Breverwet zijn het aantal verplaatsingen en de tijd besteed aan reizen door de tijd heen in grote mate stabiel (Hupkes 1982, Ahmed & Stopher 2014). Daarbij wordt de toegenomen

afgelegde afstand gecompenseerd met een hogere gemiddelde reissnelheid (of andersom: een hogere gemiddelde reissnelheid gebruikt voor toename afgelegde afstand).

De reissnelheid kan toenemen door betere infrastructuur of door gebruikmaking van snellere vervoerwijzen.

Het aantal verplaatsingen per persoon blijft inderdaad constant. Door het extra thuiswerken zijn woon-werkritten vervangen door ommetjes. Dit compenseert de trend van langere reisafstanden en maakt dat de afgelegde afstand per persoon tot 2040 in de scenario's Laag iets daalt en in de scenario's Hoog nauwelijks wijzigt. Alleen voor de scenario's Hoog in 2060 zien we meer kilometers en een langere reisduur, waardoor de tijd besteed aan reizen met 10 procent zou toenemen. Het thuiswerken blijft tussen 2040 en 2060 in de scenario's op een vergelijkbaar niveau, terwijl de trend van groei naar hoger opleidingsniveau, hoger inkomen en hoger autobezit doorloopt.

Figuur 4.14
Mobiliteit op werkdagen naar motief



Bron: CBS, PBL/qcast

* Ontwikkeling 2018-2023 op basis van CBS. 2018-2040 en 2060 op basis van LMS

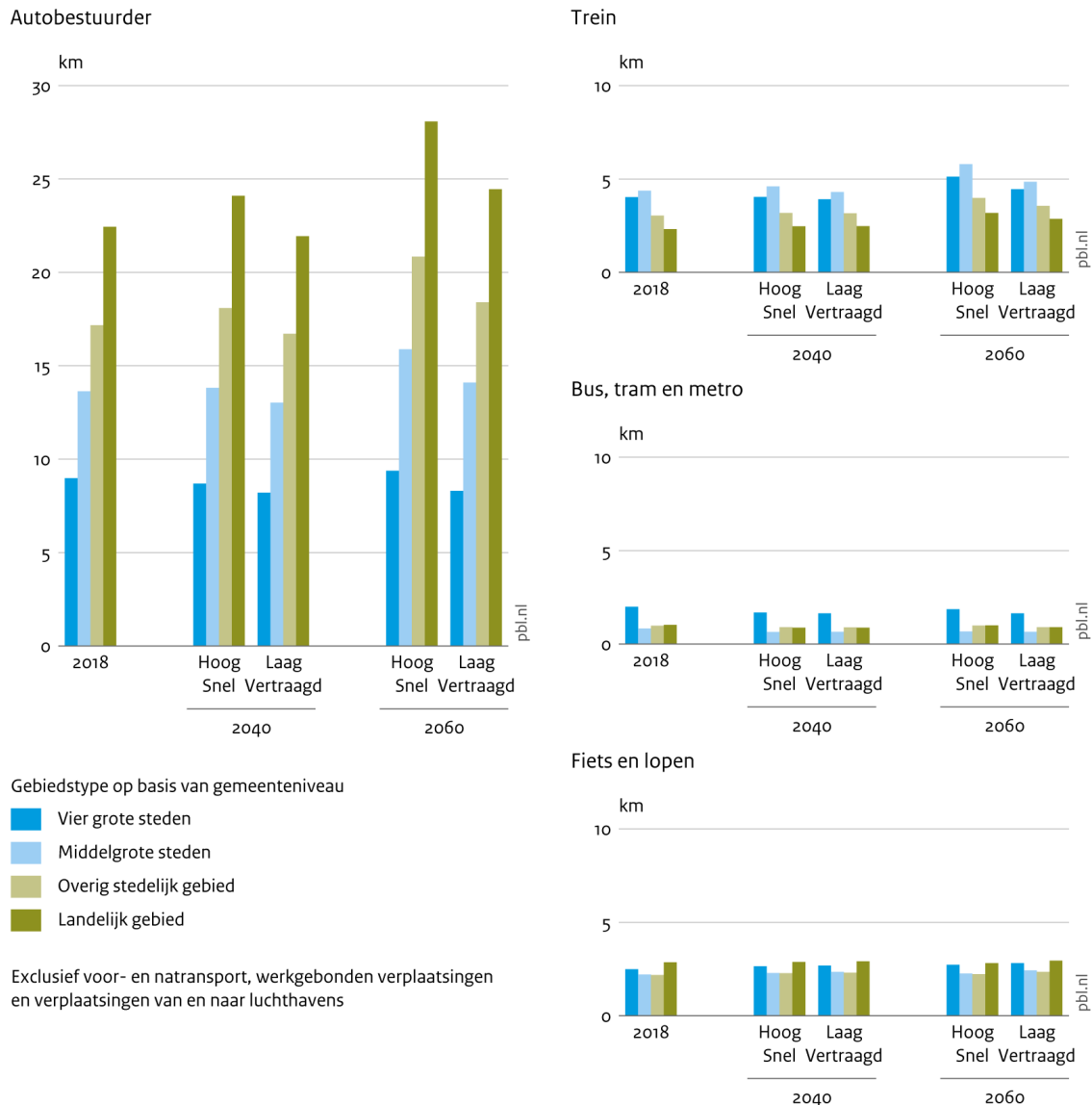
Tabel 4.11
Mobiliteit per persoon per dag*

	2018	2040 HS	2040 HV	2040 LS	2040 LV	2060 HS	2060 HV	2060 LS	2060 LV
Aantal verplaatsingen	100	100	100	99	99	102	102	100	100
Verplaatsingsafstand	100	101	102	95	98	111	112	102	105
Afgelegde reizigerskilometers	100	101	101	94	97	113	113	101	105
Reissnelheid	100	99	99	98	100	102	102	103	104
Totale reistijd	100	102	102	96	98	110	111	99	100

* Ontwikkeling op basis van LMS

Figuur 4.15

Afgelegde afstand per persoon per dag per vervoerwijze naar gebiedstype volgens WLO-scenario's



Bron: PBL/qcast

4.3.3 Ruimtelijke verschillen in reizigerskilometers per persoon

De ontwikkeling van het aantal reizigerskilometers per persoon varieert tussen de verschillende gebieden in Nederland. In 2018 was het autogebruik van inwoners in de vier grote steden al duidelijk lager dan in landelijke gebieden. Deze verschillen worden in de scenario's groter (zie figuur 4.15 linksboven). In de grote steden blijft het autogebruik per inwoner redelijk stabiel in de meeste scenario's, terwijl het in landelijke gebieden juist toeneemt. Desondanks groeit de totale automobilititeit in de steden door de sterkere toename van het aantal inwoners (figuur 4.3 geeft de inwonersgroei naar gebiedstype weer). In paragraaf 4.4 wordt verder ingegaan op de regionale verschillen in de groei van het verkeer op het wegennet.

In alle gebieden neemt het treingebruik per persoon toe, maar naar verhouding het meest bij inwoners van de middelgrote steden, vooral in 2060 (zie figuur 4.15 rechtsboven). Deze toename is waarschijnlijk het gevolg van de trendmatige uitbreiding van het ov-aanbod, waarbij inwoners van middelgrote steden sterk profiteren van de extra intercity's die volgens trendmatig beleid na 2040 zijn voorzien.

Bij bus, tram en metro zijn de regionale verschillen in mobiliteitsontwikkeling beperkt (zie figuur 4.15 linksonder). De afname van vervoer met bus, tram en metro is alleen iets sterker in de grote en middelgrote steden dan in de rest van Nederland. De lagere bevolkingsgroei in de scenario's Hoog en de krimp in de scenario's Laag in landelijke gebieden hebben wel als gevolg dat de mobiliteit met het regionale ov afneemt ten opzichte van 2018.

Voor fietsen en lopen geldt dat de groei per inwoner het grootst is in de grote steden, het kleinst in landelijke gebieden, en de rest ertussenin zit (zie figuur 4.15 rechtsonder). Dit komt voor een belangrijk deel door trendmatig stedelijk beleid dat fietsen in de steden bevordert.

4.4 Gebruik wegennet en bereikbaarheid

De ontwikkeling van het personenverkeer heeft een aanzienlijke invloed op gebruik van het hoofdwegennet. Naast personenverkeer spelen ook bestel- en vrachtverkeer een belangrijke rol in deze ontwikkeling (zie ook paragraaf 5.3.5). Ook in deze paragraaf zijn de resultaten inclusief trendmatig beleid.

Wegverkeer groeit in bijna alle scenario's

De groei van het vrachtverkeer is wat minder snel dan het personenautoverkeer en het bestelautoverkeer groeit wat sneller (zie tabel 4.12). Per saldo verloopt de ontwikkeling van het totale wegverkeer in de scenario's iets gematigder dan bij het personenautoverkeer, maar het beeld is vergelijkbaar. Binnen het personenautoverkeer valt vooral de sterke groei op bij het motief 'overig'. De groei van het woon-werkverkeer en het zakelijke verkeer blijft daarentegen relatief bescheiden.

In de scenario's Laag is de groei van het wegverkeer groter in de spitsperiode, terwijl bij de scenario's Hoog de groei buiten de spitsperiode het grootst is. De langere reistijd door de toename van de files (voertuigverliesuren) remmen hier het autogebruik in de spitsuren. De voertuigverliesuren nemen af in de scenario's Laag met zo'n 3 tot 17 procent, terwijl ze in de scenario's Hoog sterk toenemen, met een factor 1,6 tot 2,8.

Tabel 4.12
Gebruik hoofdwegennet en voertuigverliesuren*

	2018	2040 HS	2040 HV	2040 LS	2040 LV	2060 HS	2060 HV	2060 LS	2060 LV
Kilometers wegverkeer									
Personenauto Werk	100	105	106	91	97	123	124	101	106
Personenauto Zakelijk	100	100	99	91	94	113	113	93	96
Personenauto Overig	100	144	147	94	107	204	208	111	124
Totaal Personenauto	100	119	121	92	100	152	154	103	111

Bestelauto	100	128	126	108	105	133	133	120	109
Vrachtverkeer	100	113	113	108	106	138	135	131	124
Totaal wegverkeer	100	120	121	97	102	147	148	109	112
Wegverkeer in spits	100	112	112	100	104	128	128	112	114
Voertuigverliesuren									
Voertuigverliesuren	100	161	163	83	96	268	275	90	97
Voertuigverliesuren/km	100	134	135	86	94	182	185	82	87

* Ontwikkeling op basis van LMS

Hoofdstuk 4.5 laat zien dat de trendmatige autobelastingen en trendmatige uitbreidingen de groei van de voertuigverliesuren dempen. De verliestijd per afgelegde kilometer kan daardoor evenzeer met 18 tot 6 procent afnemen als 30 tot 80 procent toenemen. De files lijken daarmee iets sneller te groeien dan de mobiliteit op de weg.

Geen grote ruimtelijke verschillen in de scenario's in de toename van de gereden kilometers op het onderliggend wegennet

De groei van de gereden kilometers op het onderliggend wegennet is in de scenario's naar verhouding het grootst in de grote steden, maar de verschillen tussen de gebieden zijn beperkt (zie figuur 4.16).

Bereikbaarheid van banen neemt toe door banengroei en ruimtelijke verdeling in de scenario's

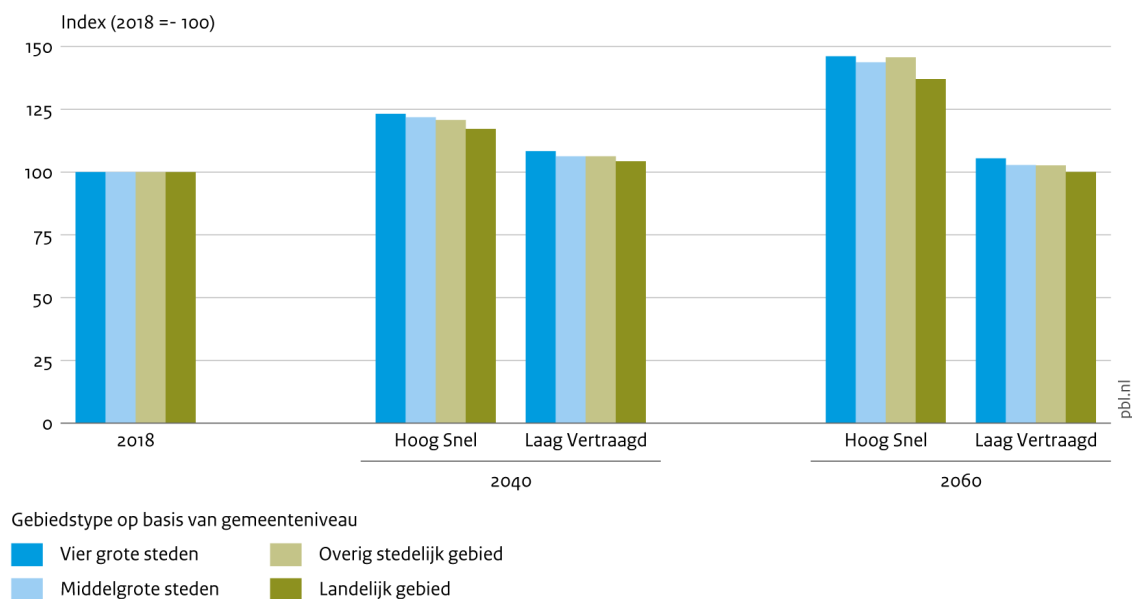
De bereikbaarheid van bestemmingen hangt af van ruimtelijke ordening (waar mensen wonen en werken en waar voorzieningen zich bevinden), het vervoerssysteem (denk aan infrastructuur en dienstregelingen) en persoonlijke kenmerken (bijvoorbeeld autobezit). Nabijheid van en reistijd naar bestemmingen zijn bepalende factoren voor de mate van bereikbaarheid. Deze worden beïnvloed door ruimtelijk beleid en infrastructuurbeleid.

In dit rapport wordt met een bereikbaarheidsindicator de bereikbaarheid van werkgelegenheid (banen) voor de auto, het openbaar vervoer en de fiets geraamd. De bereikbaarheidsindicator behelst veranderingen in:

- de ontwikkeling van het totaal aantal banen;
- de ruimtelijke verdeling van beroepsbevolking en banen
- de reistijden per vervoerwijze tussen de woonlocaties van de beroepsbevolking en de locaties van banen.

Figuur 4.16

Gereden kilometers op onderliggend wegennet naar gebiedstype volgens WLO-scenario's



Bron: PBL/qcast

* ontwikkeling van wegverkeer (personen-, bestel- en vrachtauto's) t.o.v. 2018 op basis van LMS

In alle scenario's neemt de gemiddelde bereikbaarheid van banen vanuit woonlocaties toe voor auto, ov en fiets. Het totaal aantal banen stijgt, waardoor ook de banenbereikbaarheid toeneemt (tabel 4.13). Daarnaast neemt voor de gemiddelde inwoner de bereikbaarheid toe door de concentratie van de bevolking in de grotere kernen: een steeds groter deel van de bevolking woont op locaties met een behoorlijk aantal banen in de buurt.

In de scenario's Hoog dempt congestie de toename van bereikbaarheid van banen met de auto; reistijden voor ov en fiets nemen in alle scenario's af

Ook de verbeterde fietsinfrastructuur en verbeterd ov-aanbod dragen bij aan de toename van het aantal bereikbare banen. Dit effect is groter in 2060 dan in 2040. Trendmatig beleid voor ov-infrastructuur is in de scenario's voor Hoog en Laag gelijk waardoor er geen verschil is in de toename van het aantal bereikbare banen als gevolg van de reissnelheid. Voor de bereikbaarheid per auto is het beeld diffuser. In de scenario's Hoog wordt de groei van het aantal bereikbare banen gedempt door toenemende reistijden als gevolg van congestie. In de scenario's Laag veranderen de reistijden nauwelijks en hebben reissnelheden ook nauwelijks impact op de ontwikkeling van de bereikbaarheid van banen met de auto.

In de basis zijn met de auto beduidend meer banen te bereiken dan met het ov of de fiets. Zo laat een recente studie van PBL zien dat in 2021 met de auto binnen dertig minuten zeven keer zoveel banen bereikbaar zijn als met het ov en ongeveer vijf keer zoveel als met de fiets (Bastiaansen & Breedijk 2022). De bereikbaarheid van banen neemt sterker toe voor het openbaar vervoer en de fiets (zie tabel 4.13). De verwachting is dat verschillen tussen de vervoerswijzen iets kleiner zullen worden.

Tabel 4.13

Samenstelling* van de ontwikkeling van het gemiddeld aantal bereikbare banen (index=100) voor het gemiddeld aantal bereikbare banen met de auto in 2018**

		2040 HS	2040 LV	2060 HS	2060 LV
Per auto	2018	100	100	100	100
	Door ontwikkeling aantal banen	+15%	+4%	+30%	+6%
	Door ruimtelijke verdeling	+10%	+7%	+14%	+9%
	Door reissnelheid	-16%	-0%	-30%	+1%
	Totaal	105	111	104	117
Per openbaar vervoer***	2018	100	100	100	100
	Door ontwikkeling aantal banen	+15%	+4%	+30%	+6%
	Door ruimtelijke verdeling	+12%	+9%	+17%	+11%
	Door reissnelheid	+10%	+10%	+21%	+21%
	Totaal	140	124	184	142
Per fiets***	2018	100	100	100	100
	Door ontwikkeling aantal banen	+15%	+4%	+30%	+6%
	Door ruimtelijke verdeling	+13%	+11%	+16%	+13%
	Door reissnelheid	+10%	+10%	+18%	+18%
	Totaal	143	127	178	141

* De tabel bevat procentuele veranderingen en geen indexpunten, waardoor de percentages niet bij elkaar optellen tot de totaalrij maar wel vermenigvuldigen tot de totaalrij.

** ontwikkeling op basis van LMS

*** ontwikkeling t.o.v. 2018, let op dat het aantal bereikbare banen met het ov en de fiets in de basis beduidend lager ligt dan het aantal met de auto bereikbare banen.

Gemiddelde bereikbaarheid van banen neemt in alle scenario's toe, maar ruimtelijke verschillen worden groter

De huidige ruimtelijke verschillen in banenbereikbaarheid zijn groot. In de grote steden bereiken mensen per auto driemaal, per openbaar vervoer viermaal en per fiets tienmaal zoveel banen als mensen in landelijke gemeenten. Het aantal bereikbare banen in middelgrote en overige steden ligt hier tussenin. Doordat banen zich verder concentreren in de steden, kunnen met name stedelingen in de toekomst meer banen bereiken. Die verschillen nemen toe, vooral voor bereikbare banen per openbaar vervoer en fiets.

4.5 Impact vastgesteld en trendmatig beleid

De ramingen van mobiliteit volgen mede uit gehanteerde beleidsuitgangspunten. In deze WLO is uitgewerkt wat een trendmatige invulling van beleid zou kunnen zijn voor autobelastingen, uitbreiding van infrastructuur (autowegen, ov-aanbod), en stedelijk beleid. Deze paragraaf laat zien wat de effecten zijn van trendmatig beleid op de mobiliteitsontwikkeling.

Zie paragraaf 3.3 voor een uitgebreide toelichting op de uitwerking van trendmatig beleid en paragraaf 4.1.4 voor de trendmatige invulling van beleid voor personenmobiliteit.

4.5.1 Impact trendmatig beleid op autobelastingen

Voor autobelastingen is uitgegaan van een gelijkblijvende belastingdruk per auto en kilometer, zie paragraaf 4.1.5. voor een uitgebreide toelichting.

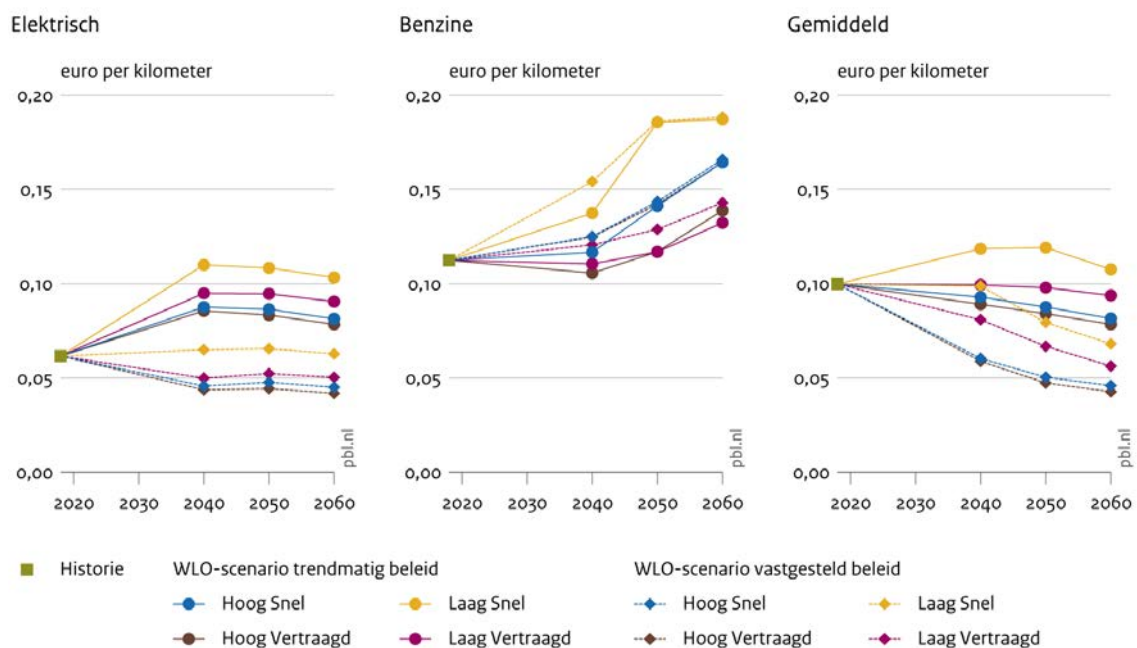
Trendmatig beleid autobelastingen zorgt voor beduidend hogere autokosten dan vastgesteld beleid

Met vastgesteld beleid nemen de gemiddelde autokosten in alle scenario's af (zie figuur 4.17). Dit komt doordat het mede als gevolg van het huidige autobelastingenstelsel goedkoper is om met een batterij-elektrische auto te rijden dan met een benzineauto en doordat het aandeel van elektrische auto's in de scenario's stijgt. Dit kostenbelastingdrukverschil is voor een groot deel het gevolg van lagere belastingdruk bij laadtarieven dan bij brandstofkosten.

Bij vastgesteld beleid blijven de laadtarieven ongeveer gelijk in de scenario's Laag en dalen ze in de scenario's Hoog. Daarentegen stijgen de laadtarieven sterk bij trendmatig beleid omdat de belastingdruk wordt gelijkgetrokken met tarieven voor benzine en diesel (zie voor uitleg paragraaf 4.1.5 en 4.2). Bij benzinevoertuigen zijn de verschillen in energiekosten beperkt, alleen de ETS-compensatie (zie paragraaf 4.1.5) is zichtbaar in figuur 4.17.

Volgens vastgesteld beleid dalen de gemiddelde brandstofkosten in alle scenario's aanzienlijk, terwijl bij gelijkblijvende belastingdruk de gemiddelde kosten in de scenario's Laag ongeveer stabiel blijven en in de scenario's Hoog beperkt dalen. Op lange termijn zijn de verschillen in kosten groter omdat een groter deel van het autopark op elektriciteit rijdt. Door trendmatig beleid ingegeven autobelastingen leiden dus tot aanzienlijk hogere gemiddelde variabele autokosten in de scenario's.

Figuur 4.17
Energiekosten per kilometer voor personenauto's



Bron: PBL/Revnext

Autobezit minder aantrekkelijk bij trendmatig beleid dan bij vastgesteld beleid

Het trendmatige beleid leidt tot gemiddeld hogere variabele en vaste autokosten omdat bij vastgesteld beleid de gemiddelde belastingdruk op autobezit en -gebruik afneemt. Als gevolg hiervan is het minder aantrekkelijk om een auto te bezitten en is het aantal personenauto's in de scenario's met trendmatig beleid zo'n twee procent kleiner dan in scenario's met alleen vastgesteld beleid. Ook is vanwege het grotere prijsverschil het aandeel elektrische kilometers in de trendmatige scenario's wat kleiner dan in de scenario's met alleen vastgesteld beleid, met name in 2040 en bij de scenario's Laag.

Autorijden gemiddeld duurder bij trendmatig beleid, waardoor het aanzienlijk rustiger is op de weg dan bij vastgesteld beleid

Door hogere gemiddelde autokosten groeit het autogebruik minder sterk in de trendmatige scenario's (zie tabel 4.14). De mate waarin de effecten per scenario verschillen hangt sterk samen met het aandeel elektrisch gereden kilometers: daarom is het effect groter bij scenario's Hoog dan bij scenario's Laag. Ook op lange termijn is het effect sterker. De uitzondering is echter scenario Hoog Snel. De sterk toegenomen drukte op de wegen (weergegeven met VVU in tabel 4.14) dempt de toename van de autokilometers, waardoor de hogere kosten in trendmatig beleid een minder groot effect hebben dan je zou verwachten op basis van de effecten in de andere scenario's.

Bij trendmatig beleid wordt de minder sterke groei van de autokilometers voor een deel gecompenseerd door vervoer met de trein, bus en metro en door fietsen en lopen. Ook hier is dit effect groter in 2060 dan in 2040.

In de scenario's Hoog verdubbelen tot verviervoudigen de voertuigverliesuren bij vastgesteld beleid ten opzichte van 2018. Ook bij trendmatig beleid neemt de drukte op de weg toe in de scenario's Hoog, maar zijn de voertuigverliesuren ongeveer de helft kleiner. In de scenario's Laag nemen bij vastgesteld beleid de voertuigverliesuren toe, maar trendmatig beleid compenseert deze groei volledig. Het veronderstelde beleid bij autobelastingen heeft dus een groot effect op de inschatting van de drukte op de weg.

Belastingopbrengsten stijgen bij trendmatig beleid en dalen bij vastgesteld beleid ondanks meer gereden kilometers

De opbrengsten per auto en gereden kilometer lopen terug bij vastgesteld beleid ten opzichte van de huidige situatie. Ook de totale opbrengsten nemen af in de scenario's, met uitzondering van het scenario Hoog in 2060. In dat scenario neemt het totaal aantal auto's en gereden kilometers dusdanig toe dat het de afgenomen opbrengsten per kilometer en auto compenseert. Met trendmatig beleid zijn de opbrengsten vergelijkbaar met 2026 in de scenario's Laag en nemen de opbrengsten toe in de scenario's Hoog vanwege de sterke toename van de gereden kilometers. In de scenario's op basis van trendmatig beleid zijn de Rijksopbrengsten dus hoger dan bij vastgesteld beleid.

Tabel 4.14

Effecten van trendmatige autobelastingen op mobiliteit in reizigerskilometers en voertuigverliesuren op werkdagen. Indexcijfers ten opzichte van 2018 en procentueel effect van trendmatige autobelastingen**

2040	HS Auto	HS Trein	HS BTM	HS AM*	HS VVU*	LV Auto	LV Trein	LV BTM	LV AM*	LV VVU*
Bij trendmatig beleid	120	127	106	120	161	101	112	96	112	96
Bij vastgestelde autobelastingen	135	124	103	116	240	109	111	94	110	115
Effect trendmatige autobelastingen	-11%	+3%	+2%	+3%	-33%	-7%	+2%	+2%	+2%	-17%
2060										
Bij trendmatig beleid	150	175	130	133	268	109	127	98	114	97
Bij vastgestelde autobelastingen	165	170	127	128	412	130	122	95	109	152
Effect trendmatige autobelastingen	-9%	+3%	+3%	+3%	-35%	-16%	+4%	+4%	+5%	-36%

* Auto= autobestuurder, AM= actieve mobiliteit: fietsen en lopen, VVU = voertuigverliesuren: staat voor het reistijdverlies op het hoofdwegennet waarbij de berekende gemiddelde snelheden worden afgezet tegen een referentiesnelheid van 100km/uur.

** Ontwikkeling op basis van LMS

4.5.2 Impact trendmatig infrastructuurbeleid

Voor het hoofdwegennet, het regionale wegennet en het openbaarvervoeraanbod is uitgegaan van trendmatig beleid voor 2040 en 2060. Bij vastgesteld beleid zijn er na 2040 geen verdere ontwikkelingen. Dit beleid wordt toegelicht in paragraaf 4.1.5.

De effecten van trendmatig infrastructuurbeleid zijn aanzienlijk groter in 2060 dan in 2040.

In 2040 geeft trendmatig beleid een beperkte toename van het aanbod voor bus, tram, metro en het regionale wegennet. Dit resulteert in een lichte stijging van de reizigerskilometers voor bus, tram en metro (zie tabel 4.15). De voertuigverliesuren nemen bij trendmatig beleid licht af, vanwege uitbreidingen in het regionale wegennet. De uitwisseling met andere vervoerswijzen is beperkt.

De uitbreidingen van infrastructuur bij trendmatig beleid na 2040 resulteren in een sterke toename van de reizigerskilometers in 2060, vooral voor de auto en trein. Het scenario Hoog Snel laat zien dat de wegennetuitbreidingen een grotere impact hebben in dit scenario op het autogebruik, omdat bij vastgesteld beleid het autogebruik meer wordt beperkt door langere reistijden, zoals blijkt uit de toegenomen voertuigverliesuren.

Wat betreft het openbaar vervoer hebben de scenario's vergelijkbare effecten. De trendmatige uitbreidingen in infrastructuur leiden hier tot een lichte afname van het gebruik van alternatieve vervoersmiddelen zoals fietsen en lopen, aangezien verbeterde openbaarvervoersopties aantrekkelijker worden voor reizigers.

Tabel 4.15

Effecten van trendmatig infrastructuurbeleid op mobiliteit in reizigerskilometers en voertuigverliesuren op werkdagen. Indexcijfers ten opzichte van 2018 en procentueel effect van infrastructuurbeleid**

2040	HS Auto	HS Trein	HS BTM	HS AM*	HS VVU*	LV Auto	LV Trein	LV BTM	LV AM*	LV VVU*
Bij trendmatig beleid	120	127	106	120	161	101	112	96	112	96
Bij vastgestelde infrastructuur	120	127	105	121	162	101	112	95	112	96
Effect trendmatige Infrastructuur	+0%	-0%	+1%	-0%	-1%	+0%	-0%	+1%	-0%	-0%
2060										
Bij trendmatig beleid	150	175	130	133	268	109	127	98	114	97
Bij vastgestelde infrastructuur	142	166	127	134	325	106	120	95	114	118
Effect trendmatige Infrastructuur	+6%	+5%	+3%	-1%	-18%	+3%	+6%	+3%	-0%	-18%

* Auto= autobestuurder, AM = actieve mobiliteit (fietsen en lopen) en VVU = voertuigverliesuren: staat voor het reistijdverlies op het hoofdwegennet waarbij de berekende gemiddelde rijsnelheden worden afgezet tegen een referentiesnelheid van 100km/uur.

** Ontwikkeling op basis van LMS

4.5.3 Impact ander stedelijk mobiliteitsbeleid

Doordat stedelijk mobiliteitsbeleid vaak een korte termijn beslaat, geven de scenario's met vastgesteld beleid hiervoor een beperkte ontwikkeling. Daarentegen veronderstellen de scenario's met trendmatig stedelijk beleid verdere ontwikkelingen, zoals een verandering van parkeerbeleid, de uitrol van 30 km/u-wegen en de uitbreiding van fietsinfrastructuur. Dit stedelijk beleid wordt nader toegelicht in paragraaf 4.1.5.

Op nationaal niveau zijn de effecten van het trendmatige stedelijk beleid beperkt

Tabel 4.16 laat zien dat trendmatig beleid leidt tot een lichte afname van het autogebruik. Dit houdt verband met een relatief lager autobezit in stedelijke gebieden. Hierdoor is er ook een lichte toename in het gebruik van de trein in de scenario's. Bovendien stimuleert de uitbreiding van fietsinfrastructuur het fietsen, wat daarnaast resulteert in een negatief effect op de reizigerskilometers voor bus, tram en metro.

Het effect van trendmatig stedelijk mobiliteitsbeleid komt sterker tot uiting in de ruimtelijke verschillen in mobiliteitsgedrag

Het effect van trendmatig stedelijk mobiliteitsbeleid komt sterker tot uiting in de ruimtelijke verschillen in mobiliteitsgedrag, terwijl die op het nationaal totaal grotendeels uitmiddelen. Het autobezit en -gebruik in de grote steden ligt lager dan in het landelijk gebied en in de scenario's worden de ruimtelijke verschillen in mobiliteitsgedrag groter. Door trendmatig beleid is het autogebruik per inwoner in grote steden ongeveer 10 procent lager, terwijl het effect in landelijke gebieden verwaarloosbaar is.

Het treingebruik per inwoner in grote steden neemt toe met 9 tot 13 procent als gevolg van het stedelijk beleid, voornamelijk door het afgenomen autobezit (zie figuur 4.18). In landelijke gebieden daalt het treingebruik licht.

De ruimtelijke verschillen in de verandering in mobiliteit per persoon bij bus, tram en metro is beperkt. Het fietsgebruik per inwoner stijgt als gevolg van stedelijk beleid in alle gebieden, maar

het sterkst in grote steden, met een toename van ongeveer 12 à 13 procent ten opzichte van 1 procent in landelijke gebieden.
Dus trendmatig beleid heeft in de scenario's beperkt effect op nationaal niveau, maar vergroot de ruimtelijke verschillen in mobiliteitsgedrag.

Tabel 4.16

Effecten van trendmatig stedelijk beleid op mobiliteit in reizigerskilometers en voertuigverliesuren op werkdagen. Indexcijfers ten opzichte van 2018 en procentueel effect van stedelijk beleid**

2040	HS Auto	HS Trein	HS BTM	HS AM*	HS VVU*	LV Auto	LV Trein	LV BTM	LV AM*	LV VVU*
Bij trendmatig beleid	120	127	106	120	161	101	112	96	112	96
Bij vastgesteld stedelijk beleid	120	127	105	121	162	101	112	95	112	96
Effect trendmatig stedelijk beleid	+0%	-0%	+1%	-0%	-1%	+0%	-0%	+1%	-0%	-0%
2060										
Bij trendmatig beleid	150	175	130	133	268	109	127	98	114	97
Bij vastgesteld stedelijk beleid	142	166	127	134	325	106	120	95	114	118
Effect trendmatig stedelijk beleid	+6%	+5%	+3%	-1%	-18%	+3%	+6%	+3%	-0%	-18%

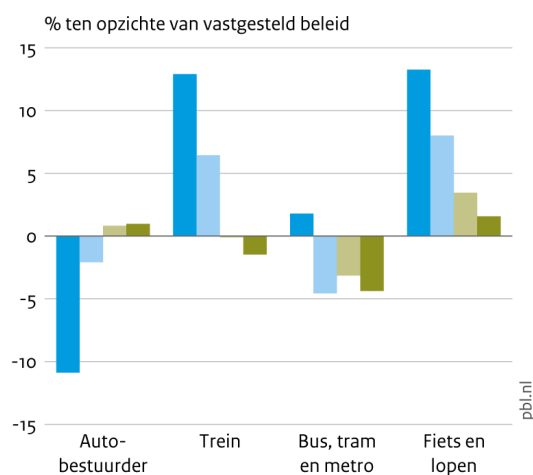
* Auto= autobestuurder, AM= actieve mobiliteit: fietsen en lopen, VVU = voertuigverliesuren: staat voor het reistijdverlies op het hoofdwegennet waarbij de berekende gemiddelde rijksnelheden worden afgezet tegen een referentiesnelheid van 100km/uur.

** Ontwikkeling op basis van LMS

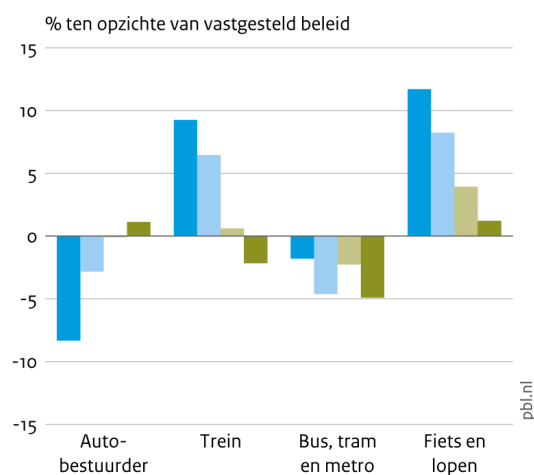
Figuur 4.18

Effect van trendmatig beleid ten opzichte van vastgesteld beleid op mobiliteit naar gebiedstype, 2060

WLO-scenario Hoog Snel



WLO-scenario Laag Vertraagd



Gebiedstype op basis van gemeenteniveau

- Vier grote steden
- Middelgrote steden
- Overig stedelijk gebied
- Landelijk gebied

Mobiliteit in afgelegde afstand per persoon per dag per vervoerwijze, exclusief voor- en natransport, werkgebonden verplaatsingen en verplaatsingen van en naar luchthavens

Bron: PBL/qcast

4.5.4 Gecombineerd effect van trendmatig beleid

De vorige paragrafen brachten separaat de effecten in beeld van trendmatig beleid per thema. Nu brengen we deze inzichten bij elkaar. Dan blijkt dat in 2040 het grootste effect van trendmatig beleid op mobiliteitsgedrag voortkomt uit trendmatige autobelastingen (zie tabel 4.17). Het infrastructuurbeleid is op dat moment nog niet ver uitgebreid en heeft daarom beperkt effect. De toename in fietsen en lopen is voornamelijk toe te schrijven aan stedelijk beleid. Trendmatig beleid leidt tot minder autokilometers en voertuigverliesuren, maar tot meer reizigerskilometers met alternatieve vervoerswijzen.

Tabel 4.17

Effecten van trendmatig beleid op mobiliteit in reizigerskilometers en voertuigverliesuren op werkdagen in 2040**. Indexcijfers ten opzichte van 2018 en procentueel effect van trendmatig beleid

	2040 HS Auto	2040 HS Trein	2040 HS BTM	2040 HS AM*	2040 HS VVU*	2040 LV Auto	2040 LV Trein	2040 LV BTM	2040 LV AM*	2040 LV VVU*
Vastgesteld beleid	135	122	104	113	243	109	109	95	107	119
Autobelastingen	-11%	+3%	+2%	+3%	-33%	-7%	+2%	+2%	+2%	-17%
Infrastructuur	+0%	-0%	+1%	-0%	-1%	+0%	-0%	+1%	-0%	-0%
Stedelijk beleid	-0%	+2%	-1%	+3%	-5%	-0%	+1%	-1%	+3%	-2%
Interactie-effect	0%	0%	0%	0%	-3%	0%	0%	0%	0%	0%
Trendmatig beleid	120	127	106	120	161	101	112	96	112	96
Effect trendmatig beleid	-11%	4%	2%	6%	-34%	-7%	3%	1%	5%	-20%

* Auto= autobestuurder, AM= actieve mobiliteit: fietsen en lopen, VVU = voertuigverliesuren: staat voor het reistijdverlies op het hoofdwegennet waarbij de berekende gemiddelde rijsnelheden worden afgezet tegen een referentiesnelheid van 100km/uur.

** Ontwikkeling op basis van LMS

Tabel 4.18

Effecten van trendmatig beleid op mobiliteit in reizigerskilometers en voertuigverliesuren op werkdagen in 2060**. Indexcijfers ten opzichte van 2018 en procentueel effect van trendmatig beleid

	2060 HS Auto	2060 HS Trein	2060 HS BTM	2060 HS AM*	2060 HS VVU*	2060 LV Auto	2060 LV Trein	2060 LV BTM	2060 LV AM*	2060 LV VVU*
Vastgesteld beleid	153	157	127	122	476	125	112	95	103	193
Autobelastingen	-9%	+3%	+3%	+3%	-35%	-16%	+4%	+4%	+5%	-36%
Infrastructuur	+6%	+5%	+3%	-1%	-18%	+3%	+6%	+3%	-0%	-18%
Stedelijk beleid	-1%	+3%	-2%	+6%	-4%	-1%	+3%	-3%	+6%	-3%
Interactie-effect	-2%	0%	0%	0%	-5%	-2%	0%	0%	0%	0%
Trendmatig beleid	150	175	130	133	268	109	127	98	114	97
Effect trendmatig beleid	-2%	12%	2%	9%	-44%	-13%	13%	3%	10%	-50%

* Auto= autobestuurder, AM= actieve mobiliteit: fietsen en lopen, VVU = voertuigverliesuren: staat voor het reistijdverlies op het hoofdwegennet waarbij de berekende gemiddelde rijsnelheden worden afgezet tegen een referentiesnelheid van 100km/uur.

** Ontwikkeling op basis van LMS

Ook in 2060 domineren trendmatige autobelastingen de effecten van trendmatig beleid. Echter, het trendmatige infrastructuurbeleid dempt het effect van de autobelastingen enigszins. Trendmatig beleid zorgt voor meer openbaar vervoer door zowel de infrastructuuruitbreidingen als de autobelastingen. Voor de fiets zijn zowel autobelastingen als stedelijk beleid bepalend, afhankelijk van het scenario. In 2060 resulteert trendmatig beleid opnieuw in minder autokilometers en aanzienlijk minder voertuigverliesuren, maar in meer reizigerskilometers met andere vervoerswijzen.

Trendmatig beleid leidt daarnaast tot een toename van bereikbaarheid van banen voor alle drie de vervoerswijzen in alle scenario's. Voor openbaar vervoer en fiets leiden de aanbod- en infrastructuurverbeteringen tot kortere reistijden en daarmee tot een grotere banenbereikbaarheid. Bij de auto is het minder druk op de weg door de hogere brandstofkosten en in 2060 ook door aanbodverbeteringen, waardoor ook hier ook de reistijden korter worden en de banenbereikbaarheid toeneemt. De indicator neemt alleen niet mee dat het autorijden wel gemiddeld duurder is bij trendmatig beleid, waardoor de banenbereikbaarheid met de auto bij trendmatig beleid vanuit kosten oogpunt lager zou kunnen zijn. De effecten op de banenbereikbaarheid zijn in 2060 groter dan in 2040.

Tabel 4.18

Effecten van trendmatig beleid op bereikbaarheid van banen*. Indexcijfers ten opzichte van 2018 en procentueel effect van trendmatig beleid

		HS Auto	HS Ov	HS Fiets	LV Auto	LV Ov	LV Fiets
2040	Vastgesteld beleid	94	136	133	105	120	119
	Trendmatig beleid	105	140	143	111	124	127
	Effect trendmatig beleid	12%	4%	7%	6%	3%	7%
2060	Vastgesteld beleid	85	160	156	97	124	123
	Trendmatig beleid	104	184	178	117	142	141
	Effect trendmatig beleid	22%	15%	14%	21%	15%	15%

* Ontwikkeling op basis van LMS

De invulling van beleid is bepalend voor de ontwikkeling van mobiliteit

De beleidskeuzes hebben zichtbaar effect op de ontwikkeling van mobiliteit. Trendmatige autobelastingen leiden tot hogere variabele autokosten, waardoor het minder aantrekkelijk wordt om een auto te bezitten en het autogebruik minder sterk groeit. Infrastructuuruitbreidingen volgend uit trendmatig beleid hebben vooral op de langere termijn, na 2040, een positief effect op reizigerskilometers. Hoewel de effecten op nationaal niveau beperkt zijn, leidt trendmatig beleid tot een toename van de ruimtelijke verschillen in mobiliteitsgedrag. Dit is zichtbaar in auto-, trein- en fietsgebruik. Het is niet aan het PBL om voor te schrijven van welk beleid uitgegaan moet worden, maar wel om er op te wijzen hoe belangrijk het is dat gebruikers van de WLO expliciet zijn over welk beleid in de mobiliteitsraming verondersteld wordt, gezien de impact hiervan.

4.6 Gevoeligheidsanalyses en onzekerheidsverkenningen

4.6.1 Thuiswerken en kostengevoeligheid

De uitkomsten van personenmobiliteit zijn niet alleen afhankelijk van beleid en omgeving, maar ook van gedrag. De mate van structurele gedragsverandering (zoals thuiswerken) en kostengevoeligheden zijn belangrijke onzekerheden in de scenario's rondom het mobiliteitsgedrag.

Structurele gedragsverandering

In de basisscenario's nemen we aan dat het niveau van thuiswerken structureel hoger blijft na corona, waarbij in de scenario's Hoog het thuiswerken grotendeels op het niveau van 2023 blijft en in de scenario's Laag het thuiswerken deels terugveert. Deze aannames passen in de verhaallijnen van de WLO, waarin Hoog uitgaat van een snellere technologische ontwikkeling en bovendien een sterkere groei in de dienstensector (waar meer wordt thuisgewerkt) en Laag een tragere technologische ontwikkeling kent. Deze uitgangspunten zorgen echter ook voor een kleinere bandbreedte in de uitkomsten. Thuiswerken zorgt namelijk voor een lagere groei van de mobiliteit. De ontwikkeling in thuiswerken is bovendien onzeker. In deze gevoeligheidsanalyse laten we zien wat het effect op de ramingen is van andere aannames over thuiswerken.

Daarbij laten we in de eerste plaats zien wat de uitkomsten zijn wanneer uitgangspunten over thuiswerken in Hoog en Laag worden omgewisseld, dus met een hoger niveau van thuiswerken in Laag en een lager niveau van thuiswerken in Hoog. In de tweede plaats laten we zien wat er gebeurt als bij Hoog en Laag het niveau van thuiswerken niet terugveert ten opzichte van 2023. Alle andere factoren in de scenario's worden voor deze analyse gelijk gehouden.

Tabel 4.19 laat hiervan de resultaten zien. Zoals verwacht, wordt de bandbreedte in mobiliteitsontwikkeling naar 2060 groter bij omwisseling van de uitgangspunten tussen Hoog en Laag. De totalen voor reizigerskilometers groeien dan met 7 tot 47 procent in plaats van 10 tot 44 procent.

Tabel 4.19

Effect op reizigerskilometers en voertuigverliesuren bij gevoeligheidsanalyse voor structurele gedragsverandering voor 2060**

	2060 HS Auto	2060 HS Trein	2060 HS BTM	2060 HS AM*	2060 HS VVU*	2060 LV Auto	2060 LV Trein	2060 LV BTM	2060 LV AM*	2060 LV VVU*
WLO-scenario (trend)	150	175	130	133	268	109	127	98	114	97
Omwisseling uitgangspunten Hoog en Laag										
Meer thuiswerken	-2%	-6%	-5%	-1%	-7%	-6%	-11%	-9%	-2%	-18%

* Auto= autobestuurder, AM= actieve mobiliteit: fietsen en lopen, VVU = voertuigverliesuren: staat voor het reistijdverlies op het hoofdwegennet waarbij de berekende gemiddelde rijsnelheden worden afgezet tegen een referentiesnelheid van 100km/uur.

** Ontwikkeling op basis van LMS

Bij een structureel hoger niveau van thuiswerken nemen de reizigerskilometers af met 2 tot 6 procent ten opzichte van het WLO-scenario. Omdat Hoog al uitging van een hoger niveau van thuiswerken dan Laag, is het effect van een extra hoog niveau van thuiswerken bij Laag het grootst. Het effect op congestie is relatief wat groter, namelijk 7 tot 18 procent minder voertuigverliesuren.

Kostengevoeligheid

De kostengevoeligheid voor prijsveranderingen in brandstofkosten en ticketprijzen is een belangrijke gedragsfactor binnen de mobiliteitsmodellen. In de literatuur varieert de kostengevoeligheid op de lange termijn aanzienlijk. De brandstofprijselasticiteiten voor gereden autokilometers liggen bijvoorbeeld tussen -0,2 en -0,4 (Geilenkirchen et al. 2010). De brandstofkostenelasticiteit van het gebruikte mobiliteitsmodel (LMS) valt binnen deze bandbreedte, maar bevindt zich aan de bovenkant ervan.

In deze gevoeligheidsanalyse is onderzocht wat het effect zou zijn op de uitkomsten als de kostengevoeligheid gehalveerd zou worden. Tabel 4.20 toont dat in beide scenario's het autogebruik bij een lagere kostengevoeligheid minder snel toeneemt (in beide scenario's nemen de brandstofkosten namelijk af in 2060). Het effect hiervan op de voertuigverliesuren is ongeveer tweënhalf keer zo groot. Bij de auto zijn deze effecten in de scenario's vergelijkbaar, ondanks dat de kostenverandering bij het scenario Hoog Snel groter is. Dit heeft te maken met het hoge congestieniveau in 2060 als remmende factor voor de groei van het autoverkeer.

Bij vastgesteld beleid zijn de energiekosten gemiddeld lager dan bij trendmatig beleid, waardoor ook het effect van een lagere kostengevoeligheid groter zou zijn bij vastgesteld beleid dan in tabel 4.20. De daling van de energiekosten bij vastgesteld beleid is dusdanig groter dan eerder waargenomen, dat de omvang van de gedragsreactie meer onzeker is. Het is denkbaar dat langere reistijden hier een remmende factor kunnen zijn; met gratis vervoerswijzen wordt immers ook niet onbeperkt gereden. Zeker bij vraagstukken die grote veranderingen in autokosten aangaan, kunnen gevoeligheidsanalyses met de kostenelasticiteiten meer inzicht geven in de mogelijke effecten.

Tabel 4.20

Effect op reizigerskilometers en voertuigverliesuren bij gevoeligheidsanalyse voor kostengevoeligheid voor 2060**

	2060 HS Auto	2060 HS Trein	2060 HS BTM	2060 HS AM*	2060 HS VVU*	2060 LV Auto	2060 LV Trein	2060 LV BTM	2060 LV AM*	2060 LV VVU*
WLO-scenario (trend)	150	175	130	133	268	109	127	98	114	97
Halvering kostengevoeligheid	-6%	+2%	-0%	+2%	-15%	-5%	+2%	-1%	+1%	-12%

* Auto= autobestuurder, AM= actieve mobiliteit: fietsen en lopen, VVU = voertuigverliesuren: staat voor het reistijdverlies op het hoofdwegennet waarbij de berekende gemiddelde rijsnelheden worden afgezet tegen een referentiesnelheid van 100km/uur.

** Ontwikkeling op basis van LMS

Bij de trein nemen de ticketprijzen licht toe in de scenario's, onder andere door de btw-verandering in 2019. Echter, de ontwikkeling van die prijzen vormt slechts een klein deel van de groei in de scenario's. Daarentegen lijken bus, tram en metro beperkt gevoelig voor de kostendaling. De effecten bij fietsen en lopen zijn volledig het gevolg van de afname in het gebruik van de auto, bus, tram en metro, van de toename bij de trein, aangezien fietsen en lopen geen kosten met zich meebrengen.

4.6.2 Ruimtelijke verdeling

De mobiliteitsontwikkeling kan ook beïnvloed worden door een veranderende ruimtelijke verdeling. Als regio's hun bouwopgave meer via verdichting realiseren geeft dat een sterkere positie voor openbaarvervoer gebruik en minder auto gebruik dan wanneer dit meer op uitleglocaties wordt gerealiseerd. Daarnaast heeft het ook mobiliteitsconsequenties als de bevolkingsgroei en de werkgelegenheidsgroei minder geconcentreerd blijven in de Randstadsprovincies.

In de WLO-module Regio zijn extra varianten uitgewerkt waarin de bevolking maar ook de werkgelegenheid en voorzieningen ruimtelijk anders zijn verdeeld. De onderstaande tabel geeft aan hoe de verdeling van de bevolking over de gebiedstypen uitpakt bij meer nadruk op verdichting en meer nadruk op uitleg ten opzichte van de trend. De tweede tabel geeft aan hoe de verdeling van de bevolking over de landsdelen wijzigt bij een meer gespreide ontwikkeling ten opzichte van de trendmatige concentratie in de Randstadprovincies. Duidelijk is dat ondanks de ruime periode (tot 2060) het aandeel van gebiedstypen slechts enkele procentpunten wijzigt. Het gaat om wat meer of wat minder groei van de grotere steden.

Tabel 4.21

Bevolkingsontwikkeling naar gebiedstype bij meer nadruk op verdichting of uitleg

	2060 Hoog Trend	2060 Hoog Ver- dich- ting	2060 Hoog Uitleg	2060 Hoog Sprei- ding	2060 Laag Trend	2060 Laag Ver- dich- ting	2060 Laag Uitleg	2060 Laag Sprei- ding
Vier grote steden	15,1%	17,0%	13,7%	14,8%	16,4%	17,2%	15,0%	14,9%
Middelgrote steden	20,8%	21,1%	20,6%	19,9%	20,0%	20,3%	20,1%	19,9%
Overig stedelijk gebied	40,2%	38,6%	40,7%	39,4%	38,0%	37,2%	38,9%	38,6%
Landelijk gebied	23,9%	23,3%	25,0%	25,9%	25,5%	25,3%	26,0%	26,6%
Totaal	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabel 4.22

Bevolkingsverdeling naar gebiedstype bij spreiding over Nederland

	2060 Hoog Trend	2060 Hoog Spreiding	2060 Laag Trend	2060 Laag Spreiding
Randstadprovincies	52,2%	49,2%	51,3%	49,1%
Intermediaire zone	32,2%	34,5%	32,2%	33,9%
Minder verstedelijkte provincies	15,6%	16,4%	16,5%	17,0%
Totaal	100%	100%	100%	100%

Vervolgens is geraamd wat het te verwachten effect is op het mobiliteitsgedrag. Als een groter aandeel van de verstedelijkingsopgave op uitleglocaties wordt gerealiseerd betekent dat ten opzichte van een verdichtingsvariant 2 tot 3 procent meer auto gebruik, 2 tot 3 procent minder treingebruik, 1 tot 3 procent minder gebruik van bus, tram en metro en 0 tot 2 procent meer fietsen

en lopen. Het aantal voertuigverliesuren op het hoofdwegennet is bij uitleg 2 tot 4 procent hoger dan bij verdichting.

Als een groter aandeel van de verstedelijkingsopgave buiten de Randstadprovincies wordt gerealiseerd, betekent dat ten opzichte van de trendmatige ontwikkeling 2 procent meer autogebruik, 2 tot 5 procent minder treingebruik, 3 tot 5 procent minder gebruik van bus, tram en metro en 0 tot 2 procent meer fietsen en lopen. Het aantal voertuigverliesuren op het hoofdwegennet is bij spreiding 4 tot 7 procent hoger dan bij de trendmatige ontwikkeling.

Tabel 4.23
Effect op reizigerskilometers en voertuigverliesuren bij andere ruimtelijke verdeling op mobiliteitsgedrag in 2060**

	2060 HS Auto	2060 HS Trein	2060 HS BTM	2060 HS AM*	2060 HS VVU*	2060 LV Auto	2060 LV Trein	2060 LV BTM	2060 LV AM*	2060 LV VVU*
WLO-scenario (trend)	150	175	130	133	268	109	127	98	114	97
Uitleg i.p.v. verdichting	+3%	-3%	-3%	+1%	+4%	+2%	-2%	-1%	0%	+2%
Spreiding i.p.v. trend	+2%	-5%	-5%	+2%	+7%	+2%	-2%	-3%	0%	+4%

* Auto= autobestuurder, AM= actieve mobiliteit: fietsen en lopen, VVU = voertuigverliesuren: staat voor het reistijdverlies op het hoofdwegennet waarbij de berekende gemiddelde rijksnelheden worden afgezet tegen een referentiesnelheid van 100km/uur.

** Ontwikkeling op basis van LMS

De bereikbaarheid van banen neemt af wanneer de bevolkings- en werkgelegenheidsgroei meer buiten de steden of buiten de Randstad plaatsvindt (zie tabel 4.24). Dit geldt voor zowel de auto en het ov als de trein en voor beide ruimtelijke varianten.

Tabel 4.24
Effect andere ruimtelijke verdeling op bereikbaarheid banen in 2060*

	2060 HS Auto	2060 HS Ov	2060 HS Fiets	2060 LV Auto	2060 LV Ov	2060 LV Fiets
Uitleg i.p.v. verdichting	-7%	-7%	-13%	-1%	-2%	-2%
Spreiding i.p.v. trend	-5%	-6%	-6%	-4%	-5%	-8%

* Ontwikkeling op basis van LMS

Een andere ruimtelijke verdeling van de bevolking en werkgelegenheid ook en vooral een impact op de vraag in welke gebieden en op welke verbindingen de mobiliteit toeneemt. Dat is iets wat nader verkend kan worden bij de concrete invulling van de verstedelijkingsopgaven, in samenhang met de uitwerking van de ontsluiting.

4.6.3 Automatisch rijden

De ontwikkeling van automatisch rijden gaat steeds sneller (IenW 2024), maar het aandeel van zelfrijdende voertuigen en de impact op het vervoerssysteem op de lange termijn blijft vooralsnog

onzekeer. Ter ondersteuning van de WLO zijn een aantal studies uitgevoerd om de onzekerheden rond de ontwikkeling van automatisch rijden te verkennen. De onzekerheidsverkenning bestaat uit een literatuur- en scenariostudie, zie TU Delft (2023a, 2023b), Snelder et al. (2023), Snelder et al. (2025). We beschrijven hier eerst de belangrijke conclusies en daarna kort de bevindingen uit deze studies.

De onzekerheidsverkenning naar automatisch rijden laat zien dat het effect van automatisch rijden sterk afhankelijk is van beleidskeuzes en marktontwikkelingen. Deze factoren bepalen niet alleen het aandeel automatische voertuigen (AV), maar ook het type (zoals het automatiseringsniveau, connectiviteit, eigenaarschap) en de wegen waarop zij mogen rijden. Coöperatieve automatische voertuigen (CAV) kunnen dicht op elkaar rijden, waardoor de wegcapaciteit verbetert. Om capaciteitsvermindering door (niet coöperatieve) AV-voertuigen te voorkomen, zullen er investeringen in (digitale) infrastructuur nodig zijn. In de transitiefase (met nog een laag aandeel AV) zal de verkeersgroei nog niet gecompenseerd worden door een hogere capaciteit en leiden tot meer congestie. Bovendien laat de onzekerheidsverkenning zien dat de capaciteitswinst waarschijnlijk pas optreedt bij een hoog aandeel CAV. Overheden spelen dus een belangrijke rol in de implementatie van geautomatiseerd rijden. Ze bepalen voor een groot deel welke vorm automatisch rijden zal aannemen, door regulering (lokaal en nationaal) en investeringen in fysieke en digitale infrastructuur.

In de achterliggende onzekerheidsverkenning is een overzicht gemaakt van de belangrijkste factoren die de ontwikkeling van automatisch rijden bepalen. Dat zijn: de investeringen van OEMS in AV-technologie en elektrificatie; het beleid van de Europese en nationale, regionale en lokale overheden met betrekking tot AV-ondersteunende wetgeving, milieu- en autobeperkingen; investeringen van de overheid in fysieke en digitale infrastructuur; klanthouding ten opzichte van automatisering en delen; de introductie van gedeelde mobiliteitsdiensten door aanbieders van mobiliteitsdiensten. Op basis van deze factoren zijn vier onzekerheidsverkenningen uitgevoerd, met aannames over de vlootaandelen van zelfrijdende voertuigen van niveau 4 en niveau 5⁷ in 2040 en 2060, de wegen waarop zij mogen rijden en de mate van connectiviteit.

De mogelijke effecten zijn geanalyseerd met behulp van expertinschattingen, de literatuurstudie en het verkeersmodel LMS. Deze zijn beschreven in genoemde achtergrondrapportages. Uit de expertinschattingen en literatuur blijkt dat geautomatiseerd rijden auto's aantrekkelijker zal maken, wat leidt tot meer ritten en een toename van de gemiddelde ritlengte, afgelegde voertuigkilometers en totale reistijden. Volgens de literatuur en expertinschattingen is de impact op autokilometers zo'n 2 tot 16 procent in 2040 en 15 tot 58 procent in 2060. De effecten op het mobiliteitssysteem zijn volgens de analyse met het verkeersmodel een stuk lager, namelijk slechts een paar procent voor de verplaatsingen en maximaal 14 procent voor het aantal autokilometers in 2060.

De analyse met het verkeersmodel LMS laat zien dat we nauwelijks vaker, maar wel veel verder gaan rijden met zelfrijdende auto's. Het aantal verplaatsingen neemt ook bij een zeer hoog aandeel AV nauwelijks toe. De beperkte toename van het aantal autoverplaatsingen gaat ten koste van het

⁷ Dit betreft voertuigen die grotendeels of volledig zelfstandig kunnen rijden op snelwegen of alle wegen.

openbaar vervoer (20 tot 30 procent) en fietsen en lopen (50 tot 60 procent). Het aantal gereisde kilometers met de auto neemt tot 15 procent toe in 2060 bij een hoog aandeel AV. Dit zijn voor 90 procent extra autokilometers en extra totaal gereisde kilometers. Slechts een klein deel van de extra kilometers komt van het openbaar vervoer (5 tot 10 procent) of lopen en fietsen (1 tot 5 procent). De verkeersgroei vindt voornamelijk plaats op het hoofdwegennet omdat autoritten langer worden.

De mate van congestie is geanalyseerd via het effect op de VVU₁₀₀ (voertuigverliesuren ten opzichte van een referentiesnelheid van 100 km/uur). De resultaten van de onzekerheidsverkenning laten een niet-lineair verloop zien van de VVU met de ingroei van AV. De AV zorgt namelijk voor een lagere *value of time* (reistijd wordt minder belangrijk) en heeft tegelijkertijd een effect op de wegcapaciteit. Eerder onderzoek (TU Delft 2023b) laat zien dat de wegcapaciteit kan afnemen bij AV, omdat de volgtijd groter wordt. Bij lage aandelen AV neemt de drukte op de wegen hierdoor toe zonder dat hier een capaciteitsverhoging tegenover staat. Maar bij een hoog aandeel AV en 'connectiviteit' van de AV kan de congestie ook flink afnemen, doordat auto's dichter op elkaar rijden. Er speelt bij de toename van congestie door AV ook een verdelingseffect: voor de AV-rijders is de file minder vervelend, omdat zij (in elk geval op de snelwegen) meer vrijheid hebben in de besteding van hun reistijd. Het kan daardoor gebeuren dat de AV andere weggebruikers voor een deel van de snelwegen verdringt.

4.7 Vergelijking met de vorige WLO

In deze paragraaf vergelijken we op hoofdlijnen de uitgangspunten, aannames en uitkomsten van de nieuwe WLO met die van de WLO zoals die in de praktijk nu wordt toegepast. Hierbij nemen we de referentieprognose 2024 als vergelijkingsmateriaal, die gebruik maakt van de actualisatie van de WLO 2015 (Ritsema van Eck, Hilbers & Blomjous 2020). Tabel 4.24 laat de verschillende uitgangspunten tussen deze twee zien.

Het aantal inwoners en huishoudens is 1 tot 2 procent hoger dan in de vorige WLO. Daarnaast zijn er ook meer banen en werkzame personen (3 procent tot 6 procent hoger). Het inkomen ligt in deze WLO juist iets lager, namelijk 3 tot 4 procent. Het autopark is ongeveer 5 procent groter dan in de vorige WLO. De aanname over de hoeveelheid thuiswerken ligt hoger, waardoor het aantal woonwerkkriten afneemt. In de WLO 2015 was de afname van het aantal woonwerkkriten 2 tot 8 procent en werd geen rekening gehouden met andere gedragseffecten. In deze WLO is de afname 8 tot 12 procent, maar wordt ook een structurele gedragsverandering meegenomen na corona. Deze betreft een toename van het aantal sociaal-recreatieve ritten, waardoor het totaal aantal verplaatsingen per persoon ongeveer gelijk blijft. Daarnaast is het aandeel thuiswerken nu verschillend per opleidingsniveau en arbeidsparticipatie, bijvoorbeeld in het geval dat hoogopgeleiden die fulltime werken vaker thuiswerken. Omdat zij ook vaker met het openbaar vervoer naar het werk gaan, zorgt meer thuiswerken per saldo voor een afname bij het openbaar vervoer. Ten slotte neemt het aandeel lopen en fietsen na corona structureel toe.

De gemiddelde brandstofkosten (inclusief autobelastingen) liggen 8 tot 9 procent lager dan in de vorige WLO, vanwege een sneller tempo van elektrificatie. Behalve in het scenario Laag Snel, dan liggen de brandstofkosten 5 tot 12 procent hoger, vanwege het hoge aandeel vereiste hernieuwbare brandstoffen. Bij trendmatig beleid liggen de brandstofkosten ongeveer 30 procent hoger in de scenario's Hoog en Laag Snel. In het scenario Laag Vertraagd is dit 12 procent.

In het kort: iets meer mensen, maar iets lagere inkomensgroei. Meer auto's en lagere brandstofkosten zorgen voor wat meer autokilometers. Thuiswerken geeft voor andere modaliteiten nog een additioneel effect.

Tabel 4.24

Verskil in uitgangspunten tussen WLO 2025 en de 2020-update van de WLO 2015

	Hoog 2040 Index (2018 =100)	Hoog 2040 Verandering t.o.v. WLO2015*	Laag 2040 Index (2018 =100)	Laag 2040 Verandering t.o.v. WLO2015*
Inwoners	117	+1	107	+2
Huishoudens	124	+3	107	+1
Banen	115	+3	104	+6
Werkzame personen	114	+2	103	+3
BBP	153	-2	114	-2
Inkomen	127	-4	106	-3
Autobezit	132	+6	112	+5
Brandstofkosten (Snel en Vertraagd)	59-60	-8 tot -9	81-99	-13 tot +5
Vastgesteld beleid				
Brandstofkosten (Snel en Vertraagd)	89-93	+21 tot +25	100-119	+5 tot +12
Trendmatig beleid				
Thuiswerken (index woon- werkverplaatsingen)**	88	-4	92	-6
Treinkosten	103	0	103	0
BTM-kosten	92	-11	92	-11

* 2020-update van de WLO 2015, zoals die in de Referentieprognose 2024 met LMS wordt toegepast.

**Gemiddeld over persoonstypen in WLO 2025, bij bevolkingssamenstelling 2018.

Tabel 4.25 laat het verschil in uitkomsten zien in vergelijking met de vorige WLO. De vorige WLO kent een bandbreedte voor ontwikkeling in het autogebruik van 95-135. Deze bandbreedte is kleiner geworden, namelijk 100-118. Verschillende factoren werken in op het autogebruik. Naast de veranderingen in bevolking en economie, spelen de gemiddelde brandstofkosten een sterke rol. Door sterkere elektrificatie bij vastgesteld beleid, zonder dat de gemiddelde autobelastingen als constante worden verondersteld, dalen de gemiddelde autokosten en neemt het autogebruik toe. Structurele gedragseffecten leiden per saldo tot minder auto- en treinreizigerskilometers.

Tabel 4.25

Ontwikkeling personenmobiliteit, gebruik hoofdwegennet en voertuigverliesuren in de nieuwe en vorige WLO (WLO 2015 met een update uit 2020*)

	2040 HS Auto	2040 HS Trein	2040 HS BTM	2040 HS AM*	2040 HS VVU*	2040 LV Auto	2040 LV Trein	2040 LV BTM	2040 LV AM*	2040 LV VVU*
Vastgesteld beleid WLO 25	135	122	104	113	243	109	109	95	107	119
Trendmatig beleid WLO 25	120	127	106	120	161	101	112	96	112	96
WLO 15 incl. update 2020*	134	138	121	114	254	95	117	107	108	82

* Referentieprognose 2024, met andere modelversie (GM6)

Bij trendmatig beleid wordt de toename in autogebruik gedempt door hogere kosten. Tegelijkertijd neemt het aantal autopassagiers toe, het is immers voordelig om samen te reizen.

Het treingebruik en het gebruik van bus, tram, metro liggen in deze WLO duidelijk lager dan in de vorige. Dat is primair een effect van structurele gedragseffecten die zijn meegenomen. Trendmatig beleid zorgt hier voor een uitbreiding voor het treinenaanbod, waardoor de trein aantrekkelijker wordt. Bij de bus is de trendmatige uitbreiding van het aanbod (zeer) beperkt, wat ook is terug te zien in een bescheiden toename.

Zowel lopen als fietsen wordt duidelijk vaker gedaan volgens deze WLO ten opzichte van de vorige. Dit komt voornamelijk door het structurele gedragseffect na corona dat is meegenomen en door een impuls van stedelijk mobiliteitsbeleid in de grote steden.

5 Goederenvervoer

De toekomstige ontwikkeling van het goederenvervoer in Nederland tot 2060 staat centraal in dit hoofdstuk. Goederenvervoer wordt gekenmerkt door een grote impact op het transportnetwerk, de energieconsumptie, de economie en het milieu. Goederenvervoer gaat ook gepaard met emissies van luchtverontreinigende stoffen zoals stikstofoxide en fijnstof. De centrale vraag is hoe het goederenvervoer van, naar en door Nederland zich in de komende jaren tot 2060 zal ontwikkelen. Het doel van de scenario's is om een voldoende gedifferentieerd beeld hiervan te geven.

Behalve onzekerheden over economische ontwikkeling, bevolkingsgroei en technologische vooruitgang, spelen de klimaattransitie en geopolitieke veranderingen die internationale productie- en consumptierelaties beïnvloeden, een bepalende rol.

We richten ons op de volgende kernvragen:

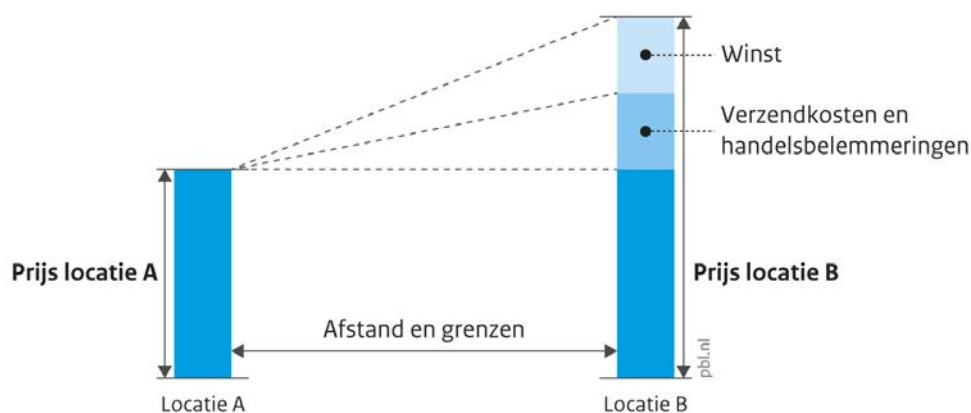
- Hoe ontwikkelt het goederenvervoer zich tot 2060 in scenario's met een Hoge en Lage groei en een snelle en vertraagde klimaattransitie?
- Hoe worden deze ontwikkelingen vertaald naar kwantitatieve indicatoren, zoals transportvolumes per modaliteit?
- Wat zijn de transportprestaties in tonkilometers per modaliteit op het Nederlandse grondgebied?

5.1 Ontwikkeling in drijvende krachten

De economie is de belangrijkste drijvende kracht achter goederenvervoer. Goederenvervoer is een gevolg van de ruimtelijke spreiding van productie en consumptie en wordt gedreven door prijsverschillen tussen de locaties waar goederen worden geproduceerd en geconsumeerd (zie figuur 5.1).

Figuur 5.1

Handels- en transportdrijfveren tussen regio's



Bron: PBL

Zoals weergegeven in figuur 5.1, ontstaat handel in het algemeen wanneer goederen met winst kunnen worden verkocht. Transport maakt handel mogelijk wanneer de consumptielocatie (locatie B) ruimtelijk verschilt van de productielocatie (locatie A). Transport is niet gratis en vooral in de internationale handel zijn er handelsbelemmeringen zoals belastingen, specifieke regelgeving en administratieve lasten. Daarom moet het prijsverschil tussen productie- en consumptielocaties groot genoeg zijn om deze kosten te dragen en belemmeringen te overwinnen, en een winstmarge aan de handelaars te bieden. Als gevolg hiervan zou een stijging in, bijvoorbeeld, transportkosten de omvang van de handel kunnen verminderen. Ook het tariefbeleid kan de omvang van de handel sterk beïnvloeden.

De omvang van de economie en de ruimtelijke prijsdifferentiëlen bepalen grotendeels de omvang van het goederenvervoer. De WLO-module Sectorbeeld heeft de omvang van productie, finale vraag, export en import in Nederland bepaald voor twintig economische sectoren (zie het achtergrondrapport en de rapportage). In aanvulling op de resultaten van Sectorbeeld, zijn de bulkstromen, de invulling van de energietransitie en de waarde-gewichtsverhouding van goederenstromen apart bepaald en in de scenario's binnen BasGoed geïntegreerd.

Achtereenvolgens gaan we nader in op Sectorbeeld (paragraaf 5.1.1), de ontwikkeling van waarde-gewichtsverhoudingen (5.1.2), de bulkstromen van niet-energiedragers (5.1.3) en de invulling van de energietransitie (5.1.4).

5.1.1 Sectorbeeld

De modellering van de economische ontwikkeling in Nederland is uitgevoerd met het EU-EMS-model (Ivanova et al. 2019). Voor twintig economische sectoren in Nederland berekent het model, voor iedere sector en elk WLO-scenario, groeifactoren in monetaire termen voor toegevoegde waarde, werkgelegenheid, import, export en finale vraag⁸. Deze vijf dimensies van de EU-EMS-output zijn gebruikt als input voor de modellering van goederenvervoer met het BasGoed-model. De output van het EU-EMS-model is gedetailleerder dan alleen deze dimensies

5.1.2 Ontwikkeling van waarde-gewichtsverhoudingen

Op basis van het sectorbeeld raamt BasGoed goederenstromen in termen van euro's. De fysieke stromen vinden plaats in termen van tonnen. De waarde-gewichtsverhouding (aantal tonnen per miljoen euro) is bepalend voor de vraag hoe groot een fysieke goederenstroom met een bepaalde economische waarde is. De waarde-gewichtsverhouding is niet constant in de tijd. De waarde-gewichtsverhouding stijgt als goederen steeds hoogwaardiger worden (ter illustratie: voorgesneden groentepakketten in plaats van onbewerkte groente). De waarde-gewichtsverhouding kan ook dalen als goederen relatief (ten opzichte van de inflatie) goedkoper worden. Empirische observaties tonen aan dat de waarde van vervoerde goederen per kilogram in constante euro's stijgt, dus ook na inflatiecorrectie. Dat betekent dus ook dat de fysieke omvang van de goederenstroom minder sterk toeneemt dan alleen op basis van de economische waarde in euro's kan worden verwacht. We zien ook dat deze cijfers tussen sectoren kunnen verschillen.

⁸ Voor meer informatie over de modellering met EU-EMS verwijzen wij naar het WLO-cahier Sectorbeeld

In de WLO 2015 werd gewerkt met de scenario-aanname dat de waarde-gewichtsverhouding in alle sectoren toenam met 0,5 procent per jaar in het scenario Hoog en 0,3 procent per jaar in het scenario Laag. Het is echter even goed denkbaar dat goederen in een scenario Hoog minder snel meer waard worden (lagere prijsstijging door hogere productiviteit) als dat goederen sneller meer waard worden (hoogwaardiger producten). In deze WLO gaan we niet meer uit van dezelfde waardegewichtsontwikkeling voor alle sectoren, maar is de productiviteitsontwikkeling in de sectoren de basis. Als de toegevoegde waarde in een bepaalde sector veel sneller toeneemt dan de werkgelegenheid, wijst dit erop dat de output van die sector (en dus de goederen die de sector produceert) relatief goedkoper zal worden door de stijgende productiviteit binnen de sector. Een relatief snelle stijging van de productiviteit betekent lagere arbeidskosten per eenheid, waardoor in een concurrerende markt prijzen minder sterk hoeven te stijgen dan in andere sectoren. Dit kan leiden tot een minder sterke stijging van de waardegewichtsverhouding. Daarom differentiëren we in deze WLO de ontwikkeling van de waardegewichtsverhouding op basis van de verhouding tussen toegevoegde waarde en werkgelegenheid in sectoren (zie tabel 5.1).

Tabel 5.1
Waardegewichtsontwikkeling per sector

	Hoog	Laag
Aardolieproducten, chemische producten, kunststoffen/ rubber, machines, elektronica en transport	+0% per jaar	+0% per jaar
Basismetalen en metaalproducten, overige minerale producten, voedings- en genotsmiddelen, overige goederen en afval	+0% per jaar	+0,5% per jaar
Landbouw, bosbouw en visserij	+0,5% per jaar	+ 0,5% per jaar

Bij aardolieproducten, chemische producten, kunststoffen/ rubber, machines, elektronica en transport zien we een duidelijk sterkere stijging van de toegevoegde waarde ten opzichte van de werkgelegenheid. Dit duidt op een relatief snelle stijging van de productiviteit, en dat kan leiden tot lagere kostprijsontwikkeling. Voor deze sectoren gaan we uit van gelijkblijvende waardegewichtsverhouding.

Bij basismetalen en metaalproducten, overige minerale producten, voedings- en genotsmiddelen, overige goederen en afval zien we vooral in scenario Hoog een duidelijk sterkere stijging van de toegevoegde waarde ten opzichte van de werkgelegenheid. Voor deze sectoren gaan we uit in scenario Hoog uit van gelijkblijvende waardegewichtsverhouding, in scenario Laag stijgt deze met 0,5 procent per jaar.

Voor landbouw, bosbouw en visserij is de verwachting dat de output kwalitatief beter wordt en de productmix verandert, waardoor de uitvoerkosten alsnog niet dalen ondanks de verbetering in efficiëntie. Dit gebeurt bijvoorbeeld door meer productie van biologische producten waarbij minder of geen bestrijdingsmiddelen of kunstmest zijn gebruikt of van producten waarbij meer oog is voor dierenwelzijn, biodiversiteit of landschap (Hinsberg et al. PBL 2024). Daarom gaan we voor landbouw uit van een stijgende waardegewichtsverhouding met 0,5 procent per jaar.

5.1.3 Bulkstromen van niet-energiedragers

Hoewel Sectorbeeld economische analyses per sector in Nederland oplevert, zijn bulkgoederenstromen apart geanalyseerd. Dit komt doordat bulkstromen grote tonnages

genereren, terwijl de handelsomvang in monetaire termen (in euro's) relatief klein is ten opzichte van het vervoerde volume. Daardoor is een sectorale analyse met een evenwichtsmodel minder nauwkeurig voor dit doeleinde en zijn aanvullende analyses nodig. Als gevolg bestaat de economische analyse uit drie delen: de Sectorbeeld-analyse, de analyse van bulkgoederenstromen en de analyse van de betekenis van de energietransitie voor de stromen van energiedragers en gerelateerde goederen voor de energie- en emissie-intensieve industrieën.

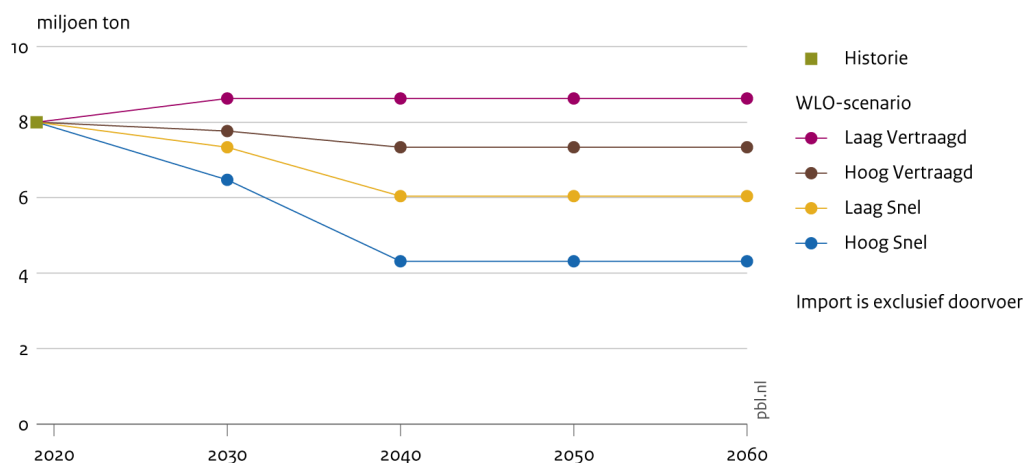
Bulkstromen van niet-energiedragers zijn afzonderlijk geraamd, dus buiten het sectorbeeld om. Het betreft hier de BasGoed-goederengroepen 'zout, zand, grind en klei' en de ertsen. Deze stromen genereren substantiële vervoersvolumes, uitgedrukt in tonnen, terwijl deze goederen relatief goedkoop zijn.

We hebben aangenomen dat het vervoersvolume, uitgedrukt in tonnen, van 'zout, zand, grind en klei' afhankelijk zal zijn van het economische scenario, zonder onderscheid naar klimaatscenario.

1. Hoge economische groei: +0,5% per jaar
2. Lage economische groei: -1,0% per jaar

Het importvolume van ijzererts is in de WLO-module Klimaat en Energie geraamd. In scenario's met een lage groei wordt meer staalproductie verwacht, en ook scenario's met een vertraagde klimaattransitie veronderstellen een hogere staalproductie (zie figuur 5.2)⁹. Dit is gebaseerd op de verwachting dat in scenario's met een lage groei de industriële productie deels terugkeert naar Nederland. We gaan ervan uit dat alle soorten erts hetzelfde patroon van volumegroei volgen.

Figuur 5.2
Import van ijzererts voor gebruik in Nederland



Bron: PBL

⁹ Deze scenario's bevatten geen analyse van de toekomst van individuele bedrijven, maar gaan ervan uit dat de staalproductie uit ijzererts in Nederland blijft bestaan.

5.1.4 Invulling van de energietransitie

De uitfasering van fossiele energiedragers is onderdeel van alle scenario's, maar het tempo waarin dit gebeurt, verschilt. De consumptie en doorvoer van kolen zijn in 2040 tot vrijwel nul gereduceerd in de scenario's Snel. In scenario's Vertraagd is het volume van de kolenconsumptie in 2040 ongeveer 15 procent van het volume in 2018. Kolencentrales sluiten per 2030 in Nederland¹⁰. De enige grote gebruiker van kolen is dan nog de staalproductie, maar die schakelt in de scenario's met een snelle klimaattransitie over op aardgas of waterstof. Hier wordt aangenomen dat een soortgelijke transitie ook in Duitsland plaatsvindt¹¹, waardoor ook het doorvoervolume van kolen naar Duitsland in dezelfde mate daalt. De doorvoer van kolen naar Duitsland zal dan ook afnemen, met een vertraging van vijf jaar ten opzichte van de vraag naar kolen in Nederland.

De vraag naar aardolie daalt in alle scenario's. De consumptie van aardolie daalt met 65 tot 70 procent in 2040 in de scenario's Hoog Snel en Laag Snel. In scenario's Vertraagd ligt de consumptie van aardolie in Nederland op ongeveer de helft van het volume in 2019. Hier wordt ook aangenomen dat Duitsland een soortgelijke energietransitie doormaakt, waardoor de doorvoer van olie naar Duitsland (grotendeels via buisleidingen) eveneens in dezelfde mate daalt.

Biomassa zal de dominante grondstof worden ter vervanging van de import van aardolie. De dalende volumes van fossiele energiedragers zullen deels worden gecompenseerd door de invoer van duurzame biomassa voor energietoepassingen. De import van biomassa neemt in alle scenario's toe, met name door het gebruik van houtachtige biomassa (houtpellets). In de WLO nemen we aan dat biomassa voor energietoepassingen per zeeschip naar Nederland komt en op haventerreinen (of nabijgelegen locaties) wordt omgezet in geraffineerde producten. Het gaat vooral om houtpellets (brokjes hout) afkomstig uit Scandinavië en de Baltische staten. Vrijwel alles in de scenario's komt per schip naar Nederland, specifiek naar de havens van Rotterdam (60 procent), Amsterdam (20 procent) en Eemshaven (20 procent). De bestaande raffinaderijen, met name in Rotterdam, worden geschikt gemaakt om deze biomassa te verwerken tot vloeibare brandstoffen. We nemen aan dat de biomassa die bestemd is voor verwerking in Nederland niet verder wordt getransporteerd: houtpellets worden direct op het haventerrein verwerkt.

Wel zal de doorvoer toenemen, omdat wordt aangenomen dat de Duitse industrie een vergelijkbare energietransitie doormaakt. Daarnaast worden raffinaderijen die aardolie als grondstof gebruiken deels omgebouwd tot productielocaties voor vloeibare brandstoffen op basis van biograndstoffen.

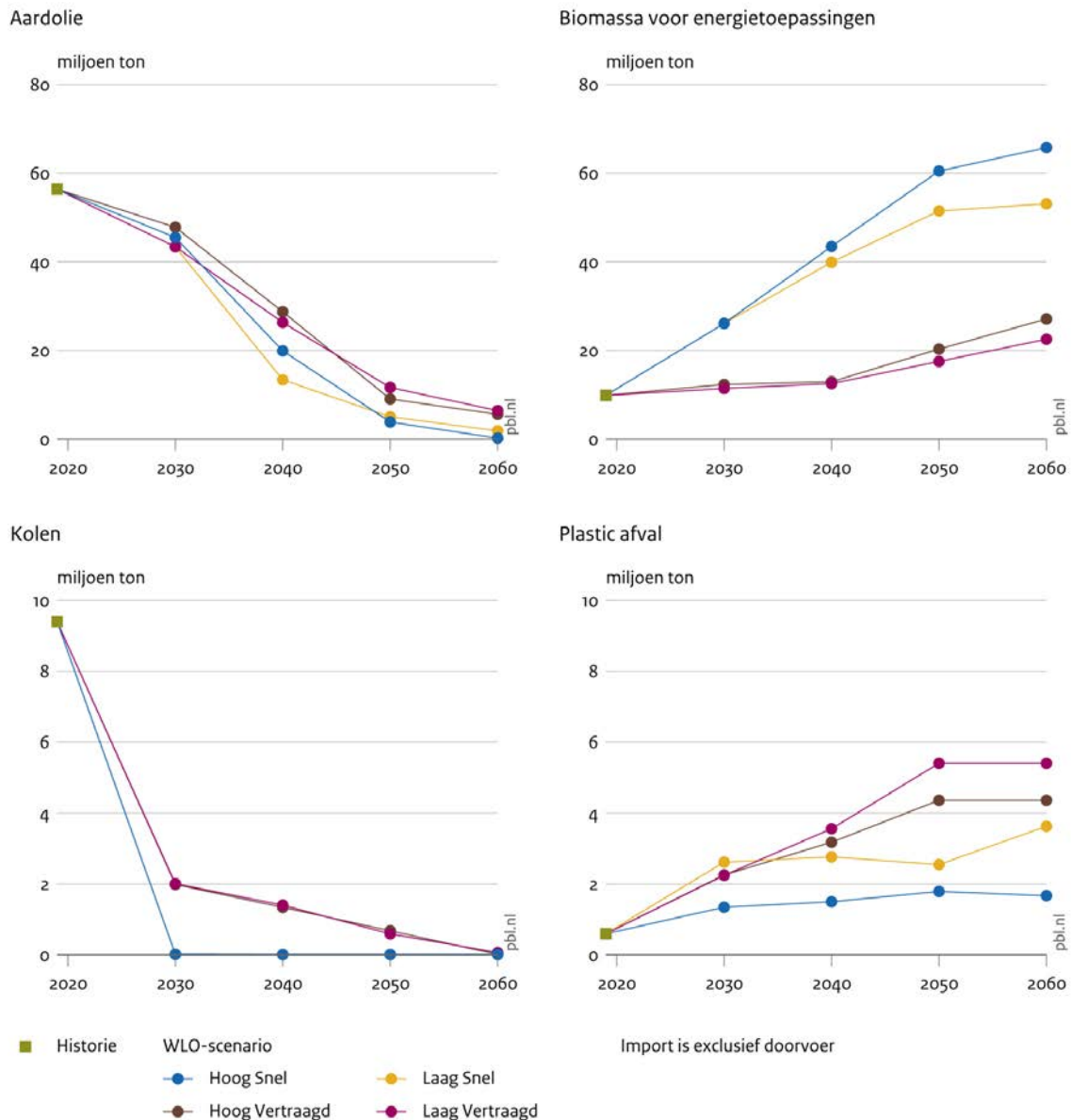
Geraffineerde producten worden vervolgens grotendeels via buisleidingen naar de afnemers getransporteerd. Figuur 5.3 laat de ontwikkeling van importvolumes voor kolen, aardolie, biomassa voor energietoepassingen en plastic afval zien. Deze volumes zijn exclusief goederen die in Nederland worden overgeslagen en bestemd zijn voor buitenlandse locaties (doorvoer).

¹⁰ Wet verbod op kolen bij elektriciteitsproductie (11 december 2019)).

¹¹ Een aanzienlijk deel van het transport in Nederland bestaat uit vervoer van energiedragers naar Duitsland.

Figuur 5.3

Import van energiedragers voor gebruik in Nederland



De import van plastic afval neemt in alle scenario's toe. Dit wordt onder andere gebruikt als grondstof voor de productie van plastics. We verwachten dat Nederland, afhankelijk van het scenario, in 2050 tussen 1,8 en 5,4 megaton aan plastic afval ter verwerking zal importeren. Daarnaast zal ammoniak worden geïmporteerd voor de productie van kunstmest en deels als bunkerbrandstof voor schepen. We nemen aan dat ammoniak deels een oplossing wordt voor het verduurzamen van de zeevaart. Waarschijnlijk zal ammoniak worden geïmporteerd en overgeslagen in Nederlandse zeehavens om zeeschepen van energie te voorzien. De importhoeveelheid zal in 2050 ongeveer 0,5 tot 1,0 megaton bedragen in de scenario's Laag en 1 tot 3 megaton in de scenario's Hoog.

Onderdeel van de scenario's is dat Duitsland ook klimaatneutraal wordt, wat resulteert in een soortgelijk transformatieproces aldaar. We nemen aan dat Nederlandse havens ook een rol zullen spelen in het voorzien van de Duitse industrie van grondstoffen. Er zijn (of er komen) raffinaderijen

dicht bij Nederland die per spoor of binnenvaart bereikbaar zijn. Voor deze locaties zijn Nederlandse havens een gunstig importpunt, vergeleken met bijvoorbeeld de haven van Hamburg. Hier wordt aangenomen dat Duitsland ongeveer twee derde van de Nederlandse consumptievolumes via Nederland ontvangt. In het scenario Hoog Snel importeert Nederland in 2050 bijvoorbeeld 60 megaton houtpellets voor de eigen industrie, en daarnaast wordt 40 megaton houtpellets doorgevoerd naar Duitsland. Deze aanname is enigszins in lijn met de huidige aardoliestromen. Hierdoor kan de transportcapaciteit die vrijkomt door de uitfasering van kolenvervoer worden ingezet voor het vervoer van biograndstoffen.

5.2 Ontwikkeling wagenpark en transportkosten

Transportkosten zijn bepalend voor de verdeling van goederenvervoer over de modaliteiten. BasGoed berekent de modal split op basis van de transportkosten van binnenvaart, spoorvervoer en wegvervoer. Verder wordt het aantal ritten in het wegvervoer medebepaald door de transportkosten voor bestel- en vrachtauto's.

5.2.1 Energiekosten binnenvaart en spoorvervoer

De ontwikkeling van de energieprijzen werkt door in de transportkosten. De binnenvaart maakt tot nu toe gebruik van onbelaste en relatief goedkope fossiele brandstoffen. Elektriciteit is in de binnenvaart minder geschikt dan in weg- en spoorvervoer, waardoor de energietransitie voor de binnenvaart betekent dat gebruik gemaakt moet worden van duurdere duurzame brandstoffen en dat voor het resterende gebruik van fossiele brandstoffen ETS₂-rechten betaald moeten gaan worden. Dit betekent dat de energiekosten voor de binnenvaart duidelijk zullen toenemen. In het spoorvervoer is elektriciteit de belangrijkste energiebron, en is de ontwikkeling van de elektriciteitsprijs bepalend. Door de overgang van de elektriciteitsproductie naar duurzame bronnen spelen ETS- en CO₂-rechten geen rol van betekenis.

Tabel 5.2
Ontwikkeling energiekosten binnenvaart en spoorvervoer

	2018	2040	2040	2040	2040	2050	2050	2050	2050	2060	2060	2060	2060
		HS	HV	LS	LV	HS	HV	LS	LV	HS	HV	LS	LV
Ontwikkeling energieprijzen binnenvaart	100	145	120	197	135	190	143	322	160	234	182	339	205
Ontwikkeling energieprijzen spoor	100	105	105	109	109	117	117	122	122	117	117	122	122

5.2.2 Transportkosten bestel- en vrachtautoverkeer

Transportkosten van bestel- en vrachtauto's vormen invoer voor de modal split-berekening en het berekenen van het aantal ritten in het wegvervoer. De transportkosten zijn opgebouwd uit vaste kosten, zoals bepaalde heffingen en personeelskosten, en variabele kosten van de voertuigen. De variabele kosten van bestel- en vrachtauto's zijn berekend met wagenparkmodellen. De variabele kosten voor bestel- en vrachtauto's bestaan uit afschrijving, kosten voor reparatie, onderhoud en banden (ROB) en brandstof- of laadkosten. Deze kosten verschillen tussen voertuigsegmenten en tussen dieselveertuigen en elektrische voertuigen. Met wagenparkmodellen is de samenstelling

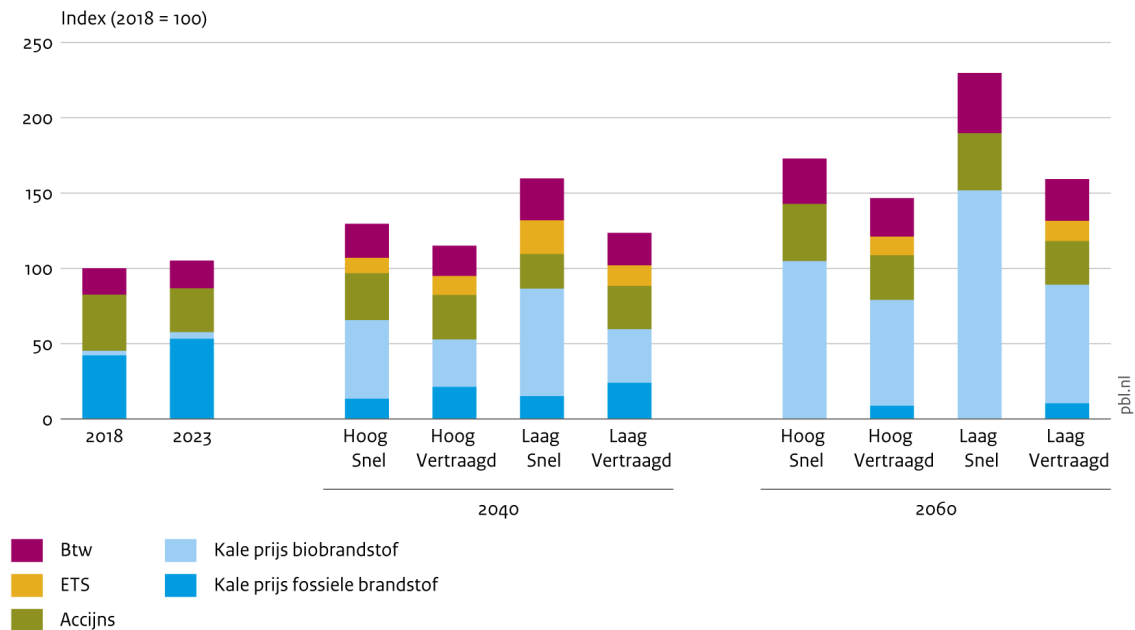
van de wagenparken en voertuigkilometers voor bestel- en vrachtauto's berekend. Hieruit kunnen de gemiddelde variabele kosten voor bestel- en vrachtauto's voor de zichtjaren worden afgeleid.

De samenstelling van de wagenparken voor bestel- en vrachtauto's zijn bepaald met de wagenparkmodellen van Revnext (Revnext 2022, Revnext 2023). Deze modellen ramen hoe het aandeel elektrische voertuigen groeit op basis van het verschil in *total cost of ownership* (TCO) tussen dieselvoertuigen en elektrische voertuigen. Hierin zijn voertuigprijzen, brandstofprijzen en belastingen meegenomen. Voor de verschillende WLO-scenario's zijn hiervoor andere uitgangspunten gekozen. Technologische ontwikkelingen zorgen naar verwachting voor een verbetering van het batterijpakket en schaalvoordelen in het productieproces van elektrische voertuigen. Deze ontwikkelingen leiden tot lagere aanschafprijzen, efficiëntere voertuigen in gebruik en een hogere actieradius. We nemen aan dat elektrische bestel- en vrachtauto's op termijn een met dieselvoertuigen vergelijkbare aanschafprijs hebben. Elektrische bestelauto's kunnen zelfs goedkoper worden dan bestelauto's op diesel, omdat over fossiele bestelauto's vanaf 2025 BPM moet worden betaald. De aanschafprijs van elektrische voertuigen daalt sneller in de scenario's Hoog dan in de scenario's Laag door snellere technologische ontwikkeling en innovatie. Bovendien is de verwachting dat fabrikanten hun prijsstrategie aanpassen op het internationale beleid om de Europese normeringen te behalen. Hierdoor dalen de aanschafprijzen van batterij-elektrische voertuigen sneller in de scenario's met een snelle klimaattransitie dan in de scenario's met een vertraagde klimaattransitie. De volledige toelichting over de opbouw van de voertuigprijzen staat in de achtergrondrapportage van Revnext.

De brandstofprijzen voor bestel- en vrachtauto's lopen ook uiteen in de verschillende scenario's. In alle scenario's nemen de pompprijzen voor diesel toe. Met name in scenario Laag Snel heeft de sterkste stijging van pompprijzen plaats (zie figuur 5.4). In alle scenario's wordt biodiesel bijgemengd en aangezien (geavanceerde) biobrandstoffen duurder zijn dan diesel, nemen hierdoor de pompprijzen toe. Deze stijging is groter in scenario's met een snelle klimaattransitie omdat het bijmengpercentage van biodiesel geleidelijk ingroeit totdat het diesel in 2050 volledig vervangt. In scenario's met een vertraagde klimaattransitie groeit het bijmengpercentage van biodiesel minder sterk tot ongeveer tweederdedeel. De productiekosten van biodiesel nemen het meest toe in het scenario Laag Snel. Dit is vanwege de schaarste van geavanceerde biobrandstoffen in een scenario met een lage technologische ontwikkeling en een wereldwijde grote vraag naar hernieuwbare energiebronnen. In de achtergrondrapportage worden de berekeningen van de brandstofprijzen in meer detail toegelicht.

De ETS-prijzen verschillen per scenario, maar ze hebben beperkt effect op de verschillen in pompprijzen. Dit komt door de aanname bij trendmatig beleid dat tweederdedeel van de ETS-prijs wordt verwerkt in een accijnsverlaging. In de scenario's met een snelle klimaattransitie rijden de voertuigen in 2050 volledig op biodiesel waardoor vanaf dat zichtjaar geen ETS meer betaald hoeft te worden.

Figuur 5.4
Pomprijzen diesel volgens WLO-scenario's



Bron: CBS, PBL

Hoogste laadtarieven in scenario Laag Snel

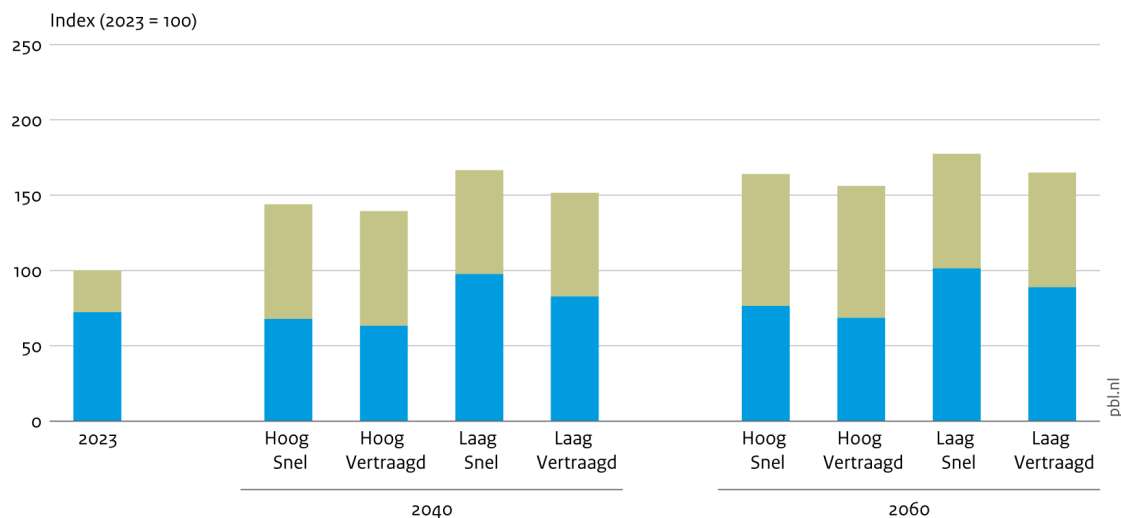
De laadtarieven voor bestel- en vrachtauto's zijn het hoogst in scenario Laag Snel (zie figuur 5.5). Dit komt doordat in dat scenario groothandelsprijs van elektriciteit het hoogst is. De energiebelasting neemt ook toe ten opzichte van het basisjaar. Bij trendmatig beleid wordt verondersteld dat de belastingen per gereden kilometer voor de verschillende energiebronnen van bestel- en vrachtauto's geleidelijk worden gelijkgetrokken tussen 2030 en 2040. Bij bestelauto's zorgt dit dat de energiebelasting stijgt van circa 1,5 cent per kilometer nu tot bijna 5 cent in 2040. Bij vrachtauto's is het effect nog groter, vanwege het lage belastingtarief van grootgebruikers. Waar nu nog nagenoeg geen energiebelasting hoeft te worden betaald, stijgt de belasting tot zo'n 20 cent per kilometer in 2040.

In de scenario's wordt ook rekening gehouden met overstapdrempels die kopers van batterij-elektrische voertuigen ervaren als gevolg van belemmerende factoren, waaronder netcongestie. In de scenario's Laag zijn de belemmeringen door netcongestie relatief groot, waardoor er minder laadinfrastructuur beschikbaar is. Dit remt de overstap naar elektrische voertuigen. In de scenario's Hoog blijft het effect van netcongestie beperkt, omdat er meer kan worden ingezet op netverzwaring en er meer oplossingen worden ontwikkeld om met schaarse elektriciteit om te gaan.

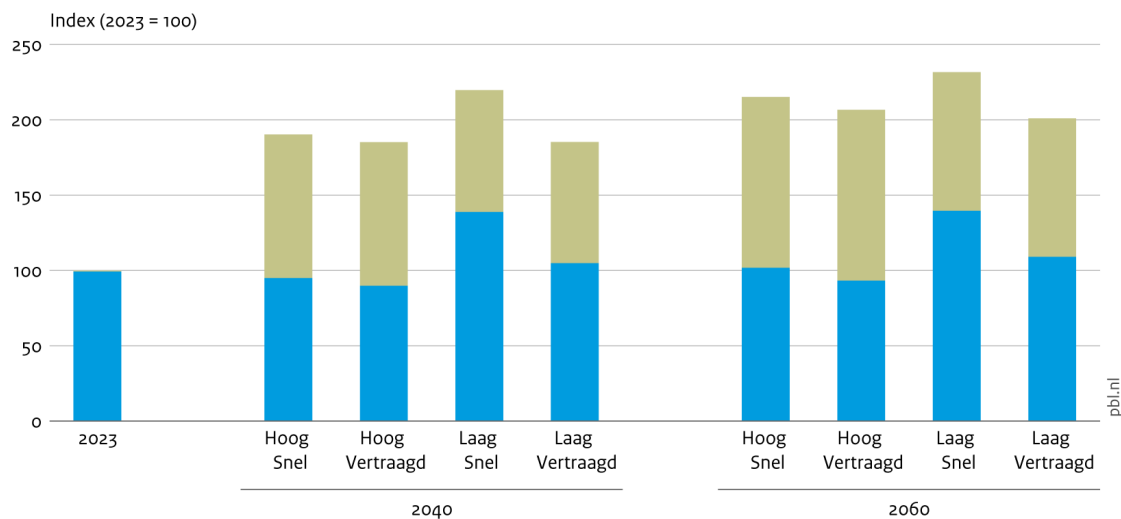
Figuur 5.5

Elektrische laadtarieven voor bestelauto's en vrachtauto's volgens WLO-scenario's

Bestelauto's



Vrachtauto's



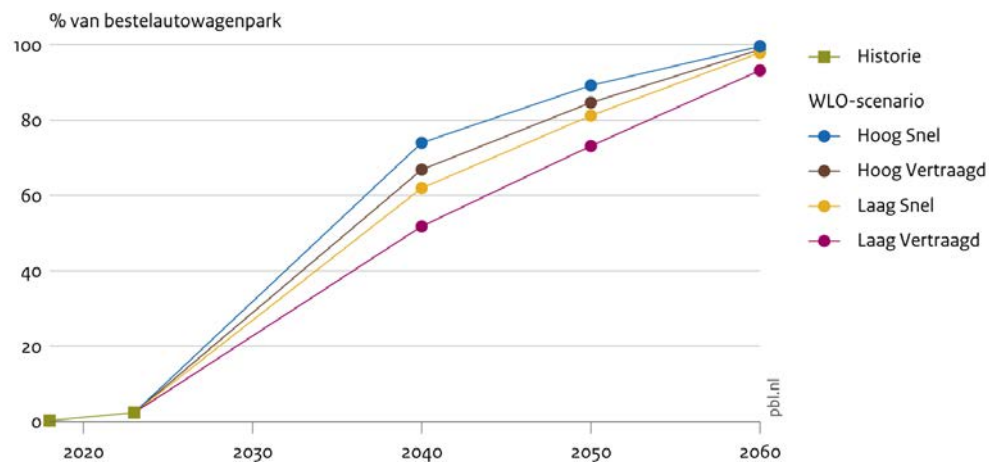
Energiebelasting
Kale prijs

Bron: PBL/Revnext

Ontwikkeling van het wagenpark en de variabele kosten van bestelauto's

Het is de verwachting dat het aandeel elektrische bestelauto's in het wagenpark sterk zal toenemen richting 2040 en 2060 (zie figuur 5.6). De elektrificatie gaat het snelst in scenario Hoog Snel en het meest langzaam in scenario Laag Vertraagd. Dit komt doordat de aanschafprijzen voor elektrische voertuigen het laagst liggen in scenario Hoog Snel en het hoogst in scenario Laag Vertraagd. Daarnaast zijn in de scenario's Hoog de laadtarieven lager en de effecten van netcongestie minder.

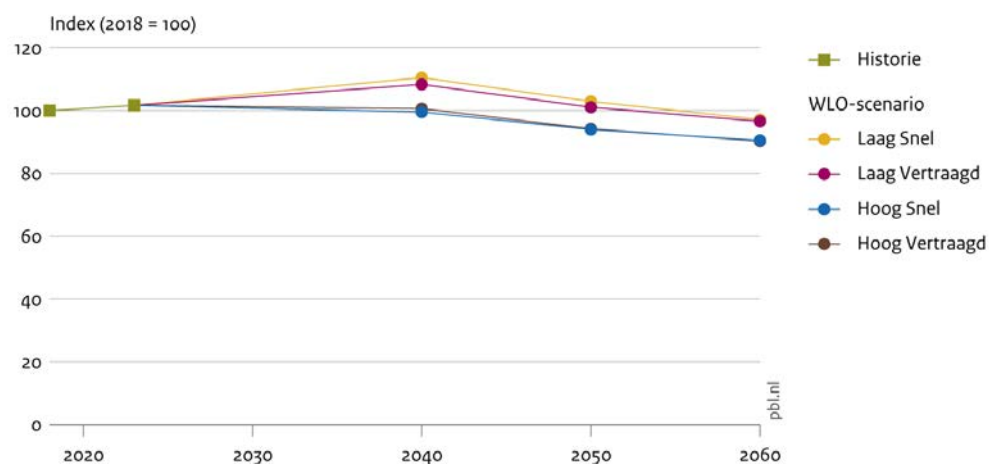
Figuur 5.6.
Aandeel batterij-elektrische bestelauto's



Bron: CBS, PBL/Revnext

De gemiddelde variabele kosten van een bestelauto, bestaande uit afschrijving, ROB (reparatie, onderhoud, banden) en brandstofkosten, nemen in 2040 in de scenario's Hoog nauwelijks toe ten opzichte van het basisjaar en in de scenario's Laag nemen ze licht toe (zie figuur 5.7). Dit komt doordat in de lage scenario's nog een lager aandeel elektrische voertuigen rondrijdt en de laadtarieven hoger zijn. In 2060 zijn de gemiddelde variabele kosten in beide scenario's lager dan in 2040, vanwege het hogere aandeel elektrische voertuigen, de lagere onderhoudskosten van elektrische voertuigen en omdat de voertuigprijzen van elektrische voertuigen verder afnemen.

Figuur 5.7
Variabele kosten bestelauto's

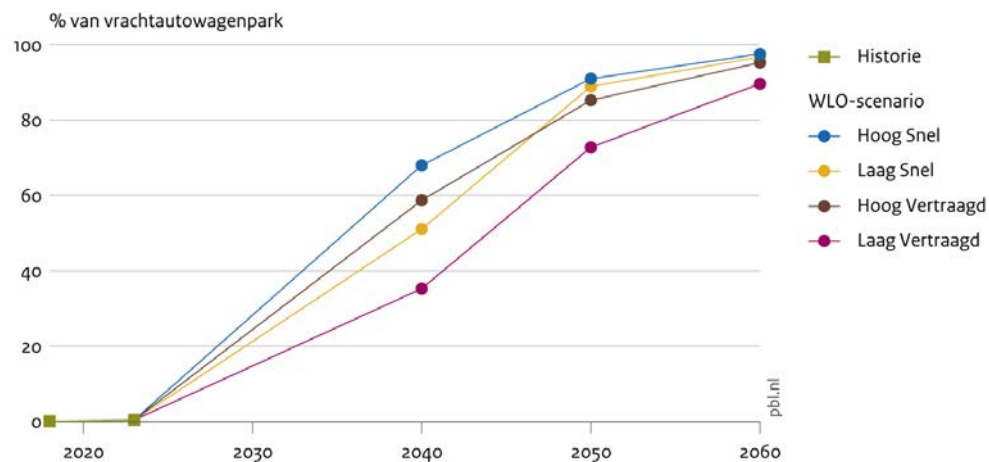


Bron: CBS, PBL/Revnext

Ontwikkeling van het wagenpark en de variabele kosten van vrachtvoertuigen

Het vrachtautopark bestaat in 2060 bijna geheel uit elektrische voertuigen, zoals te zien in figuur 5.8. De elektrificatie gaat het snelst in scenario Hoog Snel en het meest langzaam in scenario Laag Vertraagd. Net als bij bestelauto's komt dit door lagere elektrische aanschafprijzen in de hoge scenario's, lagere laadtarieven en minder beperkingen door netcongestie.

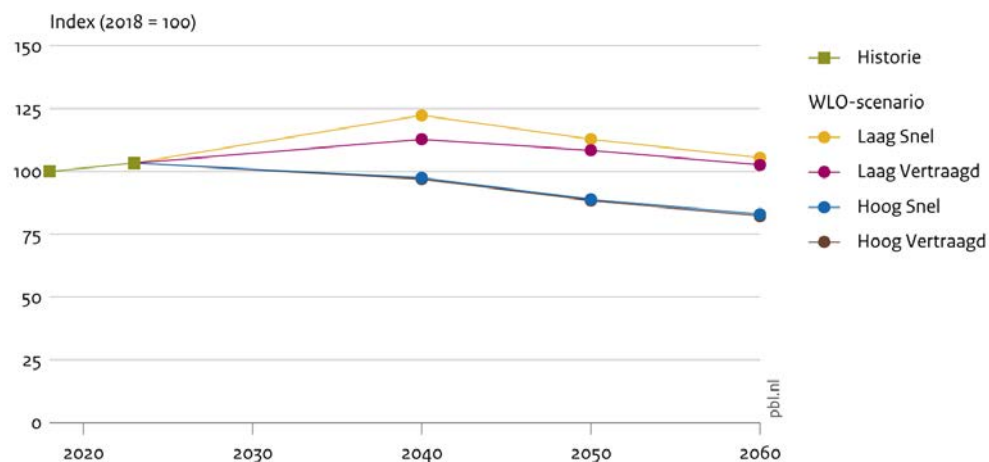
Figuur 5.8
Aandeel batterij-elektrische vrachtauto's



Bron: CBS, PBL/Revnext

De variabele kosten van een vrachtvoertuig, bestaande uit afschrijving, ROB en brandstofkosten, nemen in 2040 in de scenario's Hoog af ten opzichte van het basisjaar en in de scenario's Laag nemen ze licht toe (zie figuur 5.9). In scenario Laag Snel zijn de kosten het hoogst. Dit komt doordat in dat scenario nog een lager aandeel elektrische voertuigen rondrijdt en de laadtarieven hoger zijn. De gemiddelde kosten in elk scenario dalen van 2040 naar 2060, vanwege een stijging van het aandeel elektrische voertuigen en de lagere energiekosten en onderhoudskosten van elektrische voertuigen.

Figuur 5.9
Variabele kosten vrachtauto's

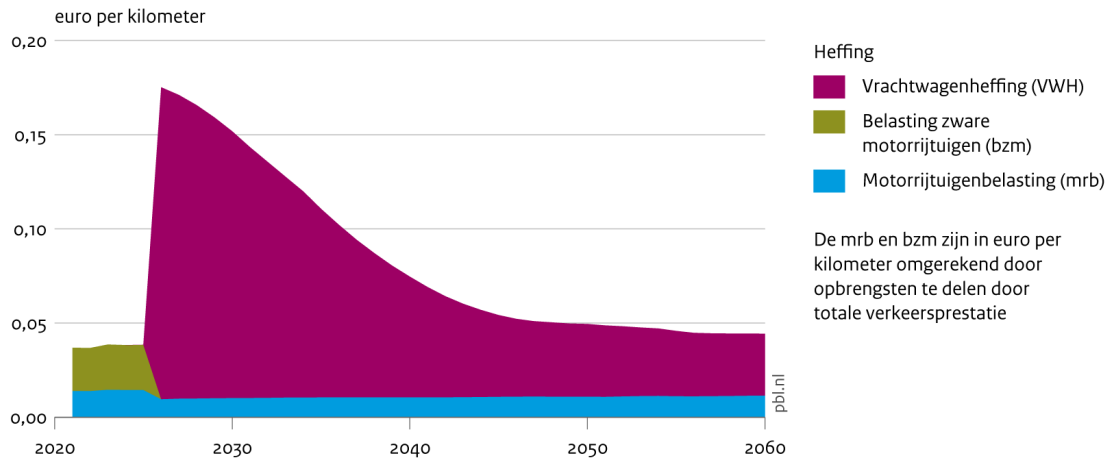


Bron: CBS, PBL/Revnext

Naast de variabele kosten in figuur 5.9 worden er ook nog heffingen gehanteerd in binnen- en buitenland. BasGoed neemt deze als vaste kosten mee. In Nederland wordt vanaf 2026 een vrachtwagenheffing (VWH) ingevoerd, waarbij de belasting zware motorrijtuigen (bzm) wordt afgeschaft en de motorrijtuigbelasting (mrb) wordt verlaagd. In figuur 5.10 staat de ontwikkeling van deze heffingen gegeven tot 2060 voor scenario Hoog Snel, ter illustratie. Er is te zien dat de heffingen per kilometer fors hoger worden als gevolg van het invoeren van de vrachtwagenheffing.

Het gemiddelde tarief neemt daarna gestaag af met de toenemende elektrificatie van het wagenpark, omdat elektrische voertuigen een lager tarief betalen.

Figuur 5.10
Heffingen vrachtvoertuigen in WLO-scenario Hoog Snel



Bron: PBL

Waterstof als optie voor zware vrachtvoertuigen

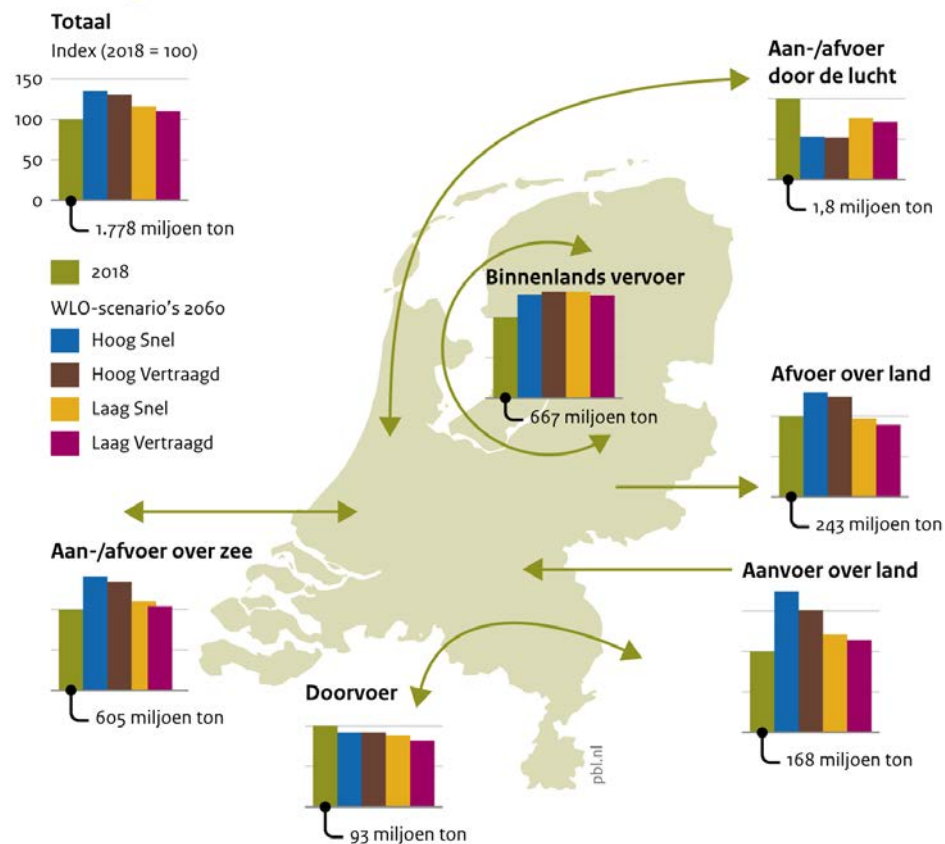
In de WLO nemen we alleen batterij-elektrische voertuigen mee als optie om de vloot te verduurzamen. Er zijn echter wel aanwijzingen dat zware vrachtvoertuigen die voor veeleisende ritten worden gebruikt, zoals voor lange afstanden of zware belading, minder makkelijk te vervangen zijn door een elektrisch voertuig. Voor deze ritten zijn verschillende oplossingen mogelijk, zoals een andere wijze van elektriciteitsvoorziening (bijvoorbeeld electric road systems), logistieke oplossingen zoals ritten opdelen of de inzet van andere energiedragers waaronder waterstof, biobrandstoffen of e-fuels (Van Meerkerk et al. 2024). De nadruk bij de klimaattransitie van het wegvervoer ligt op de inzet van elektrische vrachtwagens. Waterstofvoertuigen kunnen mogelijk een niche-rol vervullen in het zware transport, waar batterij-elektrische aandrijving minder geschikt is. Wanneer waterstof of e-fuels worden ingezet, zullen de transportkosten van ZE-voertuigen waarschijnlijk hoger liggen dan bij volledig batterij-elektrische aandrijving (TNO 2022, TNO 2023b). Aangezien het hierbij om een relatief klein percentage van de goederenstromen gaat, heeft dit geen invloed op de inschatting van het volume van het wegvervoer.

5.3 Ontwikkeling van vervoerd gewicht

Deze sectie presenteert de omvang van het goederenvervoer in Nederland, verdeeld over aanvoer, doorvoer, afvoer en binnenlands vervoer (figuur 5.11). Figuur 5.12 toont het totale volume van goederenvervoer voor de vier scenario's in Nederland, uitgedrukt in tonnen. Dit volume betreft de optelsom van het volume van alle modaliteiten (aan landzijde en aan zeezijde) en alle richtingen (binnenlands en internationaal).

Figuur 5.11

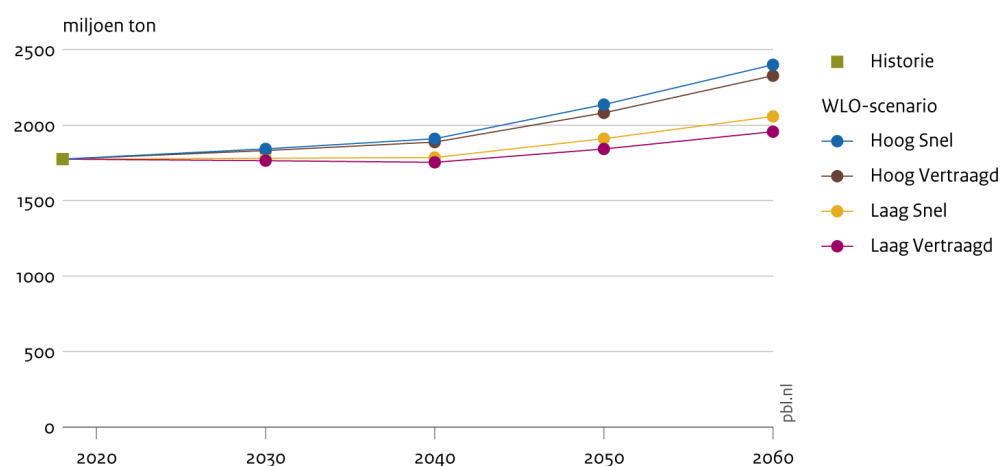
Vervoerd gewicht



Bron: PBL

Figuur 5.12

Vervoerd gewicht zeezijdig en landzijdig transport



Bron: PBL/Significance

De scenario's Hoog genereren meer goederenvervoer dan de scenario's Laag. Dit geldt bij zowel een snelle als een vertraagde klimaattransitie en voor alle zichtjaren. De primaire reden hiervoor is tweeledig: hoge economische groei veroorzaakt meer goederenvervoer en in de scenario's Hoog

blijft globalisatie optreden, waarbij de handel – en dus het transport – sneller groeit dan het BBP. In de scenario's Laag treedt deglobalisatie op, wat het transportvolume drukt.

Tempo klimaattransitie maakt verschil

Op het niveau van totale goederenstromen genereren scenario's met een snelle klimaattransitie meer goederenvervoer dan scenario's met een vertraagde klimaattransitie. Dit komt deels door sectorale ontwikkelingen, maar ook doordat de klimaattransitie energiedragers met een hoge energetische waarde per ton vervangt door bio-energiedragers, zoals houtpellets, die een lagere energie-inhoud per ton hebben. Met andere woorden: er zijn meer bio-energiedragers nodig om dezelfde hoeveelheid vloeibare brandstof te produceren als met aardolie, uitgedrukt in gewicht.

Tot 2040 vindt een snelle uitfasering van fossiele energiedragers plaats. In scenario's met een snelle energietransitie gebeurt dit in hoger tempo dan in scenario's met een vertraagde energietransitie. Omdat duurzame bio-grondstoffen zoals houtpellets een lagere energie-inhoud per ton hebben, genereren scenario's met een snelle klimaattransitie iets meer volume dan scenario's met vertraagde klimaattransitie. In het scenario Laag Vertraagd wordt tot 2040 een kleine krimp verwacht, terwijl in het scenario Laag Snel een lichte groei wordt verwacht; in beide scenario's zal de groei echter dicht bij nul liggen tot 2040. Scenario's met een hoge groei laten een duidelijke toename zien tot 2040. Na 2040 laten alle scenario's een groei zien.

Tabel 5.3

Ontwikkeling van het vervoerd gewicht over land, uitgesplitst naar richting, in scenario Hoog Snel

	Miljoen ton 2018 (index=100)	Index 2040	Index 2050	Index 2060	Groei per jaar 2018-2040	Groei per jaar 2040-2060
Binnenlands	667	114	124	128	0,6%	0,6%
Int. aanvoer	168	115	133	174	0,6%	2,1%
Int. afvoer	243	105	119	129	0,2%	1,1%
Doorvoer	93	85	87	93	-0,7%	0,5%
Totaal	1.171	110	121	132	0,4%	0,9%

Tabel 5.4

Ontwikkeling van het vervoerd gewicht over land, uitgesplitst naar richting, in scenario Hoog vertraagd

	Miljoen ton 2018 (index=100)	Index 2040	Index 2050	Index 2060	Groei per jaar 2018-2040	Groei per jaar 2040-2060
Binnenlands	667	114	124	131	0,6%	0,7%
Int. aanvoer	168	114	131	151	0,6%	1,4%
Int. afvoer	243	106	110	124	0,3%	0,8%
Doorvoer	93	86	88	93	-0,7%	0,4%
Totaal	1.171	110	119	130	0,4%	0,8%

Tabel 5.5

Ontwikkeling van het vervoerd gewicht over land, uitgesplitst naar richting, in scenario Laag Snel

	Miljoen ton 2018 (index=100)	Index 2040	Index 2050	Index 2060	Groei per jaar 2018-2040	Groei per jaar 2040-2060
Binnenlands	667	112	121	131	0,5%	0,8%
Int. aanvoer	168	101	110	120	0,1%	0,9%
Int. afvoer	243	90	95	97	-0,5%	0,4%
Doorvoer	93	83	85	88	-0,8%	0,3%
Totaal	1.171	104	111	119	0,2%	0,7%

Tabel 5.6

Ontwikkeling van het vervoerd gewicht over land, uitgesplitst naar richting, in scenario Laag Vertraagd

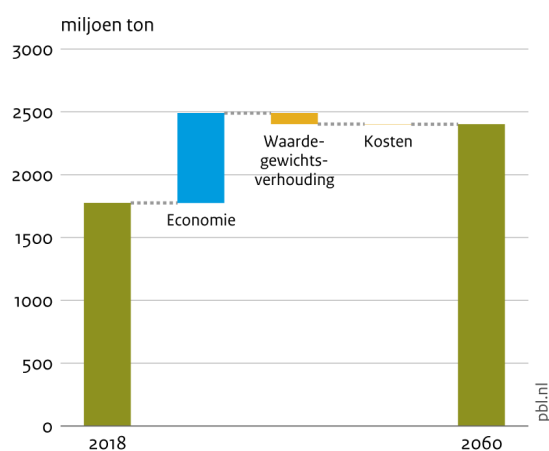
	Miljoen ton 2018 (index=100)	Index 2040	Index 2050	Index 2060	Groei per jaar 2018-2040	Groei per jaar 2040-2060
Binnenlands	667	110	118	127	0,4%	0,7%
Int. aanvoer	168	100	107	114	0,0%	0,7%
Int. afvoer	243	88	89	89	-0,6%	0,1%
Doorvoer	93	81	81	82	-1,0%	0,1%
Totaal	1.171	102	107	114	0,1%	0,6%

Impact van krachten op goederenvervoer per transportwijze en volume

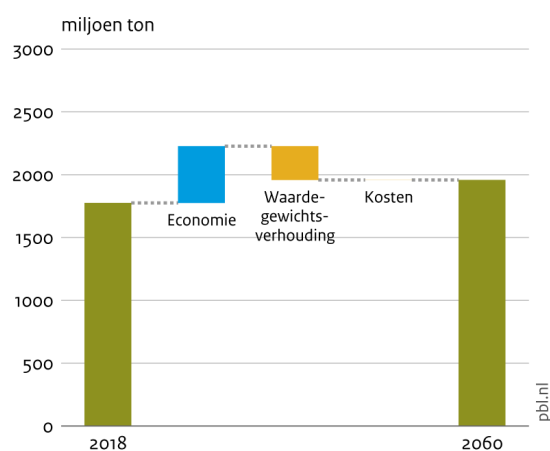
De economische ontwikkeling is bepalend voor het volume van het goederenvervoer, gevolgd door producteigenschappen (waarde-gewichtsverhouding).

Figuur 5.13**Impact van factoren op omvang goederenstromen**

Totaal in WLO-scenario Hoog Snel



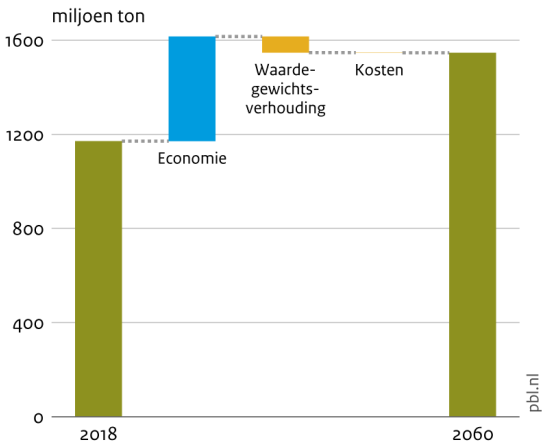
Totaal in WLO-scenario Laag Vertraagd



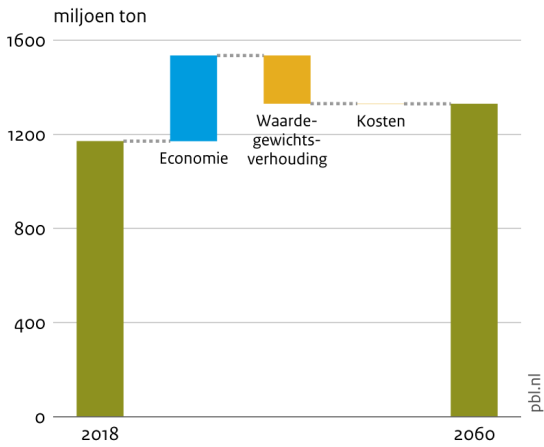
Bron: PBL/Significance

Impact van factoren op omvang goederenstromen

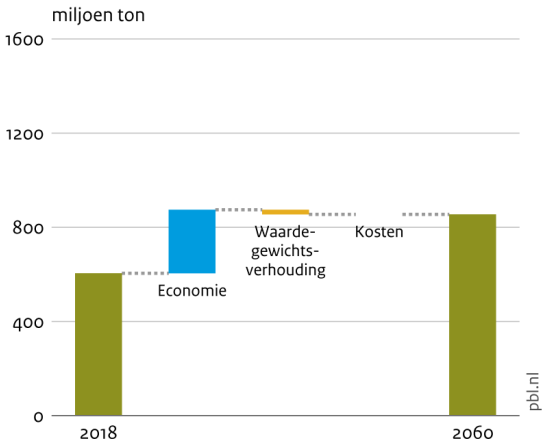
Landzijdig transport in WLO-scenario Hoog Snel



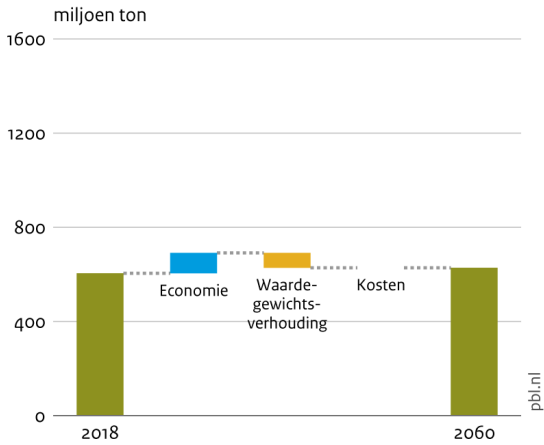
Landzijdig transport in WLO-scenario Laag Vertraagd



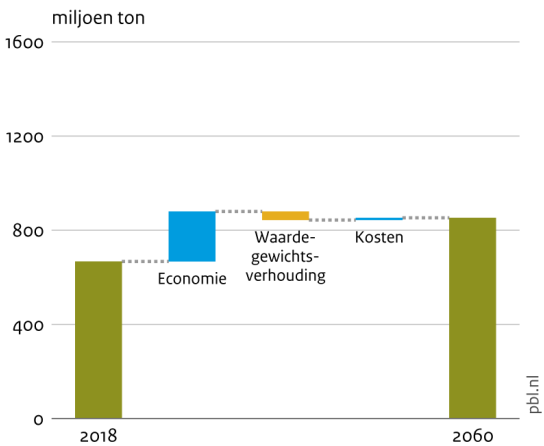
Zeevaart in WLO-scenario Hoog Snel



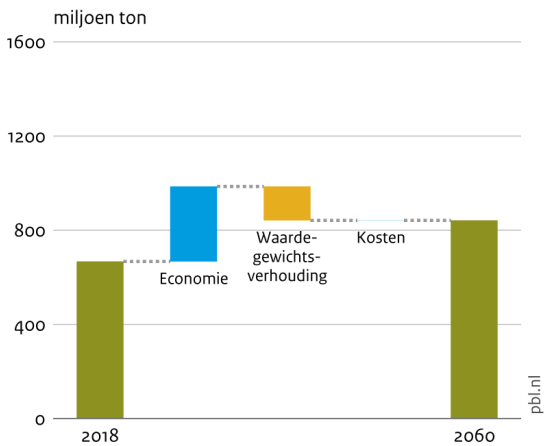
Zeevaart in WLO-scenario Laag Vertraagd



Binnenlands transport in WLO-scenario Hoog Snel



Binnenlands transport in WLO-scenario Laag Vertraagd



Bron: PBL/Significance

Veranderende transport- en logistieke kosten hebben relatief weinig impact op het totale volume van goederenvervoer tot 2060 op hoog geaggregeerd niveau. De kosten zullen echter wel invloed hebben op de modal split, zoals beschreven in hoofdstuk 5.4. Deze krachten hebben een gecombineerde impact op de transportwijze en volume van het goederenvervoer (zie figuur 5.13).

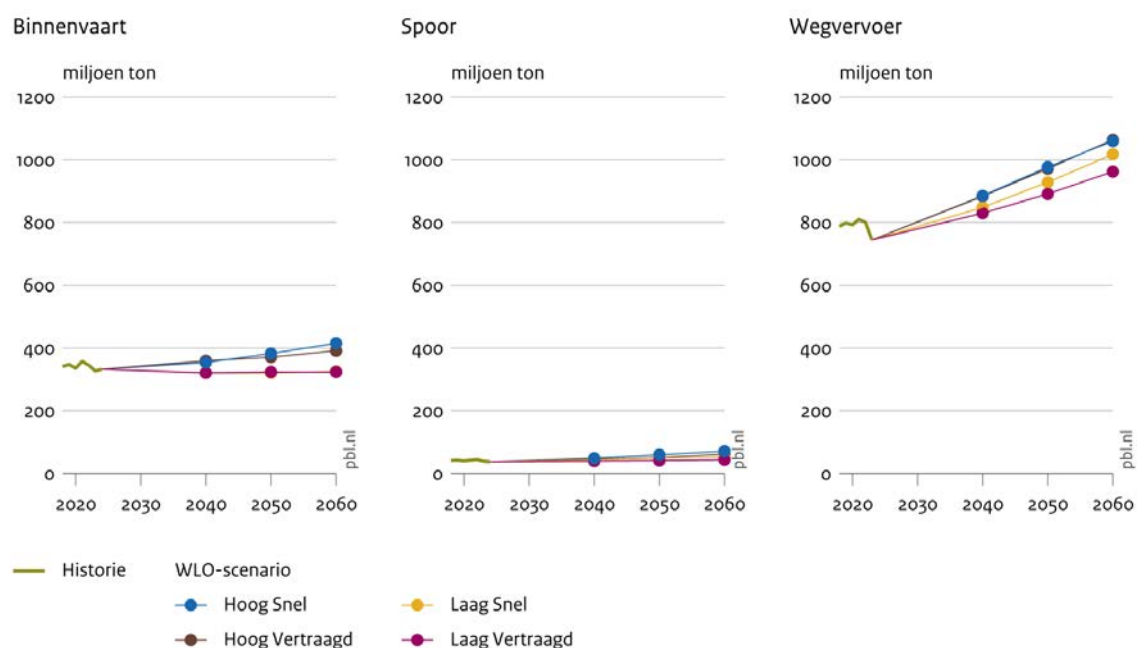
Opvallend is dat de binnenlandse goederenstromen in de scenario's Laag Vertraagd en Hoog Snel in 2060 nauwelijks verschillen: respectievelijk 842 miljoen ton en 852 miljoen ton. Dit komt doordat in het scenario Laag Vertraagd een deel van de basisproductie terugkeert naar Nederland, wat leidt tot meer binnenlandse goederenstromen. Tegelijkertijd zorgt de hogere waarde-gewichtsverhouding van de goederen die in dit scenario in Nederland worden geproduceerd voor een lichte demping van het vervoersvolume in 2060. Hierdoor is het binnenlandse goederenvervoer in 2060 in het scenario Hoog Snel uiteindelijk iets hoger dan in Laag Vertraagd.

5.4 Ontwikkeling van het goederenvervoer per modaliteit

In dit hoofdstuk geven we een overzicht van de ontwikkelingen voor wegvervoer, binnenvaart en spoorvervoer in Nederland, evenals overslagvolumes bij de Nederlandse zeehavens, wat ook het volume van de zeevaart aangeeft. Het wegvervoer blijft de dominante modaliteit in Nederland voor zowel vervoerd gewicht als vervoersprestatie uitgedrukt in tonkilometers (zie figuren 5.14 en 5.15). Kenmerkend is dat de gemiddelde verplaatsingsafstand voor het wegvervoer substantieel kleiner is dan voor binnenvaart en spoorvervoer, waardoor het verschil in vervoersprestatie tussen wegvervoer en de twee andere modaliteiten kleiner is dan het verschil in vervoerde tonnages.

Figuur 5.14

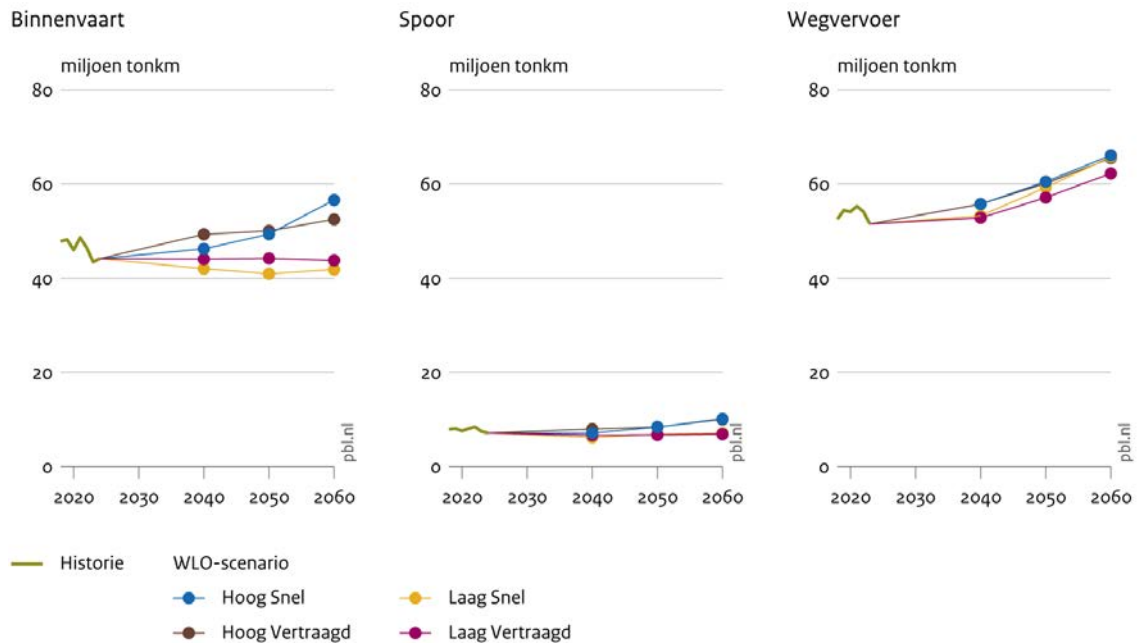
Vervoerd gewicht over land naar modaliteit



Bron: PBL/Significance

Figuur 5.15

Vervoersprestatie op Nederlands grondgebied naar modaliteit



Bron: PBL/Significance

Voor elke transportmodaliteit geven we hieronder weer: de ontwikkeling van vervoerd gewicht en vervoersprestatie, in alle scenario's, voor het basisjaar en de zichtjaren 2040, 2050 en 2060.

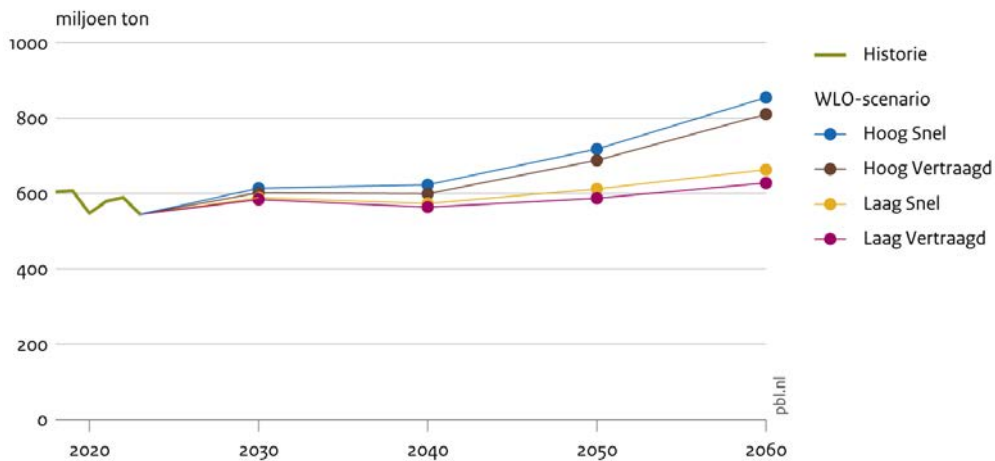
5.4.1 Overslag Nederlandse zeehavens (zeevervaart)

Het overslagvolume bij de Nederlandse zeehavens wordt gedreven door langeafstand internationale handel. Daarom zijn de overslagvolumes in scenario's met een hoge groei aanzienlijk groter dan in scenario's met een lage groei (zie figuur 5.16). Naast de groeifactor is de staat van internationale samenwerking van groot belang voor de zeevaart en overslag bij de Nederlandse zeehavens. Scenario's met een hoge groei veronderstellen internationale samenwerking en globalisatie, waardoor het handelsvolume nog sneller groeit dan de economie; het omgekeerde gebeurt in scenario's met een lage economische groei. Minder internationale samenwerking leidt tot deglobalisatie en een handelsvolume dat achterblijft bij de al beperkte economische groei.

Scenario's met een snelle klimaattransitie genereren meer overslagvolumes bij de Nederlandse zeehavens. Hoewel een snelle klimaattransitie ook een snelle afname van fossiele energiedragers betekent, vervangen duurzame energiedragers en biograndstoffen aardolie en kolen. Omdat de energiedichtheid van biograndstoffen over het algemeen lager is dan die van fossiele grondstoffen, moeten er meer tonnen biograndstoffen worden vervoerd dan van fossiele grondstoffen. Doordat de Nederlandse zeehavens ook deels de Duitse industrie blijven voorzien van grondstoffen, zorgt dit voor een relatieve toename van het overslagvolume in scenario's met een snelle klimaattransitie.

Afpelplaatjes voor de overslag bij de Nederlandse havens staan in sectie 5.2 van dit cahier. De factoren die het volume van de zeevaart bepalen zijn gelijk aan de factoren die de omvang van de overslag bij de Nederlandse havens bepalen.

Figuur 5.16
Overslag in Nederlandse zeehavens



Bron: PBL/Significance

5.4.2 Binnenvaart

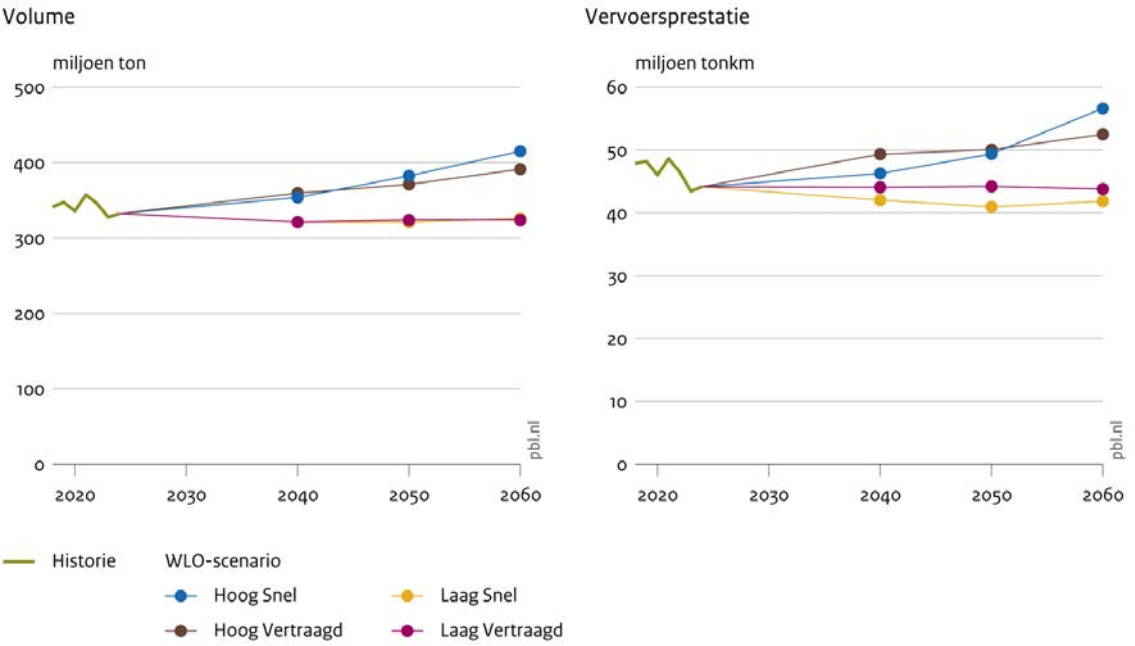
De binnenvaart laat een duidelijke tweedeling zien tussen scenario's met een hoge en een lage groei. Hoge groei zorgt voor meer binnenvaartvolumes. Binnenvaart voert relatief veel internationaal transport uit, wat het volume versterkt in scenario's met een hoge economische groei en internationale handel. In scenario's met een lage groei is er minder internationale handel, wat de binnenvaartvolumes verder drukt.

Klimaatscenario's hebben een tegenstrijdig effect op de binnenvaart. Aan de ene kant zorgen de scenario's Snel voor hogere binnenvaartkosten door de hoge CO₂-prijs en de prijs van duurzame vloeibare brandstoffen. De kosten van energie en emissies zullen het volume van de binnenvaart remmen; voor sommige typen goederenstromen zal binnenvaart minder concurrerend worden met wegvervoer, dat via elektrificatie van voertuigen decarboniseert en daardoor relatief lagere kosten heeft. Aan de andere kant zal binnenvaart worden gebruikt om onder andere de Duitse industrie te voorzien van duurzame grondstoffen. Met name raffinaderijen en andere industrieën aan de Rijn, dicht bij de Nederlandse grens, zullen worden bevoorraad met binnenvaartschepen. De klimaattransitie zal zorgen voor grotere volumes van duurzame energiedragers, zoals houtpellets, die vanuit de Nederlandse havens verder worden gedistribueerd.

In tegenstelling tot wegvervoer kent binnenvaart een relatief groot verschil in de impact van de economische ontwikkeling tussen de scenario's Laag Vertraagd en Hoog Snel. De terugkeer van industrie naar Nederland in scenario Laag Vertraagd levert weinig voordeel op voor de binnenvaart; de impact van industrie is vooral zichtbaar in het wegvervoer. Voor de binnenvaart is vervoer over langere afstanden belangrijker. In scenario Laag Vertraagd zien we minder internationale stromen, terwijl in scenario Hoog Snel zowel de internationale stromen als het vervoer van duurzame energiedragers toenemen.

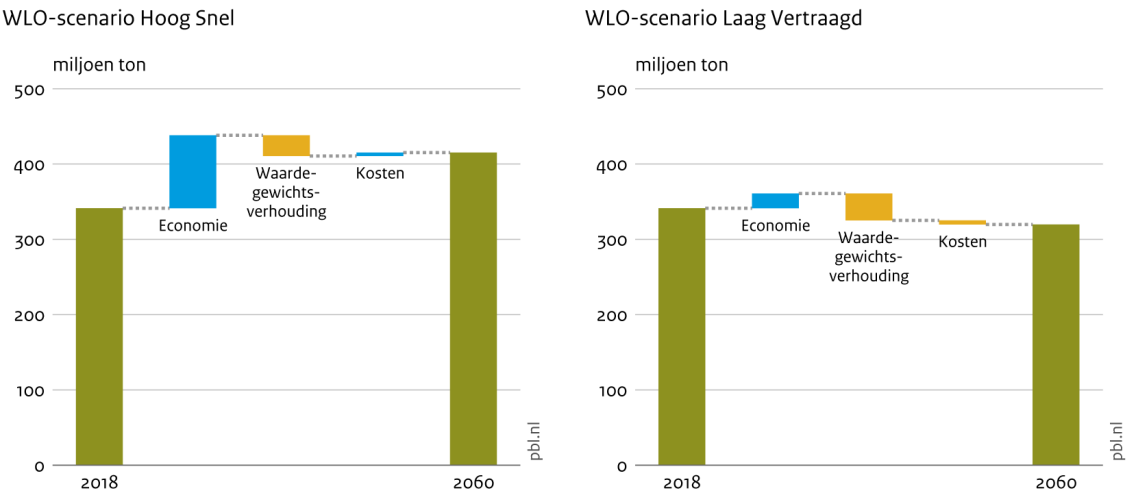
De ontwikkeling van transportkosten heeft geen doorslaggevend effect op het vervoerd gewicht door de binnenvaart. In scenario Laag Vertraagd remmen de hogere kosten het volume met circa 1,5 procent, terwijl kostenveranderingen in scenario Hoog Snel juist leiden tot circa 1% extra vervoersvolume.

Figuur 5.17
Volume en vervoersprestatie van binnenvaart



Bron: PBL/Significance

Figuur 5.18
Impact van factoren op omvang goederenstromen van binnenvaart



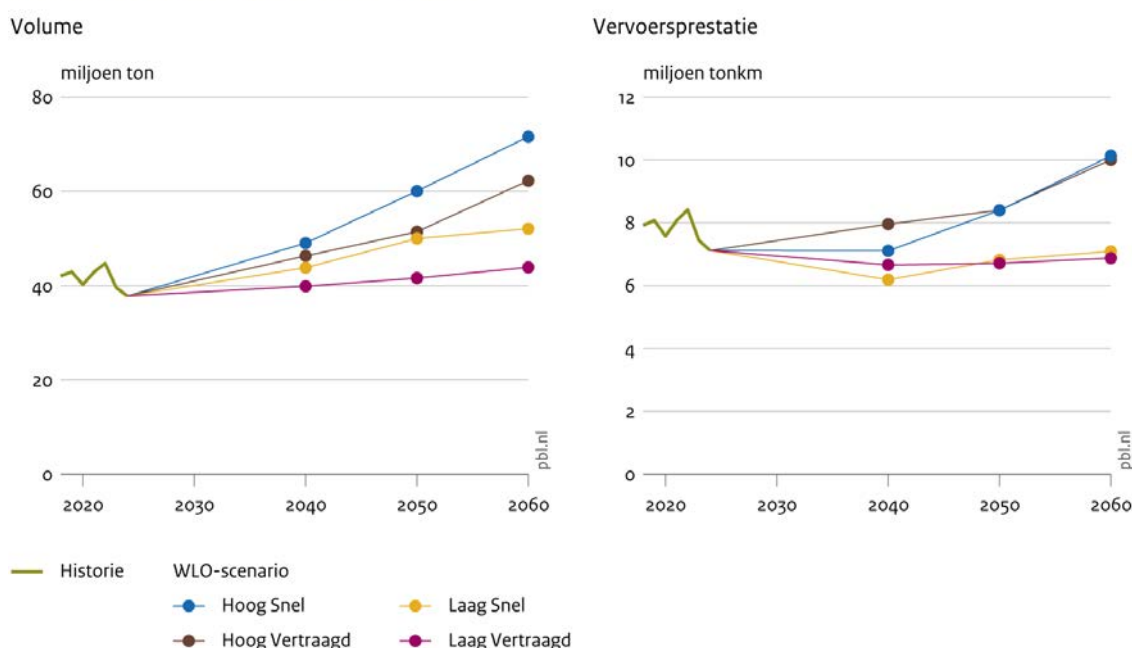
Bron: PBL/Significance

5.4.3 Spoorvervoer

Het spoorvervoer in Nederland is eveneens gevoelig voor de economische ontwikkeling. In scenario's met een lage groei zijn het volume en de vervoersprestatie lager dan in scenario's met een hoge groei. Net als de binnenvaart vervoert het spoor relatief veel internationale goederenstromen. Daarom is de impact van globalisatie (scenario's met een hoge groei) of deglobalisatie (scenario's met een lage groei) relatief groter in het spoorvervoer dan in het wegvervoer. Waar wegvervoer extra volumes krijgt door de terugkeer van de industrie naar Nederland (zie sectie 5.4.4 Wegvervoer), profiteert het spoorvervoer hier veel minder van in scenario's met een lage groei (zie figuur 5.19).

Figuur 5.19

Volume en vervoersprestatie van spoor



Bron: PBL/Significance

In scenario's met een snelle klimaattransitie krijgt het spoorvervoer meer volumes dan in scenario's met een vertraagde klimaattransitie. De reden hiervoor is tweedelig. Ten eerste beschikt het spoorvervoer over eigenschappen die gunstig zijn voor een snelle klimaattransitie: het is relatief energie-efficiënt en grotendeels elektrisch aangedreven, waardoor hoge CO₂-prijzen en dure duurzame brandstoffen weinig kostenverhogend effect hebben op het spoorvervoer. Ten tweede worden in scenario's met een snelle klimaattransitie veel duurzame bulk-energiedragers vervoerd, zoals houtpellets. In de WLO wordt aangenomen dat de Rotterdamse haven een rol gaat spelen in het voorzien van de Duitse industrie van biogrondstoffen. Het spoorvervoer krijgt een aandeel in het vervoer van deze stromen. Dit effect is het meest zichtbaar na 2040. Tot 2040 is er ook sprake van een effect door de uitfasering van het vervoer van fossiele energiedragers, zoals kolen.

Net als de binnenvaart is het spoorvervoer afhankelijk van de vraag naar langeafstandstransport. In scenario's met hoge economische groei is er meer internationale samenwerking, wat gunstig is voor het spoorvervoer (zie figuur 5.20). Dit komt niet alleen door de economische groei, maar ook door de toegenomen vraag naar internationaal vervoer (relatief veel spoorvolumes hebben de

zeehavens als plaats van herkomst of bestemming, daardoor is het volume van internationale handel heel belangrijk voor het spoorvervoer). Daarnaast leidt de toenemende behoefte aan het transport van duurzame grondstoffen vanuit Nederlandse havens naar afnemers in het achterland tot hogere spoorvolumes in het scenario Hoog Snel.

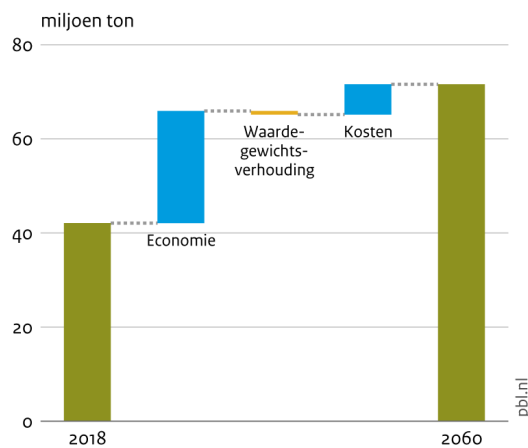
De terugkeer van productie naar Nederland in scenario's met een lage groei heeft een beperkt effect op het spoorvervoer, in tegenstelling tot het wegvervoer.

Van alle modaliteiten ondervindt spoorvervoer procentueel gezien de meeste voordelen van veranderingen in transportkosten, vooral in het scenario Hoog Snel. Spoorvervoer is al grotendeels gedecarboniseerd en energie-efficiënt, waardoor het een concurrentievoordeel heeft ten opzichte van bijvoorbeeld de binnenvaart, die afhankelijk is van duurdere duurzame brandstoffen.

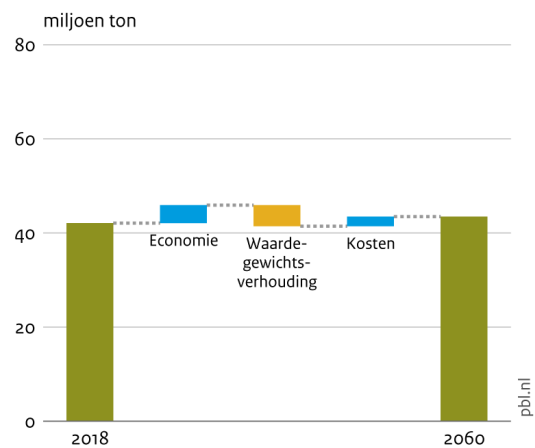
Figuur 5.20

Impact van factoren op omvang goederenstromen van spoor

WLO-scenario Hoog Snel



WLO-scenario Laag Vertraagd



Bron: PBL/Significance

5.4.4 Wegvervoer

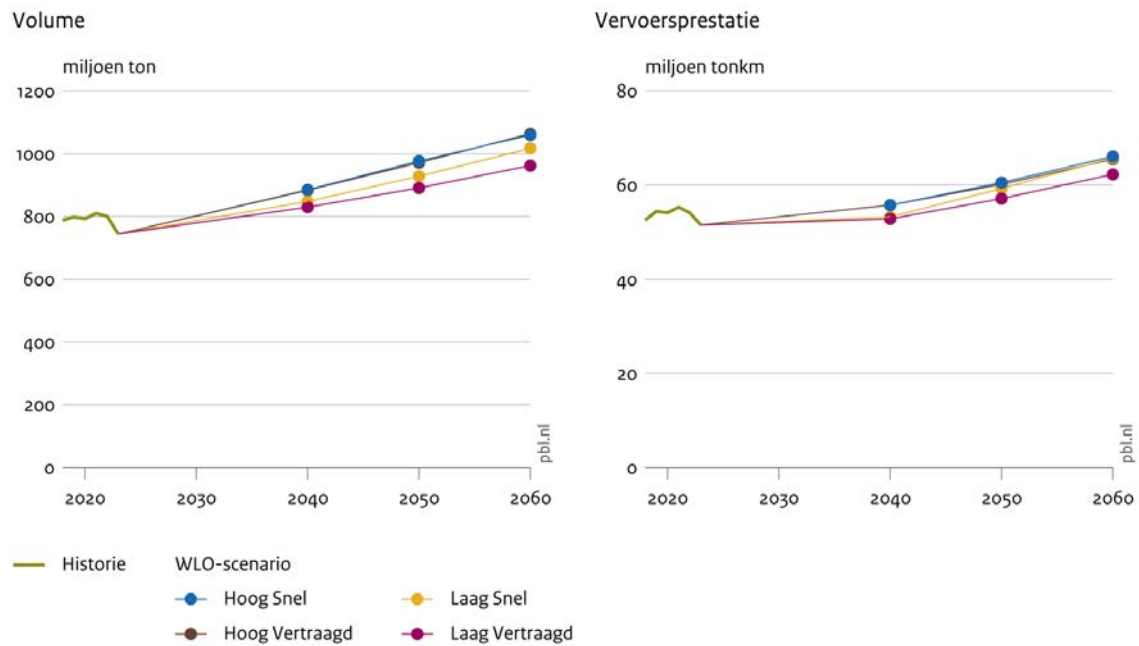
Het volume van het wegvervoer zal toenemen in alle vier scenario's. Het kwantitatieve verschil tussen de scenario's is relatief klein voor het wegvervoer (zie figuur 5.21). In 2060 bedraagt het verschil in vervoerd gewicht tussen het scenario Laag Vertraagd en Hoog Vertraagd slechts circa 10 procent. Deze kleine spreiding betekent niet dat er grote zekerheid is over de toekomstige wegvervoervolumes. Deze kleine spreiding is het gevolg van diverse compenserende factoren in de scenario's. In scenario's met een hoge economische groei blijft de wereld samenwerken en richt Nederland zich meer op de productie van hoogwaardige goederen. In scenario's met een lage groei treedt deglobalisatie op en keren sommige fabricages van relatief laagwaardige goederen terug naar Europa en Nederland. Daardoor groeit het wegvervoervolume in scenario's met een lage economische groei harder dan het geval zou zijn zonder de terugkeer van deze industrieën. Met andere woorden: in scenario's met een lage groei genereert de fabricage van relatief laagwaardige goederen in Nederland meer wegvervoerstromen, waardoor de spreiding tussen scenario's met een lage en een hoge groei relatief klein is. Voor scenario's met een lage groei is er een relatief groot

verschil tussen de scenario's Laag Snel en Laag Vertraagd. Dit verschil wordt met name veroorzaakt door de productie van landbouwgoederen: in het scenario Snel groeit het volume van de landbouw sneller dan in het scenario Vertraagd. Dit heeft ook effect op de vervoersprestatie. In het scenario Laag Snel groeit het aantal tonkilometers sneller dan in het scenario Laag Vertraagd.

Hoofdstuk 4 van het cahier geeft verder uitleg over het wegverkeer (voertuigkilometers) door goederenvervoer.

Figuur 5.21

Volume en vervoersprestatie van wegvervoer



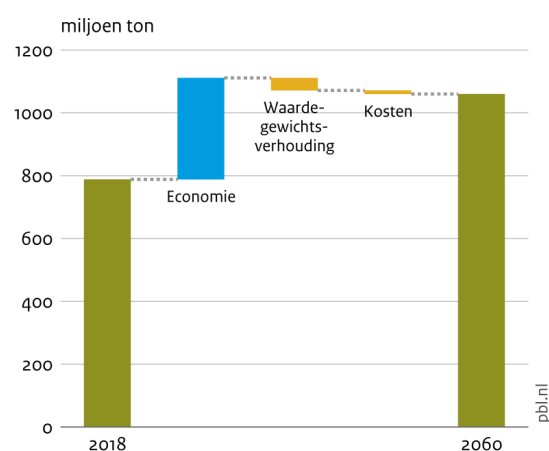
Bron: PBL/Significance

De impact van de economische ontwikkeling (sectorbeeld en vervoer van bulkgoederen) is vrijwel gelijk in de scenario's Laag Vertraagd en Hoog Snel (zie figuur 5.22). Een stijgende waarde-gewichtsverhouding remt de volumegroei in Laag Vertraagd. De verandering in transportkosten, waarbij ook de verhouding met kosten van andere modaliteiten een rol speelt, heeft weinig impact op het totale volume. Wel zien we in scenario Hoog Snel circa 1 procent minder wegvervoer als gevolg van gestegen transportkosten.

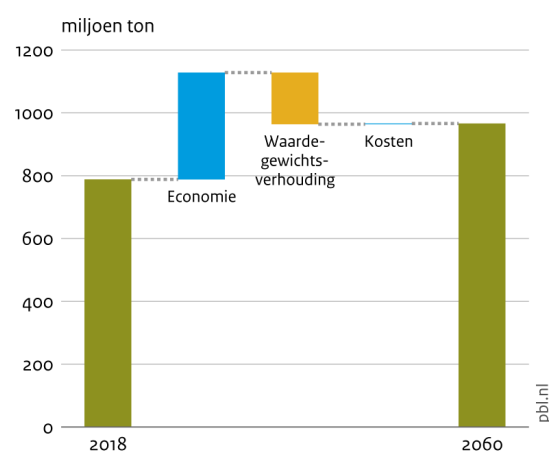
Figuur 5.22

Impact van factoren op omvang goederenstromen van wegvervoer

WLO-scenario Hoog Snel



WLO-scenario Laag Vertraagd



Bron: PBL/Significance

5.4.5 Bestelauto- en vrachtverkeer

Toename bestel- en vrachtautoverkeer

De bestelauto's leggen in Nederland per jaar 20 miljard kilometers af, en vrachtauto's nog eens 8 miljard, ten opzichte van ruim 10 miljard kilometers van personenauto's. Voor de drukte op het wegennet is de ontwikkeling van het vracht- en bestelautoverkeer dus evenzeer van belang, zeker als daarin meegenomen worden dat een vrachtauto 2 tot 3 keer zoveel effect heeft op de verkeersdrukke als een personenauto. De ontwikkeling van het vrachtverkeer vloeit voort uit de ontwikkeling van het goederenvervoer over de weg, zoals in hoofdstuk 5 nader uitgewerkt. Maar zo'n 10 procent van het bestelautoverkeer betreft het vervoer van goederen. De rest wordt gevormd door pakketbezorging, bouwverkeer en serviceverkeer. Daarom is de ontwikkeling van het volume van het bestelautoverkeer apart geraamd, op basis van het aantal werkzame personen per sector, het aantal inwoners, de welvaartontwikkeling (bbp/capita) en de brandstofkostenindex voor bestelauto's. Meer informatie over deze raming is te vinden in het achtergronddocument.

De verwachting is dat het bestelautoverkeer en het vrachtverkeer over de weg blijven toenemen. In tegenstelling tot het woon-werkverkeer en het zakelijk verkeer per personenauto speelt thuiswerken bij bestelautoverkeer geen remmende rol.

Tabel 5.7

Ontwikkeling bestel- en vrachtverkeer

	2018	2023*	2040	2040	2040	2040	2060	2060	2060	2060
			HS	HV	LS	LV	HS	HV	LS	LV
Bestelautoverkeer	100	102	130	129	116	112	142	143	130	119
Vrachtverkeer	100	103	117	116	111	109	142	140	134	127

*Index 2023 op basis van data jaartotalen (CBS), overige cijfers LMS-prognoses voor werkdagen

5.5 Impact vastgesteld versus trendmatig beleid

Deze WLO past trendmatig beleid toe op het wegvervoer, net zoals bij het personenvervoer (zie hoofdstuk 4). Met trendmatig beleid bedoelen we onder andere dat de gemiddelde belasting op autogebruik gelijk blijft, ondanks een overgang naar elektrisch rijden. We nemen aan dat tussen 2030 en 2040 er geleidelijk een generieke heffing op elektriciteit voor elektrische voertuigen komt. Bij vastgesteld beleid gaan we uit van continuering van het huidige belastingregime. Vasthouden aan het huidige belastingregime betekent dat door de overgang naar elektrisch rijden de belasting op autorijden veel lager is waardoor autorijden veel goedkoper wordt (zie tabel 5.8 en figuur 5.23).

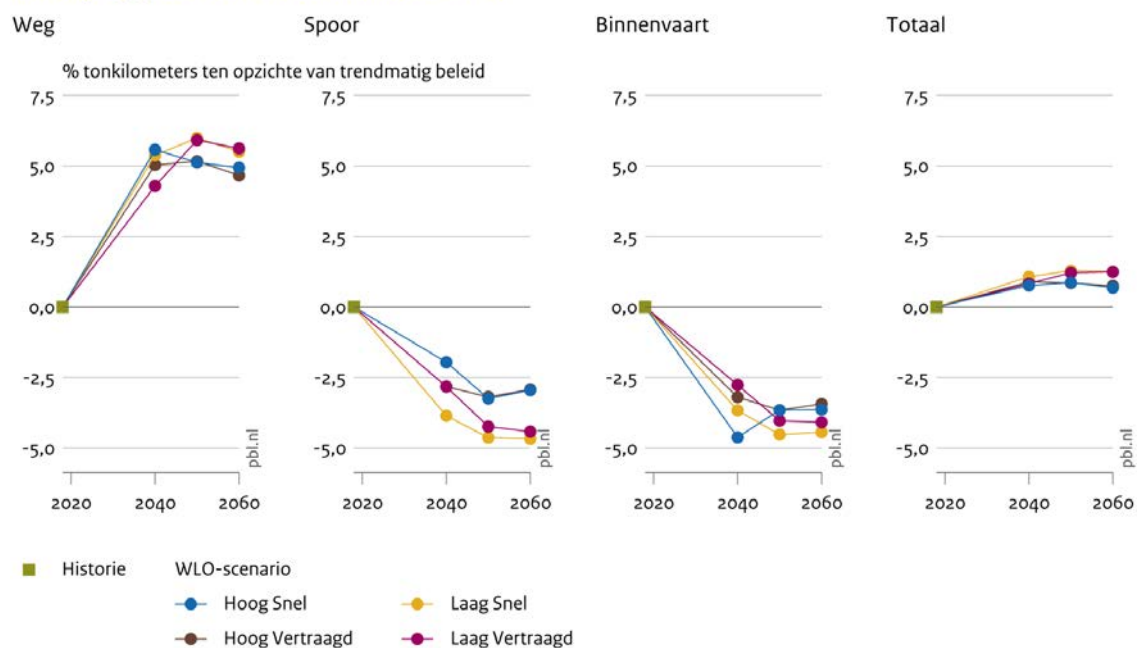
Tabel 5.8

Effect van vastgesteld beleid op kilometerkosten vracht- en bestelautoverkeer

	2040 HS	2040 LV	2060 HS	2060 LV
Effect op kilometerkosten grote vrachtauto's	-30%	-21%	-31%	-31%
Effect op kilometerkosten kleine vrachtauto's	-23%	-17%	-23%	-23%

Figuur 5.23

Effect van vastgesteld beleid ten opzichte van trendmatig beleid op vervoersprestatie landzijdig goederenvervoer in Nederland



Bron: PBL/Significance

Een positief percentage betekent dat bij vastgesteld beleid (constant belastingregime) de betreffende indicator stijgt ten opzichte van trendmatig beleid (constant belastingniveau). Het niet invoeren van trendmatig beleid — oftewel het niet toepassen van een generieke heffing op elektriciteit voor elektrische voertuigen in vastgesteld beleid — leidt tot grotere volumes in het wegvervoer en kleinere volumes in de binnenvaart en het spoorvervoer. Ook resulteert dit in meer landzijdig vervoer, met een stijging van circa 1 procent in tonkilometers voor alle modaliteiten

samen. Deze berekeningen houden geen rekening met extra congestie als gevolg van meer wegvervoer. Extra congestie kan een enigszins dempend effect hebben.

Dit resultaat is niet verrassend: dalende kosten van wegvervoer maken deze modaliteit relatief aantrekkelijker dan andere modaliteiten, waardoor volumes worden onttrokken aan spoor en binnenvaart. Bovendien zorgen lagere kosten in het wegvervoer voor minder weerstanden op systeemniveau, wat leidt tot een toename van transport. Deze gevoeligheidsanalyse bevestigt opnieuw dat de invoering van een generieke elektriciteitsheffing voor vrachtwagens beleidsmatig waarschijnlijk is, vanwege de gedeelde accijnsinkomsten en de omgekeerde modal shift.

De effecten van vastgesteld beleid zijn het meest interessant wanneer ze worden gemeten in tonkilometers. Tonkilometers meten de vervoersprestatie en zijn bepalend voor zowel de belasting van de infrastructuur als de omvang van de goederenverplaatsing. Klassiek beleid leidt tot een iets grotere toename van tonkilometers op de weg in scenario's met een lage groei dan in scenario's met een hoge groei. Het omgekeerde geldt voor het verlies van tonkilometers in de binnenvaart en het spoorvervoer. Dit komt waarschijnlijk doordat er in scenario's met een lage groei gemiddeld kortere afstanden tussen laad- en loslocaties zijn, waardoor wegvervoer concurrerder wordt. Het effect is niet sterk, maar wel waarneembaar.

Daarnaast is er een zichtbaar verschil in volumeverlies binnenvaart (en deels spoor) tussen de scenario's Laag Snel en Laag Vertraagd. Met name in het scenario Laag Snel wordt de binnenvaart sterker getroffen door klassiek beleid (en dus door lagere kosten voor wegvervoer), vanwege de relatief hogere kosten voor de klimaattransitie van de binnenvaart.

5.6 Gevoeligheidsanalyses en onzekerheidsverkenningen

Geopolitieke ontwikkelingen, de exacte vorm die de energietransitie zal aannemen en mogelijke technologische doorbraken zijn lastig te kwantificeren maar kunnen het gehele vervoerssysteem drastisch veranderen. We bespreken deze onzekerheden hier kort, maar kwantificeren ze niet. Wel gaan we nader in op de mogelijke rol van buisleidingen (paragraaf 5.6.1) en de mogelijk toenemende impact van extreme waterstanden voor de binnenvaart (paragraaf 5.6.2).

Geopolitiek

We leven momenteel in een tijd van toenemende geopolitieke spanningen. Desondanks blijft de internationale handel doorgaan, wat zich vertaalt in internationale transportvolumes. Het is echter denkbaar dat de relaties met handelspartners zodanig verslechteren dat de omvang van internationale handelsstromen aanzienlijk afneemt. Drastisch afnemende handel met Aziatische landen, bijvoorbeeld, zou kunnen leiden tot veel minder goederenstromen via de zee en Nederlandse havens, terwijl de productie binnen Europa toeneemt. Deze situatie kan ook leiden tot een verandering in de richting van goederenstromen: van de huidige stroom via Nederlandse havens naar het achterland, naar goederenstromen die Nederland mogelijk aan de oostelijke kant binnenkomen. Momenteel valt een dergelijk scenario buiten de scope van de WLO.

De WLO-scenario's houden alleen rekening met veranderingen in het handelsklimaat in zoverre dat scenario's met een sterke economische groei veronderstellen veel internationale samenwerking en handel, terwijl scenario's met een lage groei minder internationale samenwerking en handel

veronderstellen. Specifieke actuele ontwikkelingen, zoals de verhoging van importtarieven, vallen buiten de scope van de WLO.

Energietransitie

In de WLO houden we rekening met de snelheid en omvang van de energietransitie door middel van klimaatscenario's. Toch weten we op dit moment niet precies hoe de energietransitie zich manifesteert. Worden duurzame brandstoffen en energiedragers bijvoorbeeld in Nederland geproduceerd, of worden ze vooral geïmporteerd? Als de productie in Nederland plaatsvindt, waar zal deze dan plaatsvinden en welke duurzame grondstoffen zal Nederland invoeren?

De scenario's maken gebruik van de resultaten van de IMAGE- en OPERA-modellen voor het ontwerp van toekomstige energiesystemen. Toch blijven veel aspecten van de realisatie van de energietransitie onzeker. Deze onzekerheid kan binnen de scope van de vier WLO-scenario's niet volledig worden afgedekt door verschillen in aannamen.

Innovatieve doorbraken

In deze WLO wordt geen rekening gehouden met mogelijke direct kostenverlagende effecten van automatisering, hoewel het mogelijk is dat vrachtverkeer geautomatiseerd wordt. Er zijn verschillende vormen denkbaar, variërend van platooning op snelwegen tot volledig autonoom rijden of varen. In ieder geval wordt verwacht dat automatisering de kosten van vrachtverkeer zal verlagen. Als de automatisering niet volledig is en er nog een bestuurder nodig blijft, is het mogelijk dat op sommige momenten niet de volledige rijaandacht van de bestuurder vereist is. Het rijden onder dergelijke omstandigheden zou als rusttijd kunnen worden aangemerkt. Het verwachte effect van automatisering in het vrachtverkeer is dat voertuigen meer kilometers per jaar zullen afleggen en dat de productiviteit van bestuurders zal toenemen, zolang bestuurders nog nodig zijn. Het is echter onzeker of automatisering in het vrachtverkeer zal worden ingevoerd en, zo ja, binnen welke tijdsperiode dit zou gebeuren.

Autonoom rijden kan een aanzienlijke impact hebben op het transportsysteem, met name door lagere transportkosten en een mogelijke vermindering van de arbeidsintensiteit van transport en logistiek. Toch is autonoom rijden bij goederenvervoer vooralsnog niet opgenomen in de WLO-scenario's. De reden is dat we geen goede basis en methode hebben om de impact ervan in te schatten.

Daarnaast kunnen ontwikkelingen in logistieke organisatie het transportsysteem ingrijpend veranderen, zoals het physical internet, zelforganiserende logistiek, automatisering in magazijnen en opslagruimtes, en decentralisatie van beslissingen. Ook technologische doorbraken kunnen een grote invloed hebben, zoals verbeteringen in batterijtechnologie en afgeleide toepassingen (bijvoorbeeld betere drones met meer laadvermogen, efficiëntere vrachtwagens en elektrische binnenvaartschepen). Technologische doorbraken zullen waarschijnlijk leiden tot lagere directe kosten van transport en logistiek, een voorspelbaarder en betrouwbaarder transportsysteem, en mogelijk meer verplaatsingen en transport. Bovendien kunnen ze veranderingen teweegbrengen in het gedrag van consumenten.

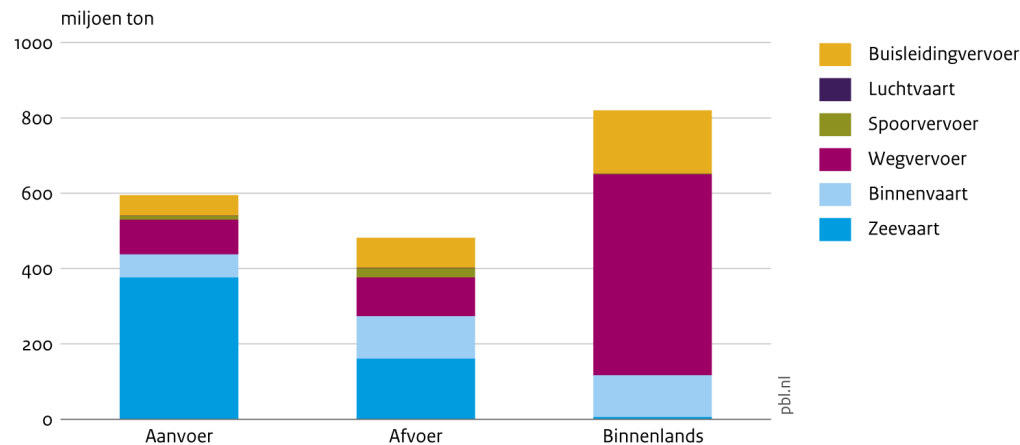
5.6.1 De toekomstige rol van buisleidingen

De energietransitie brengt grote veranderingen in het goederenvervoer in Nederland met zich mee. Door de afbouw van fossiele brandstoffen en de opkomst van nieuwe energiedragers zoals waterstof en ammoniak, kan de rol van buisleidingen als transportmodaliteit toenemen.

Momenteel worden buisleidingen echter niet expliciet meegenomen in BasGoed, wat leidt tot een onderschatting van het totale goederenvervoer met ongeveer 16 procent in 2023 (zie figuur 5.24 (Kiel 2024)). In de toekomst (2040 – 2060) kan dit verschil oplopen tot 20 tot 25 procent doordat nieuwe energiedragers een groter volume vereisen vanwege hun lagere energiedichtheid. In BasGoed kan dit deels worden gecorrigeerd via post-processing of door een buisleidingmodel toe te voegen, maar dit vereist aanvullende analyses en expertbeoordelingen.

Figuur 5.24

Vervoerd gewicht per modaliteit per richting, 2023



Bron: CBS

Bestaande buisleidingen kunnen in sommige gevallen worden aangepast voor waterstof en ammoniak, maar technische en veiligheidsbeperkingen vereisen verdere beoordeling en investeringen. Alternatieven, zoals nieuwbouw, blijven waarschijnlijk noodzakelijk. In de tussentijd zullen andere modaliteiten zoals wegvervoer, spoorvervoer en binnenvaart tijdelijk moeten bijspringen, wat de prognoses voor deze modaliteiten kan beïnvloeden.

Nieuwe energiedragers verhogen de vervoersbehoefte aanzienlijk. De vervanging van aardgas en aardolie door waterstof en ammoniak kan het totale vervoersvolume uitgedrukt in m³ tot 63 procent doen toenemen (Kiel 2024). Dit is een theoretische schatting; in werkelijkheid zal de stijging mogelijk lager uitvallen door het blijvende gebruik van fossiele brandstoffen, inzet van alternatieve energiedragers zoals elektriciteit, en technologische innovaties die brandstofefficiëntie verbeteren.

Bestaande buisleidingen kunnen mogelijk worden hergebruikt voor nieuwe energiedragers, mits technische aanpassingen en veiligheidsnormen dit toelaten. Dit biedt kansen om de energietransitie efficiënter te ondersteunen en de belasting op andere transportmodaliteiten te beperken. Meer informatie over de toekomst van buisleidingen is te vinden in Kiel (2025).

5.6.2 Extreme waterstanden Rijn en Maas

De huidige WLO-scenario's houden geen rekening met mogelijk frequentere en langere perioden van extreem lage waterstanden op de Rijn, de Nederlandse Rijntakken (Waal, Nederrijn, IJssel) en

de Maas als gevolg van klimaatverandering. De langdurige laagwaterperiode in 2018 leidde tot aanzienlijke schade, vooral voor grote industriële bedrijven langs de Rijn. Als dergelijke extremen vaker voorkomen, kan dit grote gevolgen hebben voor de binnenvaart en industrieën die afhankelijk zijn van riviertransport.

In de afgelopen decennia waren langdurige laagwaterperioden zeldzaam. Een analyse van de historische laagwaterperioden in het Rijnstroomgebied (1919 tot 2018) op basis van de data van de Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR 2019) laat geen duidelijke trend zien van toenemende langdurige extreme laagwaterafvoeren. Ernstige laagwaterjaren kwamen onder andere voor in 1920/1921, van 1946 tot 1949 en in 1962, 1971, 2003 en 2018. Dit wijst erop dat dergelijke extremen eerder sporadisch dan structureel voorkwamen. Scenarioanalyses (Deltares & KNMI 2015b) wijzen erop dat het klimaat verandert waardoor de kans op langdurige laagwaterperioden zal toenemen, vooral in de nazomer. De afvoerregimes van Rijn en Maas zullen grilliger worden, met hogere winterafvoeren en lagere zomerafvoeren.

De laagwaterperiode van 2018 veroorzaakte productieverminderingen bij bedrijven die afhankelijk zijn van binnenvaarttransport. In Duitsland waren de gevolgen het grootst, maar ook in Nederland ondervonden bedrijven problemen. Als de betrouwbaarheid van de binnenvaart afneemt door frequentere laagwaterperioden, zouden bedrijven kunnen overwegen hun productielocaties te sluiten of te verplaatsen naar beter bereikbare locaties. Dit zou de transportvraag voor de binnenvaart verminderen en economische gevolgen hebben voor regio's langs de rivieren.

Deltares en KNMI baseerden hun analyse op de KNMI'14-klimaatsscenario's (Deltares & KNMI 2015b), die zijn gekoppeld aan IPCC-emissiescenario's. De modellen voorspellen in vier van de vijf scenario's een afname van de maandgemiddelde waterafvoer in de zomer, wat duidt op een grotere kans op ernstige laagwaterafvoeren in de loop van de 21e eeuw. Dit kan grote impact hebben op de binnenvaart en de afhankelijkheid van alternatieve transportmiddelen vergroten.

Volgens Deltares is de opgave met de KNMI'23-scenario's niet wezenlijk gewijzigd. De bevaarbaarheid wordt vooral bepaald door een grotere kans op lage afvoeren en de daarmee samenhangende beperkte waterdieptes. De eis die gesteld wordt vanuit internationale verdragen is dat een bepaalde vaardiepte moet worden gegarandeerd bij een afvoer die 5 procent van de tijd (ongeveer twintig dagen per jaar) wordt onderschreden: de Overeengekomen Lage Afvoer (OLA). De OLA zal in de toekomst afnemen. Maar de mate waarin dit gebeurt lijkt in de nieuwe scenario's niet wezenlijk anders dan voorzien. Het tot nu gebruikte KNMI'14 scenario Whdry, lijkt qua laagwaterproblematiek sterk op verscheidene KNMI'23-scenario's. De nieuwe scenario's onderstrepen en bevestigen wat we al doen. Omdat de opgave niet wezenlijk verandert, veranderen de oplossingen evenmin. De verwachting blijft dat we internationale afspraken moeten herzien, omdat deze op den duur niet meer realiseerbaar zijn (het voldoen aan voldoende vaardiepte bij OLA levert nu al problemen op). Het blijft nodig om oplossingen op alle fronten te zoeken en uit te werken. Men kan daarbij denken aan aanpassingen in de vaarweg (versmalling, stuwen), maar ook aan aanpassingen in de vloot (kleinere schepen), de logistiek (multi-modaliteit) en voorraadbeheer (minder just-in-time-delivery). Aanpassingen in de vaarweg moeten integraal worden bekeken (in ieder geval in samenhang met zoetwatervoorziening en natuur), omdat ze mogelijk gunstig zijn voor de bevaarbaarheid maar niet voor de andere functies of waarden. (Deltares 2024)

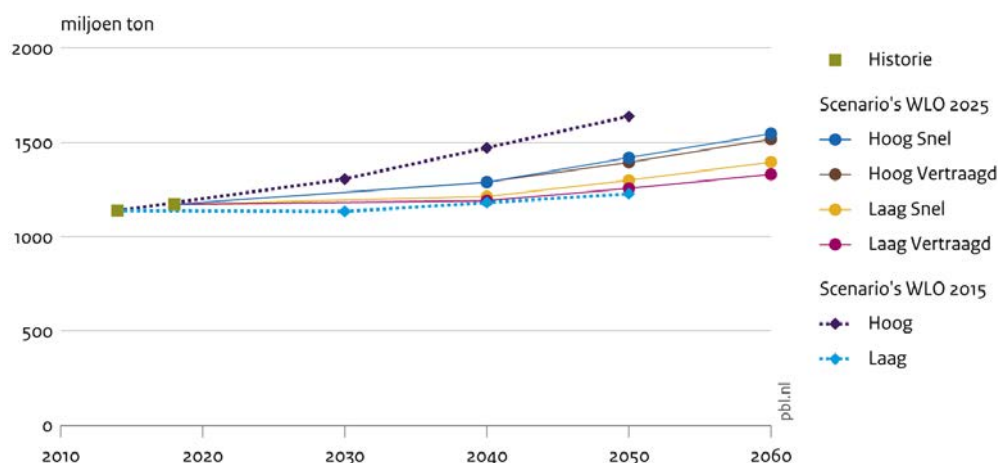
Ofwel, hoewel historische data geen duidelijke toename van langdurige laagwaterperioden laten zien, volgt uit klimaatscenario's een grotere kans op extreem lage afvoeren in de toekomst. Dit kan gevolgen hebben voor de binnenvaart, de industrie en de regionale economie. Als de scenario's met frequenter laag water de realiteit worden, is het aannemelijk dat het volume van de binnenvaart lager uitkomt dan gepresenteerd in de uitkomsten van deze WLO. Een uitgebreidere analyse van de waterstandeffecten is te vinden in het achtergrondrapport.

5.7 Vergelijking met de vorige WLO

Het grootste verschil tussen resultaten van deze WLO 2025 en de WLO 2015 houdt in dat landzijdige volumes in deze WLO in het algemeen iets lager liggen. Desondanks vallen de scenario's van deze WLO binnen de spreiding tussen de scenario's Hoog en Laag van de WLO 2015 (zie figuur 5.25).

Figuur 5.25

Vervoerd gewicht landzijdig transport in WLO 2015 en WLO 2025



Bron: PBL/Significance

De scenario's Hoog Snel en Hoog Vertraagd liggen ongeveer midden tussen de scenario's Hoog en Laag van de WLO 2015. Daardoor is de verwachting voor de scenario's Hoog in deze WLO aanzienlijk lager dan in de vorige WLO. De scenario's Laag Snel en Laag Vertraagd daarentegen komen iets boven de verwachtingen uit van het scenario Laag in de WLO 2015.

Drie belangrijke factoren verklaren de verschillen. Ten eerste is de verwachte economische groei in deze WLO 2025 lager. Ten tweede zorgt de energietransitie voor afnemende volumes van fossiele energiedragers, die slechts gedeeltelijk worden vervangen door duurzame grondstoffen. Ten derde wordt in scenario's met een lage groei verwacht dat een deel van de productie naar Nederland terugkeert, waardoor de volumes van landzijdig vervoer in deze scenario's relatief stijgen. Hierdoor liggen de volumes in scenario's met een lage groei in deze WLO 2025 iets hoger dan in de WLO 2015.

De kleinere spreiding tussen de scenario's met een hoge en een lage groei in deze WLO 2025 betekent niet dat de onzekerheid is afgenomen. Integendeel, de energietransitie en geopolitieke ontwikkelingen brengen juist extra onzekerheid met zich mee. De kleinere spreiding tussen de scenario's met een hoge en een lage groei is te verklaren door de verwachting dat de-globalisatie

optreedt in scenario's met een lage groei. Dit leidt tot relatief meer industriële productie in Nederland en daarmee tot een toename van het binnenlandse goederenvervoer.

6 Luchtvaart

Luchtvaart speelt een belangrijke rol in het fysiek verbinden van Nederland met de rest van de wereld. Luchtvaartnetwerken zijn zowel economisch als recreatief van belang: ze maken zakelijke en niet-zakelijke reizen mogelijk en vervoeren met name hoogwaardige vracht. Aan de andere kant is de luchtvaart verantwoordelijk voor geluidsoverlast, uitstoot van broeikasgassen en luchtverontreiniging.

De kernvraag in de WLO Luchtvaart is hoe de Nederlandse luchtvaart zich tot 2060 zal ontwikkelen. Specifiek wordt in dit hoofdstuk gekeken naar de volgende vragen:

- Wat is de toekomstige vervoersvraag voor zowel passagiers als vracht?
- Wat is het toekomstige aantal vluchten op Schiphol? En wat zou het aantal passagiers en vluchten op Schiphol zijn als er geen restricties zijn qua aantal vluchten? Met andere woorden, hoe groot is de latente vraag naar vliegen op Schiphol?
- Wat is de impact van economische en demografische ontwikkelingen, energiekosten en restricties op het volume?
- Wat zijn de emissies van de Nederlandse luchtvaart, rekening houdend met bijmenging van duurzame brandstoffen?

Dit hoofdstuk besteedt verder substantiële aandacht aan de klimaattransitie van de luchtvaart, met onderscheid naar klimaatscenario's. Op basis van de informatie in dit hoofdstuk laat hoofdstuk 7 zien wat de emissies (CO₂, NO_x en fijnstof) van de Nederlandse luchtvaart zullen zijn.

6.1 Ontwikkeling in drijvende krachten

6.1.1 Bevolkingsgroei en economische groei

Bevolkingsgroei en economische groei zijn twee belangrijke factoren voor de ontwikkeling van de luchtvaart. Voor de bevolkingsgroei buiten Nederland is in de module macroeconomie voor Europa aangesloten bij Eurostat-projecties en voor de rest van de wereld bij SSP-scenario's Eurostat (2023). Voor de economische ontwikkeling is daarbij aangesloten bij CEPII-prognoses (CEPII 2022).

Vooraf in de scenario's Laag hogere bevolkingsgroei in Afrika en het Midden-Oosten

Waar voor Nederland de bevolkingsgroei in het scenario Hoog duidelijk hoger is dan in het scenario Laag, geldt dat voor de rest van de wereld niet (zie tabel 6.1). De verschillen zijn klein in Oost-Europa en Noord-Amerika en in de rest van de wereld is de bevolkingsgroei juist hoger in het scenario Laag.

Grootste economische groei in Afrika en Verre Oosten

Ook al is in de scenario's Laag voor sommige werelddelen de bevolkingsgroei hoger dan in de Hoge scenario's, de economische ontwikkeling is voor alle werelddelen lager in de scenario's Laag dan in de scenario's Hoog (tabel 6.2). De grootste economische groei is voorzien voor Afrika en het Verre Oosten. In Europa en Noord-Amerika is zeker in de scenario's Laag de groeiverwachting zeer beperkt omdat een lage bevolkingsgroei, vergrijzing en een lage productiviteitsontwikkeling worden gecombineerd.

Tabel 6.1

Jaarlijkse bevolkingsontwikkeling naar werelddeel

	Hoog 2020-2040	Laag 2020-2040	Hoog 2040-2060	Laag 2040-2060
West-Europa	0,3%	0,0%	0,1%	-0,1%
Oost-Europa	-0,2%	-0,2%	-0,2%	-0,1%
Noord-Amerika	0,4%	0,4%	0,2%	0,3%
Zuid-Amerika	0,3%	0,7%	-0,1%	0,4%
Afrika	1,5%	2,4%	0,9%	1,8%
Midden-Oosten	1,0%	1,6%	0,5%	1,1%
Verre Oosten en Oceanië	0,2%	0,5%	-0,2%	0,2%

Tabel 6.2

Jaarlijkse bbp-ontwikkeling naar werelddeel

	Hoog 2020-2040	Laag 2020-2040	Hoog 2040-2060	Laag 2040-2060
West-Europa	+1,5%	-0,1%	+1,5%	+0,0%
Oost-Europa	+1,7%	+0,2%	+1,7%	+0,5%
Noord-Amerika	+1,5%	+0,0%	+1,3%	+0,2%
Zuid-Amerika	+2,0%	+0,6%	+1,5%	+0,6%
Afrika	+5,1%	+2,0%	+4,9%	+3,9%
Nabije Oosten	+2,2%	+1,0%	+1,6%	+0,9%
Verre Oosten en Oceanië	+4,8%	+1,7%	+3,6%	+3,0%

6.1.2 Energiekosten

Energiekosten zijn een van de belangrijkste kostenposten in de luchtvaart. De ontwikkeling van nieuwe vliegtuigen richt zich primair op het verminderen van energieverbruik door steeds zuinigere motoren, betere airframes en een scherpere afstemming tussen vliegtuiggrootte en/of actieradius en de behoeften van luchtvaartmaatschappijen. Gegeven de technologische ontwikkelingen en het netwerk wordt er sterk geoptimaliseerd op energieverbruik. Daarom zijn veranderingen in de energiekosten van groot belang voor de ontwikkeling van de luchtvaartsector.

Tot voor kort waren de brandstofkosten gelijk aan de kosten van fossiele kerosine, ook bekend als Jet-A1. Dit verandert geleidelijk aan: er is nieuw beleid, zoals ReFuelEU Aviation, dat vereist dat een bepaald percentage van de gebruikte brandstof duurzaam is. Daarnaast gaat de luchtvaart de volledige ETS CO₂-prijs betalen op intra-Europese vluchten en de CORSIA¹²-opvolger/LTAG-prijs voor intercontinentale vluchten. Deze maatregelen zullen de energiekosten substantieel verhogen

¹² CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) heeft een tijdshorizon tot 2035. Het LTAG (Long-Term Aspirational Goal) van de ICAO heeft als doel net-zero emissies voor de internationale luchtvaart in 2050, waarbij offsets buiten de luchtvaartsector mogelijk zijn.

en daarmee een van de belangrijkste factoren worden die de omvang van de luchtvaart in de toekomst bepalen.

Prijzen van fossiele kerosine

De prijzen van fossiele kerosine zijn gekoppeld aan de prijs van aardolie. In de uitvoer van het IMAGE-model wordt niet verwacht dat de aardolieprijs in de toekomst sterk zal afwijken van de gemiddelde langetermijn-olieprijs.

Tabel 6.3
Fossiele kerosineprijs per KG, 2023 euro

	2040	2050	2060
Hoog snel	€ 0,57	€ 0,55	€ 0,53
Hoog vertraagd	€ 0,57	€ 0,55	€ 0,56
Laag snel	€ 0,68	€ 0,68	€ 0,66
Laag vertraagd	€ 0,68	€ 0,69	€ 0,72

Prijzen van SAF

Duurzame kerosine, oftewel Sustainable Aviation Fuel (SAF), is het belangrijkste middel om de luchtvaart op grote schaal te decarboniseren. Hoewel het mogelijk is dat een deel van de korte- en middellangeafstandsvluchten, met name na 2050, met waterstofvliegtuigen wordt uitgevoerd, ligt de primaire nadruk van de klimaattransitie op de inzet van zogenaamde drop-in fuels: brandstoffen die chemisch lijken op fossiele kerosine, maar bij voorkeur netto geen CO₂ uitstoten.

Wij maken onderscheid tussen twee typen duurzame brandstof: bio-kerosine (gemaakt op basis van biogene energiedragers) en e-kerosine (geproduceerd met waterstof uit duurzame elektriciteit). De ReFuelEU Aviation-regelgeving vereist dat in 2050 ten minste 70 procent van de getankte brandstof duurzaam is, waarvan 50 procent e-fuel¹³. Dit betekent dat e-fuel in 2050 35 procent van de totale brandstofmix uitmaakt. Tabel 6.4 laat de prijzen van bio-kerosine en e-kerosine per scenario en zichtjaar zien.

Tabel 6.4
Prijzen van duurzame brandstoffen, genormaliseerd op een equivalent van 1 KG fossiele kerosine

	Bio- kerosine 2040	Bio- kerosine 2050	Bio- kerosine 2060	E- kerosine 2040	E- kerosine 2050	E- kerosine 2060
Hoog Snel	€ 1,40	€ 1,54	€ 1,90	€ 2,58	€ 2,58	€ 2,58
Hoog Vertraagd	€ 1,18	€ 1,32	€ 1,64	€ 2,58	€ 2,58	€ 2,58
Laag Snel	€ 2,10	€ 2,92	€ 2,93	€ 3,05	€ 3,05	€ 3,05
Laag Vertraagd	€ 1,40	€ 1,50	€ 1,88	€ 3,05	€ 3,05	€ 3,05

Vanuit het perspectief van verduurzaming maakt het niet uit welk type duurzame brandstof domineert, zolang de brandstof zorgt voor netto-nul CO₂-uitstoot. Het type brandstof en/of productieproces zal op termijn door de markt worden bepaald. Op basis van de TVKN-doorrekeningen (Daniëls en Strengers 2024) wordt verwacht dat e-kerosine duurder zal zijn dan

¹³ Waterstof geldt ook als e-fuel binnen de ReFuelEU-regelgeving.

bio-kerosine. Daarom hanteren we in scenario's met een snelle klimaattransitie het e-kerosinepercentage zoals verondersteld in ReFuelEU Aviation, en vergroten we het aandeel bio-kerosine. Met andere woorden, ReFuelEU wordt in scenario's met een snelle klimaattransitie aangescherpt door een groter aandeel van bio-SAF, het aandeel van e-SAF wordt maximaal gesteld aan de ReFuelEU-eis.

Bijmengpercentages SAF

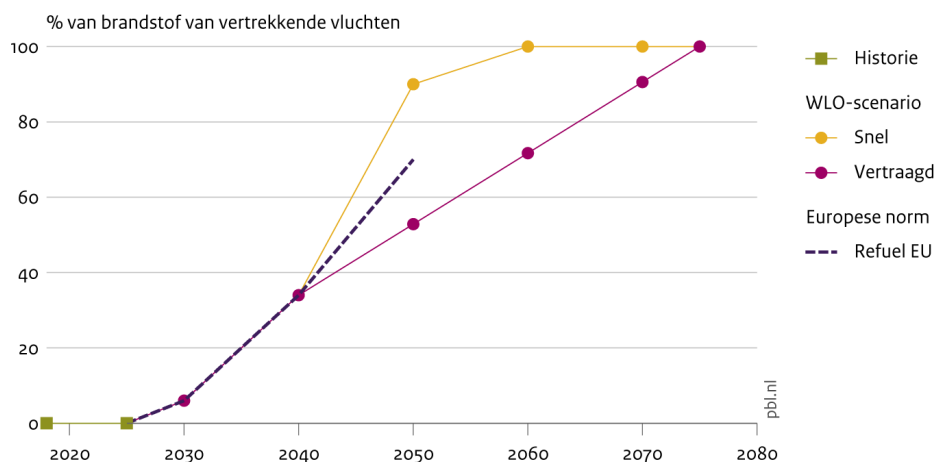
De basisregelgeving voor de verduurzaming van de luchtvaart is vastgelegd in ReFuelEU Aviation. Deze veronderstelt bijmengpercentages van SAF voor vluchten vanuit Europa. De verplichtingen lopen tot 2050.

Voor de WLO-scenario's gelden de volgende aannames:

1. ReFuelEU Aviation vormt het meest waarschijnlijke pad voor de klimaattransitie van de Europese luchtvaart. Scenario's Snel en Vertraagd brengen variatie aan ten opzichte van dit centrale pad: in het scenario Snel wordt vanaf 2040 meer SAF bijgemengd; in het scenario Vertraagd wordt minder SAF bijgemengd dan de doelen van ReFuelEU voorschrijven.
2. ReFuelEU Aviation loopt tot 2050, waardoor er aannames nodig zijn voor de periode 2050-2060. In het scenario Snel wordt in 2060 een volledige klimaattransitie bereikt. In het scenario Vertraagd wordt de klimaattransitie pas in 2075 bereikt. Tussen 2040 en 2075 groeit in het scenario Vertraagd het aandeel duurzame brandstoffen lineair (zie figuur 6.1).

Figuur 6.1

Aandeel Sustainable Aviation Fuel in brandstof luchtvaart



Bron: PBL

Bijmengpercentages buiten Europa

ReFuelEU Aviation is Europese regelgeving. We gaan ervan uit dat andere landen ook meedoen aan de verduurzaming van de luchtvaart, om twee redenen:

1. **Klimaatbeleid is wereldwijd nodig.** Ook in scenario's met een vertraagde klimaattransitie zal er wereldwijd gedecarboniseerd moeten worden om klimaatverandering te beperken.
2. **Een ongelijk speelveld benadeelt de Europese luchtvaart.** Als luchtvaartmaatschappijen buiten Europa niet verduurzamen, leidt dat tot grote kostenverschillen, wat de concurrentiepositie van Europese luchtvaartmaatschappijen aanzienlijk zou verslechteren. Met andere woorden: als de rest van de wereld niet decarboniseert, is het minder waarschijnlijk dat

Europa dit wel doet. Het is theoretisch mogelijk dat luchtvaart uiteindelijk niet wordt verduurzaamd, maar deze koers maakt geen onderdeel uit van de WLO-scenario's. Daarom nemen we aan dat landen buiten Europa ook deelnemen aan de klimaattransitie van de luchtvaart.

In onze scenario's neemt de Europese luchtvaart het voortouw in de klimaattransitie. Andere regio's volgen in verhouding tot hun mogelijkheden. We gaan ervan uit dat niet-Europese OESO-landen (voornamelijk welvarende landen) duurzame brandstoffen (SAF) bijmengen op een niveau van twee derde van het Europese percentage. Voor de rest van de wereld (vooral ontwikkelingslanden) rekenen we met een bijmengpercentage van een derde van het Europese niveau. Deze verhoudingen gelden in beide scenario's, Snel en Vertraagd.

Er is nog een verschil in SAF-samenstelling: ReFuelEU Aviation eist dat in 2050 50 procent van SAF uit e-kerosine bestaat. Waarschijnlijk zal e-kerosine duurder zijn dan bio-kerosine (zie tabel 6.4). Daarom gaan we er in onze scenario's van uit dat niet-Europese landen SAF produceren dat netto nul CO₂-emissie realiseert tegen minimale kosten. De uitvoer van het IMAGE-model¹⁴ wijst erop dat bio-kerosine hiervoor het meest aannemelijk is. De verplichting om e-kerosine bij te mengen geldt daardoor alleen voor Europese landen in onze scenario's.

6.1.3 Prijzen van CO₂

De klimaattransitie van de luchtvaart gaat gepaard met het betalen van een CO₂-prijs over het fossiele deel van de gebruikte brandstof (zie tabel 6.5). Het SAF-deel van de verbruikte brandstof is netto CO₂-vrij en valt daarom buiten de CO₂-prijsheffing¹⁵. We hanteren twee soorten CO₂-prijzen:

1. De ETS-prijs, die wordt betaald op intra-Europese vluchten met herkomst en bestemming binnen de EER.
2. De internationale prijs (CORSIA-prijs)¹⁶ die geldt voor alle andere herkomst-bestemmingsparen, bijvoorbeeld intercontinentale vluchten die uit Europa vertrekken of naar Europa vliegen.

De CO₂-prijzen zijn bepaald met het IMAGE-model. Voor intra-Europese vluchten gebruiken we de West-Europese CO₂-prijs, en voor de CORSIA-prijs hanteren we de wereldwijde CO₂-prijs. De CO₂-

¹⁴ Het IMAGE model is ontwikkeld om verschillende aspecten van het broeikaseffect en mondiale klimaatverandering te simuleren. Input voor het model zijn regionale gegevens voor bevolking, welvaart, beleid en technologie en ruimtelijke patronen voor klimaat, bodem, topografie, ecosystemen en landgebruik. Daarnaast gaat het model uit van scenario-aannames voor bevolkings-, economische, technologische en beleidsontwikkeling en de bijbehorende activiteitsniveaus.

¹⁵ Het productieproces van SAF kan CO₂-emissies veroorzaken. Er zijn ook SAF-productieprocessen die voor negatieve CO₂-emissies kunnen zorgen. Hier gaan we ervan uit dat SAF netto CO₂-zero is; als er CO₂ wordt uitgestoten tijdens productie, komt die uitstoot ten laste van de productiesector. Omgekeerd is ook waar: als het productieproces zorgt voor negatieve emissies, bijvoorbeeld door opslag van CO₂, dan komen de baten van deze opslag ten gunste van de producent.

¹⁶ CORSIA loopt tot 2035. Op dit moment is er een LTAG-overeenkomst die net-zero CO₂-emissie van de internationale luchtvaart in 2050 eist. Het is onbekend hoe de opvolger van CORSIA zal heten en welke precieze afspraken zullen worden gemaakt. Niettemin veronderstellen we dat LTAG blijft bestaan en dat net-zero CO₂-emissies in 2050 worden vereist. Daarom noemen we de CORSIA-prijs de prijs die betaald moet worden ter compensatie van CO₂-uitstoot op internationale vluchten, ook na 2035.

prijzen variëren per scenario en per zichtjaar; de prijzen in tussenliggende jaren worden lineair benaderd.

Tabel 6.5
CO₂-prijzen, euro per ton CO₂ (prijspeil 2023)

	CORSIA 2040	CORSIA 2050	CORSIA 2060	EU ETS 2040	EU ETS 2050	EU ETS 2060
Hoog Snel	€ 82	€ 110	€ 141	€ 184	€ 306	€ 428
Hoog Vertraagd	€ 1,47	€ 4,40	€ 5,19	€ 142	€ 238	€ 333
Laag Snel	€ 332	€ 372	€ 394	€ 428	€ 713	€ 999
Laag Vertraagd	€ 55	€ 55	€ 55	€ 154	€ 257	€ 359

Het AEOLUS-model versie 6.4.0, waarmee de scenario's zijn doorerekend, bevat aangepaste waarden voor de elasticiteiten. Door deze aanpassingen daalt de prijsgevoeligheid en stijgt de inkomenselasticiteit (ten opzichte van de vorige modelversie) van de gemiddelde reiziger. Dit betekent dat prijsverhogingen een iets kleiner effect hebben op het aantal reizigers, terwijl veranderingen in het inkomen een iets groter effect hebben. Het achtergronddocument van Significance bevat meer details over de prijs- en inkomensgevoeligheid in de gebruikte versie van AEOLUS.

6.1.4 Efficiëntieontwikkeling

We veronderstellen dat de luchtvaart blijft innoveren en verbeteren. De belangrijkste bron van efficiëntieverbetering in het brandstofverbruik is motorontwikkeling, gevolgd door optimalisatie van vliegtuigrompen en de inzet van vliegtuigen. De verwachte autonome efficiëntieverbetering is 1,17 procent per jaar, in lijn met Grewe et al. (2021). Dit betekent dat het brandstofverbruik per passagier per kilometer jaarlijks met dit percentage afneemt.

In de scenario's brengen we variatie aan in deze efficiëntieontwikkeling. In scenario's met hoge economische groei veronderstellen we een snellere efficiëntieverbetering (+0,25 procent per jaar), terwijl in scenario's met lage groei een vertraagde efficiëntieontwikkeling wordt aangenomen (-0,25 procent). Dit resulteert in de volgende jaarlijkse efficiëntieverbeteringen:

1. Scenario Hoog (beide klimaatscenario's): efficiëntiegroei 1,17% + 0,25% = 1,42% per jaar.
2. Scenario Laag (beide klimaatscenario's): efficiëntiegroei 1,17% - 0,25% = 0,92% per jaar.

6.1.5 Verondersteld nationaal beleid

Capaciteitsbeleid beïnvloedt en begrenst de omvang van de luchtvaart. Lange tijd gold voor Schiphol een maximum van 500.000 vluchten. Er wordt gewerkt aan een Luchthavenverkeerbesluit waarin het maximum aantal vluchten wordt gewijzigd van 500.000 naar 478.000 per jaar¹⁷. Op langere termijn komt er een nieuw stelsel met regels voor geluid en uitstoot waarmee het aantal

¹⁷ Het kabinet wil dat het maximumaantal vluchten van 478.000 (waarvan 27.000 in de nacht) op Schiphol per 1 november 2025 ingaat. *Zienswijze vastleggen maximumaantal vluchten in Luchthavenverkeerbesluit Schiphol*, IenW.

vluchten dat Schiphol mag afwerken alleen mag groeien als vliegtuigen stiller worden en minder CO₂ en stikstof uitstoten. De invulling hiervan is nog niet bekend en daarmee is ook nog niet bekend welk deel van de milieuwinst gebruikt kan worden voor extra groei. Het is denkbaar dat daarmee het totaal aantal vluchten weer kan stijgen tot 500.000, het kan evengoed lager blijven of hoger worden.

De WLO richt zich op 2040, 2050 en 2060. Voor die termijn is de invulling van het nieuwe stelsel met regels met name voor geluid doorslaggevend dan het maximaal aantal vluchten in de komende jaren. Voor deze WLO wordt niet afgeweken van huidig beleid en worden geen aannamen gedaan over het toegestane maximum en over een nieuw stelsel. Net als voorheen laten we zien wat de omvang van de luchtvaart zou zijn zonder capaciteitsrestricties en bij het tot nu gehanteerde maximum van 500.000 vluchten. Daarbij is vooralsnog ook, zoals gebruikelijk, geen rekening gehouden met een eventuele openstelling van Lelystad Airport voor groothandelsverkeer.

Voor de vliegbelastingen wordt uitgegaan van de huidige tarieven.

6.2 Ontwikkeling vervoersvraag

De vraag naar passagiersvervoer vanuit Nederland blijft in alle scenario's groeien. Deze conclusie is gebaseerd op aannames die volgen uit vastgesteld beleid: de limiet van 500.000 vliegbewegingen op Schiphol en geen commercieel verkeer voor Lelystad Airport.

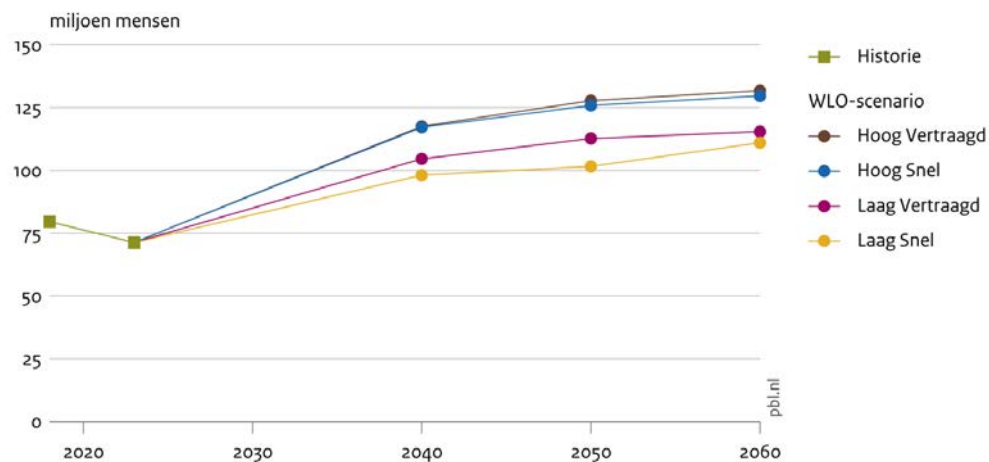
Conform het huidige beleid groeit het aantal passagiers in Nederland naar 130 en 132 miljoen in de scenario's Hoog Snel en Hoog Vertraagd respectievelijk (zie figuur 6.2). Op Schiphol stijgt het aantal passagiers op basis van een limiet van 500.000 vliegbewegingen naar maximaal 112 miljoen in het scenario Hoog Vertraagd en 110 miljoen in het scenario Hoog Snel. In de scenario's Laag Vertraagd en Laag Snel bedraagt het aantal passagiers respectievelijk 101 en 97 miljoen (zie figuur 6.3).

Om de omvang van de potentiële vraag naar vliegen te onderzoeken, zijn echter ook berekeningen gemaakt voor een hypothetische situatie zonder beperkingen¹⁸ (zie figuur 6.3). Zonder restricties bedraagt in het scenario Hoog Vertraagd het aantal passagiers op Schiphol 230 miljoen en in het scenario Hoog Snel 221 miljoen. In het scenario Laag Vertraagd bedraagt het aantal passagiers 109 miljoen en in het scenario Laag Snel 95 miljoen.

¹⁸ In deze hypothetische berekening is geen rekening gehouden met factoren zoals overtoerisme, startbaan capaciteit, terminal capaciteit, luchtruim capaciteit en andere fysieke beperkende factoren. De uitkomst is dus puur transporteconomisch: kosten en inkomsten bepalen de stijging van de vraag naar vlieg reizen. Deze berekeningen laten zien wat de potentiële (latente) vraag naar vliegen zou zijn zonder beperkingen.

Figuur 6.2

Aantal passagiers Nederland, met luchthavenrestricties

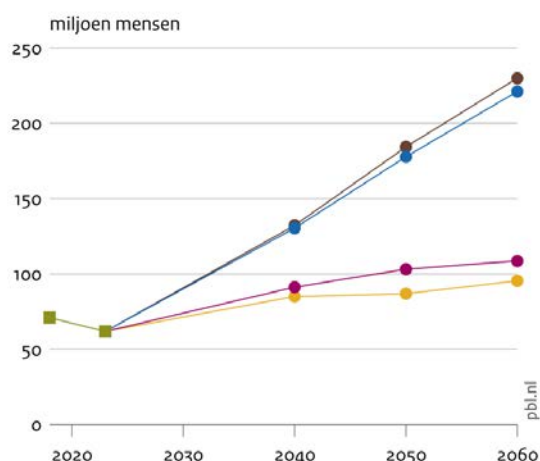


Bron: PBL/Significance

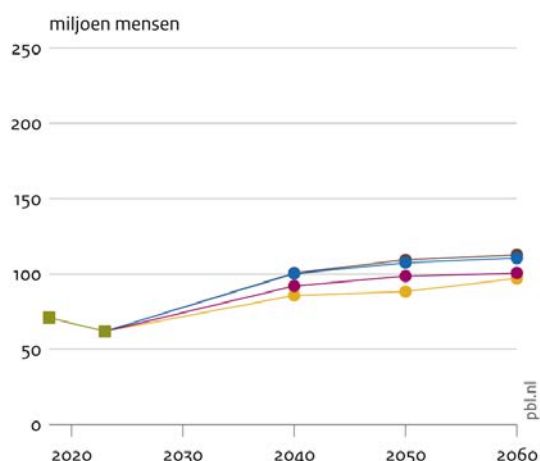
Figuur 6.3

Aantal passagiers Schiphol

Zonder luchthavenrestricties



Met luchthavenrestricties



Historie WLO-scenario
Hoog Snel Laag Snel
Hoog Vertraagd Laag Vertraagd

Bron: PBL/Significance

Restricties op Schiphol hebben een grote impact op het aantal passagiers¹⁹ in scenario's met een hoge economische groei, terwijl ze in scenario's met een lage groei veel minder effect hebben. In het scenario Laag Snel zal de restrictie van 500.000 vliegbewegingen per jaar naar verwachting pas rond 2060 een rol spelen.

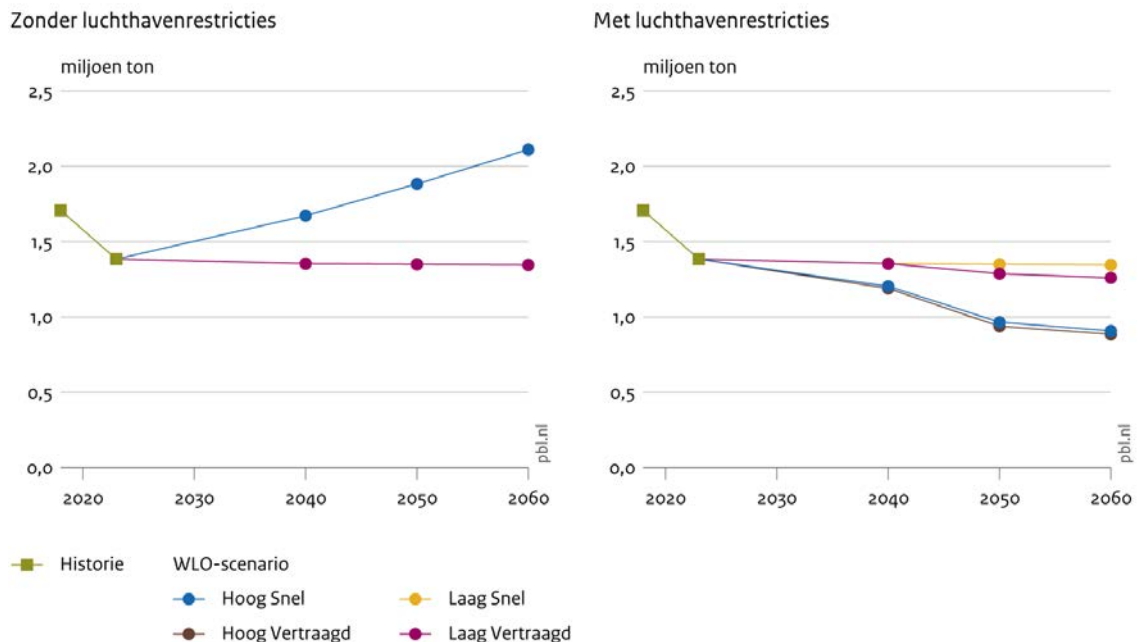
¹⁹ De niet-geacommodeerde vraag naar vliegen wordt deels opgevangen door andere luchthavens, deels door andere modaliteiten zoals de trein en de auto, en deels zullen reizen niet doorgaan.

Restricties op Schiphol leiden tot schaarste, waardoor met name buitenlandse luchtvaartmaatschappijen een prikkel krijgen om met grotere vliegtuigen naar Schiphol te vliegen. Het omgekeerde gebeurt met name in het scenario Laag Snel, waarin het aantal passagiers relatief laag is. Omdat slots op Schiphol economische waarde hebben, ontstaat in dit scenario een prikkel om deze te behouden. Hierdoor zal de groei van de vliegtuiggrootte vertraagd worden ten opzichte van de berekende groei in de vorige WLO.

Luchtvrachtvervoer

Schiphol is van groot belang voor het luchtvrachtvervoer: meer dan 95 procent van de luchtvracht in Nederland wordt via Schiphol afgehandeld. Onder het huidige beleid, dat het aantal vluchten op Schiphol begrenst tot 500.000 per jaar, daalt het vrachtvolume licht in de scenario's met een lage groei. In de scenario's met een hoge groei daalt het vrachtvolume daarentegen substantieel (zie figuur 6.5). Deze 'omkering' van de scenario-uitkomsten is het gevolg van de opgelegde restricties. In de scenario's met een hoge groei wordt het plafond van 500.000 vluchten al vóór 2030 bereikt, waardoor vrachtvliegtuigen minder ruimte krijgen op Schiphol. Door deze prioritering wordt relatief meer vracht vervoerd in het vrachtruim van met name langeafstandsvluchten. Tegelijkertijd leidt de sterke afname van het aantal dedicated vrachtvluchten tot een aanzienlijke daling van het totale vrachtvolume op Schiphol. In een hypothetische situatie zonder restricties op het aantal vliegbewegingen zou het vrachtvolume juist toenemen in de scenario's met een hoge economische groei (zie figuur 6.5).

Figuur 6.5
Vrachtvolume op Schiphol



Bron: PBL/Significance

6.3 Ontwikkeling van het aantal vluchten

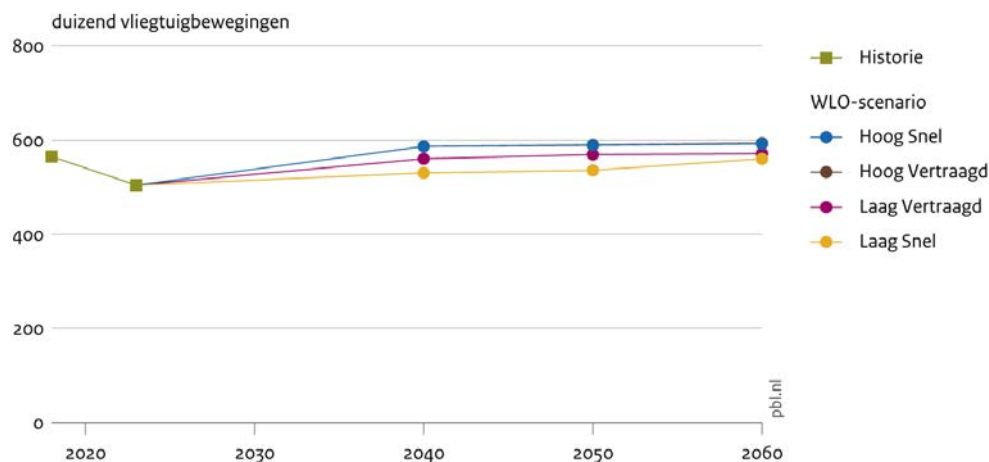
Het aantal vluchten op Schiphol is primair afhankelijk van de economische ontwikkeling. In scenario's met een hoge economische groei wordt het plafond van 500.000 vliegbewegingen snel bereikt; dit zal nog vóór 2030 gebeuren. Als de economie zich snel ontwikkelt, zal het plafond de belangrijkste beperkende factor zijn voor het aantal vluchten.

Het aantal vluchten in Nederland groeit naar maximaal 593.000 in het scenario Hoog Vertraagd en naar 592.000 in het scenario Hoog Snel. In de scenario's met lage een groei is het aantal vluchten iets lager: 571.000 in het scenario Laag Vertraagd en 560.000 in het scenario Laag Snel (zie figuur 6.7). Omdat het beleid het aantal vluchten begrenst, zijn de verschillen tussen de scenario's relatief klein.

In scenario's met een lage economische groei zal het aantal vluchten op Schiphol autonoom beperkt zijn (zie figuur 6.8). Als de economie zich langzaam ontwikkelt, is de klimaattransitie bepalend voor de vraag of en wanneer het plafond van 500.000 vliegbewegingen wordt bereikt. In het scenario Laag Vertraagd zal het plafond knellend worden rond het jaar 2040. In het scenario Laag Snel zal het aantal vluchten pas in 2060 het plafond benaderen, en het is nog maar de vraag of de 500.000 vliegbewegingen daadwerkelijk worden bereikt.

Figuur 6.7

Aantal vluchten Nederland, met luchthavenrestricties



Bron: PBL/Significance

Hoe groot is het effect van beperkingen?

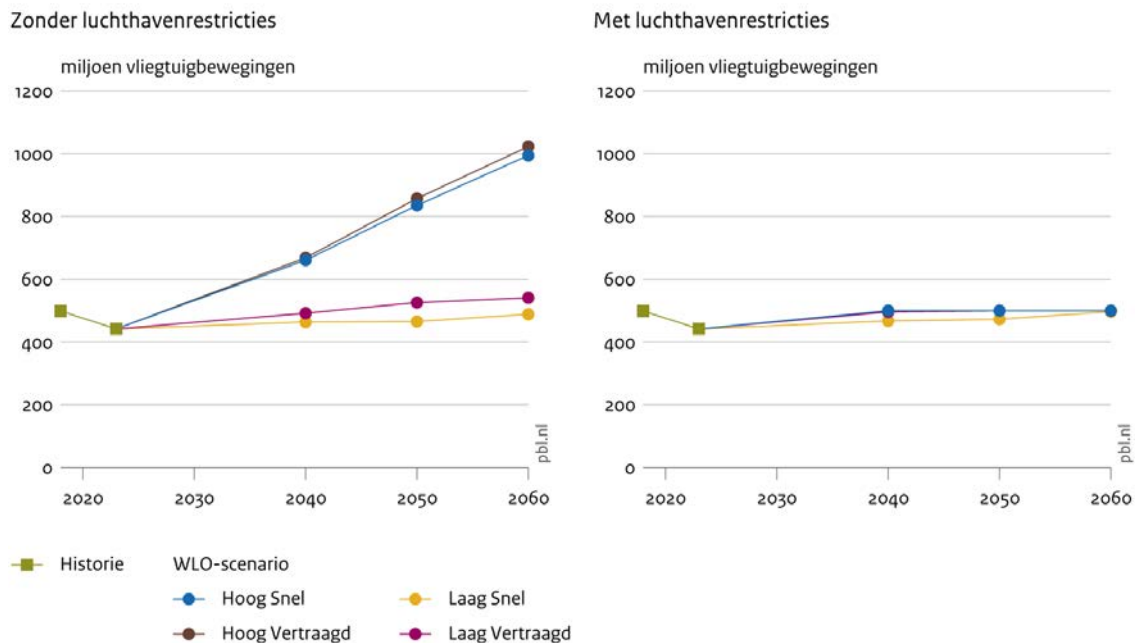
Zonder restricties bedraagt het aantal vluchten op Schiphol in scenario's met een hoge groei in 2060 rond de 1 miljoen²⁰: 1.023.000 in het scenario Hoog Vertraagd en 994.000 in het scenario

²⁰ In deze berekeningen is ook geen rekening gehouden met andere beperkende factoren zoals baancapaciteit, luchtruimcapaciteit en terminalcapaciteit. Het resultaat van deze berekeningen is dus transport-economisch van aard en toont de potentiële vraag naar het aantal vliegbewegingen op Schiphol.

Hoog Snel (zie figuur 6.6). Hogere CO₂-prijzen en grotere bijmengpercentages in het scenario Hoog Snel zouden de groei enigszins afremmen, maar de impact van streng klimaatbeleid op het aantal vluchten zou beperkt zijn.

In het geval van lage economische groei en zonder restricties zou het aantal vluchten in 2060 uitkomen op 541.000 in het scenario Laag Vertraagd en op 489.000 in het scenario Laag Snel. Het effect van klimaatbeleid is in dit geval sterker: hoge CO₂-prijzen en de hoge kosten van duurzame brandstoffen zullen de vraag naar vlieggreizen zodanig remmen dat het plafond van 500.000 vluchten op Schiphol naar verwachting niet wordt bereikt (zie figuur 6.8).

Figuur 6.8
Aantal vluchten Schiphol



Bron: PBL/Significance

6.4 Drijvende krachten en ticketprijzen

Er zijn drijvende krachten die het toekomstige vervoersvolume en het aantal vluchten bepalen. Om het overzichtelijk te maken, beperken we de analyse tot de volgende factoren:

1. **Demografie en economie.** Economische groei verhoogt de vraag naar vlieggreizen; een grotere bevolkingsomvang leidt ook tot meer vliegverkeer.
2. **Brandstofkosten en efficiëntie.** Brandstofkosten zijn een aanzienlijke kostenpost voor luchtvaartmaatschappijen. Onder brandstofkosten verstaan we de kosten van fossiele kerosine, duurzame brandstoffen en CO₂-prijzen die zowel binnen Europa als internationaal betaald zullen worden. Deze elementen zijn geaggregeerd tot één indicator. Toenemende efficiëntie speelt een rol: hoewel brandstof duurder wordt, zal er voor een vlucht minder energie nodig zijn dankzij toenemende efficiëntie.
3. **Luchthavenrestricties.** Alle scenario's veronderstellen een limiet van 500.000 vliegbewegingen per jaar op Schiphol (huidig beleid). Als de vraag naar vliegen groter is dan de capaciteit van de

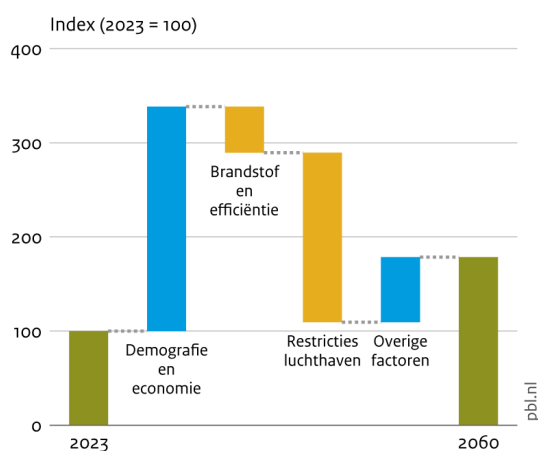
luchthaven, wordt het evenwicht tussen vraag en aanbod bepaald door hogere ticketprijzen. Hier analyseren we wat deze limiet betekent voor de ticketprijzen en het afremmen van de vraag en het aantal vluchten.

4. **Overige factoren.** In deze categorie vallen andere belangrijke drijvende krachten zoals luchthavengelden en arbeidskosten.

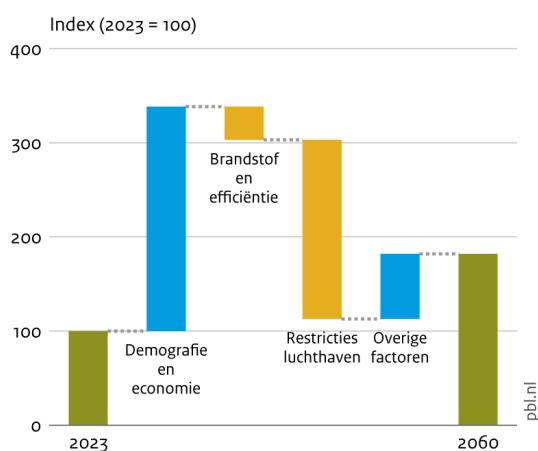
Figuren 6.9 en 6.10 laten per WLO-scenario zien hoe demografie en economie, brandstofkosten en efficiëntie, en luchthavenrestricties het aantal passagiers en het aantal vluchten op Schiphol beïnvloeden.

Figuur 6.9
Passagiers op Schiphol

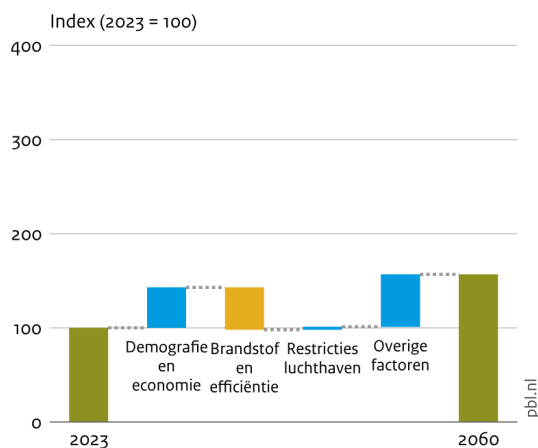
WLO-scenario Hoog Snel



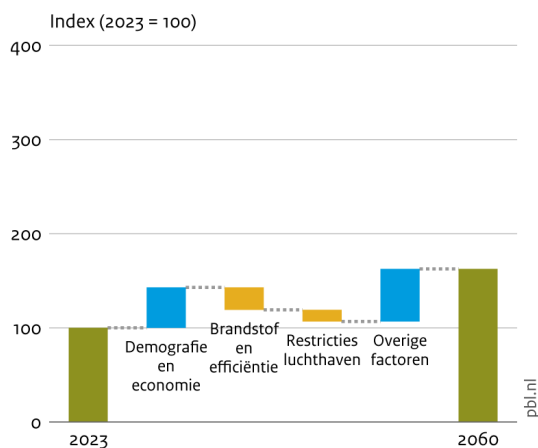
WLO-scenario Hoog Vertraagd



WLO-scenario Laag Snel



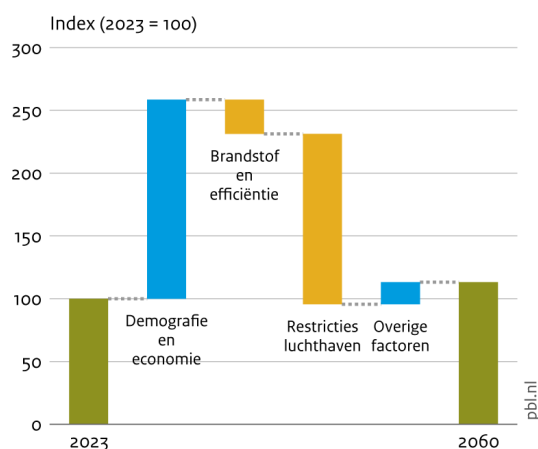
WLO-scenario Laag Vertraagd



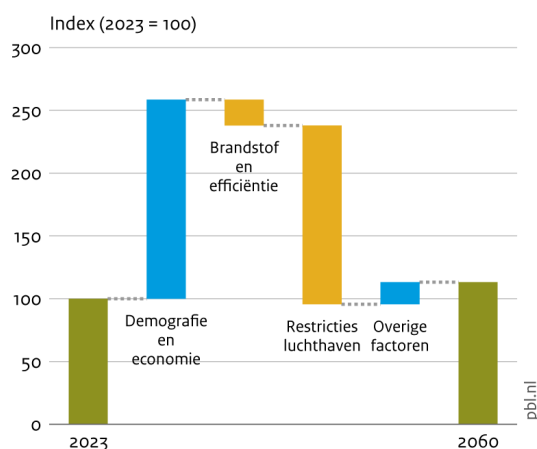
Bron: PBL/Significance

Figuur 6.10
Vliegtuigbewegingen op Schiphol

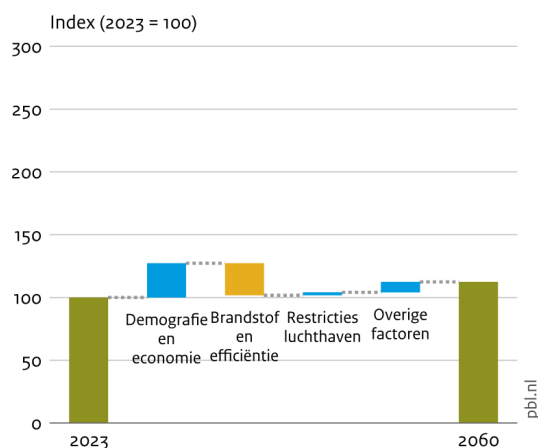
WLO-scenario Hoog Snel



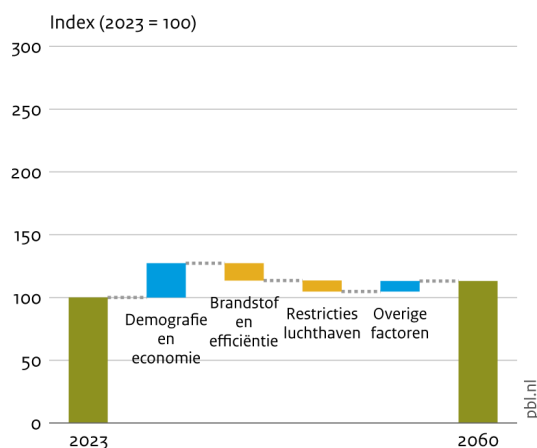
WLO-scenario Hoog Vertraagd



WLO-scenario Laag Snel



WLO-scenario Laag Vertraagd



Bron: PBL/Significance

Impact op groei

In scenario's met een lage economische groei spelen de beperkingen op Schiphol geen grote rol. In het scenario Laag Snel wordt het plafond van het aantal vluchten niet bereikt. Het feit dat ook andere luchthavens in West-Europa met beperkingen te maken hebben, kan zelfs zorgen voor een kleine toename van het volume op Schiphol. In het scenario Laag Vertraagd zijn de brandstofkosten lager dan in het scenario Laag Snel en spelen de beperkingen op Schiphol wel een rol, al zijn andere factoren belangrijker.

In het scenario Laag Snel drijven bevolkingsgroei en economische groei – hoewel bescheiden – het aantal passagiers en vluchten op. In ongeveer dezelfde mate remmen de hogere kosten zowel het passagiersvolume als het aantal vluchten af. In het scenario Laag Vertraagd zijn de brandstofkosten lager en remt het plafond van 500.000 vliegbewegingen op Schiphol het luchtvaartvolume. Vanwege de bescheiden groei is het afremmende effect van de beperkingen vrij licht.

In scenario's met een hoge groei is de verhouding tussen de drijvende krachten anders dan bij scenario's met een lage groei. Bevolkingsgroei en economische groei drijven de vraag naar vliegen sterk op. De stijgende brandstofkosten remmen deze vraag af (de brandstofkosten zijn hoger in Hoog Snel dan in Hoog Vertraagd), maar in verhouding tot de impact van de beperkingen op Schiphol is dit effect relatief klein. Om onder het plafond van 500.000 vliegbewegingen te blijven, zijn substantiële beperkingen nodig die grotendeels het effect van bevolkingsgroei en economische groei compenseren.

Impact op ticketprijzen

Tabellen 6.6 en 6.7 laten de ontwikkeling zien van vliegticketprijzen voor 2040 en 2060. Per WLO-scenario worden twee prijsindices gehanteerd: één gebaseerd op kostencomponenten (brandstofprijs, CO₂-prijs, landingsrechten, arbeidskosten) zonder restricties, en één met restricties, de prijs die publiek naar verwachting betaalt voor vluchten van of via Schiphol. In het geval van sterke groei kan Schiphol niet alle vraag accommoderen, wat leidt tot schaarste die zich vertaalt in hogere ticketprijzen.

Tabel 6.6
Index ticketprijzen 2040 (2023=100)

	2040 LS Zonder restricties	2040 LS Met restricties	2040 LV Zonder restricties	2040 LV Met restricties	2040 HS Zonder restricties	2040 HS Met restricties	2040 HV Zonder restricties	2040 HV Met restricties
OD EUR	116	116	108	108	104	138	102	137
OD ICA	116	116	103	103	96	102	92	98
TR EUR-EUR	119	119	108	108	105	155	103	155
TR EUR-ICA	116	116	102	102	96	110	92	107
TR ICA-ICA	115	115	100	100	94	100	89	96
Totaal	118	117	106	105	99	117	96	115

Tabel 6.7
Index ticketprijzen 2060 (2023=100)

	2060 LS Zonder restricties	2060 LS Met restricties	2060 LV Zonder restricties	2060 LV Met restricties	2060 HS Zonder restricties	2060 HS Met restricties	2060 HV Zonder restricties	2060 HV Met restricties
OD EUR	128	128	119	129	115	225	111	227
OD ICA	150	150	118	120	117	138	103	125
TR EUR-EUR	132	132	121	135	116	282	112	287
TR EUR-ICA	149	149	117	121	116	163	102	152
TR ICA-ICA	152	152	113	115	115	135	99	120
Totaal	144	142	122	127	120	180	110	171

De ticketprijsindex betreft:

- OD EUR: directe vluchten binnen Europa vanuit Nederland;
- OD ICA: directe vluchten naar verre (intercontinentale) bestemmingen vanuit Nederland;
- TR EUR-EUR: intra-Europese transferreizigers met overstap op Schiphol;
- TR EUR-ICA: transferreizigers met vertrekpunt in Europa, bestemming buiten Europa, en overstap op Schiphol;
- TR ICA-ICA: transferpassagiers met zowel herkomst als bestemming buiten Europa.

De ticketprijs zonder restricties stijgt het sterkst in het scenario Laag Snel, waarin SAF- en CO₂-prijzen hoog liggen. In dit scenario stijgen vooral de prijzen van langeafstandsvluchten (ICA), waar het aandeel van de energiekosten het grootst is. Tegelijkertijd is in het scenario Hoog Vertraagd de minste kostenstijging te verwachten: de ticketprijzen zonder restricties stijgen daar gemiddeld met 10 procent in 2060 ten opzichte van het prijsniveau in 2023. Voor de scenario's Hoog Snel en Hoog Vertraagd geldt echter dat restricties de ticketprijzen op Schiphol substantieel verhogen. Vooral voor intra-Europese vluchten, waarvan de basiskosten relatief laag zijn, zorgt de vraag als gevolg van schaarste voor een forse stijging van de ticketprijzen. In het uiterste geval zou voor intra-Europese transferpassagiers de ticketprijs in het scenario Hoog Vertraagd zonder restricties in 2060 met 12 procent stijgen ten opzichte van 2023. Met een limiet van 500.000 vluchten op Schiphol zou de prijs met 187 procent stijgen.

Concluderend, in de scenario's met een lage groei zullen de verwachte ticketprijzen vooral stijgen door hogere energiekosten. In de scenario's met hoge groei stijgen de energiekosten ook, maar dan worden de beperkingen op Schiphol belangrijker. De limiet op het aantal vluchten zal de ticketprijs op Schiphol verder opdrijven.

6.5 Gevoeligheidsanalyses en onzekerheidsverkenningen

De luchtvaart kent ook een aantal onzekerheden die niet passen bij de aard van gematigde WLO-scenario's. Geopolitieke ontwikkelingen, mogelijke technologische doorbraken en veranderingen in gedrag kunnen een grote impact hebben op het functioneren van de luchtvaart. We bespreken ze hier kort, maar kwantificeren ze niet. Aanvullende verkenningen zijn nodig om verdere uitspraken te kunnen doen.

Hubfunctie Schiphol

Behoud van de hubfunctie van Schiphol is niet vanzelfsprekend. Als KLM en haar partners stoppen met hun hubactiviteiten zal dat een grote impact hebben op zowel het aantal vluchten als het aantal passagiers op Schiphol. In deze WLO houden we geen rekening hiermee.

Geopolitiek

Geopolitieke ontwikkelingen zoals internationale conflicten kunnen reizen bemoeilijken of onmogelijk maken. Andere geopolitieke veranderingen kunnen zorgen voor strengere toelatingseisen, zoals een visumplicht of andere reisbeperkingen. Geopolitieke spanningen beïnvloeden ook het gedrag van reizigers wat betreft de keuze om wel of niet naar bepaalde landen of regio's te reizen. Dergelijke spanningen kunnen bovendien de handel tussen bepaalde werelddelen (sterk) verminderen, waardoor zakelijke reizen en vrachtverkeer afnemen.

Technologische doorbraken

Hoewel hiervoor nu geen aanwijzingen zijn, is een doorbraak in batterijtechnologie niet uitgesloten. Als batterijen significant beter worden, met name qua energiedichtheid, kan grootschalige opschaling van elektrisch vliegen plaatsvinden. Betere batterijen zouden de kosten van de klimaattransitie in de luchtvaart verlagen, wat het aantal reizigers zou kunnen doen toenemen. Daarnaast zou er minder maatschappelijke weerstand zijn tegen vliegen in relatie tot de milieueffecten.

Een technologische doorbraak die de concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer snel vermindert, zou de druk op de luchtvaart om te decarboniseren verlagen, waardoor de ticketprijzen minder snel stijgen. Aan de andere kant is het niet uitgesloten dat technologieën voor virtuele aanwezigheid, zoals systemen die je volledig onderdompelen in een andere omgeving, zich kunnen ontwikkelen. Dit zou de behoefte aan fysieke reizen mogelijk kunnen verminderen.

Gedrag

De WLO-scenario's worden gemodelleerd met het Aeolus-model, dat bepaalde verbanden veronderstelt tussen het volume van vliegen, inkomensontwikkeling en ticketprijzen. Deze verbanden worden bepaald met elasticiteiten, waarbij inkomenselasticiteit en prijselasticiteit de belangrijkste zijn. De gebruikte elasticiteiten zijn empirisch en theoretisch onderbouwd, maar menselijk gedrag kan in de toekomst veranderen.

Zullen we bijvoorbeeld nog steeds een deel van ons stijgende inkomen aan vliegereizen besteden? Zullen we dat doen op dezelfde manier als in het verleden? In hoeverre spelen vliegshaamte of juist een sterkere wens om andere delen van de wereld te bezoeken een rol?

6.6 Vergelijking met de vorige WLO

De vraag naar vliegen ligt in deze WLO 2025 over het algemeen lager dan in de WLO 2015, vooral als gevolg van beperktere economische groei en hogere ticketprijzen. Met name door het nieuwe Europese en internationale klimaatbeleid zijn de emissies in deze WLO 2025 veel lager dan in de WLO 2015. Omdat het aantal vliegbewegingen op Schiphol beperkt blijft, zijn tussen beide scenariostudies weinig verschillen in het aantal vluchten.

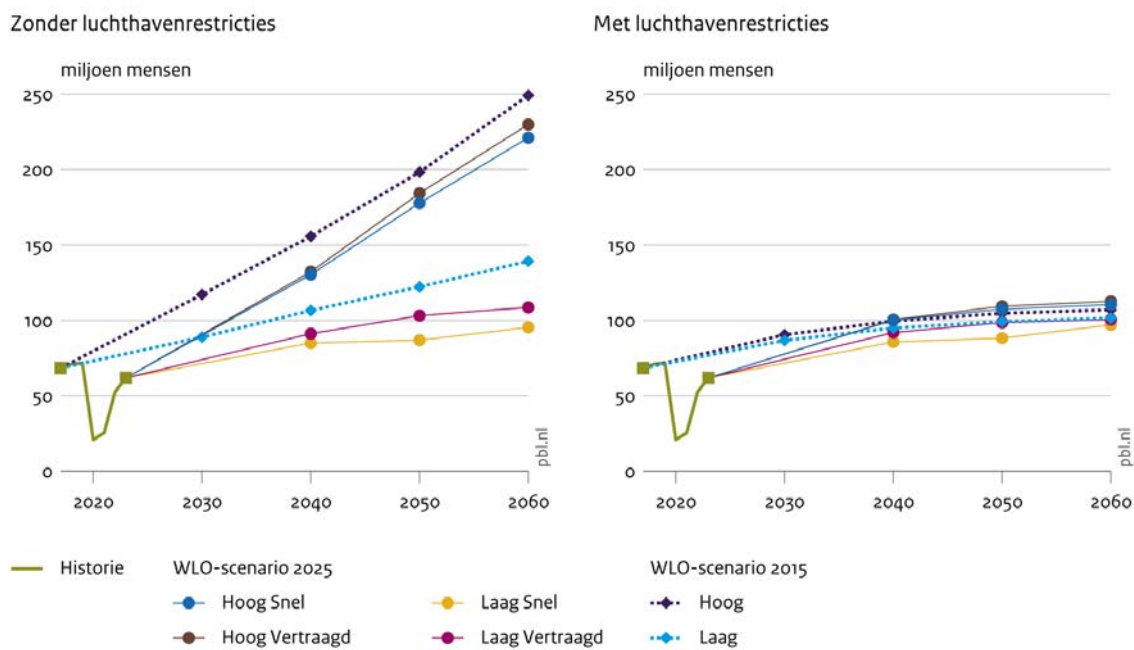
Restricties op Schiphol leiden tot schaarste, waardoor luchtvaartmaatschappijen een prikkel krijgen om grotere vliegtuigen op Schiphol in te zetten. Met name buitenlandse luchtvaartmaatschappijen kunnen snel op deze schaarste reageren door grotere vliegtuigen naar Schiphol te sturen. Luchtvaartmaatschappijen die op Schiphol zijn gevestigd zullen met enige vertraging op deze prikkels reageren, aangezien de grootte van vliegtuigen in hun vloot afhankelijk is van de vlootvervangingscyclus. Het aantal passagiers in scenario's met een hoge economische groei ligt hoger dan in de WLO 2015²¹ (zie figuur 6.11). Dit komt doordat in de WLO 2025 wordt uitgegaan van een iets snellere groei van de vliegtuiggrootte, omdat luchtvaartmaatschappijen de vraag als gevolg van schaarste willen benutten door grotere vliegtuigen in te zetten.

²¹ De WLO 2015-resultaten zoals gepresenteerd in de figuren in deze sectie zijn berekend met de nieuwste versie van het Aeolus-model met instellingen voor de WLO 2015. Daardoor kunnen de absolute waarden afwijken van de gepubliceerde WLO 2015.

In een situatie zonder restricties ligt het aantal vluchten op Schiphol onder het niveau van de WLO 2015. De vraag naar vliegereizen is in deze WLO ook kleiner dan in de WLO 2015. Deze afname wordt veroorzaakt door hogere kosten voor CO₂ en duurzame brandstoffen, evenals door een beperktere economische groei in beide scenario's.

Figuur 6.11

Aantal passagiers Schiphol in WLO 2015 en WLO 2025



Bron: PBL/Significance

Meer passagiers op Schiphol in scenario's met een hoge groei betekent niet dat de onderliggende vraag naar vliegen in deze WLO hoger is. Wanneer er geen restricties gelden voor het aantal vluchten op Schiphol, ligt het aantal passagiers duidelijk onder het niveau van de scenario's in de WLO 2015. Dit komt deels door een minder snelle economische groei in alle scenario's en deels door het kostenverhogende effect van klimaatmaatregelen, zowel in scenario's met een snelle als in scenario's met een vertraagde klimaattransitie (zie figuur 6.11).

7 Energiegebruik en emissies

Emissies van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen verschillen per WLO-scenario. In deze paragraaf laten we de uitstoot van CO₂, stikstofoxiden (NO_x) en fijnstof (PM_{2,5}) zien ten gevolge van binnenlandse personenmobiliteit²², goederenvervoer en luchtvaart. Het gaat in alle gevallen om de emissies tijdens het gebruik van de vervoersmiddelen, niet om de emissies die vrijkomen bij de productie of sloop van de vervoersmiddelen of tijdens de productie van de brandstoffen of opwekking van de elektriciteit. Voor hernieuwbare brandstoffen, zoals biobrandstoffen en e-brandstoffen, worden netto nul emissies aangenomen.

Voor de CO₂-uitstoot kijken we tot 2060, maar voor de stikstofoxiden en fijnstof tot 2040. De fijnstof- en stikstofuitstoot zijn op die lange termijn minder goed te ramen.

De emissies van personen-, bestel- en vrachtauto's hebben een vergelijkbare ontwikkeling en worden samen besproken (in paragraaf 7.1). Wat betreft goederenvervoer wordt verder ingegaan op de emissies van binnenvaart en zeevaart (in paragraaf 7.2 en 7.3). De emissies van het spoorvervoer zijn gering, doordat dit grotendeels gebruikmaakt van elektriciteit, en worden daarom niet apart behandeld. In paragraaf 7.4 komen de emissies van de luchtvaart aan bod. In 7.5 vergelijken we kort de emissieontwikkeling bij scheepvaart, wegverkeer en luchtvaart en in 7.6 vergelijken we de resultaten met die van de vorige WLO.

7.1 Wegverkeer

We kijken alleen naar personen-, bestel- en vrachtauto's. Autobussen en brom- en motorfietsen zijn buiten beschouwing gelaten. Voor het wegverkeer volgen het energiegebruik en de emissies uit de totale aantal gereden kilometers in elk WLO-scenario en uit de samenstelling van deze kilometers naar energiedrager. Het gaat hierbij om de gereden kilometers op Nederlands grondgebied, door zowel Nederlandse als buitenlandse auto's. Voor personenauto's zijn het aantal kilometers en de samenstelling daarvan berekend met de LMS- en SPARK-modellen (zie paragraaf 4.2, 4.3 en 4.5) en voor bestel- en vrachtauto's met de modellen van Revnext (zie paragraaf 5.2). Een beschrijving van de methode voor de emissieberekeningen staat in de achtergrondrapportage.

Energiegebruik wegverkeer daalt door overstap op elektrische voertuigen

In vergelijking met 2018 komt een groot deel van het energiegebruik in 2040 uit elektriciteit en biobrandstoffen (zie figuur 7.1). Hoewel er meer kilometers worden gereden in de scenario's Hoog, is het totale energiegebruik kleiner dan in de scenario's Laag. Dit komt door de grotere inzet van elektriciteit in de scenario's Hoog als gevolg van een hogere mate van elektrificatie. Aandrijving op elektriciteit is namelijk energie-efficiënter dan aandrijving op brandstoffen. Ook valt op dat in de scenario's met een snelle klimaattransitie relatief meer biobrandstoffen worden gebruikt dan in de scenario's met een vertraagde klimaattransitie. Dit is vanwege het hogere bijmengingspercentage (zie tabel 3.4). In 2060 worden er in de scenario's Hoog bijna helemaal geen brandstoffen meer

²² Emissies berekenen we alleen voor personenauto's. Openbaar vervoer en brom- en motorfietsen nemen we niet mee.

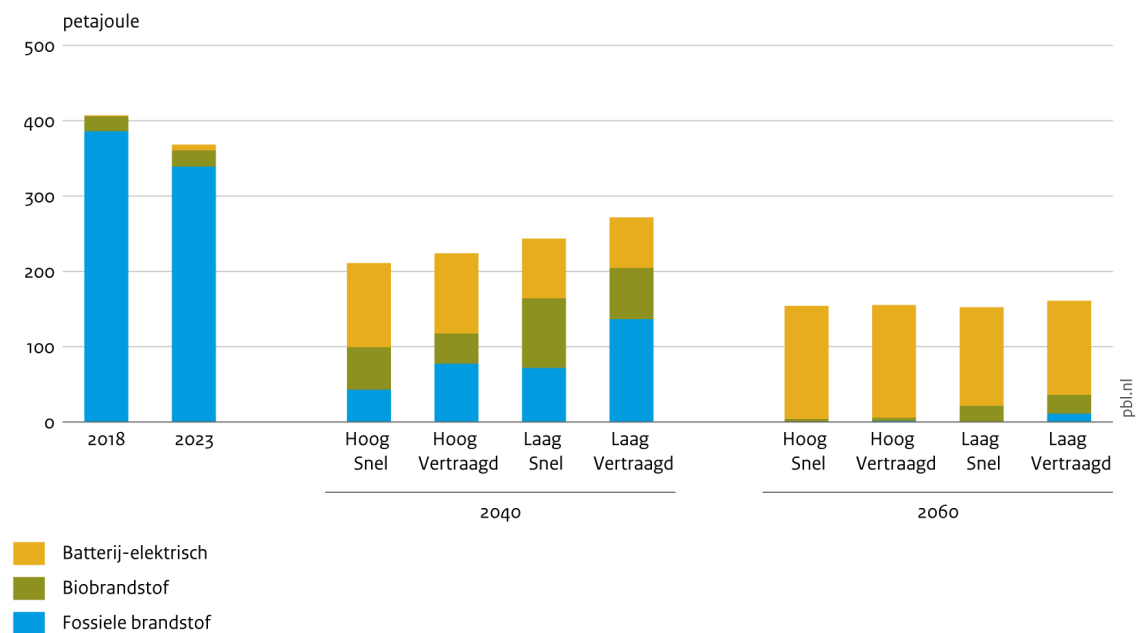
gebruikt en in de scenario's Laag is het aandeel klein. Figuur 7.1 geeft de ontwikkelingen voor trendmatig beleid, die voor vastgesteld beleid geven hetzelfde beeld met een iets lager energiegebruik.

Emissies wegverkeer dalen in alle scenario's

In alle scenario's dalen de CO₂-emissies van het wegverkeer sterk richting 2060 (zie figuur 7.2). In 2040 zijn de emissies circa 10 tot 35 procent lager dan die in 2018, met de laagste emissie in scenario Hoog Snel en de hoogste in scenario Laag Vertraagd.

Figuur 7.1

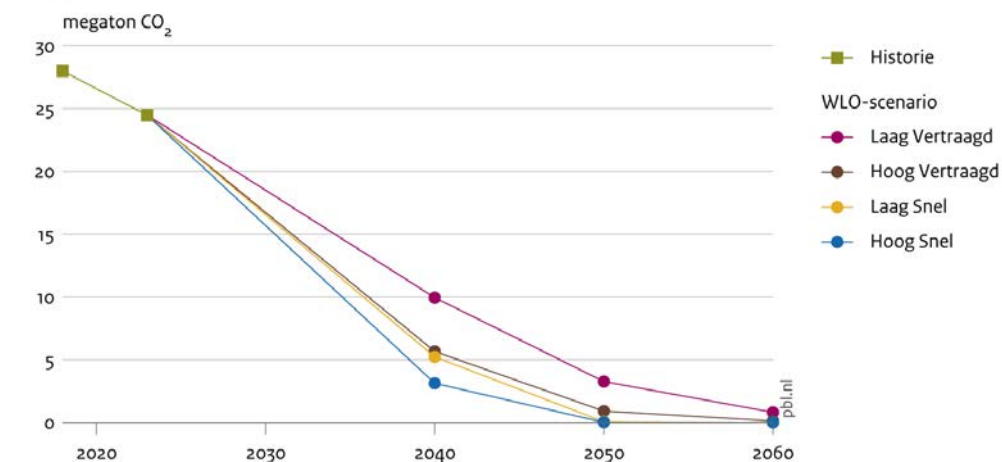
Energievraag per energiedrager van wegverkeer volgens WLO-scenario's



Bron: Emissieregistratie, PBL/Revnext

Figuur 7.2

CO₂-emissie van wegverkeer



Bron: Emissieregistratie, PBL/Revnext

We zien lagere emissies in de scenario's Hoog vanwege een naar verhouding hoge ingroei van elektrische auto's. In scenario Laag Snel is die ingroei lager, maar door het hoge bijmengpercentage zijn de emissies vergelijkbaar met die in het scenario Hoog Vertraagd. In scenario Laag Vertraagd is sprake van de laagste ingroei van elektrische auto's en het laagste bijmengingspercentage. Daar zien we dus ook de hoogste emissies.

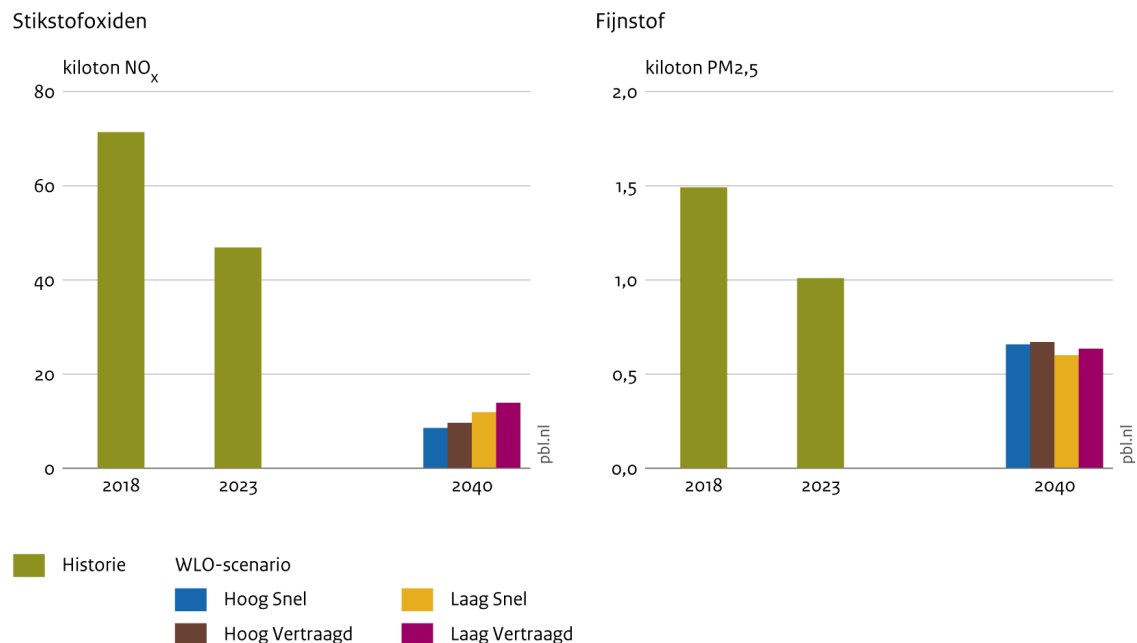
In 2060 gaan de scenario's met een snelle klimaattransitie naar nul emissie, vanwege 100 procent bijmenging van biobrandstoffen vanaf 2050. In de scenario's met een vertraagde klimaattransitie is er nog een restemissie, bij scenario Laag Vertraagd nog zo'n 3 procent van het niveau in 2018. In figuur 7.2 staan de emissies voor trendmatig beleid. Voor vastgesteld beleid zijn deze ontwikkelingen vergelijkbaar, maar zijn de emissies lager door een hogere mate van elektrificatie. Bij trendmatig beleid wordt de overstap naar elektrisch rijden geremd door hogere laadtarieven.

Ook de NO_x-emissies nemen sterk af in alle scenario's (zie figuur 7.3). In 2040 bedragen de emissies nog maximaal 20 procent van het niveau in 2018. In 2060 is dat nog maar zo'n 2 procent. Dit is het gevolg van de uitstroom van oude voertuigen uit het wagenpark, die relatief het meeste uitstoten, en de ingroei van elektrische voertuigen zonder NO_x-emissies. In figuur 7.2 staan de emissies bij trendmatig beleid. Voor vastgesteld beleid zijn de emissies iets lager door een hogere mate van elektrificatie.

De fijnstofemissies (PM_{2,5}) van het wegverkeer dalen in alle scenario's (zie figuur 7.3). In 2040 bedragen de emissies nog iets minder dan de helft van het niveau in 2018. De fijnstofemissies bestaan uit fijnstof uit de uitlaat en uit de slijtage van banden, remmen en wegdek.

Figuur 7.3

Emissie stikstofoxiden en fijnstof van wegverkeer



Bron: Emissieregistratie, PBL/Revnext

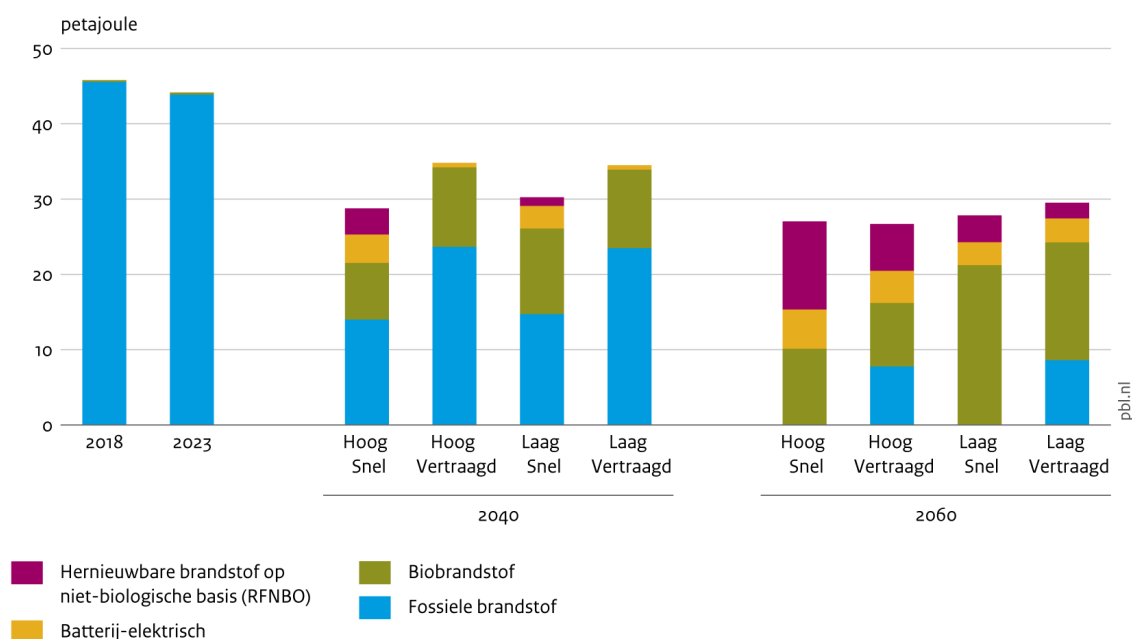
De fijnstofemissie aan de uitlaat daalt naar circa 10 procent van het niveau in 2018 door de ingroei van elektrische auto's. Het grootste deel van de fijnstofemissies in 2040 ontstaan dus als gevolg van slijtage. In de scenario's Hoog zijn de emissies iets hoger dan in de scenario's Laag. Dit komt met name doordat er meer kilometers worden gereden in de scenario's Hoog dan in de scenario's Laag. In Figuur 7.3 staat alleen de fijnstofuitstoot voor trendmatig beleid. De fijnstofuitstoot is iets lager dan bij vastgesteld beleid, omdat er bij vastgesteld beleid meer kilometers worden gereden.

7.2 Binnenvaart

De energievraag van de binnenvaart in Nederland daalt in alle scenario's tussen 2018 en 2060 (figuur 7.4). Deze daling is de resultante van de ontwikkeling van de vervoersvolumes en de verbetering van de energie-efficiëntie van het vervoer in de scenario's. Zoals is beschreven in paragraaf 5.3.2 is in de scenario's Hoog sprake van een gematigde groei van de vervoersvolumes in de binnenvaart tot 2060, terwijl in de scenario's Laag de vervoersvolumes licht afnemen. De energie-efficiëntie van het vervoer verbetert tot 2060. Door een hogere motorefficiëntie, energie-efficiënter varen en *right-sizing*, ofwel het gebruik van motoren met het juiste motorvermogen voor het betreffende schip, is er in de toekomst minder energie nodig voor dezelfde vervoersprestatie. De scenario's Laag gaan uit van een verbetering van gemiddeld 0,25 procent per jaar, de scenario's Hoog van 0,75 procent per jaar. Deze aannames zijn ontleend aan Traa et al. (2024). De transitie naar andere aandrijftechnologie, zoals batterij-elektrisch varen, zorgt voor een verdere verbetering van de efficiëntie. Elektrische aandrijftechnologie is aanzienlijk efficiënter dan de verbrandingsmotoren die momenteel dominant zijn in de vloot.

Figuur 7.4

Energievraag per energiedrager van binnenvaart in Nederland volgens WLO-scenario's



Bron: Emissieregistratie, PBL

Grotere rol voor batterij-elektrisch varen in scenario's Hoog en voor biobrandstoffen in scenario's Laag

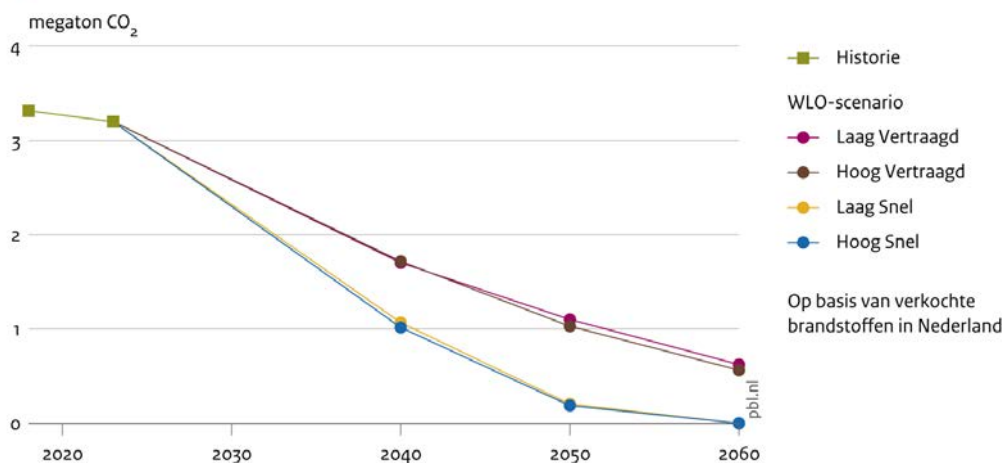
De toekomstige energiemix in de binnenvaart is onzeker (Traa et al. 2024). Er zijn meerdere oplossingsrichtingen in beeld voor vermindering van de klimaatimpact van de binnenvaart. Welke oplossingen dominant worden in welke segmenten van de vloot is op dit moment niet te zeggen. In de WLO is daarom gekozen voor een grote spreiding tussen de scenario's (figuur 7.4). In de scenario's Hoog is in lijn met Traa et al. (2024) een snelle groei verondersteld van batterij-elektrisch varen en van varen op hernieuwbare brandstoffen van niet-biologische oorsprong (RFNBO, *Renewable Fuel of Non Biological Origin*), zoals varen op waterstof of synthetische brandstoffen. In de scenario's Laag blijft dieseltechnologie dominant en spelen biobrandstoffen de belangrijkste rol in het terugdringen van de klimaatimpact van de binnenvaart. Het tempo waarin deze nieuwe energiedragers in de vloot komen, varieert tussen de scenario's met een snelle klimaattransitie en die met een vertraagde transitie. In de scenario's Snel is alle gebruikte energie in 2060 hernieuwbaar en spelen fossiele brandstoffen geen rol meer. In de scenario's met een vertraagde klimaattransitie is er in 2060 nog sprake van een beperkte inzet van fossiele brandstoffen. De resulterende energiemix per scenario is weergegeven in figuur 7.4 voor trendmatig beleid. De resultaten voor vastgesteld beleid wijken niet noemenswaardig af.

Afname gebruik fossiele energie leidt tot snelle daling CO₂-uitstoot in alle scenario's

Het afnemende gebruik van fossiele brandstoffen leidt tot een snelle daling van de CO₂-uitstoot van de binnenvaart (figuur 7.5). De uitstoot daalt het snelst in de scenario's met een snelle klimaattransitie. In 2040 ligt de uitstoot in die scenario's op ongeveer een derde van het niveau in 2018. In 2060 wordt er geen fossiele brandstof meer gebruikt en is de CO₂-uitstoot nul. In de scenario's met een vertraagde klimaattransitie ligt de uitstoot in 2040 grofweg 40 procent lager dan in 2018 en in 2060 grofweg 80 procent. Het betreft in alle gevallen de CO₂-uitstoot die voortvloeit uit het gebruik van alle in Nederland getankte brandstof door de binnenvaart (zie figuur 7.4). Conform internationale afspraken wordt alleen de CO₂-uitstoot van de binnenlandse binnenvaart, met herkomst én bestemming binnen Nederland, tot het nationale emissietotaal gerekend. De uitstoot van de internationale binnenvaart moet Nederland wel rapporteren aan de UNFCCC, maar telt niet mee in de nationale totalen.

Figuur 7.5

CO₂-emissie van binnenvaart in Nederland



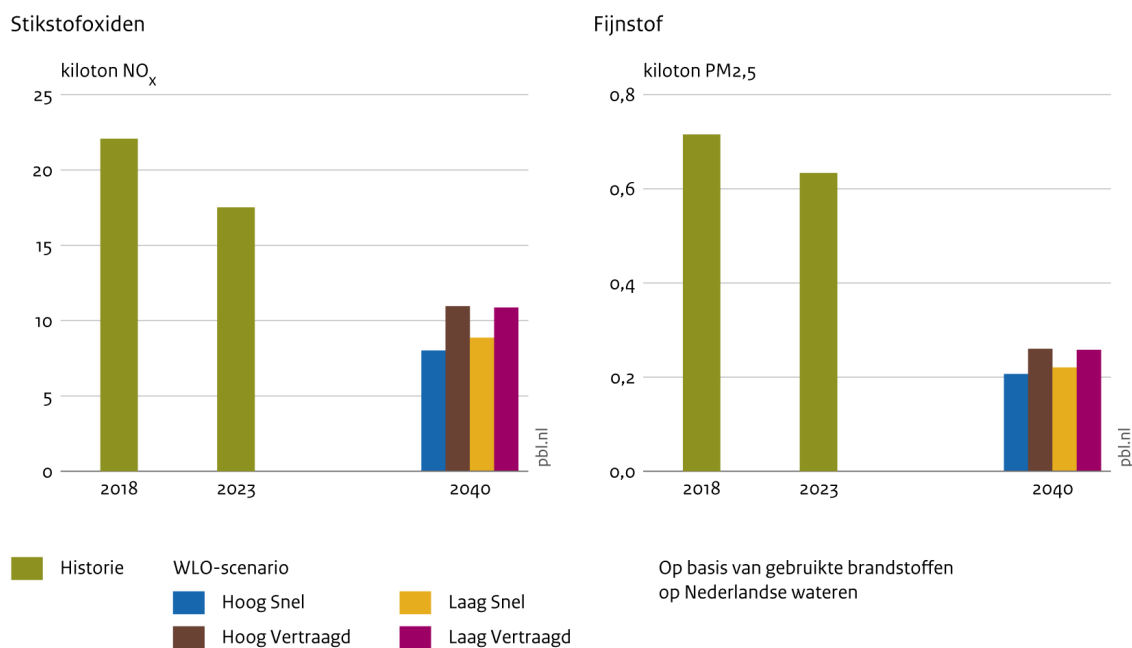
Bron: Emissieregistratie, PBL

Uitstoot van luchtverontreinigende stoffen halveert grofweg tot 2040 in alle scenario's

De uitstoot van luchtverontreinigende stoffen door de binnenvaart op de Nederlandse wateren daalt sterk in de vier scenario's (zie figuur 7.6). Tussen 2018 en 2040 is sprake van grofweg een halvering van de uitstoot van beide stoffen ten opzichte van het niveau in 2018. De snelle daling van de uitstoot is in de basis het gevolg van Europese emissiewetgeving, die ervoor zorgt dat nieuwe dieselmotoren aanzienlijk schoner zijn dan oudere generaties. De verschillen in geraamde emissieniveaus in 2040 tussen de vier scenario's worden vervolgens bepaald door verschillen in het geraamde energiegebruik en de verschillende aannames over de groei van het gebruik van nulmissie technologie (figuur 7.4). In de scenario's Hoog is sprake van hogere vervoersvolumes dan in de scenario's Laag en in de scenario's met een versnelde klimaattransitie groeit het gebruik van batterij-elektrische aandrijving en waterstof²³ het snelst. Hoewel scenario Hoog Snel van hoge vervoersvolumes uitgaat, is de uitstoot het laagst vanwege de grootschalige inzet van elektrisch varen. Bij de scenario's Laag is er minder inzet van elektriciteit en wordt de energievraag ingevuld met (hernieuwbare) brandstoffen.

Figuur 7.6

Emissie stikstofoxiden en fijnstof van binnenvaart in Nederland



Bron: Emissieregistratie, PBL/Revnext

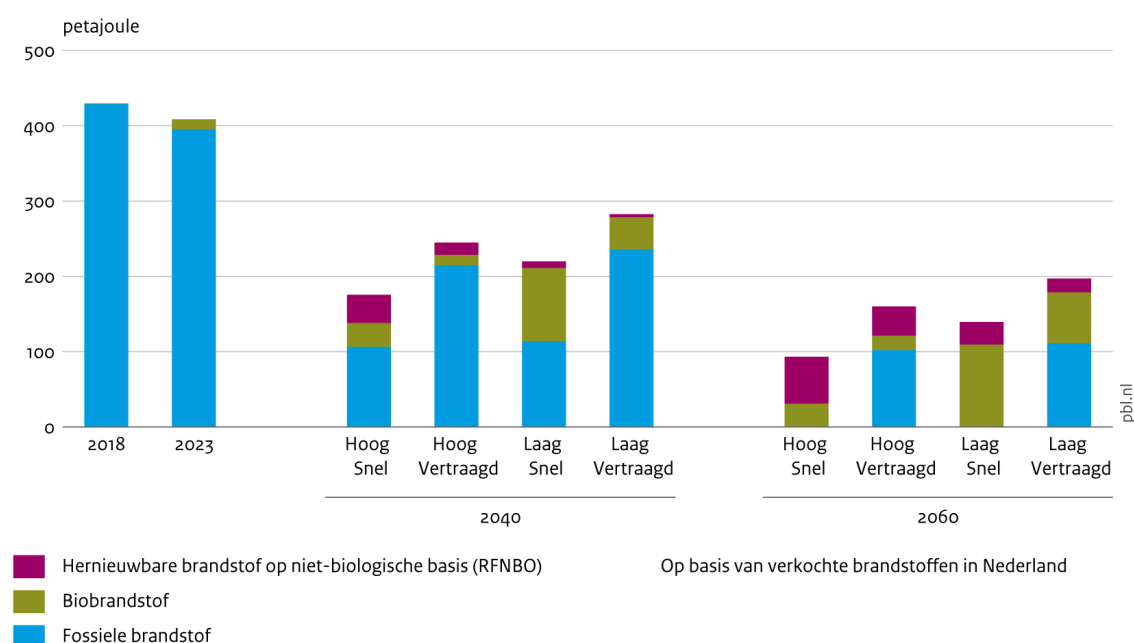
²³ Traa et al. (2024) schetsen in hun innovatiepad voor verduurzaming van de binnenvaart een situatie waarin batterij-elektrisch varen en varen op waterstof dominant worden richting 2050. Daarbij merken ze op dat het aandeel waterstof kan bestaan uit direct gebruik van waterstof in de schepen via een brandstofcel of verbrandingsmotor of gebruik van uit waterstof gemaakte synthetische brandstoffen in een verbrandingsmotor. Bij gebruik van een brandstofcel is er geen uitstoot van NO_x en PM_{2,5}. Bij gebruik van verbrandingsmotoren vindt er wel uitstoot plaats van beide stoffen. In de emissieberekening voor de WLO is verondersteld dat de helft van de waterstof in brandstofcellen wordt ingezet en de andere helft (in)direct via verbrandingstechnologie.

7.3 Zeevaart

Het bunkeren van brandstoffen door de zeevaart in Nederland loopt in alle vier scenario's sterk terug tussen 2018 en 2060 (figuur 7.7). In de scenario's Laag daalt de op- en overslag van goederen in de Nederlandse zeehavens licht tot 2040 en neemt daarna tot 2060 licht toe. In de scenario's Hoog groeit de op- en overslag licht tot 2040 en daarna relatief sterk tot 2060. Dit wordt toegelicht in paragraaf 5.3.4. Tegenover deze groei staat een snelle verbetering van de energie-efficiëntie van het vervoer. In de zeevaart bestaat nog een relatief groot potentieel voor efficiëntieverbetering, bijvoorbeeld door efficiënter ontwerp van schepen, operationele maatregelen zoals lagere vaarsnelheden en logistieke maatregelen (Geilenkirchen et al. 2024). In de hoge scenario's is verondersteld dat het energiegebruik per tonkilometer met 50 procent afneemt tussen 2018 en 2060 en in de lage scenario's met 30 procent. Deze aannames zijn gebaseerd op Geilenkirchen et al. (2024). Als gevolg hiervan daalt het energiegebruik van de zeevaart in alle scenario's tussen 2018 en 2060, ondanks de verwachte groei van de vervoersvolumes in die periode. Deze daling van het energiegebruik varieert tussen 23 procent in scenario Laag Snel en 33 procent in scenario Hoog Vertraagd.

Figuur 7.7

Energievraag per energiedrager van zeevaart volgens WLO-scenario's



Bron: Emissieregistratie, PBL

Bunkerfunctie Nederlandse havens neemt af door energietransitie

Op basis van internationale afspraken onder de VN rapporteren landen het energiegebruik en de uitstoot van broeikasgassen door de zeevaart op basis van de hoeveelheid brandstof die in hun land wordt gebunkerd. In lijn daarmee presenteren we in deze paragraaf de verwachte ontwikkeling van het bunkeren van brandstoffen in Nederland en de daaruit resulterende CO₂-uitstoot. Het gaat dus niet om de feitelijke uitstoot op Nederlands grondgebied. De hoeveelheid brandstof die wordt gebunkerd is niet alleen afhankelijk van de hiervoor geschetste trends in het energiegebruik, maar ook van de rol van de Nederlandse zeehavens in de internationale

bunkermarkt. Door de energietransitie zou de bunkervraag in de Nederlandse zeehavens kunnen afnemen (Geilenkirchen et al. 2024), omdat fossiele brandstoffen steeds meer plaats maken voor hernieuwbare brandstoffen, die waarschijnlijk op andere plekken in de wereld goedkoper kunnen worden geproduceerd (TNO 2021). Het is dan ook waarschijnlijk dat een deel van de bunkervraag van de zeevaart naar die plekken verschuift in de transitie naar een klimaatneutrale zeescheepvaart. In de WLO is verondersteld dat Nederland een minder grote rol heeft in het bunkeren van hernieuwbare brandstoffen door de zeevaart dan in de huidige grotendeels fossiele bunkermarkt (PBL 2025c). Met name het bunkeren van synthetische brandstoffen vindt naar verwachting veel meer op andere plekken plaats. Dit draagt bij aan de afname van de bunkervraag in Nederland (zie figuur 7.7), met name in de scenario's waarin synthetische brandstoffen een belangrijke rol spelen.

Hernieuwbare brandstoffen staan centraal in energietransitie zeevaart

De toekomstige energiemix voor de zeescheepvaart in de transitie naar klimaatneutraal is nog onzeker (Geilenkirchen et al. 2024). Wel is duidelijk dat brandstoffen dominant blijven. Hernieuwbare brandstoffen staan centraal in deze transitie. In de WLO-scenario's is verondersteld dat dit in de scenario's Hoog met snelle technologieontwikkeling vooral synthetische brandstoffen (RFNBO's) zijn. In de scenario's Laag staan biobrandstoffen centraal (figuur 7.7). In de scenario's met een snelle klimaattransitie is de zeevaart in 2060 volledig klimaatneutraal en worden er in dat jaar alleen nog hernieuwbare brandstoffen gebunkerd. In de scenario's met een vertraagde transitie loopt het bunkeren van fossiele brandstoffen ook sterk terug en bedraagt die in 2060 ongeveer een kwart van het niveau in 2018 (figuur 7.7).

Batterij-elektrische aandrijving en varen op waterstof zijn alleen voor kleine deelsegmenten een oplossing. Het directe²⁴ elektriciteitsgebruik van de zeevaart is niet weergegeven in figuur 7.7. Dit directe gebruik betreft onder meer het gebruik van walstroom tijdens het stilliggen aan de kade. De groei van het gebruik van walstroom tot en met 2040 is ontleend aan de KEV 2024 (PBL et al. 2024). Tot 2060 is een verdere groei verondersteld die het snelst gaat in het scenario Hoog Snel en het langzaamst in het scenario Laag Vertraagd.

Snelle afname CO₂-uitstoot uit bunkerbrandstoffen zeescheepvaart

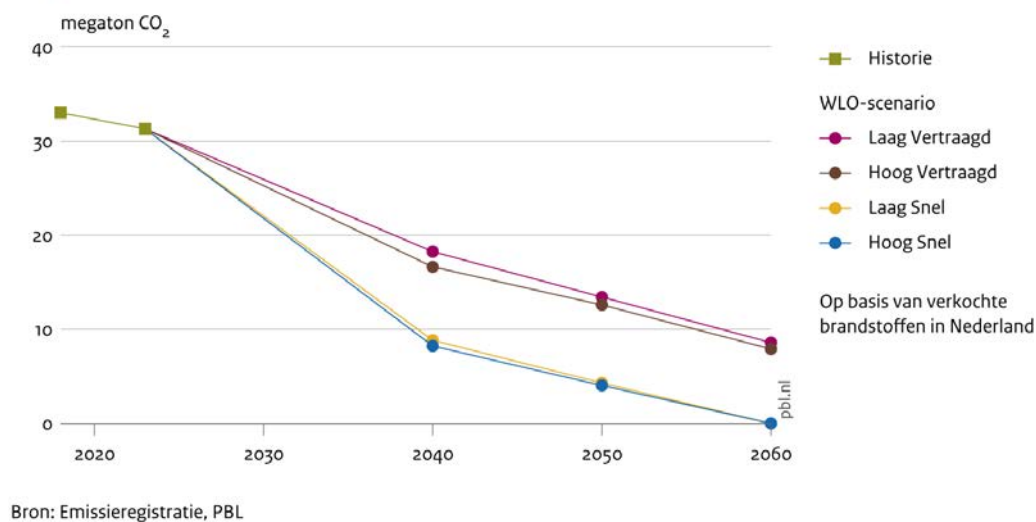
De CO₂-uitstoot die voortvloeit uit de in Nederland gebunkerde brandstoffen daalt in alle scenario's relatief snel, in lijn met de dalende bunkering van fossiele brandstoffen (figuur 7.8). In de scenario's met een vertraagde klimaattransitie halveert de uitstoot grofweg tussen 2018 en 2040 en ligt die in 2060 ongeveer op een kwart van het niveau in 2018. In de scenario's met een snelle klimaattransitie halveert de uitstoot grofweg tot 2040 en is de zeevaart in 2060 volledig klimaatneutraal.

Uitstoot van luchtverontreinigende stoffen neemt ook snel af

De uitstoot van NO_x en PM_{2,5} door de zeevaart daalt ook sterk tot 2040 (zie figuur 7.9). De NO_x-uitstoot ligt in 2040 ongeveer 45 tot 50 procent lager dan in 2018, waarbij de daling het hardst gaat in de lage scenario's. De PM_{2,5}-uitstoot ligt in 2040 circa 40 tot 50 procent lager dan in 2018. Hier is de daling het grootst in de scenario's met een snelle klimaattransitie.

²⁴ Indirect gebruikt de zeevaart relatief veel elektriciteit in de vorm van de synthetische brandstoffen die via groene waterstof uit hernieuwbare elektriciteit worden gemaakt.

Figuur 7.8
CO₂-emissie van zeevaart



De emissiecijfers voor NO_x en PM_{2,5} hebben betrekking op de uitstoot op Nederlands grondgebied, inclusief het Nederlandse deel van de Noordzee (het Nederlands Continentaal Plat), en zijn dus niet direct gerelateerd aan de ramingen van de bunkervraag.

De afname van de uitstoot van NO_x en PM_{2,5} is het gevolg van drie factoren:

1. het afnemende energiegebruik van de zeevaart; dit komt voort uit de snelle verbetering van de energie-efficiëntie van het vervoer die hiervoor is toegelicht;
2. het toenemende aantal schepen dat aan de strenge Tier-III emissienormen van de IMO moet voldoen voor NO_x;
3. het toenemende gebruik van hernieuwbare brandstoffen.

De IMO heeft op de Noordzee een zogeheten emissiecontrolegebied voor stikstofoxiden ingesteld (kortweg NECA, *Nitrogen Emission Control Area*). Hierdoor moeten schepen die vanaf 2021 zijn gebouwd²⁵, op de Noordzee aan de Tier III-emissienormen voldoen (daarbuiten mag hun uitstoot hoger zijn). Deze normen schrijven een reductie van de NO_x-uitstoot van 70 procent voor in vergelijking met de Tier-II normen en vereisen daarmee het gebruik van katalysatoren aan boord van de schepen. Naarmate er meer schepen van na 2021 in de vloot komen, neemt de NO_x-uitstoot per kilometer van de vloot verder af. De aannames over de groei van het aantal Tier-III schepen op de Nederlandse wateren zijn ontleend aan de ERL 2025 (PBL & RIVM 2025) en variëren niet tussen de vier WLO-scenario's.

Het gebruik van hernieuwbare brandstoffen in de zeevaart leidt tot lagere PM_{2,5}-emissies vanwege de schonere samenstelling van die brandstoffen in vergelijking met fossiele stookolie of scheepsdiesels (EMSA 2022 & Geilenkirchen et al. 2024). De mate waarin is onzeker omdat

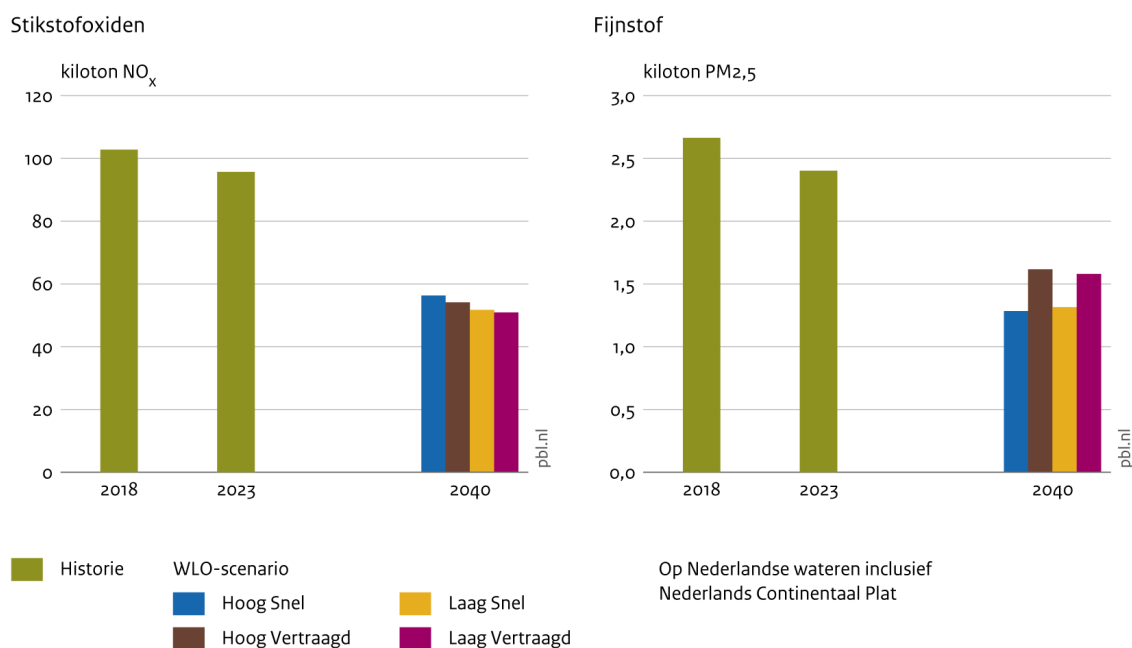
²⁵ De kiellegdatum is hiervoor leidend, ofwel het moment waarop de bouw van het schip officieel wordt gestart met het plaatsen van de kiel op de scheepswerf.

metingen tot op heden beperkt zijn. We nemen op basis van hiervoor genoemde literatuur aan dat gebruik van biobrandstoffen resulteert in 40 procent lagere PM_{2,5}-emissies (ten opzichte van de fossiele baseline uit de ERL 2025) en gebruik van RFNBO's leidt tot 60 procent lagere PM_{2,5}-emissies. Dit verklaart waarom de PM_{2,5}-emissies het snelst dalen in de scenario's met een snelle klimaattransitie, waarin het gebruik van RFNBO's het snelst toeneemt.

De NO_x-emissies van Tier-III schepen veranderen waarschijnlijk niet noemenswaardig bij gebruik van hernieuwbare brandstoffen (Geilenkirchen et al. 2024). De verschillen in de geraamde NO_x-emissies in 2040 tussen de vier scenario's zijn het gevolg van verschillen in het geraamde energiegebruik.

Figuur 7.9

Emissie stikstofoxiden en fijnstof van zeevaart op Nederlandse wateren



Bron: Emissieregistratie, PBL

7.4 Luchtvaart

7.4.1 Energiegebruik en CO₂-emissies

De CO₂-emissies van de luchtvaart worden toegewezen aan de uitstoot van uitgaande vluchten. Om dubbelstellingen te voorkomen, worden de emissies van terugvluchten toegewezen aan de landen waaruit deze vluchten vertrekken. Daarom wordt in de WLO gesproken over de uitstoot van commerciële vluchten die vanaf Nederlandse luchthavens vertrekken, op basis van de brandstofmix die in Nederland wordt getankt (zie figuur 7.10).

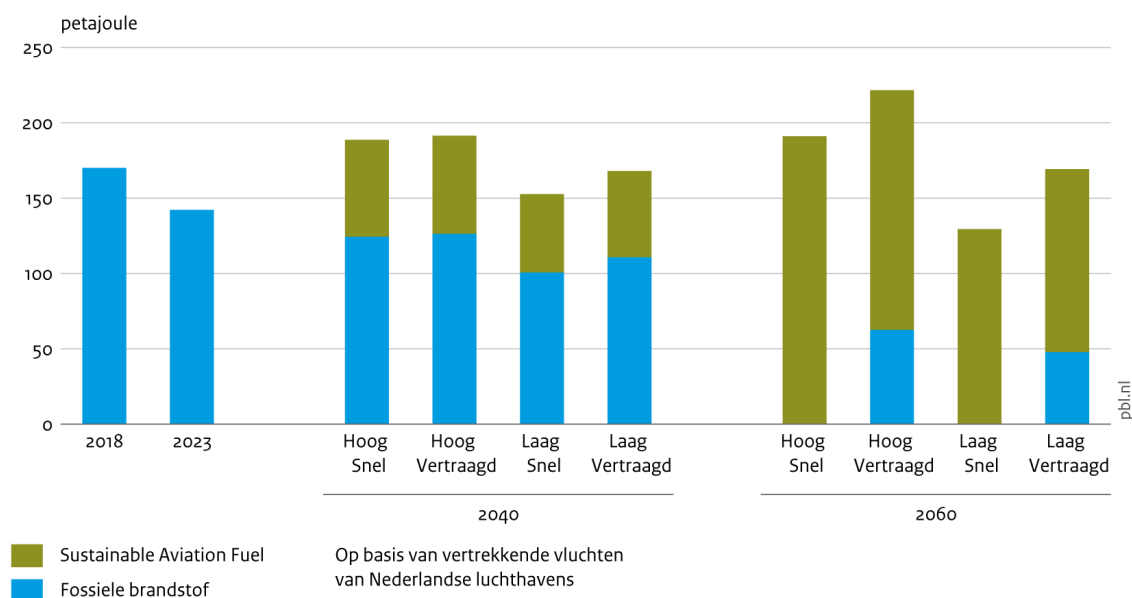
Drie factoren zijn het meest bepalend voor de emissies van vluchten vanuit Nederland:

1. het vervoersvolume, in het bijzonder het aantal gevlogen passagierskilometers of stoelkilometers;
2. de netto koolstofintensiteit van brandstoffen en energiedragers;
3. de efficiëntie van vliegtuigen.

In de in de scenario's gepresenteerde ontwikkeling van de CO₂-emissies van de Nederlandse luchtvaart betreffen de netto koolstofintensiteit van brandstoffen en de efficiëntie van vliegtuigen aannames (zie figuur 7.11). Het vervoersvolume is het resultaat van modelmatige berekeningen met het AEOLUS-luchtvaartmodel. In de scenario's Laag Snel en Hoog Snel zijn de emissies in 2060 nul, omdat in deze scenario's tegen 2060 volledig op hernieuwbare brandstoffen wordt gevlogen.

Figuur 7.10

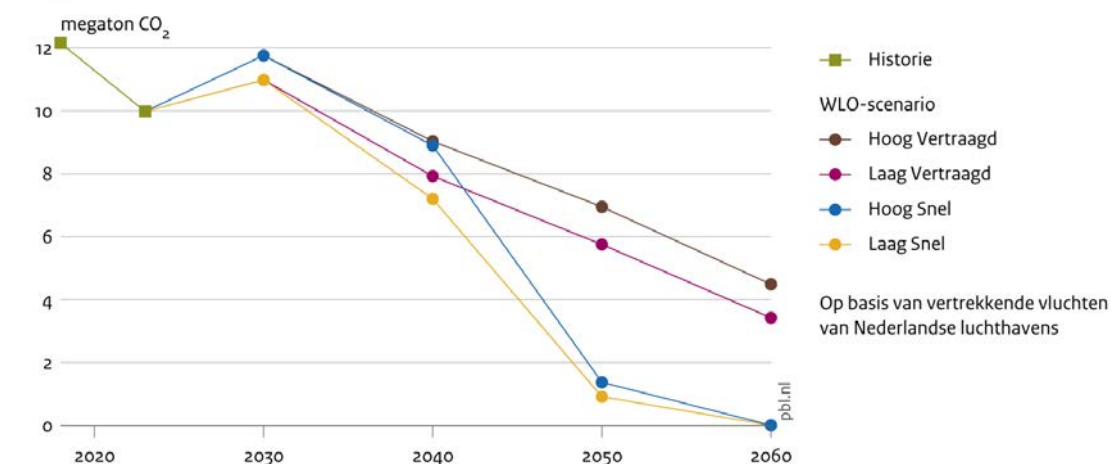
Energievraag per energiedrager van luchtvaart volgens WLO-scenario's



Bron: Emissieregistratie, PBL/Significance

Figuur 7.11

CO₂-emissie van luchtvaart



Bron: Emissieregistratie, PBL/Significance

Na 2050 is het tempo van de emissiereductie lager dan daarvoor, omdat het bijmengpercentage van hernieuwbare brandstoffen tot 2050 sneller stijgt dan daarna. De aannames achter de scenario's Laag Vertraagd en Hoog Vertraagd gaan pas in 2075 uit van een volledige klimaattransitie van brandstoffen. Daarom worden de emissies in deze scenario's in 2060 niet volledig teruggebracht tot nul.

7.4.2 Lokale emissies van NO_x en fijnstof

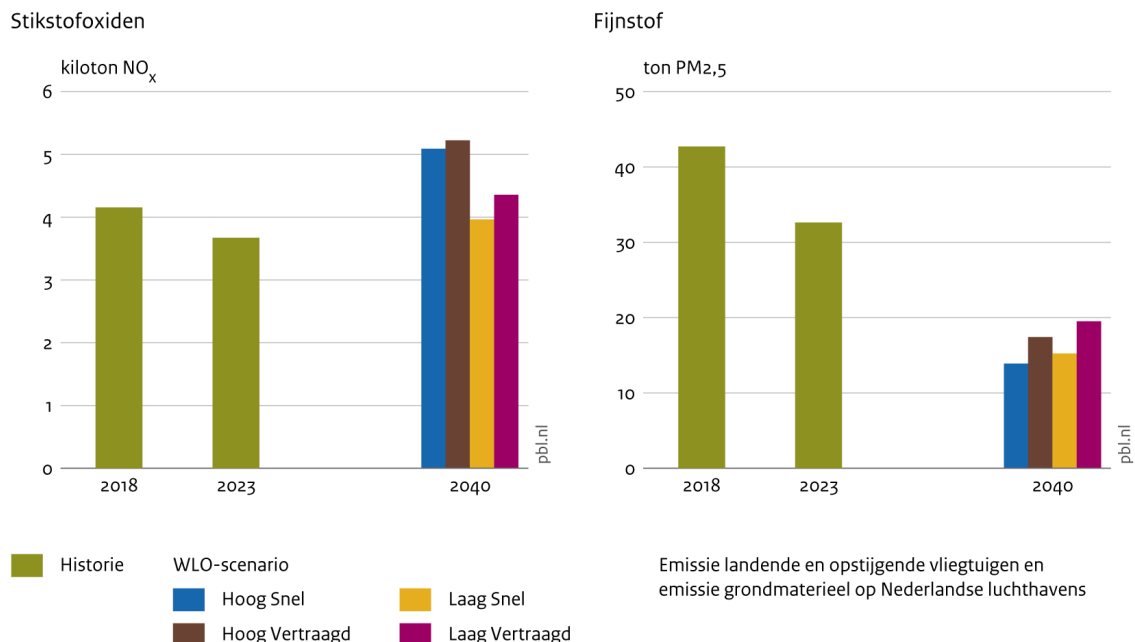
De luchtvaart veroorzaakt lokale luchtverontreiniging door de uitstoot van NO_x en fijnstof (PM_{2,5}). In de WLO beschouwen wij de lokale emissies van deze stoffen in Nederland tot een hoogte van 3000 voet door landen en opstijgen (LTO) van de vliegtuigen en door grondmaterieel op de luchthavens.

De NO_x-emissies nemen toe richting 2040, doordat het aantal vluchten vanuit Nederland toeneemt en er met grotere vliegtuigen wordt gevlogen (zie figuur 7.12). De emissies per kilometer zijn verondersteld hetzelfde te zijn bij SAF als bij fossiele kerosine, aangezien er geen duidelijke reductie in NO_x-emissies is gevonden voor duurzame kerosinevarianten (Braun-Unkhoff et al. 2017).

De lokale fijnstofemissie (PM_{2,5}) van de Nederlandse luchtvaart is beperkt en neemt af richting 2040 (zie figuur 7.12). De LTO-emissies worden lager door de efficiëntieverbetering van motoren en door de inzet van hernieuwbare kerosine, die een lagere uitstoot van fijnstof laat zien dan fossiele kerosine (Lobo et al. 2011, Schripp et al. 2018). Richting 2040 is het grootste deel van de fijnstofemissie afkomstig van de banden- en remslijtage.

Figuur 7.12

Emissie stikstofoxiden en fijnstof van luchtvaart



Bron: Emissieregistratie, PBL/Significance

7.4.3 Klimaateffecten emissie andere stoffen

Naast CO₂ stoot de luchtvaart andere stoffen uit die een impact kunnen hebben op de opwarming van de aarde. Hierbij gaat het om NO_x, fijnstof, water(damp) en sulfaat die op grote hoogte in de

atmosfeer een thermisch effect hebben. De klimaateffecten van deze emissies zijn lastig te vergelijken met die van CO₂, omdat de levensduur van deze stoffen over het algemeen veel korter is (Lee et al. 2021).

- NO_x-emissies verhogen de concentratie van het broeikasgas ozon in de atmosfeer, en verminderen de concentratie van het broeikasgas methaan (die zelf de concentratie van ozon en water vergroot). Over het geheel genomen heeft op dit moment de toevoeging van NO_x aan de atmosfeer een versterkend broeikaseffect, dat sterk afhankelijk is van achtergrondconcentraties van andere stoffen.
- Fijnstof zorgt in combinatie met waterdamp voor de vorming van condenssporen (contrails) die vervolgens de vorming van cirruswolken stimuleren. Cirruswolken hebben een versterkend broeikaseffect. Over het algemeen zorgen water en fijnstof op dit moment samen voor een versterkend broeikaseffect, maar de onzekerheid rond dit effect is groot.
- Water heeft afzonderlijk ook nog een broeikaseffect: water absorbeert (door de aarde uitgezonden langgolvlige) straling en heeft daardoor een versterkend broeikaseffect. Luchtvaart zorgt voor een toename van de waterinhoud in de stratosfeer.
- Fijnstof en zwavel hebben afzonderlijk ook nog een broeikaseffect: zij vormen aerosolen die straling weerkaatsen, maar doen dit zowel naar boven als naar beneden waardoor het effect zowel versterkend als verminderend is. Fijnstof lijkt netto een (licht) positief broeikaseffect te hebben en zwavel een negatief broeikaseffect.

In de WLO kwantificeren we de globale emissies van NO_x, fijnstof, water(damp) en sulfaat als gevolg van de Nederlandse luchtvaart niet. De uitstoot van NO_x door de luchtvaart kan toenemen door de inzet van nieuwe vliegtuigen en een groter aantal vliegbewegingen. De fijnstofuitstoot neemt juist af door schonere motoren en de inzet van SAF. De lagere fijnstofuitstoot kan de vorming van contrails en cirruswolken doen afnemen, waardoor het broeikaseffect kan worden beperkt (Voigt et al. 2021).

7.5 De modaliteiten vergeleken

De ontwikkeling van de emissies richting 2040 en 2060 verschilt per modaliteit. In de figuren 7.13 tot en met 7.15 staat de ontwikkeling van de emissies van CO₂, NO_x en PM_{2,5} weergegeven voor wegverkeer, binnenvaart, zeevaart en luchtvaart. De emissies zijn steeds weergegeven voor scenario's Hoog Snel en Laag Vertraagd, ten opzichte van het niveau in 2018.

De CO₂-emissies van wegverkeer dalen het snelst richting 2060, die van luchtvaart het minst snel (zie figuur 7.13). Vooral in scenario Hoog Snel zijn de luchtvaartemissies in 2040 nog veel minder gedaald dan die van de andere modaliteiten. Dit komt doordat het bijmengpercentage van SAF ook in de scenario's met een snelle klimaattransitie in 2040 op het niveau ligt dat door ReFuel EU Aviation wordt voorgeschreven (34 procent). Dit ligt lager dan het bijmengpercentage van wegverkeer en scheepvaart op dat moment.

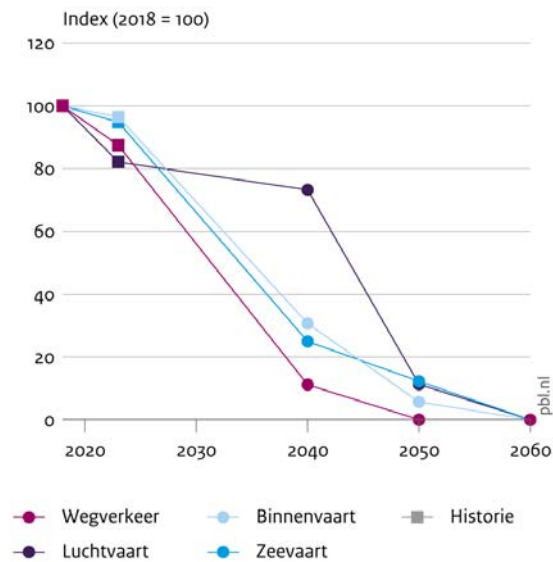
De NO_x-emissies van wegverkeer en scheepvaart dalen richting 2040, onder andere door de inzet van hernieuwbare energiedragers en door normen die de uitstoot van nieuwe voertuigen beperken. Bij luchtvaart nemen de NO_x-emissies juist toe vanwege een groter aantal vluchten, terwijl de NO_x-uitstoot als gevolg van het toepassen van nieuwe motoren en de inzet van SAF niet daalt.

De ontwikkeling van PM_{2,5}-emissies verschilt minder tussen de modaliteiten dan die van CO₂- en NO_x-uitstoot. De emissies voor de zeevaart dalen het minst snel van alle modaliteiten.

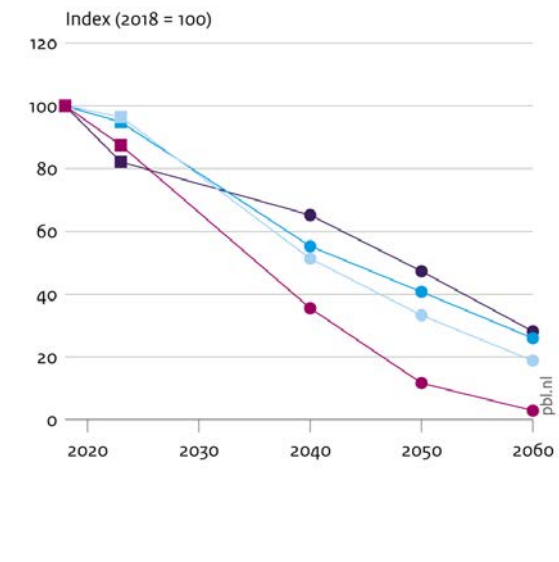
Figuur 7.13

CO₂-emissie per modaliteit

WLO-scenario Hoog Snel



WLO-scenario Laag Vertraagd

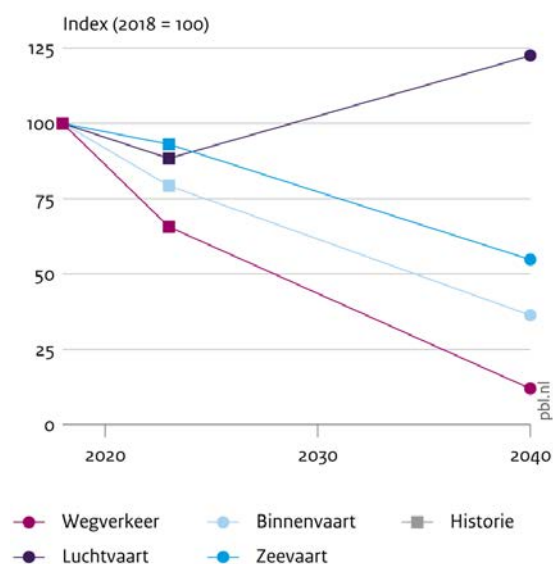


Bron: Emissieregistratie, PBL/Revnext, PBL/Significance

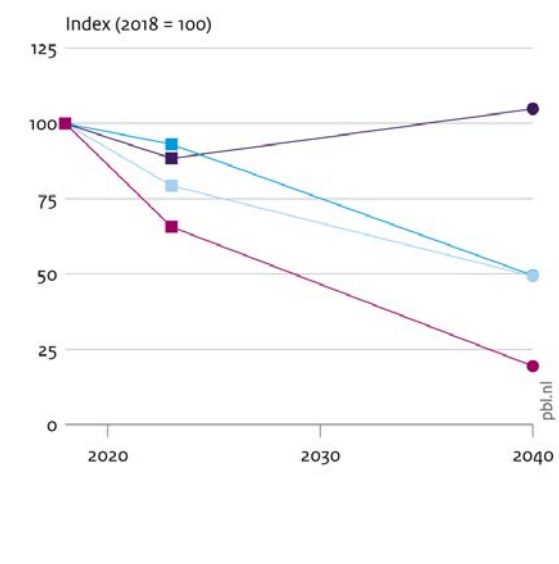
Figuur 7.14

NO_x-emissie per modaliteit

WLO-scenario Hoog Snel



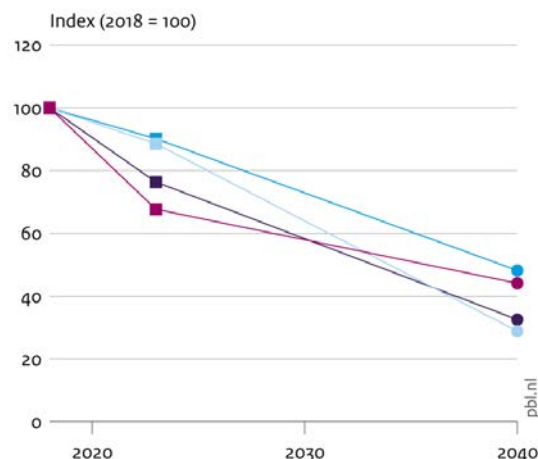
WLO-scenario Laag Vertraagd



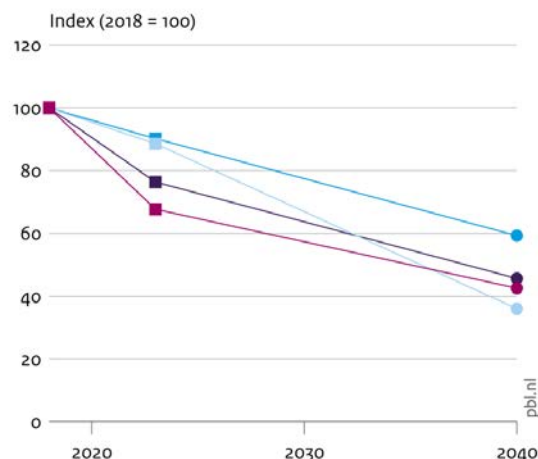
Bron: Emissieregistratie, PBL/Revnext, PBL/Significance

Figuur 7.15
PM_{2,5}-emissie per modaliteit

WLO-scenario Hoog Snel



WLO-scenario Laag Vertraagd



— Wegverkeer — Binnenvaart — Historie
— Luchtvaart — Zeevaart

Bron: Emissieregistratie, PBL/Revnext, PBL/Significance

7.6 Vergelijking met de vorige WLO

In de WLO 2015 zijn voor wegverkeer en luchtvaart ook ontwikkelingen in het energiegebruik en de CO₂-uitstoot weergegeven. De resultaten voor wegverkeer zijn in Van Meerkerk et al. (2020) nog geactualiseerd. Scheepvaart maakte geen deel uit van de vorige WLO.

Voor wegverkeer liggen de emissies per kilometer in de WLO 2025 lager dan in de WLO 2015 en de actualisatie van 2020. Dit komt doordat in de huidige WLO een groter aandeel van de kilometers met een elektrisch voertuig wordt gereden en de bijmenging van biobrandstoffen ook groter is.

Wat betreft de toekomstige emissies van de Nederlandse luchtvaart is er een groot verschil met de WLO 2015. In de WLO 2015 daalden de emissies nauwelijks ten opzichte van het basisjaar. In de huidige WLO zien we de emissies wel significant dalen, in de scenario's met een snelle klimaattransitie zelfs naar nul. Dit verschil wordt voornamelijk veroorzaakt door het nieuwe ReFuelEU-beleid, dat verplichte bijmengpercentages voor duurzame brandstoffen vaststelt. Ook de hogere CO₂-prijzen in deze WLO spelen een rol. In de WLO 2015 was het klimaatbeleid zeer beperkt, in tegenstelling tot in deze WLO.

8 Verkeersveiligheid

De manier waarop de mobiliteit zich in de toekomst zal ontwikkelen heeft ook invloed op de verkeersveiligheid, waarbij het aantal verkeersdoden en ernstig verkeersgewonden als belangrijkste indicatoren worden gezien. Elke vorm van mobiliteit kent een bepaald risico om te overlijden of ernstig gewond te raken, dat achteraf kan worden vastgesteld door het aantal ernstige verkeersslachtoffers te delen door de (schatting van de) totale mobiliteit. Het risico om te overlijden of ernstig gewond te raken in het verkeer verschilt sterk tussen verschillende vervoerswijzen en leeftijdsgroepen. Zo is het openbaar vervoer het veiligste. Kilometers op gemotoriseerde tweewielers (motor-, brom-, snorfiets) zijn het gevaarlijkst en ouderen lopen vanwege een hogere fysieke kwetsbaarheid meer risico op overlijden of ernstig letsel dan jongeren.

In dit hoofdstuk bespreken we de prognose van de hoeveelheid ernstige verkeersslachtoffers op basis van de mobiliteitsprognoses uit dit cahier. Een uitgebreide verantwoording en meer gedetailleerde resultaten zijn beschikbaar in het SWOV-achtergrondrapport (Oude Mulders, De Winkel & Bijleveld 2025).

Methode

De prognose van het aantal ernstige verkeersslachtoffers in de toekomst is gemaakt met een tijdreeks-regressiemodel dat bij SWOV is ontwikkeld, gebaseerd op gegeneraliseerde tijdreeks-regressiemodellen (Durbin & Koopman 2012; Helske 2017). In de kern bestaat de prognose uit een extrapolatie van historische risicogegevens die worden vermenigvuldigd met de geprognosticeerde toekomstige mobiliteit.

Een belangrijk kenmerk van het gebruikte model is dat afzonderlijke prognoses worden gemaakt voor combinaties van vervoerswijze, leeftijdscategorie en geslacht. Voor elke subgroep worden historische risicogegevens vastgesteld (op basis van geobserveerde aantallen slachtoffers en mobiliteit), en vervolgens vermenigvuldigd met de mobiliteitsprognoses voor die specifieke groep. Zo houden we rekening met verschillen in de historische risico-ontwikkeling van verschillende specifieke subgroepen (zoals jonge automobilisten of oudere fietsers) en met de verschillen in mobiliteit (zowel de hoeveelheid mobiliteit als de vormen van mobiliteit) in de verschillende WLO-scenario's. Voor vervoerswijzen die we ten aanzien van verkeersveiligheid onderscheiden, maar waarvan geen specifieke mobiliteitsgegevens of -scenario's bekend zijn (zoals de gemotoriseerde tweewielers (motor-, brom- en snorfiets) en scootmobielen) werken we met de historische ontwikkeling in mortaliteit en morbiditeit (het aantal verkeersdoden/ernstig verkeersgewonden gerelateerd aan bevolkingsomvang) in plaats van risico-ontwikkelingen.

Voor verkeersdoden werken we met de volgende vervoerswijzen: auto, fiets, gemotoriseerde tweewielers (motor-, brom- en snorfiets), gemotoriseerde invalidervoertuigen (scootmobiel), voetganger, bestelauto (of bestelbusje), en een categorie 'overige' (bijvoorbeeld vrachtwagen-inzittenden). Voor ernstig verkeersgewonden werken we met dezelfde vervoerswijzen, alleen de scootmobiel kan hier niet op betrouwbare wijze worden onderscheiden van categorie 'overige'. Wat betreft leeftijd onderscheiden we drie grote groepen: 0 – 29 jaar; 30 – 59 jaar; 60+ jaar. Verkeersdoden worden afgerond op tientallen; ernstig verkeersgewonden op honderdtallen.

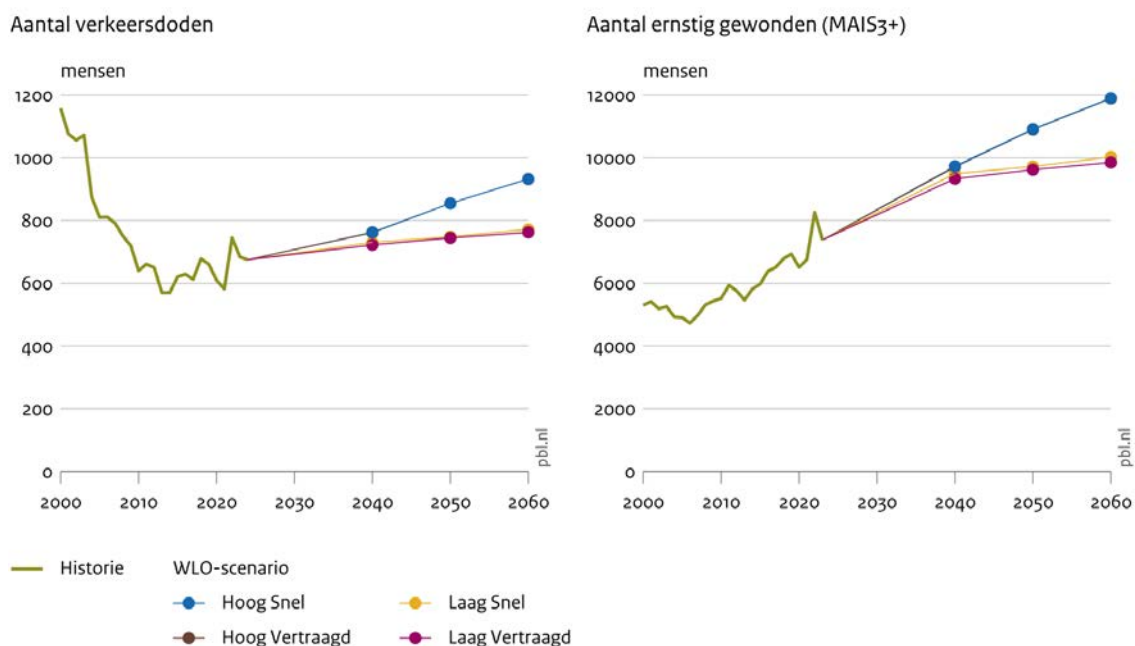
De historische risicogegevens worden geëxtrapoleerd tot en met zichtjaar 2040 en daarna constant gehouden tot en met zichtjaar 2060. Dit doen we omdat in het verleden is gebleken dat

trendmatige extrapolatie van risicogegevens een goed beeld kan geven van de ontwikkeling van risico's in de komende pakweg vijftien à twintig jaar. Doordat bij risico-extrapolatie stijgende risico's blijven doorstijgen tot onrealistisch geachte niveaus op de langere termijn, houden we de risico's vanaf 2040 constant en zijn alleen de veranderende mobiliteitsprognoses in 2050 en 2060 van invloed op de prognoses. De prognoses voor 2050 en 2060 moeten daarom vooral als indicatief worden gezien en zijn met veel onzekerheid omgeven.

Resultaten

In alle scenario's is er sprake van een stijgend aantal verkeersdoden ten opzichte van het heden (zie figuur 8.1). Voor 2040 zijn de risico's voor subgroepen geëxtrapolerd op basis van de trend van de laatste jaren. De prognoses voor 2040 komen uit op 720 verkeersdoden (Laag Vertraagd) en 760 verkeersdoden (Hoog Snel en Hoog Vertraagd). De prognoses voor 2060 zijn, zoals hierboven vermeld, alleen gebaseerd op veranderingen in mobiliteit; het risico wordt constant gehouden op het niveau van 2040. Met die aanname blijft het aantal verkeersdoden in de scenario's Hoog op eenzelfde manier doorstijgen, naar 850 verkeersdoden in 2050 en 930 verkeersdoden in 2060. In Laag Vertraagd, het scenario met de minste verkeersdoden, is er vanaf 2040 een kleine stijging naar 740 verkeersdoden in 2050 en 760 verkeersdoden in 2060.

Figuur 8.1
Verkeersonveiligheid



Bron: SWOV

Het aantal ernstig verkeersgewonden toont vanaf het begin van de reeks in 1996 een stijgende trend. Deze zet door in alle scenario's (zie figuur 8.1). Het aantal ernstig verkeersgewonden stijgt in scenario Laag Vertraagd tot 9.300 in 2040. In de scenario's Hoog Snel en Hoog Vertraagd stijgt dit aantal tot 9.700. In de scenario's Hoog gaat de stijging in eenzelfde tempo verder, tot ongeveer 10.900 ernstig verkeersgewonden in 2050 en 11.900 in 2060. In de scenario's Laag vlakt de stijgende trend iets af, maar blijft het aantal verkeersgewonden stijgen doordat de mobiliteit iets doorgroeit. In scenario Laag Vertraagd stijgt het aantal ernstig verkeersgewonden tot 9.600 in 2050 en 9.800 in 2060.

De aantallen verkeersdoden en ernstig verkeersgewonden stijgen naar 2040 vooral onder groepen die in recente jaren al een zorgelijke ontwikkeling vertoonden: fietsers en ouderen. Het aantal verkeersslachtoffers onder ouderen neemt sterk toe, vooral doordat Nederland vergrijst en er simpelweg meer ouderen zijn die ook actief blijven. De aantal verkeersdoden én verkeersgewonden stijgen sterk onder fietsers, in ongevallen met en zonder betrokkenheid van een motorvoertuig. Het aantal doden onder auto-inzittenden daalt bij enkelvoudige ongevallen, maar neemt toe bij meervoudige ongevallen. Ook het aantal doden op de scooter zal naar verwachting behoorlijk stijgen doordat bij een meer vergrijste bevolking er veel meer mensen gebruikmaken van dit vervoersmiddel. Onder bestuurders van gemotoriseerde tweewielers en onder voetgangers dalen aantallen doden en ernstig gewonden juist. Het aantal doden in (personen)auto's blijft in de scenario's ongeveer gelijk aan dat in het heden; het aantal ernstig gewonden in (personen)auto's zal naar verwachting licht groeien. De volledige SWOV-prognose bevat ook een prognose voor een lichtere categorie gewonden (zogenaamd 'matig verkeersgewonden') en een uitgebreide bespreking van de uitsplitsingen naar vervoerswijze en leeftijdscategorieën (Oude Mulders et al. 2025).

De rol van voertuigautomatisering

De introductie van allerlei rijhulpsystemen in auto's is al enkele decennia gaande. Deze waren in eerste instantie vooral gericht op de veiligheid van inzittenden van de auto. Meer recent en idealiter ook in de toekomst zijn ze ook gericht op het voorkomen van conflicten met kwetsbare weggebruikers. Dit is mogelijk met bijvoorbeeld automatische remhulpsystemen (*Autonomous Emergency Braking* (AEB)).

Sommige reeds geïntroduceerde rijhulpsystemen, zoals die voor waarschuwing bij een naderende botsing (*Forward Collision Warning* (FCW)), autonoom noodremmen (*Autonomous Emergency Braking* (AEB)) en vermoeidheids- en afleidingsherkenning (*Driver Monitoring Systems* (DMS)) hebben de veiligheid duidelijk vergroot, al is het moeilijk effecten precies vast te stellen vanwege ontbrekende data. De combinatie van meerdere systemen heeft niet altijd een extra effect en sommige rijhulpsystemen, zoals *Adaptive Cruise Control* (ACC), tonen inconsistente of zelfs licht negatieve effecten op verkeersveiligheid (De Winkel 2024). Aangezien in de gebruikte methode historische risico-gegevens worden geëxtrapoleerd naar de toekomst, zitten deze effecten in de prognoses verwerkt. Hierbij wordt dus een grofweg even groot effect op toekomstige risicocijfers verondersteld als in recente jaren is vastgesteld.

Hoewel rijhulpsystemen de mate van verkeersveiligheid vergaand kunnen gaan beïnvloeden, is er veel onzekerheid over wanneer ze op de markt komen, over de exacte effecten voor met name kwetsbare verkeersdeelnemers (fietsers en voetgangers) en over de vraag in hoeverre er nieuwe veiligheidsrisico's kunnen ontstaan. Daarom kon dit niet meegenomen worden in de ramingen. We verwijzen hiervoor naar het SWOV-achtergrondrapport over de mogelijke rol van voertuigautomatisering in de toekomst (Oude Mulders et al. 2025).

Referenties

- Ahmed, A., & Stopher, P. (2014). Seventy Minutes Plus or Minus 10 — A Review of Travel Time Budget Studies. *Transport Reviews*, 34(5), 607-625.
- Amador, J., & Cabral, S. (2016). Global value chains: A survey of drivers and measures. *Journal of Economic Surveys*, 30(2), 278-301.
- Bastiaanssen, J. en M. Breedijk (2022). Toegang voor iedereen? Een analyse van de (on)bereikbaarheid van voorzieningen en banen in Nederland. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Bastiaanssen, J. en M. Breedijk (2024). Beter bereikbaar? Veranderingen in de toegang tot voorzieningen en banen in Nederland tussen 2012 en 2022. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Braun-Unkloff, M., U. Riedel & C. Wahl (2017), About the emissions of alternative jet fuels, *CEAS Aeronaut J*, 8, pp. 167-180.
- CEPII (2022) EconMap 3.1 (update May 2022) [Dataset]. Opgehaald van http://www.cepii.fr/CEPII/en/bdd_modele/bdd_modele_item.asp?id=11.
- De Ceuster, G., Breemers, T., Van Herbruggen, B., Verweij, K., Davydenko, I., Klingender, M., Jacob, B., Arki, H. & Bereni, M. (2008). Effects of adapting the rules on weights and dimensions of heavy commercial vehicles as established within Directive 96/53/EC.
- De Craen, S., Bijleveld, F.D., Bos, N.M., Van den Broek, L.J., Dijkstra, A., Eenink, R.G., & Weijermars, W.A.M. (2022). Halvering verkeersslachtoffers in 2030? Doorrekening van aanvullende maatregelen. R-2022-8A. SWOV, Den Haag.
- CROW (2025) Staat van de deelmobiliteit 2024 - Ontwikkeling naar een volwassen markt, Ede: <https://www.crow.nl/kennisproducten/staat-van-de-deelmobiliteit-2024/>
- CPB & PBL (2015), Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving. Cahier Demografie, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving/Centraal Planbureau.
- CPB & PBL (2015b), Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving. Cahier Mobiliteit. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving
- Daniëls B., Strengers, B. (2024) Trajectverkenning Klimaatneutraal 2050: Trajecten naar een klimaatneutrale samenleving voor Nederland in 2050, PBL Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag, 24 april 2024 (update 28 juni 2024), PBL-publicatienummer: 5093
- Davydenko, I. (2015). Logistics chains in freight transport modelling. TRAIL.
- Davydenko, I., Hilbers, H., & de Wilde, H. Klimaatneutrale luchtvaart in 2050, PBL 2024
- Deltares & KNMI (2015a), Wat betekenen de nieuwe klimaatscenario's voor de rivierafvoeren van Rijn en Maas? Delft: Deltares
- Deltares & KNMI (2015b), Implications of the KNMI'14 climate scenarios for the discharge of the Rhine and Meuse. Delft: Deltares
- Deltares (2024), Hoe verandert het afvoerregime van de Rijn in de toekomst, en welke impact heeft dit op zoetwaterbeschikbaarheid, waterveiligheid, natuur en bevaarbaarheid?, Delft, Deltares.
- Denkwerk (2023), Migratie als motor. Hoe Nederland migratie kan inzetten als drijvende kracht, juni 2023

- Durbin, J. & Koopman, S.J. (2012). Time series analysis by state space methods. Second edition, Oxford University Press.
- Eck, van, Kouwenhoven, M, Kuhlman, W. (2025), Instellingen WLO 2025 doorrekeningen met AEOLUS, Memo 24033-Mo1, Significance
- EMSA (2022a), Update on potential of biofuels in shipping, Lisbon: European Maritime Safety Agency.
- EMSA (2022b), Update on potential of ammonia as fuel in shipping, Lisbon: European Maritime Safety Agency.
- EUROSTAT (2023) 'Population projections in the EU – methodology';
- Freeman, S., D. S. Lee, L. L. Lim, A. Skowron & R. R. De León, Trading off Aircraft Fuel Burn and NOx Emissions for Optimal Climate Policy, *Environmental Science & Technology*, 52(5), pp. 2498-2505
- Geilenkirchen, G., K. Geurs, H. Essen, A. Schroten & B. Boon (2010), Effecten van prijsbeleid in verkeer en vervoer, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving
- Geilenkirchen, G.P., J. Harmsen, R. Verbeek, J. Faber & E. van Toorn (2024), Klimaatneutrale zeescheepvaart in 2050. Een verkenning van beelden en paden daar naartoe, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving, TNO & CE Delft.
- Goudappel & IPSOS I&O (2025), Landelijk Reizigersonderzoek 2024
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2025/02/17/landelijk-reizigersonderzoek-2024>
- Grewe, V., Gangoli Rao, A., Grönstedt, T., Xisto, C., Linke, F., Melkert, J., ... & Dahlmann, K. (2021). Evaluating the climate impact of aviation emission scenarios towards the Paris agreement including COVID-19 effects. *Nature Communications*, 12(1), 3841.
- Helske, J. (2017). KFAS: Exponential family state space models in R. In: *Journal of Statistical Software, Articles*, vol. 78, nr. 10, p. 1–39.
- van Hinsberg, A., Vonk, M., Hellegers, M., van der Esch, S. (2024). Verkenning van de lange termijn externe invloeden op landbouw en natuur in Nederland. Planbureau voor de Leefomgeving PBL.
- Hupkes, G. (1982). The law of constant travel time and trip-rates. *Futures*, 14(1), 38-46.
- ICBR (2019), Laagwatermonitoring aan de Rijn en in het Rijnstroomgebied. Koblenz: Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn.
- IenW (2024) Stand van zaken voertuigautomatisering. Kamerbrief 10 december 2024
- Ivanova, O., Kancs, D. A., & Thissen, M. (2019). Regional trade flows and input output data for Europe (No. 06/2019). EERI Research Paper Series.
- Jorritsma, P., Arendsen, K., Faber, R. (2023), Autoluw beleid gemeenten, Doelen, effecten en rollen, Achtergrondrapport. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).
- Kiel, J. (2025), Modelleringsbuisleiding voor de energietransitie: Verkenning van uitdagingen en onzekerheden, Panteia
- Krabbenborg, L., Durand, A. (2024), Betaalbare mobiliteit?, Een verkenning van prijzen van mobiliteit, huishouduitgaven aan vervoer, en betaalbaarheidsproblemen, Achtergrondrapport. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).
- Kubatko, O., Kuzior, A., Kovalov, B., Rekunenko, I., Stepanenko, Y., & Sulym, V. (2024). Economic, institutional and environmental drivers of Foreign Trade. *International Journal of Environment and Sustainable Development*, 23(4), 480-499.

- Lee et al. (2021). The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. *Atmospheric Environment*, 244.
- Li, W., Long, R., Chen, H., & Geng, J. (2017). A review of factors influencing consumer intentions to adopt battery electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 318-328.
- Lobo, P., D. E. Hagen & P. D. Whitefield (2011), Comparison of PM Emissions from a Commercial Jet Engine Burning Conventional, Biomass, and Fischer-Tropsch Fuels, *Environmental Science & Technology*, 45(24), 10744-10749.
- Meerkerk, J., Verbeek M. & Blomjous, D. (2024) *Klimaatneutraal wegverkeer in 2050. Een verkenning van eindbeelden en paden daar naartoe*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- MuConsult (2025) *Relevante differentiaties naar tijd*
- Oude Mulders, J., Winkel, K.N. de & Bijleveld, F. (2025). *Verkeersveiligheidsprognoses 2040-2060; Achtergronden bij de prognoses in de toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving. R-2025-6. SWOV*, Den Haag.
- Parkerenindestad (2023) *Extreme Stijging Nederlandse Parkeertarieven*.
<https://www.parkerenindestad.nl/persbericht-parkeeronderzoek2023.pdf>
- PBL (2013), *Vergrijzing en ruimte: gevolgen voor de woningmarkt, vrijetijdsbesteding, mobiliteit en regionale economie*, Den Haag: PBL
- PBL & RIVM (2025), *Emissieramingen luchtverontreinigende stoffen 2025. Rapportage bij de Klimaat- en Energieverkenning 2024*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL (2025a) *Toekomstverkenning WLO: Vier scenario's voor Nederland in 2040, 2050 en 2060*. Den Haag: PBL.
- PBL (2025b), *Toekomstverkenning WLO: Cahier Demografie*. Den Haag: PBL.
- PBL (2025c), *Toekomstverkenning WLO: Cahier Klimaat en Energie*. Den Haag: PBL.
- PBL (2025d), *Toekomstverkenning WLO: Cahier Regionale Ontwikkelingen en Ruimtegebruik*. Den Haag: PBL.
- PBL (2025e), *Toekomstverkenning WLO: Cahier Mobiliteit*. Den Haag: PBL.
- PBL (2025f), *Toekomstverkenning WLO: Achtergrondrapport Mobiliteit*. Den Haag: PBL.
- PBL(2025g), SPARK <https://www.pbl.nl/modellen/spark>
- PBL en CPB (2025), *Toekomstverkenning WLO: Cahier Economie*. Den Haag: PBL en CPB.
- Rasker et al (2023), *Vernieuwingsopgave Infrastructuur. Landelijk prognoserapport 2023*
- Revnex (2022), *Achtergrondrapport bestelautomodel Revnext*, Rotterdam: Revnext.
- Revnex (2023), *Achtergrondrapport vrachtautomodel Revnext*, Rotterdam: Revnext.
- Revnex en PBL (2025a), *Achtergrondrapport wagenparkanalyses personenauto's WLO 2025*.
- Revnex en PBL (2025b), *Achtergrondrapport wagenparkanalyses bestel- en vrachtauto's WLO 2025*.
- Rienstra (2022), *Nederlandse overheidsuitgaven en -inkomsten verkeer en vervoer*
- Ritsema van Eck, Hilbers & Blomjous (2020), *Actualisatie invoer mobiliteitsmodellen 2020*, Den Haag: PBL.
- Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of innovations*. New York: Free Press.
- Romijn, G., P. Verstraten, H. Hilbers & A. Brouwers (2016a), *Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving: Achtergronddocument Goederenvervoer en zeehavens*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving en Centraal Planbureau

- Rijkswaterstaat (2024) Verkeers- en vervoermodellen LMS en NRM.
<https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/open-data/modellen-en-applicaties/verkeers-en-vervoermodellen/jaarlijkse-prognoses/prognoses-maken/lms-en-nrm>
- Schripp et al. (2018), Impact of Alternative Jet Fuels on Engine Exhaust Composition During the 2015 ECLIF Ground-Based Measurements Campaign, *Environmental Science & Technology*, 52, 4969-4978,
- Significance (2025), WLO 2025 Achtergrondrapportage: Instellingen van het BasGoed-model voor doorrekeningen van goederenvervoersscenario's, Memo Mo3-2403, Significance
- Snelder et al, (2023) Automatisch rijden in de Welvaart en Leefomgeving Scenario's voor 2040 en 2060. Maaïke Snelder, Maarten 't Hoen, Koen de Clercq. Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 23 en 24 november 2023, Brussel
- Snelder, M., de Clercq, G.K., G. Homem de Almeida Correia, G., 't Hoen, M., Madadi, B., Martinez, I., Sharif Azadeh, S. & van Arem, B. (2025). Scenarios of automated driving based on a switchboard for driving forces - an application to the Netherlands. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 25(1), 24-44.
- TNO (2021), Transition to e-fuels: a strategy for the Harbour Industrial Cluster Rotterdam, TNO 2021 R12635, Den Haag: TNO.
- TNO (2022), Techno-economic uptake potential of zero-emission trucks in Europe. TNO 2022 R11862.
- TNO (2023b), The potential for e-fuels in heavy duty road transport in the Netherlands. TNO 2023 R10213.
- Traa, M., R. Verbeek, G. Geilenkirchen & J. Harmsen (2024), Klimaatneutrale binnenvaart in 2050. Een verkenning van beelden en paden daar naartoe, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- TU Delft (2023a) PBL - *Scenarios automated driving 2040/2060*. Maaïke Snelder, Koen de Clercq, Shadi Sharif Azadeh, Gonçalo Correia, Bart van Arem
- TU Delft (2023b) *Report on the Impacts of Vehicle Automation*. Gonçalo Correia, Irene Martinez, Bahman Madadi, Bart van Arem
- Voigt et al. (2021), Cleaner burning aviation fuels can reduce contrail cloudiness, *Comm. Earth & Environment*, 2(114).
- De Winkel, K.N. (2024). Veiligheidseffecten van geavanceerde rijhulpsystemen (ADAS). R-2024-16. SWOV, Den Haag.
- Yilmazkuday, Hakan. "Drivers of global trade: A product-Level Investigation." *International Economic Journal* 35.4 (2021): 469-485.
- Zijlstra, T., & Jonkeren, O. (2024). *De Vliegende Hollander 2024*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).

Bijlage 1: Dankwoord

Aan deze WLO is bijgedragen door vele verschillende mensen, vanuit ministeries, gemeenten, kennisinstellingen en adviesbureaus. Het projectteam is hen erkentelijk voor het meedenken en hun bijdragen tijdens het project. In het bijzonder willen we de leden van de stuurgroep WLO en de verschillende klankbordgroepen bedanken die hebben bijgedragen aan de totstandkoming van de nieuwe WLO.

WLO-cahier Mobiliteit

Klankbordgroep Personenmobiliteit:

Robert Cellissen (RWS), Bert van Laar (IenW), Camiel Schuijren (EZK/KGG), Dirk Schennink (IenW), Fabrice van Hoof (FIN), Freek Hofker (ProRail), Henk van Mourik (IenW), Jaap Oude Mulders (SWOV), Nick de Graaf (IenW), Paul van den Hoek (RWS), Rogier Tesson (FIN), Sjouke Wieringa (IMA), Will Clerx (Gemeente Rotterdam), Dick Bakker (qCast), Jonathan Rusch (EZK/KGG)

Klankbordgroep Goederenvervoer:

Gaston Tchang (Port of Amsterdam), Herman Wagter (Connekt), Monique van den Berg (RWS), Natasia de Gama (IenW), M. Schuylenburg (Port of Rotterdam), Camiel Schuijren (EZK/KGG), Erik Verroen (RWS) Ron Demmers (ProRail), Thijs van Es (ProRail), Michaël Hanssen (RWS), Twan van der Heijden (IenW), Henk van Mourik (IenW), Maarten van Kesteren (IenW), Jurgens van Heemst (IenW), Jos Holtus (IenW), Joël van der Beek (RWS), Natasia de Gama (IenW), Bart Wesseling (Significance), Gerbert Romijn (IenW), Olaf Jonkeren (IenW)

Klankbordgroep Luchtvaart:

Frank Hofman (RWS), Herman Wagter (Connekt), Youri Wijdeveld (FIN), Michel Rijgersberg (KLM), Thijs Boonekamp (Schiphol), Toon Zijlstra (IenW), Louis Leestemaker (IenW), Marlous Bakker (IenW).

WLO

Stuurgroep WLO:

André van Lammeren, Femke Verwest, Marjolijn van Asselt, Pieter Boot, Bram Bregman, Olav-Jan van Gerwen, Marc Hanou, Tejo Spit, Jaco Stremler, Martine Uytendijk en Rob Weterings (allen PBL)

Ambtelijke Klankbordgroep WLO:

Lilian van den Aarsen (voorzitter; staf Deltacommissaris), Bram van Dijk (EZK/KGG), Sjef Ederveen (EZK/KGG), Niek Hazendonk (LVVN), Yntze van der Hoek (LVVN), Clovis Hopman (EZK/KGG), Willemieke Hornis (VRO/BZK), Isabelle Jennekens (VRO/BZK), Olga van Kalles (LNV), Rutger Kaput (VRO/BZK), Steven Kroesberg (VRO/BZK), Micha Lubbers (LNV), Sam Peepkorn (FIN), Maarten Piek (VRO/BZK), Erik Schmieman (IenW), Marieke Spijkerboer (IenW), Boudewijn Steur (VRO/BZK), Wieke Tas (IenW), Taede Tillema (IenW), Erik Verroen (RWS), Dirk-Jan de Vries (IenW), Kimberly Wedage-Mol (EZK/KGG), Ellinore Wolterink (EZK/KGG), Paul van Zijl (LNV).

Kennisadviescommissie WLO:

Bas Arts (voorzitter; PBL), Martijn Blom (CE Delft), Prof. Machteld van den Broek (TU Delft), Sara Hardus (SCP), Prof. Carl Koopmans (VU; SEO), Gerbert Romijn (KiM), Jan Maarten van Sonsbeek (CPB), Prof. Bert van Wee (TU Delft), Patrick Witte (UU).

Bijlage 2: Tabellen met uitkomsten

Tabel B.1

Bevolking, economie en energieprijzen

Jaar	Scenario	Inwoners	Huishoudens	Werkzame personen	Bbp	Inkomen	Olieprijs
2018		100	100	100	100	100	100
2040	LS	107	107	105	114	106	92
2040	LV	107	107	105	114	106	92
2040	HS	117	124	116	153	127	77
2040	HV	117	124	116	153	127	77
2050	LS	106	106	106	120	107	91
2050	LV	106	106	106	120	107	92
2050	HS	122	132	123	188	149	73
2050	HV	122	132	123	188	149	74
2060	LS	104	105	106	126	113	88
2060	LV	104	105	106	126	113	97
2060	HS	128	139	131	230	173	72
2060	HV	128	139	131	230	173	76

Tabel B.2

Autobezit, autokosten en infra-aanbod

Jaar	Scenario	Beleid	Aantal personen- auto's	Energiekosten index	Capaciteit HWN	Capaciteit RWN	Treinen aanbod	Aanbod btm
2018			100	100	100	100	100	100
2040	LS	trendmatig	111	119	105	103	118	101
2040	LV	trendmatig	112	100	105	103	118	101
2040	HS	trendmatig	130	93	105	103	118	101
2040	HV	trendmatig	130	89	105	103	118	101
2050	LS	trendmatig	108	119	108	104	128	102
2050	LV	trendmatig	110	98	108	104	128	102
2050	HS	trendmatig	143	88	108	104	128	102
2050	HV	trendmatig	143	84	108	104	128	102
2060	LS	trendmatig	108	108	111	105	138	104
2060	LV	trendmatig	109	94	111	105	138	104
2060	HS	trendmatig	154	82	111	105	138	104
2060	HV	trendmatig	155	79	111	105	138	104
2040	LS	vastgesteld	112	99	105	102	118	100
2040	LV	vastgesteld	112	81	105	102	118	100
2040	HS	vastgesteld	132	60	105	102	118	100

2040	HV	vastgesteld	131	59	105	102	118	100
2050	LS	vastgesteld	110	80	105	102	118	100
2050	LV	vastgesteld	112	67	105	102	118	100
2050	HS	vastgesteld	145	50	105	102	118	100
2050	HV	vastgesteld	144	47	105	102	118	100
2060	LS	vastgesteld	109	68	105	102	118	100
2060	LV	vastgesteld	111	56	105	102	118	100
2060	HS	vastgesteld	156	46	105	102	118	100
2060	HV	vastgesteld	157	43	105	102	118	100

Tabel B.3

Personenmobiliteit en gebruik hoofdwegennet (reizigerskilometers)

Jaar	Scenario	Beleid	Auto- bestuurder	Auto- passagier	Trein	Bus/tram/ metro	Fietsen/ lopen	Totaal	Gebruik HWN	VVU HWN
2018			100	100	100	100	100	100	100	100
2040	LS	trendmatig	95	104	113	97	113	100	97	83
2040	LV	trendmatig	101	103	112	96	112	104	102	96
2040	HS	trendmatig	120	101	127	106	120	118	120	161
2040	HV	trendmatig	121	101	127	106	120	118	121	163
2050	LS	trendmatig	98	103	123	100	115	103	102	82
2050	LV	trendmatig	105	103	122	98	113	107	107	95
2050	HS	trendmatig	137	100	152	119	126	132	136	209
2050	HV	trendmatig	138	100	152	119	126	133	137	214
2060	LS	trendmatig	103	100	127	99	115	106	109	90
2060	LV	trendmatig	109	100	127	98	114	110	112	97
2060	HS	trendmatig	150	98	175	130	133	144	147	268
2060	HV	trendmatig	152	98	175	130	132	145	148	275
2040	LS	vastgesteld	103	102	110	96	108	104	105	105
2040	LV	vastgesteld	109	101	109	95	107	107	110	119
2040	HS	vastgesteld	135	95	122	104	113	125	135	243
2040	HV	vastgesteld	135	95	122	104	113	125	135	242
2050	LS	vastgesteld	113	97	113	97	106	110	117	144
2050	LV	vastgesteld	119	97	112	96	105	113	120	156
2050	HS	vastgesteld	148	90	140	116	117	135	146	378
2050	HV	vastgesteld	149	90	140	116	117	136	147	385
2060	LS	vastgesteld	118	93	113	96	105	112	124	179
2060	LV	vastgesteld	125	93	112	95	103	116	127	193
2060	HS	vastgesteld	153	87	157	127	122	141	151	476
2060	HV	vastgesteld	153	87	156	127	122	141	152	479

Tabel B.4
Bereikbaarheid banen

Jaar	Scenario	Beleid	Per auto	Per openbaar vervoer	Per fiets
2018		realisatie	100	100	100
2040	LS	trendmatig	113	123	126
2040	LV	trendmatig	111	124	127
2040	HS	trendmatig	105	140	143
2040	HV	trendmatig	105	141	143
2050	LS	trendmatig	118	131	133
2050	LV	trendmatig	115	132	135
2050	HS	trendmatig	105	159	159
2050	HV	trendmatig	105	159	159
2060	LS	trendmatig	117	141	139
2060	LV	trendmatig	117	142	141
2060	HS	trendmatig	104	184	178
2060	HV	trendmatig	103	184	178
2040	LS	vastgesteld	107	119	118
2040	LV	vastgesteld	105	120	119
2040	HS	vastgesteld	94	136	133
2040	HV	vastgesteld	95	136	134
2050	LS	vastgesteld	101	122	120
2050	LV	vastgesteld	100	123	122
2050	HS	vastgesteld	88	148	144
2050	HV	vastgesteld	88	148	144
2060	LS	vastgesteld	97	123	121
2060	LV	vastgesteld	97	124	123
2060	HS	vastgesteld	85	160	156
2060	HV	vastgesteld	85	160	156

Tabel B.5
Goederenvervoer

Jaar	Scenario	Beleid	Zeevaart	Binnenvaart	Spoor	Weg
2018		realisatie	605	341	42	788
2040	LS	trendmatig	573	321	44	848
2040	LV	trendmatig	564	321	40	830
2040	HS	trendmatig	623	354	49	885
2040	HV	trendmatig	600	360	46	883
2050	LS	trendmatig	612	321	50	928
2050	LV	trendmatig	587	324	42	891
2050	HS	trendmatig	718	382	60	977
2050	HV	trendmatig	688	371	51	972
2060	LS	trendmatig	663	326	52	1018
2060	LV	trendmatig	628	324	44	962
2060	HS	trendmatig	855	415	72	1059

2060	HV	trendmatig	811	391	62	1064
2040	LS	vastgesteld	573	311	43	858
2040	LV	vastgesteld	564	313	39	838
2040	HS	vastgesteld	623	340	49	898
2040	HV	vastgesteld	600	439	45	895
2050	LS	vastgesteld	612	308	49	941
2050	LV	vastgesteld	587	312	40	903
2050	HS	vastgesteld	718	370	59	990
2050	HV	vastgesteld	688	359	50	984
2060	LS	vastgesteld	663	314	51	1030
2060	LV	vastgesteld	628	312	43	974
2060	HS	vastgesteld	855	402	70	1073
2060	HV	vastgesteld	811	379	61	1077

Tabel B.6
Luchtvaart

Jaar	Scenario	Beleid	Passagiers totaal (mln)	Passagiers Schiphol (mln)	Vracht schiphol (mln ton)	Vluchten Totaal (x1000)	Vluchten Schiphol (x1000)
2018	realisatie		81	72	1,70	565	499
2023	realisatie		71	62	1,38	504	442
2040	LS	met restricties	98	86	1,35	530	468
2040	LV	met restricties	105	92	1,35	560	496
2040	HS	met restricties	117	100	1,20	587	500
2040	HV	met restricties	118	101	1,19	587	500
2050	LS	met restricties	102	88	1,35	536	473
2050	LV	met restricties	113	99	1,29	569	500
2050	HS	met restricties	126	107	0,97	589	500
2050	HV	met restricties	128	109	0,94	590	500
2060	LS	met restricties	111	97	1,34	560	497
2060	LV	met restricties	115	101	1,26	571	500
2060	HS	met restricties	130	110	0,91	592	500
2060	HV	met restricties	132	113	0,89	593	500
2040	LS	zonder restricties	98	85	1,35	530	464
2040	LV	zonder restricties	105	91	1,35	560	492
2040	HS	zonder restricties	151	130	1,67	760	661
2040	HV	zonder restricties	153	132	1,67	768	668
2050	LS	zonder restricties	102	87	1,35	538	466
2050	LV	zonder restricties	119	103	1,35	601	526
2050	HS	zonder restricties	209	178	1,88	968	836
2050	HV	zonder restricties	215	184	1,88	992	857
2060	LS	zonder restricties	112	95	1,34	562	489
2060	LV	zonder restricties	125	109	1,34	618	541

2060	HS	zonder restricties	259	221	2,11	1151	994
2060	HV	zonder restricties	268	230	2,11	1182	1023

Tabel B.7
CO₂-uitstoot

Jaar	Scenario	Beleid	Wegverkeer (megaton)	Binnenvaart (megaton)	Zeevaart (megaton)	Luchtvaart (megaton)
2018	realisatie		28,00	3,31	33,01	12,16
2023	realisatie		24,49	3,20	31,29	9,99
2040	LS	trendmatig beleid	5,23	1,07	8,84	7,20
2040	LV	trendmatig beleid	9,95	1,70	18,25	7,93
2040	HS	trendmatig beleid	3,13	1,02	8,24	8,90
2040	HV	trendmatig beleid	5,66	1,72	16,64	9,04
2050	LS	trendmatig beleid	0,06	0,20	4,31	0,91
2050	LV	trendmatig beleid	3,27	1,10	13,44	5,75
2050	HS	trendmatig beleid	0,01	0,19	4,05	1,37
2050	HV	trendmatig beleid	0,91	1,03	12,60	6,95
2060	LS	trendmatig beleid	0,00	0,00	0,00	0,00
2060	LV	trendmatig beleid	0,81	0,62	8,59	3,42
2060	HS	trendmatig beleid	0,00	0,00	0,00	0,00
2060	HV	trendmatig beleid	0,12	0,56	7,92	4,48

Tabel B.8
NO_x-uitstoot

Jaar	Scenario	Beleid	Wegverkeer (kiloton)	Binnenvaart (kiloton)	Zeevaart (kiloton)	Luchtvaart (kiloton)
2018	realisatie		71	22	103	4,2
2023	realisatie		47	18	96	3,7
2040	LS	vastgesteld beleid	12	9	52	4,0
2040	LV	vastgesteld beleid	14	11	51	4,4
2040	HS	vastgesteld beleid	9	8	56	5,1
2040	HV	vastgesteld beleid	10	11	54	5,2

Tabel B.9
PM_{2,5}-uitstoot in kiloton

Jaar	Scenario	Beleid	Wegverkeer (kiloton)	Binnenvaart (kiloton)	Zeevaart (kiloton)	Luchtvaart (kiloton)
2018	realisatie		1,49	0,72	2,66	0,043
2023	realisatie		1,01	0,63	2,40	0,033
2040	LS	vastgesteld beleid	0,60	0,22	1,32	0,015
2040	LV	vastgesteld beleid	0,64	0,26	1,58	0,020
2040	HS	vastgesteld beleid	0,66	0,21	1,28	0,014
2040	HV	vastgesteld beleid	0,67	0,26	1,62	0,017

Tabel B.10

Verkeersdoden en ernstig gewonden

Jaar	Scenario	Beleid	Verkeersdoden	Ernstig gewonden
2018	realisatie		100	100
2023	realisatie		101	109
2040	LS	trendmatig	107	140
2040	LV	trendmatig	106	138
2040	HS	trendmatig	112	143
2040	HV	trendmatig	112	143
2050	LS	trendmatig	110	143
2050	LV	trendmatig	110	142
2050	HS	trendmatig	126	161
2050	HV	trendmatig	126	161
2060	LS	trendmatig	113	148
2060	LV	trendmatig	112	145
2060	HS	trendmatig	137	175
2060	HV	trendmatig	137	175