



Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat

Bijlagen bij Mobiliteitsbeeld 2023

14-11-2023

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid | KiM

Bijlagen bij Mobiliteitsbeeld 2023

Het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) maakt analyses van mobiliteit die doorwerken in het beleid. Als zelfstandig instituut binnen het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) maakt het KiM strategische verkenningen en beleidsanalyses.

De inhoud van de publicaties van het KiM behoeft niet het standpunt van de minister en de staatssecretaris van IenW weer te geven.

Inhoud

Inhoud 3

1 Bijlage Personenmobiliteit [4](#)

- 1.1 Nabewerking CBS-Mobiliteitstrends 4
- 1.2 Methodiek decompositie-analyse 6
- 1.3 Decompositie reisduur 2019-2022 9
- 1.4 Figuren decomposities 2012-2019 10

2 Bijlage goederenvervoer [14](#)

- 2.1 Methodiek om de ontwikkeling van het goederenvervoer te verklaren 14

3 Bijlage Bereikbaarheid [18](#)

- 3.1 Methodiek bereikbaarheidsindicator uit Integrale Mobiliteitsanalyse (IMA) 2021 18
- 3.2 Methodiek maatschappelijke kosten files en vertragingen 26
- 3.3 Reistijdwaardering voor personen- en goederenvervoer 27
- 3.4 Methodiek maatschappelijke kosten vertragingen spoor 28

4 Bijlage Verkeersveiligheid en Leefomgeving [33](#)

5 Bijlage bestedingen aan mobiliteit [34](#)

- 5.1 Methodiek kader 'vinden mensen hun verplaatsingen betaalbaar' 34
- 5.2 Methodiek berekening investeringen in tijd en geld aan mobiliteit 34

6 Bijlage Toekomstbeeld [37](#)

- 6.1 Uitgangspunten in de drie toekomstscenario's: basis, minder en meer. 38
- 6.2 Het Landelijk ModelSysteem 43
- 6.3 Methodiek toekomstraming wegverkeer 44
- 6.4 Methodiek toekomstraming trein en bus, tram en metro 47
- 6.5 Methodiek toekomstraming fietsgebruik 48
- 6.6 Methodiek toekomstraming luchtvaart 50
- 6.7 Methodiek toekomstraming goederenvervoer 52

Colofon [55](#)

1 Bijlage Personenmobiliteit

1.1 Nabewerking CBS-Mobiliteitstrends

Het KiM maakt gebruik van de resultaten van het CBS-trendmodel voor verschillende doeleinden, waaronder decompositie-analyse. Het CBS-trendmodel levert betrouwbare trendinschattingen gebaseerd op de steekproefgegevens van OVG-MON-OViN-ODiN (Boonstra & Van den Brakel, 2023). Dit model houdt op een robuuste manier rekening met discontinuïteiten veroorzaakt door wijzigingen in het enquêteproces en steekproefruis. Er zijn twee doelvariabelen die worden gemodelleerd met behulp van tijdreeks multilevel modellen:

- aantal ritten per persoon per dag
- afstand per rit

Schattingen worden berekend voor domeinen die gedefinieerd zijn door een kruisclassificatie van sommige of alle volgende classificatievariabelen:

- geslacht (man, vrouw)
- leeftijdsklasse (6-11, 12-17, 18-24, 25-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-64, 65-69, 70+)
- motief ("Werk", "Winkelen", "Onderwijs", "Vrijetijd", "Overig")
- vervoerwijze ("Autobestuurder", "Autopassagier", "Trein", "BTM (bus/tram/metro)", "Fiets", "Lopen", "Overig").

Het CBS-trendmodel heeft echter tot nu toe geen onderscheid gemaakt tussen gewone-fiets en e-fiets. Dit onderscheid is essentieel voor KiM. Gezien de stijgende populariteit van e-fiets in de afgelopen jaren, is het van groot belang deze gegevens te scheiden van gewone fietsen. In plaats van directe enquêtegegevens te gebruiken, kiest KiM ervoor om het CBS-trendmodel na te bewerken om smoothed e-fiets resultaten te genereren. Deze nabewerking verdeelt de vervoerwijze fiets in twee categorieën: gewone-fiets en e-fiets en wordt toegepast op zowel het aantal ritten als de ritafstand.

Daarnaast vindt KiM het belangrijk om de impact van reistijd of snelheidsveranderingen over de jaren heen op mobiliteit te onderzoeken. Voor dit doel is een continue reisduur per persoon nodig die geen last heeft van onderbrekingen door enquête ontwerp wijzigingen. Hoewel het huidige CBS-trendmodel deze informatie nog niet bevat, werkt CBS eraan om volgend jaar reisduur informatie aan haar model toe te voegen. Voor dit jaar past KiM een nabewerkingsmethode toe op het huidige CBS-trendmodel om een continue reisduur per persoon te genereren.

Aanpak van de nabewerking

We splitsen de trends van ritten, afstand, en ritreisduur voor fiets in twee subcategorieën: Gewone fiets en e-fiets. Dit doen we door het aandeel van de e-fiets in de totale fiets te bepalen. Door bijvoorbeeld het aandeel van de e-fiets afstand in de totale fietsafstand te kennen, en dit aandeel vervolgens te vermenigvuldigen met de totale fietsafstand van het CBS trendmodel, kunnen we een continue e-fiets afstand afleiden. De gegevens die we hiervoor nodig hebben, komen uit de OViN en ODiN enquêtes. Het is echter belangrijk te vermelden dat het direct uit deze enquêtes afgeleide e-fiets aandeel kan variëren vanwege steekproefruis en beïnvloed is door twee methodologische breuken. Daarom is het hoofddoel van deze splitsingsmethode om een vloeiende representatie van het e-fiets aandeel te verkrijgen.

$$\begin{aligned} ritaantal_{e\text{-fiets}}^{KiM} &= ritaantal_{e\text{-fiets in totaal fiets}}^{OVIN-ODiN} * ritaantal_{totaal fiets}^{CBS} \\ ritafstand_{e\text{-fiets}}^{KiM} &= ritafstand_{e\text{-fiets in totaal fiets}}^{OVIN-ODiN} * ritafstand_{totaal fiets}^{CBS} \end{aligned}$$

Om de reistijd per persoon te verkrijgen, werkt KiM aan het modelleren en gladstrijken van de verhouding 'ritreisduur/rit' voor elk domein. Een gladde reisduurtrend wordt vervolgens verkregen door de gladgestreken verhoudingen te vermenigvuldigen met de data van het CBS trendmodel over het aantal ritten per persoon per dag.

$$reisduur_{per domein}^{KiM} = ritreisduur/rit_{per domein}^{OVG-MON-OViN-ODiN} * ritaantal_{per domein}^{CBS}$$

Modellering e-fiets aandeel

Onder de aanname dat het e-fiets aandeel een S-vormig groeiverloop heeft, wordt in de modellering gebruik gemaakt van groeikrommen.

Uit de vele mogelijke specificatievormen van groeikrommen is gekozen voor het gebruik van de Four parameters Unified-Richards groeikrommen in de formulering van (Vrána et al., 2018) [1].

$$W = A(1 + (d - 1) * \exp(-\frac{k_U(t-T_i)}{d^{d/(1-d)}}))^{1/(1-d)} \quad (1)$$

Deze formulering beschrijft een breed scala van S-vormige groeikrommes en heeft ten opzichte van de meeste alternatieve specificaties het voordeel dat de parameters direct interpreteerbaar zijn als volgende de basiskarakteristieken van de groeikromme:

A : het verzadigingsniveau (de asymptoot van het aandelenverloop).

k_U : de (relatieve) groei bij het buigpunt van de groeikromme.

T_i : de tijdpositie van het buigpunt. (t geeft de tijd).

d : de vormparameter die de verticale positie ($d^{1/(1-d)}$) van het buigpunt bepaalt¹

Het model is gespecificeerd als een Bayesiaanse multilevelmodel en wordt geschat met het R-pakket *brms* (Bürkner 2017). Het *brms*-pakket biedt een handzame interface met de Bayesiaanse Hamiltonian Monte Carlo programmeertaal Stan (Stan Development Team, 2022). Beoordeling van de modelfit en vergelijking van modelvarianten zijn gedaan met de approximate leave-one-out cross validation methodiek van het R-pakket *loo* (Vehtari et al., 2017).

Het model is multivariaat gespecificeerd; de e-fietsaandelen voor de drie mobiliteitstypen afstand, reisduur en ritten worden simultaan gemodelleerd. De specificaties van de modellen voor de drie mobiliteitstypen afstands-, reisduur- en rittenaandelen zijn identiek. Hieronder volgt een korte toelichting van de (sub)modelcomponenten van de groeikromme-parameters.

Fixed-effects

De fixed effects van de parameters A , k_U en T_i worden gemodelleerd als intercept en een monotone functie naar de ordinale variabele leeftijdsklasse (kleeft) (Bürkner & Charpentier, 2020). Door deze ordinale benadering worden de schattingen stabielier omdat het verloop van deze parameters over de leeftijdsgroepen overwegend monotoon is. Kleine afwijkingen van dit monotone verloop (bijv. leeftijdsgroep 30-39) worden opgevangen door de random-effectscomponent (zie onder). De parameter d heeft alleen een intercept als fixed effect.

Random-effects

De parameters A en k_U bevatten random intercepts. Dit houdt in dat de random effects variëren over alle combinaties van motief, leeftijd en geslacht. De random-effects van de A en k_U worden als gecorreleerd gemodelleerd². Van deze random-effects wordt ook de correlatie gemodelleerd over de modellen van afstands-, ritten- en reisduuraandelen. De parameter T_i heeft geen random effects. De parameter d heeft een random-intercept-structuur die varieert over alle combinaties van motief en geslacht. Van deze random-effects wordt ook de correlatie gemodelleerd over de modellen van afstands-, ritten- en reisduuraandelen.

Covid en e-fiets verkoopvertraging effects

Gezien de ongekende verstoringen veroorzaakt door de COVID-19 pandemie, is het essentieel om de gevolgen hiervan in ons model op te nemen. Voor de parameter T_i , voegen we drie covid dummy variabelen toe voor de jaren 2020, 2021 en 2022, gemodelleerd als random effect. Andere beleids- of marktgerelateerde effecten kunnen ook worden toegevoegd door posterior samples te gebruiken. Dit gebeurt door de positie van de tijdparameter T_i aan te passen. In ons geval betekent dit vanwege covid en oorlogen dat er een vertraging is in de levering van e-fietsen en een tekort aan e-fietsproductie vanwege chip-tekorten. We hebben aangenomen dat deze vertragingen zich manifesteren als een groeicurve-vertraging van 0,11 jaar voor 2020, 0,24 jaar voor 2021, en een kleine 0,02 jaar voor 2022. Dit betekent bijvoorbeeld dat de groei van e-fietsen in 2020 met

¹ De veel gebruikte logistische en Gompertz groeikrommen worden binnen deze formulering beschreven met als de respectieve vormparameters $d = 2$ en $d \rightarrow 1$.

² Dit soort correlaties worden in *brms* gespecificeerd door een willekeurige lettercombinatie, in dit geval "ID", zie bijvoorbeeld: https://cran.r-project.org/web/packages/brms/vignettes/brms_multilevel.pdf

Deze component beschrijft de bijdrage aan de groei van de afgelegde afstand door de verandering in reisduur per rit.

3. Frequentie: Minder Vaak/Vaker rit/pers (aantal ritten per persoon)

Deze component beschrijft welk deel van de verandering in afgelegde afstand wordt veroorzaakt door een toename of afname in het aantal reizen per persoon.

4. Personen: Meer/Minder Mensen personen (pers) (aantal personen)

Deze component beschrijft in welke mate de verandering in afgelegde afstand wordt veroorzaakt door demografische ontwikkelingen, waaronder bevolkingsgroei en -samenstelling. De eenheid is het aantal personen.

Analyse op domeinniveau voor gedetailleerde inzichten

De decompositie vindt plaats op domeinniveau, waarbij diepgaand wordt gekeken naar classificaties zoals geslacht, leeftijdsklasse, inkomensniveau en motief, zoals hieronder beschreven. Deze gedetailleerde aanpak maakt het mogelijk om grondig te onderzoeken hoe verschillende segmenten van de bevolking bijdragen aan veranderingen in afgelegde afstand van specifieke vervoerwijzen. De toename in afgelegde afstand binnen elk domein wordt onderverdeeld in de vier eerdergenoemde componenten. Aangezien de totale toename in afstand voor een vervoerwijze de optelsom is van de groei binnen alle domeinen, vertegenwoordigt deze in feite de gecombineerde bijdrage van elk van deze vier componenten over alle domeinen.

- Geslacht (man, vrouw)
- Leeftijdsklasse (6-11, 12-17, 18-24, 25-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-64, 65-69, 70+)
- Inkomensniveau ("Laag", "Middle", "Hoog")³
- Motief ("Werk", "Winkelen", "Onderwijs", "Vrijetijd", "Overig")

Toelichting op methodiek en componenten op domeinniveau

De groei van het autogebruik of van andere vervoerwijzen wordt uitgedrukt in de groei van het aantal afgelegde kilometers. Deze groei wordt bepaald op basis van cijfers uit het CBS-trendmodel. Voor elke vervoerwijze hebben we de groei van de afstand per domein berekend en vervolgens opgeteld tot de totale toename van de afstand. Voor elk domein wordt de afzonderlijke bijdrage van de vier bovengenoemde componenten bepaald.

Het aantal kilometers in jaar t voor domein i is:

$$km_{ti} = \frac{km_{ti}}{uur_{ti}} \frac{uur_{ti}}{rit_{ti}} \frac{rit_{ti}}{pers_{ti}} pers_{ti} \quad (1)$$

Het aantal kilometers in jaar t wordt dus bepaald door de gemiddelde snelheid per rit (km/uur) te vermenigvuldigen met het reistijd per rit (uur/rit), aantal ritten per persoon (rit/pers) en het aantal personen (pers).

De groei van het aantal kilometers for domein i , uitgedrukt in de verhouding van de kilometrages in eindjaar $t=2$ en beginjaar $t=1$, wordt dan:

$$\frac{km_{2i}}{km_{1i}} = \frac{\frac{km_{2i}}{uur_{2i}} \frac{uur_{2i}}{rit_{2i}} \frac{rit_{2i}}{pers_{2i}} pers_{2i}}{\frac{km_{1i}}{uur_{1i}} \frac{uur_{1i}}{rit_{1i}} \frac{rit_{1i}}{pers_{1i}} pers_{1i}} \quad (2)$$

De ritsnelheid (km/uur), rit reisduur (uur/rit), de ritfrequentie (rit/pers) en het aantal personen (pers) veranderen van jaar tot jaar en vormen daarmee de basis voor de afleiding van de gewenste componenten.

³ Een laag inkomen betekent dat het jaarinkomen van het huishouden onder het 40e percentiel van de verdeling van het gestandaardiseerd inkomen van alle huishoudens ligt. Een middeninkomen verwijst naar het 40e tot het 70e percentiel. Een hoog inkomen betekent dat het jaarinkomen boven het 70e percentiel van de verdeling van het gestandaardiseerd inkomen ligt.

1. Veranderingen in de demografie (component 'Meer/Minder Mensen')

De demografische bijdrage aan de groei van de afstand voor domein i wordt berekend onder de aanname dat alleen de bevolking verandert. Oftewel, wat zou de groei zijn geweest als de verplaatsingsafstand en -frequentie niet wijzigen? Met deze aanname wordt het aantal kilometers in jaar 2 als volgt berekend:

$$km_{2i}^{\text{mensen}} = \frac{pers_{2i}}{pers_{1i}} km_{1i} \quad (3)$$

De bijdrage van de 'Meer/Minder Mensen' component aan de groei in het aantal kilometers is dan:

$$\Delta km_{2i}^{\text{mensen}} = km_{2i}^{\text{mensen}} - km_{1i} = \frac{pers_{2i}}{pers_{1i}} km_{1i} - km_{1i} = \left(\frac{pers_{2i}}{pers_{1i}} - 1\right) km_{1i} \quad (4)$$

2. Veranderingen in de ritfrequentie (component 'Minder Vaak/Vaker')

Op analoge wijze wordt de extra bijdrage door de verandering van de ritfrequentie berekend. Vergelijking (2) wordt dan:

$$\frac{km_{2i}^{\text{mensen+frequentie}}}{km_{1i}} = \frac{\frac{rit_{2i}}{pers_{2i}} pers_{2i}}{\frac{rit_{1i}}{pers_{1i}} pers_{1i}} \quad (5)$$

Omdat in (5) ook de verandering van het aantal personen wordt meegenomen, moet hier nog voor worden gecorrigeerd. Daarmee wordt de – extra – bijdrage aan het kilometersverschil van de component 'Minder Vaak/Vaker' bepaald door:

$$\Delta km_{2i}^{\text{frequentie}} = km_{2i}^{\text{mensen+frequentie}} - km_{2i}^{\text{mensen}} \quad (6)$$

$$\Delta km_{2i}^{\text{frequentie}} = \frac{rit_{2i}}{pers_{1i}} \frac{pers_{2i}}{pers_{1i}} km_{1i} - \frac{pers_{2i}}{pers_{1i}} km_{1i} = \left(\frac{rit_{2i}}{rit_{1i}} - \frac{pers_{2i}}{pers_{1i}}\right) km_{1i} \quad (7)$$

3. Veranderingen in de reistijd (component 'Meer Tijd/Minder Tijd')

Op vergelijkbare wijze wordt de extra bijdrage van veranderingen in de reistijd bepaald door:

$$\Delta km_{2i}^{\text{tijd}} = km_{2i}^{\text{mensen+frequentie+tijd}} - km_{2i}^{\text{mensen+frequentie}} \quad (8)$$

$$\Delta km_{2i}^{\text{tijd}} = \frac{\frac{uur_{2i}}{rit_{2i}} \frac{rit_{2i}}{pers_{2i}} pers_{2i}}{\frac{uur_{1i}}{rit_{1i}} \frac{rit_{1i}}{pers_{1i}} pers_{1i}} km_{1i} - \frac{rit_{2i}}{pers_{1i}} \frac{pers_{2i}}{pers_{1i}} km_{1i} = \left(\frac{uur_{2i}}{uur_{1i}} - \frac{rit_{2i}}{rit_{1i}}\right) km_{1i} \quad (9)$$

4. Veranderingen in de afgelegde afstanden (component 'Sneller/Langzamer')

De extra bijdrage van de verandering in snelheid wordt bepaald door:

$$\Delta km_{2i}^{\text{snelheid}} = km_{2i}^{\text{mensen+frequentie+tijd+snelheid}} - km_{2i}^{\text{mensen+frequentie+tijd}} \quad (10)$$

Omdat volgens vergelijking (2) $km_{2i}^{\text{mensen+frequentie+tijd+snelheid}}$ gelijk is aan het uiteindelijke aantal kilometers in jaar 2, wordt dit vereenvoudigd tot:

$$\Delta km_{2i}^{\text{snelheid}} = km_{2i} - km_{2i}^{\text{mensen+frequentie+tijd}} = \frac{\frac{km_{2i}}{uur_{2i}} \frac{uur_{2i}}{rit_{2i}} \frac{rit_{2i}}{pers_{2i}} pers_{2i}}{\frac{km_{1i}}{uur_{1i}} \frac{uur_{1i}}{rit_{1i}} \frac{rit_{1i}}{pers_{1i}} pers_{1i}} km_{1i} - \frac{\frac{uur_{2i}}{rit_{2i}} \frac{rit_{2i}}{pers_{2i}} pers_{2i}}{\frac{uur_{1i}}{rit_{1i}} \frac{rit_{1i}}{pers_{1i}} pers_{1i}} km_{1i} = \left(\frac{km_{2i}}{km_{1i}} - \frac{uur_{2i}}{uur_{1i}}\right) km_{1i} \quad (11)$$

Het kilometersverschil tussen begin- en eindjaar ($km_2 - km_1$) kan nu worden uitgedrukt in de gewenste decompositie, als de som van de vergelijkingen (4), (7), (9) en (11):

Component:

$$km_{2i} - km_{1i} = \left(\frac{km_{2i}}{km_{1i}} - \frac{uur_{2i}}{uur_{1i}}\right) km_{1i} + \left(\frac{uur_{2i}}{uur_{1i}} - \frac{rit_{2i}}{rit_{1i}}\right) km_{1i} + \left(\frac{rit_{2i}}{rit_{1i}} - \frac{pers_{2i}}{pers_{1i}}\right) km_{1i} + \left(\frac{pers_{2i}}{pers_{1i}} - 1\right) km_{1i} \quad (12)$$

Agregatie naar vervoerwijze

Ons hoofddoel is om de groei in de afgelegde afstand voor elk vervoerwijze te ontrafelen in vier afzonderlijke componenten. Vergelijking (12) illustreert specifiek het kilometer verschil per domein voor elk vervoerwijze. Door de bijdragen van de vier componenten binnen deze domeinen samen te voegen, krijgen we een volledig beeld van de ontwikkeling per vervoerwijze. De variabele n

geeft het aantal domeinen aan dat geclassificeerd is naar motief, leeftijd, geslacht en inkomensgroepen, zoals eerder beschreven voor een vervoerwijze.

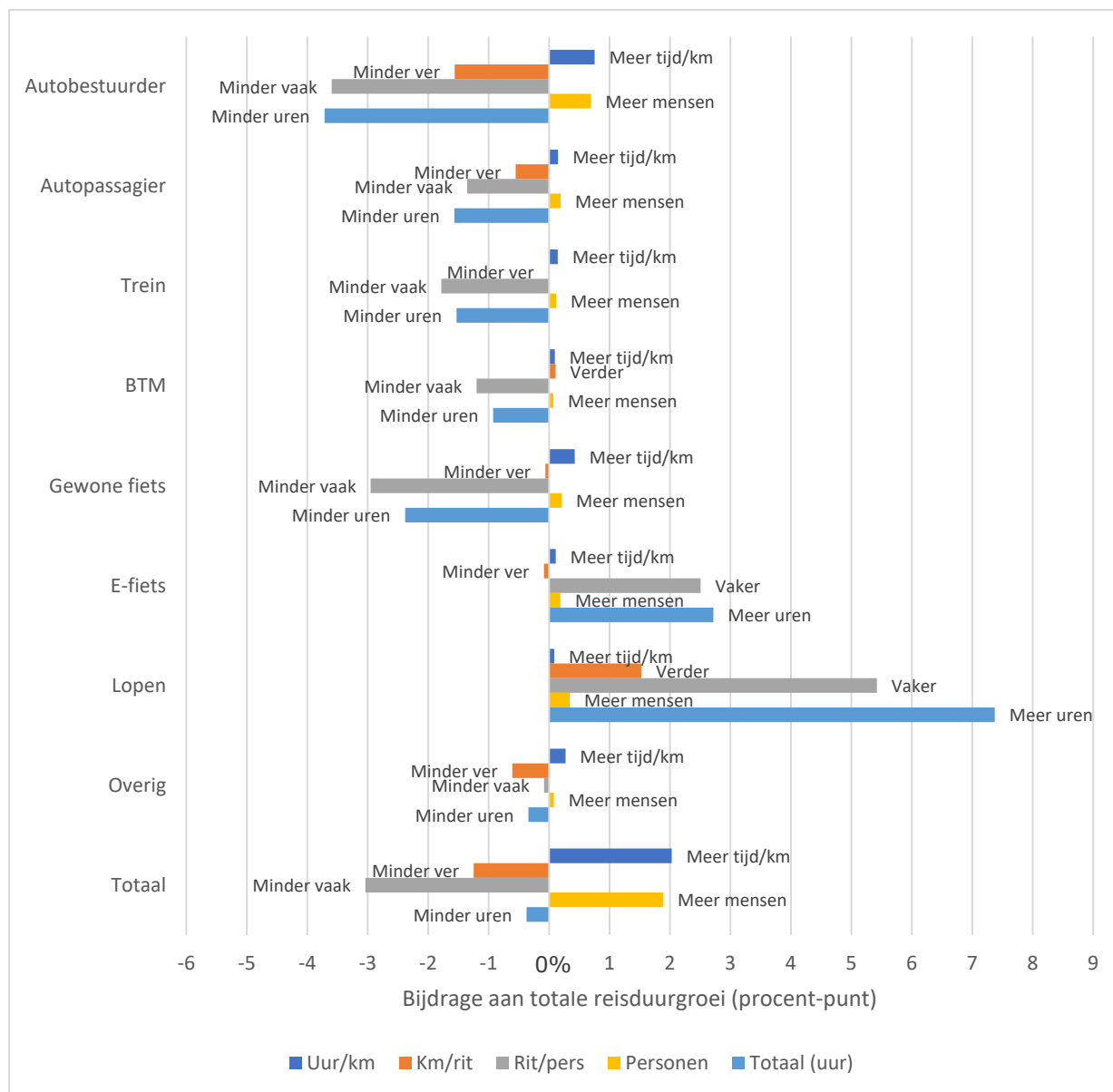
$$\frac{km_2 - km_1}{km_1} = \sum_i^n \left(\frac{km_{2i}}{km_{1i}} - \frac{uur_{2i}}{uur_{1i}} \right) km_{1i}/km_1 + \left(\frac{uur_{2i}}{uur_{1i}} - \frac{rit_{2i}}{rit_{1i}} \right) km_{1i}/km_1 + \left(\frac{rit_{2i}}{rit_{1i}} - \frac{pers_{2i}}{pers_{1i}} \right) km_{1i}/km_1 + \left(\frac{pers_{2i}}{pers_{1i}} - 1 \right) km_{1i}/km_1 \quad (13)$$

Vergelijking (13) toont hoe de vier componenten bijdragen aan de procentuele groei van de afstand tussen het eindjaar ($t=2$) en het beginjaar ($t=1$), door alle componenten over de gedetailleerde domeinen heen te aggregeren.

Met dezelfde methode kunnen we de groei van de reistijd tussen het begin- en eindjaar opsplitsen in verschillende componenten. Bijvoorbeeld, reistijd kan opgesplitst worden in 'uur per kilometer', 'kilometers per rit', 'aantal ritten per persoon' en 'personen', zoals weergegeven in formule (14)

$$\frac{uur_2 - uur_1}{uur_1} = \sum_i^n \left(\frac{uur_{2i}}{uur_{1i}} - \frac{km_{2i}}{km_{1i}} \right) uur_{1i}/uur_1 + \left(\frac{km_{2i}}{km_{1i}} - \frac{rit_{2i}}{rit_{1i}} \right) uur_{1i}/uur_1 + \left(\frac{rit_{2i}}{rit_{1i}} - \frac{pers_{2i}}{pers_{1i}} \right) uur_{1i}/uur_1 + \left(\frac{pers_{2i}}{pers_{1i}} - 1 \right) uur_{1i}/uur_1$$

1.3 Decompositie reisduur 2019-2022

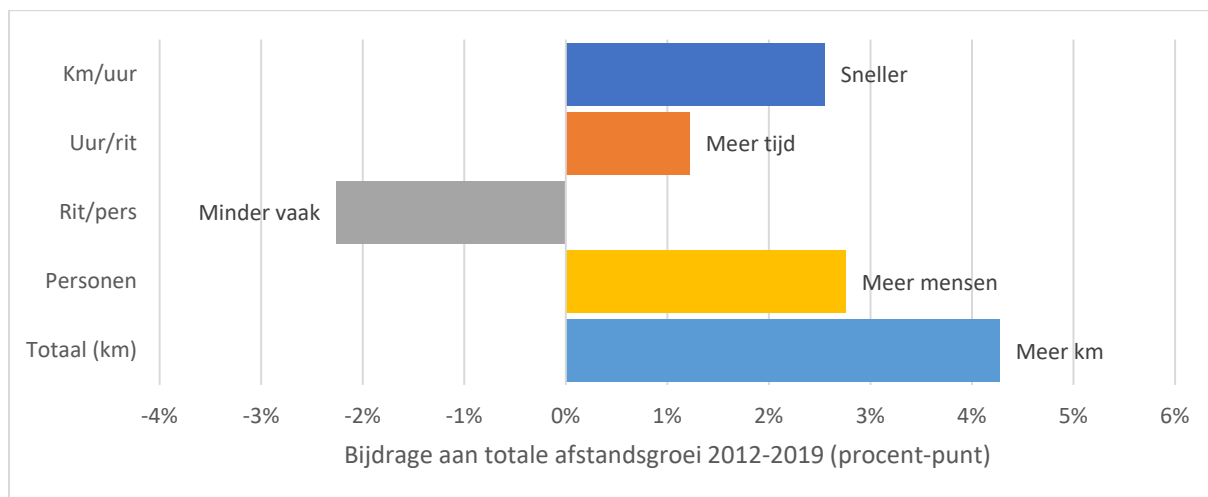


Figuur B.1.1. Decompositie totale reisduur, 2019-2022.

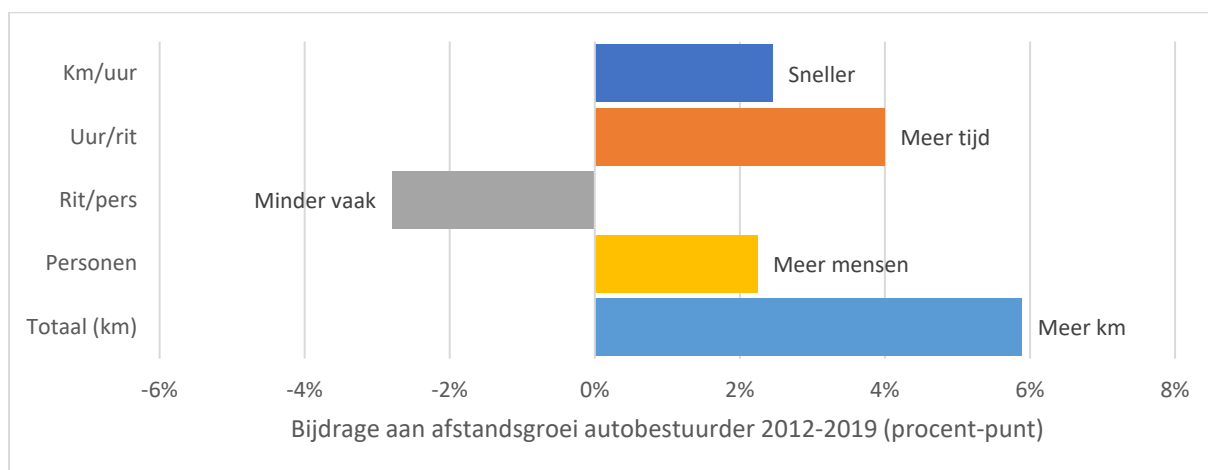
Tussen 2019 en 2022 nam de totale tijd die Nederlanders besteedden aan reizen met ongeveer 0,5% af (zie figuur B.1.1). Zoals reeds in paragraaf 1.1 toegelicht, is deze afname veel minder sterk dan de afname in afgelegde afstand in deze periode (14%). Met alle vervoerwijzen, behalve de e-fiets en lopen, reisden Nederlanders in 2022 minder lang (in tijd) dan in 2019. Hoewel voor de e-fiets sprake is van een toename, is er voor de normale fiets sprake van een afname. Het netto effect op de reisduur is echter positief, omdat de toename in tijd die Nederlanders onderweg zijn met de e-fiets iets groter is dan de afname bij de normale fiets.

Bijna de gehele afname in reisduur met de auto, het ov en overige vervoerwijzen wordt echter gecompenseerd door de sterke toename in reisduur te voet. Zowel een toename in frequentie van lopen als een toename van de gemiddelde ritafstand per looprit dragen bij aan de toename in reisduur die Nederlanders te voet afleggen.

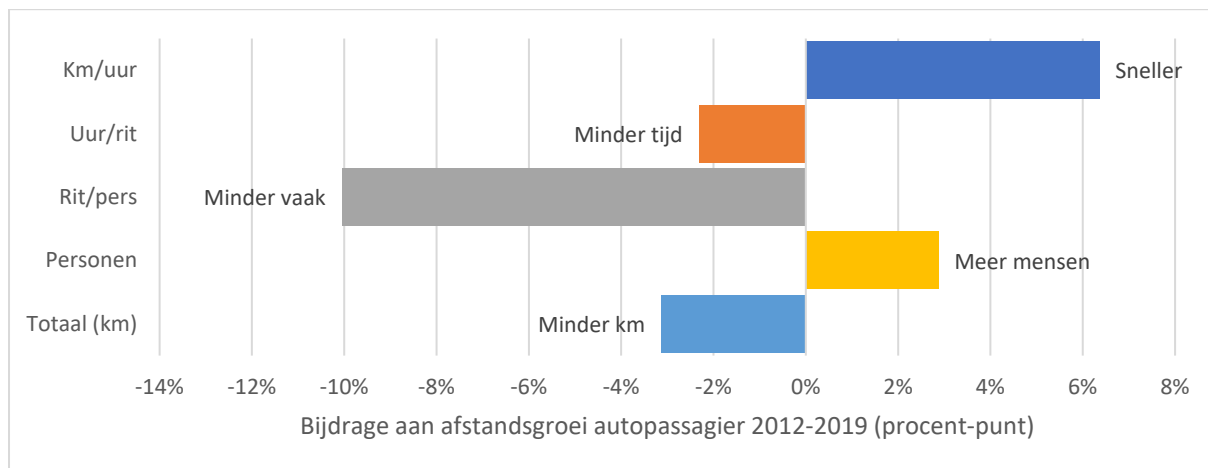
1.4 Figuren decomposities 2012-2019



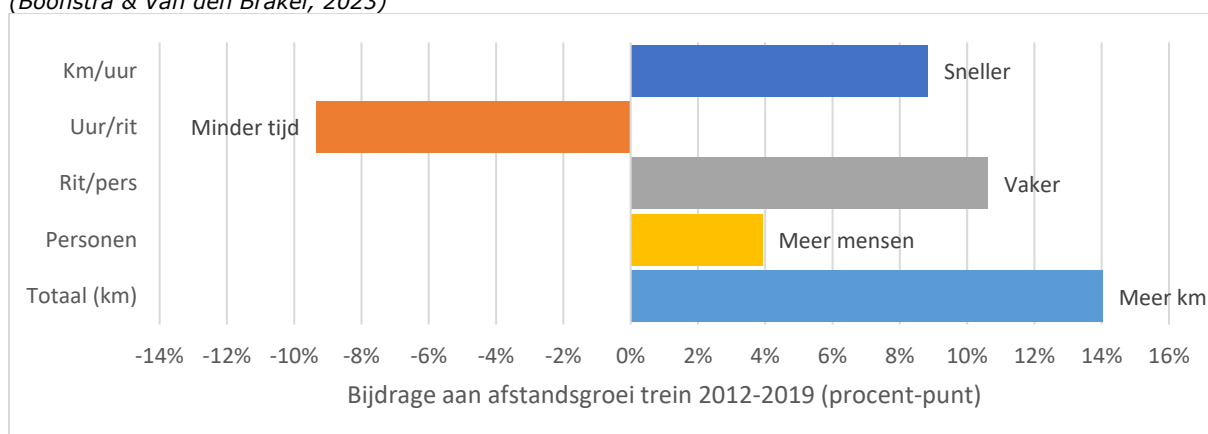
Figuur B.1.2. Decompositie totaal afgelegde afstand, 2012-2019. Bron: CBS-trendmodel (Boonstra & Van den Brakel, 2023)



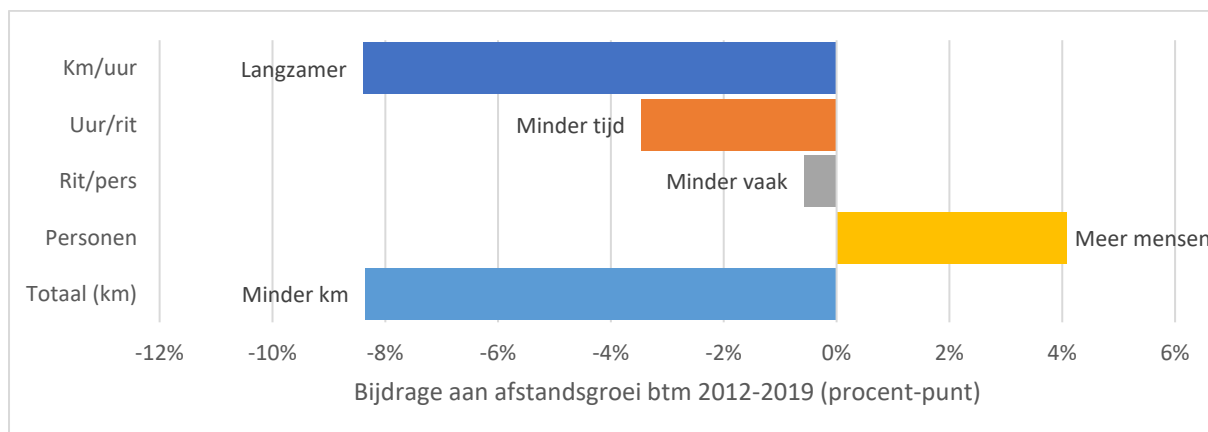
Figuur B.1.3. Decompositie totaal afgelegde afstand van autobestuurders, 2012-2019. Bron: CBS-trendmodel (Boonstra & Van den Brakel, 2023)



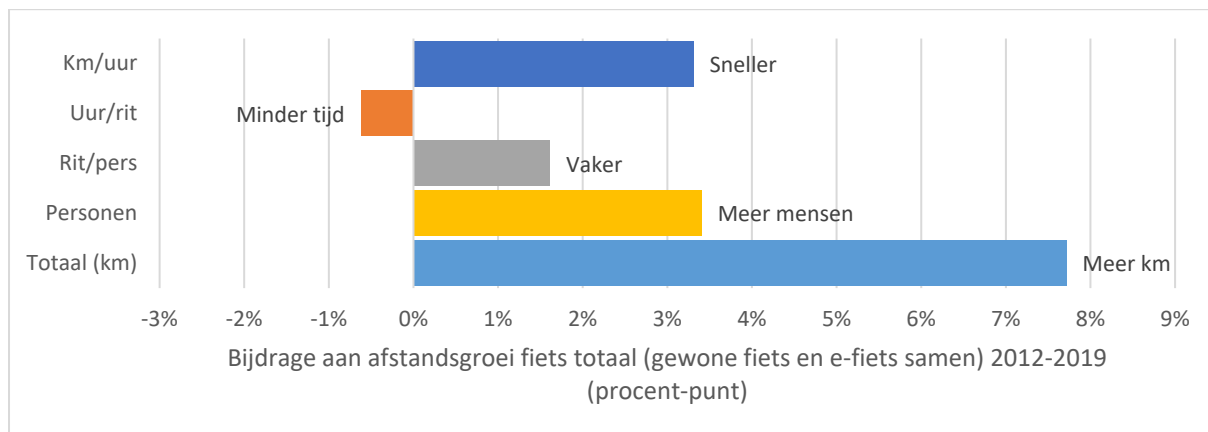
Figuur B.1.4. Decompositie totaal afgelegde afstand van autopassagiers, 2012-2019. Bron: CBS-trendmodel (Boonstra & Van den Brakel, 2023)



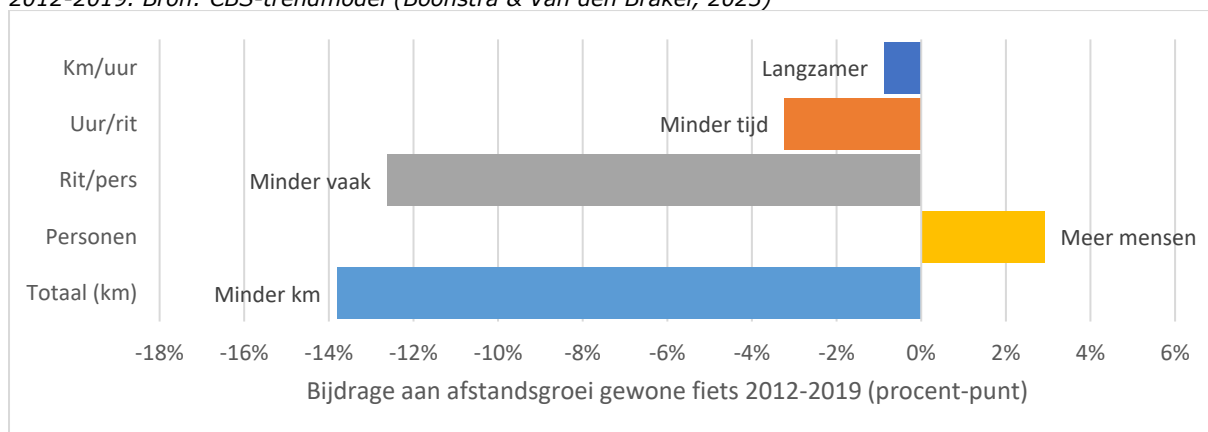
Figuur B.1.5. Decompositie totaal afgelegde afstand met de trein, 2012-2019. Bron: CBS-trendmodel (Boonstra & Van den Brakel, 2023)



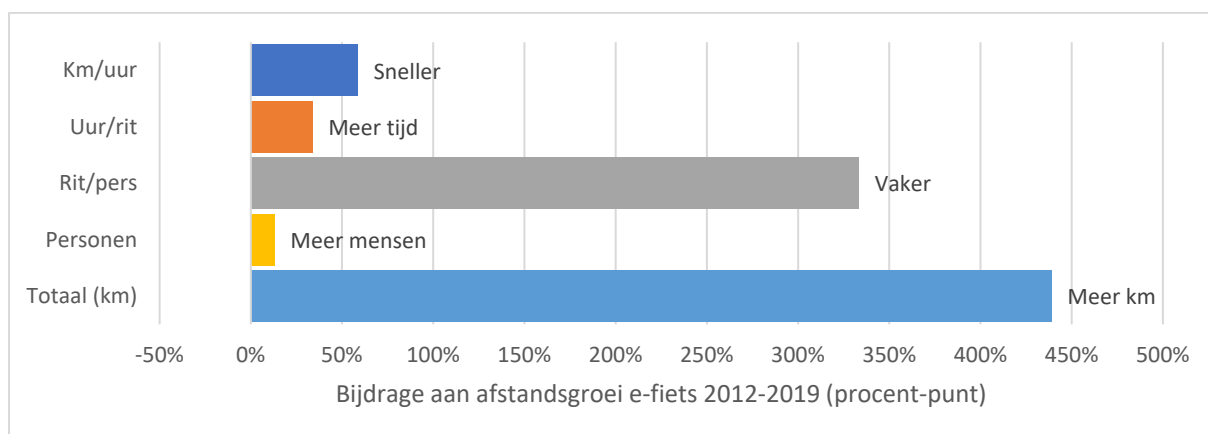
Figuur B.1.6. Decompositie totaal afgelegde afstand met bus, tram en metro, 2012-2019. Bron: CBS-trendmodel (Boonstra & Van den Brakel, 2023)



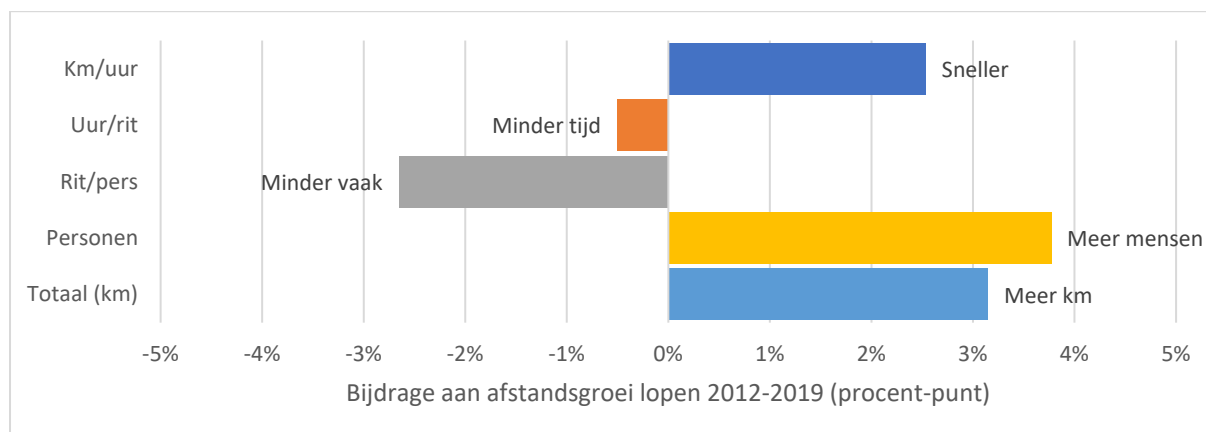
Figuur B.1.7. Decompositie totaal afgelegde afstand met de fiets (gewone fiets en elektrische fiets samen), 2012-2019. Bron: CBS-trendmodel (Boonstra & Van den Brakel, 2023)



Figuur B.1.8. Decompositie totaal afgelegde afstand met gewone fiets, 2012-2019. Bron: CBS-trendmodel (Boonstra & Van den Brakel, 2023)



Figuur B.1.9. Decompositie totaal afgelegde afstand met elektrische fiets, 2012-2019. Bron: CBS-trendmodel (Boonstra & Van den Brakel, 2023)



Figuur B.1.10. Decompositie totaal afgelegde afstand te voet, 2012-2019. Bron: CBS-trendmodel (Boonstra & Van den Brakel, 2023)

Referenties

Berzofsky, M., Heller, D. & Williams, R. (2015). *Developing Generalized Variance Functions for Estimates of Recidivism Rates*. American Statistical Association, Survey Research Methods Section, 1763-1772. <http://www.asasrms.org/Proceedings/y2015/files/234025.pdf>.

Boonstra, H. J., & Van den Brakel, J. (2023). *Modelling mobility trends - update including 2022 ODiN data and Covid effects*. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).

Bürkner, P. C. (2018). *Advanced Bayesian multilevel modeling with the R package brms*. The R Journal, 10 (1), 395-411. <https://journal.r-project.org/articles/RJ-2018-017>.

Bürkner, P. C., & Charpentier, E. (2020). *Modelling monotonic effects of ordinal predictors in Bayesian regression models*. British Journal of Mathematical and Statistical Psychology, 73(3), 420-451.

Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and Practice*, 3rd edition. OTexts: Melbourne, Australia.

Hyndman, R. J., Ahmed, R. A., Athanasopoulos, G., & Shang, H. (2011). *Optimal combination forecasts for hierarchical time series*. Computational Statistics & Data Analysis, 2579-2589.

Pedersen, E. J., Miller, D. L., Simpson, G. L., & Ross, N. (2019). *Hierarchical generalized additive models in ecology: an introduction with mgcv*. PeerJ, 7, e6876.

Vehtari, A., Gelman, A., & Gabry, J. (2017). *Practical Bayesian model evaluation using leave-one-out cross-validation and WAIC*. Statistics and Computing, 27, 1413-1432.

Vrána, J., Remeš, V., Matysiuková, B., Tjørve, K., & Tjørve, E. (2019). *Choosing the right sigmoid growth function using the unified-models approach*. Ibis, 13-26.

2 Bijlage goederenvervoer

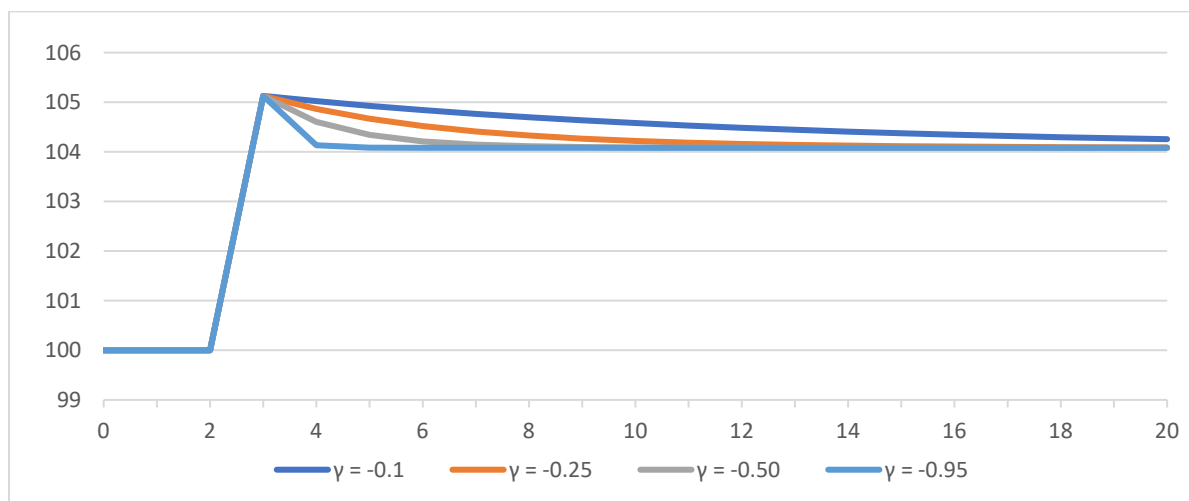
2.1 Methodiek om de ontwikkeling van het goederenvervoer te verklaren

Om de ontwikkeling van het goederenvervoer te verklaren is er een error correctie model (ECM) geschat voor zowel het binnenlands als het internationaal goederenvervoer. Een ECM is een tijdreeksmethode die ervan uitgaat dat er een langtermijn relatie bestaat tussen twee of meer variabelen (Ramanathan, 2001). Een vereiste voor een ECM is dat variabelen gecoïntegreerd zijn, wat betekent dat ze dezelfde langtermijn trend hebben.⁴ In een ECM wordt de korte termijn dynamiek op zo'n manier beïnvloedt dat de afwijking met de langtermijntrend kleiner wordt. Zie voor meer informatie over ECM, bijvoorbeeld Wooldridge (2012) of Thome (2014).

Een ECM heeft de vorm van vergelijking 1, waarbij x_t meerdere onafhankelijke variabelen kan representeren. Een ECM bestaat uit een langtermijn deel (alles tussen de vierkante haken) en een korte termijn deel. Voor het mobiliteitsbeeld is eerst de langtermijn vergelijking geschat en daarna de rest van de vergelijking.

$$\Delta \ln(y_t) = \alpha * \Delta \ln(x_t) - \gamma * [\ln(y_{t-1}) - (C + \beta * \ln(x_{t-1}))] \quad (1)$$

De invloed van de verschillende coëfficiënten (α , β en γ) kunnen we zien in Figuur B.2.1. In dit voorbeeld vindt er op $t = 3$ een verandering in de afhankelijke variabele x plaats van 10%. Dit heeft meteen een effect op de afhankelijke variabele y ter grootte van $\alpha * 10\%$, dit is in dit voorbeeld 5%. In de langtermijn is het effect echter anders, namelijk $\beta * 10\%$ oftewel 4% in dit voorbeeld. De snelheid waarin het korte termijneffect uitvlakt (of uitgroeit) naar het langtermijneffect, is afhankelijk van de grootte van aanpassingsparameter γ . Het lange termijnevenwicht wordt sneller gerealiseerd als γ de waarde van 1 nadert.



Figuur B.2.1. De invloed van verschillende groottes van de aanpassingsparameter γ op de afhankelijke variabele y . In dit voorbeeld is er een eenmalige shock van 10% in de onafhankelijke variabele x op $t = 3$. De korte termijnelasticiteit (α) is 0,50 terwijl de lange termijnelasticiteit (β) 0,40 is.

Op basis van een literatuurstudie zijn verschillende variabelen geïdentificeerd die de ontwikkeling van het goederenvervoer zouden kunnen verklaren, zie Knoope en Francke (2020) voor een overzicht. Daarnaast is een COVID-variabele op basis van de stringency van Oxford University voor Nederland als extra mogelijke verklarende variabele toegevoegd (Hale et al., 2021). De geïdentificeerde variabelen kunnen in de lange, in de korte, in beide of in geen van beide vergelijkingen worden opgenomen. Om te bepalen welke variabelen in welke vergelijking worden opgenomen, wordt een voorwaartse en achterwaartse stapsgewijze methode toegepast. Hierna wordt gecheckt of de opgenomen variabelen een logisch teken hebben en of ze significant zijn op

⁴ Om te kijken of de variabelen inderdaad gecoïntegreerd zijn en een ECM mag worden toegepast, moeten statistische tests worden uitgevoerd. Hier is de Augmented Dickey-Fuller test gebruikt.

een 5% niveau. Als één van deze condities niet vervuld wordt, dan wordt de variabele die hier het minst aan voldoet uit het model gehaald. Dit wordt herhaald tot alle opgenomen variabelen in het ECM een logisch teken hebben en significant zijn. Verder wordt gecheckt of aan de voorwaarde voor een ECM wordt voldaan.

Nadat een ECM is geschat, moet er bepaald worden welk deel van de ontwikkeling van het goederenvervoer verklaard wordt door elk van de variabelen die is opgenomen in het ECM. Dit is niet makkelijk direct af te leiden uit vergelijking 1, doordat y_{t-1} opgenomen is in de vergelijking. Daarom wordt y_{t-1} uit vergelijking 1 gesubstitueerd. y_t hangt dan af van x_t , x_{t-1} , x_{t-2} en y_{t-2} , zie vergelijking 3. Dit substitutieproces wordt herhaald totdat de invloed van y_{t-n} verwaarloosbaar is. Dit is het geval bij tien iteraties; de invloed van Y_{t-10} is dan minder dan 0,1%. Het deel van de ontwikkeling dat verklaard wordt door elke onafhankelijke variabele kan vervolgens bepaald worden door de bijdrage van de onafhankelijke variabele in y in het eindjaar en beginjaar van elkaar af te trekken.

$$\begin{aligned} \ln(y_t) = & a * \ln(x_t) & (2) \\ & +(\gamma\beta - \alpha) * \ln(x_{t-1}) \\ & +\gamma C \\ & +(1 - \gamma) * \ln(y_{t-1}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln(y_t) = & a * \ln(x_t) & (3) \\ & +(\gamma\beta - \alpha) * \ln(x_{t-1}) \\ & +\gamma C \\ & +(1 - \gamma) * [a * \ln(x_{t-1}) + (1 - \gamma) * \ln(y_{t-2}) + \gamma C + (\gamma\beta - \alpha) * \ln(x_{t-2})] \end{aligned}$$

Schattingresultaten

De huidige modelcoëfficiënten zijn verkregen door het model te schatten op basis van data van 1970-2022.

Internationaal goederenvervoer

Het totale internationaal goederenvervoer hangt nauw samen met de internationalisering, dat geoperationaliseerd is door de relevante wereldhandel, zie vergelijking 4. De waardes, standaardfouten en significantieniveaus van de modelcoëfficiënten staan in Tabel B.2.1.

$$\Delta \ln(TIV_t) = \alpha_1 * \Delta \ln(Wrldhndl_t) - \gamma * [\ln(TIV_{t-1}) - (C_1 + \beta_1 * \ln(Wrldhndl_{t-1}))] \quad (4)$$

waarbij:

TIV *het totale internationale goederenvervoer op Nederlands grondgebied in miljoen ton;*
Wrldhndl *de relevante wereldhandel van de CBP (index cijfer 2000=100).*

Tabel B.2.1. Model coëfficiënten van het ECM voor het totale internationale goederenvervoer.

	1970-2022		
	Coëfficiënt	Standaard fout	t-waarde ¹
α_1	0,538	0,057	9,43***
γ	0,416	0,116	3,59***
C_1	11,9	0,0264	452***
β_1	0,382	0,0061	62,9***
$\Delta \ln(TIV_t) = \alpha_1 * \Delta \ln(Wrldhndl_t) - \gamma * [\ln(TIV_{t-1}) - (C_1 + \beta_1 * \ln(Wrldhndl_{t-1}))]$			

¹. Significantie niveau * <0,05; ** <0,01; *** <0,001

Deze schattingsresultaten worden gebruikt om het opgetilde gewicht van het internationale goederenvervoer te verklaren tussen 2012 en 2022. In deze periode groeide de relevante wereldhandel met 44%, zie Tabel B.2.2. Deze variabele verklaart volgens het model een groei van 15,6% van het opgetilde gewicht.

Tabel B.2.2. Ontwikkeling van de verklarende variabele (CPB, 2023) en het effect op het opgetilde gewicht van het internationaal goederenvervoer tussen 2012-2022.

	Ontwikkeling variabele	Effect op internationaal goederenvervoer
Relevante wereldhandel	43,6%	15,6%
Onverklaard	n.a.	-10,8%
Opgetilde gewicht internationaal goederenvervoer	4,7%	4,7%

Binnenlands goederenvervoer

Het totale binnenlands goederenvervoer wordt het best verklaard door het bbp en de verdienstelijking op te nemen in de langetermijnvergelijking en het bbp voor de landbouw en het bbp voor de bouwnijverheid in de korte termijnvergelijking. Dit leidt tot vergelijking 5. De bijbehorende model coëfficiënten staan in Tabel B.2.3.

$$\Delta \ln(TBV_t) = \alpha_2 * \Delta \ln(bbp_landbouw_t) + \alpha_3 * \Delta \ln(bbp_bouw_t) - \mu * [\ln(TBV_{t-1}) - (C_2 + \beta_2 * \ln(bbp_{t-1}) + \beta_3 * \%Dienst_{t-1})] \quad (5)$$

waarbij:

TBV het totale binnenlandse goederenvervoer in miljoen ton;

bbp_{landbouw} de bruto toegevoegde waarde van de landbouwsector in miljoenen €₂₀₁₀;

bbp_{bouw} de bruto toegevoegde waarde van de bouwsector in miljoenen €₂₀₁₀;

bbp bruto binnenlands product, uitgedrukt in miljoenen €₂₀₁₀;

%dienst de bruto toegevoegde waarde van de dienstensector ten opzichte van het totaal (%);

Tabel B.2.2. Model coëfficiënten van het ECM voor het totale binnenlandse goederenvervoer.

	1970-2022		
	Coëfficiënt	Standaard fout	t-waarde ¹
α_2	0,228	0,059	3,90***
α_3	0,359	0,063	5,71***
μ	0,539	0,120	4,48***
C_2	6,63	0,241	27,5***
β_2	0,574	0,032	18,1 ***
β_3	-1,26	0,266	-4,74***
$\Delta \ln(TBV_t) = \alpha_2 * \Delta \ln(bbp_landbouw_t) + \alpha_3 * \Delta \ln(bbp_bouw_t) - \mu * [\ln(TBV_{t-1}) - (C_2 + \beta_2 * \ln(bbp_{t-1}) + \beta_3 * \%Diensten_{t-1})]$			

¹. Significantie niveau * <0,05; ** <0,01; *** <0,001

Deze schattingsresultaten worden gebruikt om het opgetilde gewicht van het binnenlands goederenvervoer te verklaren tussen 2012 en 2022. In Tabel B.2.4 staat de ontwikkeling van de verschillende onafhankelijke variabelen en het effect dat ze hebben op het binnenlands opgetilde gewicht.

Tabel B.2.4. Ontwikkeling van de verklarende variabelen (CBS, 2023; CPB, 2023) en het effect op het opgetilde gewicht van het binnenlandse goederenvervoer tussen 2012-2022.

	Ontwikkeling variabele	Effect op binnenlands goederenvervoer
BBP	20,7%	6,1%
Verdienselijking	0,51%	-1,0%
Bouw	41,3%	3,7%
Landbouw	10,1%	0,6%
Onverklaard	n.a.	6,1%
Opgetilde gewicht binnenlands goederenvervoer	15,5%	15,5%

Referenties

CPB (2023). *Augustusraming 2023 (cMEV 2024). Verzamelde bijlagen met lange reeksten t/m 2028 (MLT)*. Den Haag: Centraal Planbureau (CPB).

CBS (2023). *Opbouw binnenlands product (bbp); nationale rekeningen*. Laatst gewijzigd op juni 2023. CBS: Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).

Hale, T., Angrist, N., Goldszmidt, R., Kira, B., Petherick, A., Phillips, T., Webster, S., Cameron-Blake, E., Hallas, L., Majumdar, S. & Tatlow, H. (2021). *A global panel database of pandemic policies* (Oxford COVID-19 Government Response Tracker). *Nature Human Behaviour*. <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01079-8>

Knoope, M. & Francke, J. (2020). *Verklaring van de ontwikkelingen in het goederenvervoer in Nederland van 1970-2018*. *Tijdschrift Vervoerswetenschappen* 56 (2), pp. 1-26.

Ramanathan, R. (2001). *The long-run behaviour of transport performance in India: a cointegration approach*. *Transportation research Part A* 35, 309-320

Thome, H. (2014). *Cointegration and error correction modelling in time-series analysis: A brief introduction*. *International journal of conflict and violence* 8 (2): 199-208.

Wooldridge, J.M. (2013). Chapter 18 Advanced Time Series Topics. *Introductory Econometrics: a modern approach*.

3 Bijlage Bereikbaarheid

3.1 Methodiek bereikbaarheidsindicator uit Integrale Mobiliteitsanalyse (IMA) 2021

Bij de oplevering van de analyses met de IMA2021 bereikbaarheidsindicator heeft Significance achtergrondinformatie over die analyses meegeleverd in een technische toelichting. Die toelichting is verwerkt in deze bijlage, en valt uiteen in twee delen. Deel 1 gaat over de berekeningsmethode van de indicator. Deel 2 beschrijft de instellingen en invoer die is gebruikt om de bereikbaarheidswaarden voor het jaar 2022 te berekenen met behulp van het Landelijk Model Systeem (LMS) GM versie 4.2.7. Deze invoer kent beperkingen omdat ten tijde van publicatie van het Mobiliteitsbeeld 2023 niet alle instellingen en invoerbestanden voor het jaar 2022 beschikbaar waren.⁵ Significance heeft sommige van die instellingen daardoor moeten benaderen, en invoerbestanden uit eerdere jaren moeten gebruiken.

Berekenen IMA-2021 bereikbaarheidsindicator

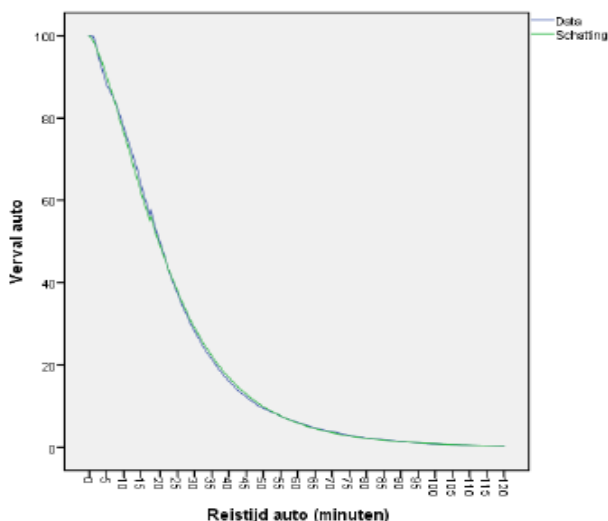
De gebruikte methode om de IMA-bereikbaarheid te benaderen is voor banen, onderwijs, en winkelen alle drie hetzelfde behalve dat bij het berekenen van de bereikbaarheid van banen nog rekening wordt gehouden met competitie. Het competitie-element wordt gevormd doordat de beroepsbevolking in een gebied bij de bereikbaarheid van banen (vanuit dat gebied) concurrentie ondervindt van de beroepsbevolking van andere gebieden. Omdat met dit competitie-element de IMA-indicator voor de bereikbaarheid van banen de meest complexe indicator is (ten opzichte van onderwijs en winkelen), wordt in deze bijlage alleen de bereikbaarheid voor banen nader uitgewerkt door de verschillende rekenonderdelen te beschrijven.

Acceptabele reistijden

De IMA-bereikbaarheidsindicator berekent het aantal activiteiten, in dit geval banen, dat binnen een acceptabele reistijd kan worden bereikt. Om te bepalen wat een acceptabele reistijd is wordt er gebruik gemaakt van waargenomen reisgedrag op basis van de enquête data OViN 2015-2017 om in te schatten wat de acceptabele reistijd is. Hierbij kan de acceptabele reistijd verschillen tussen de verschillende vervoerwijzen en motieven. De opgestelde reistijdvervalcurves zijn dan ook motief en vervoerwijze specifiek. Door gebruik te maken van de enquête data ontstaat er een spreiding in de acceptabele reistijd, zo zal bijna iedereen een reistijd van vijf of tien minuten wel acceptabel vinden maar weinig mensen vinden meer dan een uur reistijd ook acceptabel.

Auto

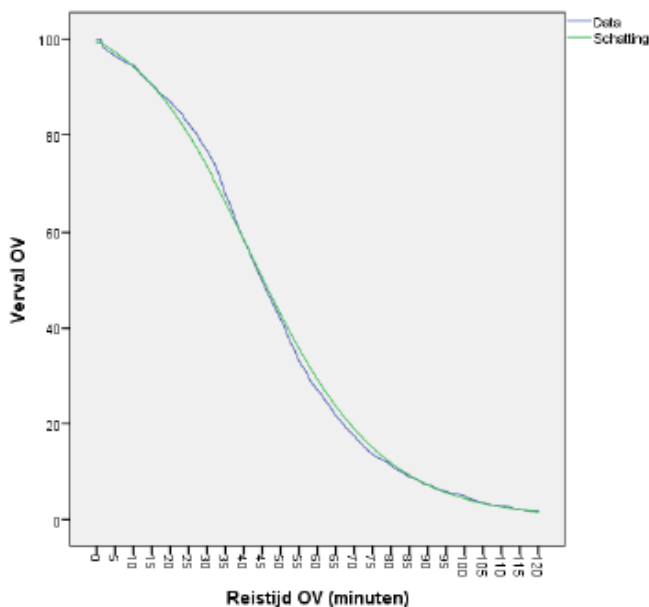
De gebruikte autoreistijden waarop de reistijdvervalcurves zijn geschat komen uit het LMS en bestaan voor het motief woon-werk uit het gemiddelde van de autoreistijden in de ochtend- en avondspits tussen de woon- en werklocatie. De geschatte reistijdvervalcurves laten een vrij steil verval zien en minder dan 50% van de reizigers reist meer dan een half uur.



⁵ Voor de jaren 2010, 2014 en 2018 is dat wel het geval.

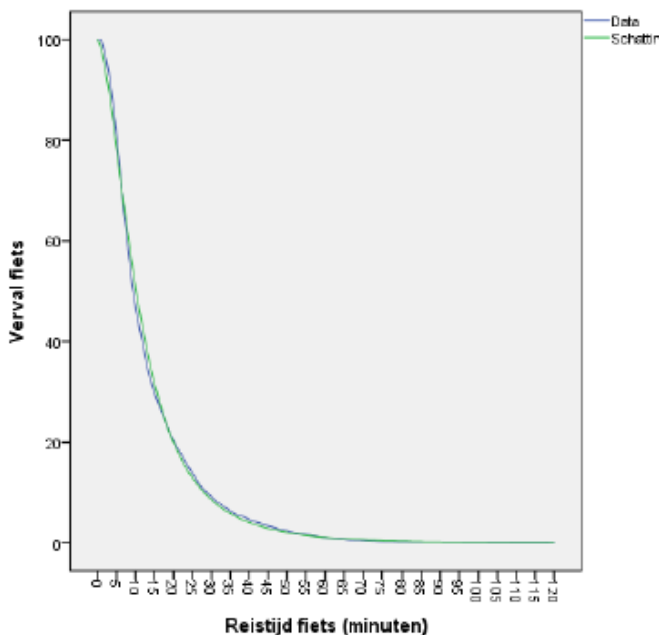
OV

Voor het reizen met het openbaar vervoer worden op basis van de aanwezige level-of-service data in het LMS deur-tot-deur reistijden opgesteld bestaande uit voor- en natransporttijden, wachttijden en in-vehicle tijden. Dit wordt gedaan voor zowel de trein als hoofdvervoerwijze of Bus/Tram/Metro als hoofdvervoerwijze, de kortste reistijd met het OV wordt gebruikt als representatieve reistijd tussen A en B. De reistijdvervalcurve voor het OV is een stuk minder steil dan voor de auto wat aangeeft dat de gemiddelde OV reiziger langer naar zijn werk reist dan de autoreiziger.



Fiets

Voor het bepalen van de reistijden met de fiets wordt gebruik gemaakt van de level-of-service voor de fiets uit het LMS dat gebaseerd is op een fietsnetwerk. De geschatte reistijdvervalcurve voor de fiets is erg steil wat aangeeft dat weinig mensen meer dan een half uur fietsen naar hun werk. Merk op dat verschillen in gereisde afstanden tussen de auto en fietsreiziger nog een stuk groter zijn door de gemiddeld hogere snelheid van de auto.



Reistijdverval

De reistijdvervalcurve die is afgeleid uit de OViN data wordt per relatie berekend met behulp van de volgende functie:

$$f_{i,j,m} = \frac{1}{1 + e^{\alpha + \beta \ln(t_{i,j,m}) + \gamma(t_{i,j,m})}}$$

En maakt gebruik van onderstaande parameters:

Parameters woon-werk	auto	fiets	ov
α	-5.6302111	-5.4822180	-12.7000000
β	1.5924759	2.2556810	2.9640000
γ	0.0289240	0.0192570	0.0180700

De bereikbaarheid van het aantal banen voor de vervoerwijzen auto, OV en fiets kan nu per zone berekend worden, gebruikmakend van de reistijden per vervoerwijze, het aantal banen in de bestemmingszone (uit de sociaaleconomische gegevens van het LMS) en de geschatte reistijdvervalcurves.

$$T_{i,m} = \sum_{j=1}^{n \text{ zones}} B_j f(t_{i,j,m})$$

$T_{i,m}$ = toegankelijkheid banen voor inwoners zone i met vervoerwijze m

B_j = aantal banen in zone j

$T_{i,j,m}$ = reistijd tussen zone i en j voor vervoerwijze m

$f()$ = reistijdvervalcurve

De met bovenstaande functie berekende bereikbaarheid van banen houdt nog geen rekening met competitie.

Correctie voor competitie

In de voorstudies voor de IMA-bereikbaarheidsindicator is besloten om voor de bereikbaarheid van banen te corrigeren voor competitie door de beroepsbevolking in andere gebieden die de betreffende baan ook kunnen bereiken. Om dit te doen is een correctiefactor of schalingsfactor C gebruikt. Als startpunt voor het berekenen van de schalingsfactor wordt voor elke zone berekend hoe goed deze zone bereikbaar is voor de beroepsbevolking vanuit de eigen zone (intrazone bereikbaarheid) en voor de beroepsbevolking vanuit alle andere zones. Hierbij worden dezelfde reistijden en reistijdvervalcurves gebruikt als voor het berekenen van de bereikbaarheid van banen. Als representatieve reistijd tussen zones k en j wordt gebruik gemaakt van de kortste reistijd over de drie vervoerwijzen, de competitie van de beroepsbevolking voor de banen is immers niet vervoerwijze specifiek.

Voor een bestemmingszone j gaat het om de volgende formule:

$$BB_j = \sum_{k=1}^n I_k f(t_{k,j})$$

BB_j = bereikbaarheid beroepsbevolking in zone j

I_k = potentiële beroepsbevolking in zone k

$T_{k,j}$ = kortste reistijd tussen zone k en j

$f()$ = reistijdvervalcurve

Op basis van de verschillen in bereikbaarheid van de beroepsbevolking voor de zones wordt de zone specifieke correctiefactor C bepaald. Daarvoor wordt de bereikbaarheid van de beroepsbevolking genormaliseerd zodat de correctiefactor tussen 0 en 1 wordt geschaald. Stap 1 is hierbij dat de competitie van de beroepsbevolking per zone wordt gedeeld door het gemiddelde competitieniveau van alle zones in Nederland. Dit geeft waarden voor de zones rond de 1 en om extremen te voorkomen wordt deze factor gemaximaliseerd op 1,5 en geminimaliseerd op 0,5. Daarna worden al deze waarden vermenigvuldigd met 2/3 om zo waarden tussen 0 en 1 te krijgen. Dit wordt gedaan zodat de bereikbaarheidswaarde inclusief competitie niet hoger kan worden dan de bereikbaarheidswaarden zonder competitie. Bij een correctiefactor van 1 is er als het ware geen competitie en blijft de bereikbaarheid gelijk, maar hoe meer competitie, hoe dichter de correctiefactor bij 0 komt en 0,33 is daarbij de minimale waarde is (2/3 *0.5). De voor competitie gecorrigeerde bereikbaarheid van banen wordt dan per vervoerwijze en zone berekend door:

$$T_{i,m} = \sum_{j=1}^{n \text{ zones}} C_j B_j f(t_{i,j,m})$$

Integrale maat

Naast de bereikbaarheid per zone per vervoerwijze is er in de IMA2021 ook gewerkt met een integrale bereikbaarheid per zone voor alle vervoerwijzen samen. Deze integrale maat probeert de vervoerwijzen te wegen rekening houdend met het relatieve belang van de vervoerwijzen, zo zal de fiets de bereikbaarheid op korte afstand mede bepalen maar op een langere afstand nauwelijks een rol spelen. In gebieden waar veel gefietst wordt, weegt de toegang tot activiteiten met de fiets zwaarder mee in de totaalscore dan in gebieden waar veel met de auto gereisd wordt. Om voor elke reisrelatie tussen herkomst- en bestemmingszone te komen tot een inschatting van het relatieve belang (marktaandelen) van de verschillende vervoerwijzen is een stapsgewijze procedure voor de weging over de vervoerwijzen opgezet:

- 1 Om het marktaandeel fietsen en lopen te bepalen is een functie geschat op basis van alle herkomst-bestemmingsrelaties waarbij de reisafstand wordt gerelateerd aan het aandeel fietsen en lopen. Zoals verwacht neemt hierbij het aandeel fietsen en lopen snel af met de afstand. Afhankelijk van het aandeel fietsen en lopen (x%) wordt de bereikbaarheid banen voor de vervoerwijze fietsen en lopen voor x% meegewogen. De bereikbaarheid auto en OV worden op deze relatie dan voor 1-x% meegewogen en nader onderverdeeld in stap 2.
- 2 De zogenoemde VerplaatsingstijdFactor (VF) waarde wordt gebruikt als maat voor competitie tussen OV en auto en deze waarde beschrijft de verhouding van de deur-tot-deur reistijd voor OV t.o.v. de auto. Als deze waarde laag is kan worden verwacht dat het OV een groot marktaandeel heeft en omgekeerd als deze waarde hoog is op een relatie wordt een klein marktaandeel verwacht. Om de relatie tussen de VF-waarde en het aandeel OV en auto te schatten is gebruik gemaakt van OViN data gecombineerd met LMS level-of-service data over de reistijden OV en auto en de marktaandelen OV en auto. Voor elke relatie wordt op basis hiervan een aandeel auto en OV berekend, dat tezamen met aandeel fiets optelt tot 100%.

$$T_i = \sum_{j=1}^{n \text{ zones} \times m \text{ modes}} \sum_{m=1} MS_{i,j,m} C_j B_j f(t_{i,j,m})$$

T_i = toegankelijkheid banen voor inwoners zone i (alle vervoerwijzen)

$MS_{i,j,m}$ = marktaandeel vervoerwijze m op relatie tussen zone i en j

C_j = correctiefactor zone j voor bereikbaarheid beroepsbevolking

B_j = aantal banen in zone j

$T_{i,j,m}$ = reistijd tussen zone i en j voor vervoerwijze m

$f()$ = reistijdvervalcurve

Bereikbaarheid bij aggregatie

Bij het aggregeren van gebieden (van zones naar gemeentes, COROP of naar nationaal niveau) wordt gebruik gemaakt van gewogen middeling. Dit betekent dat zones met meer inwoners zwaarder meetellen dan zones met minder inwoners. Voor de bereikbaarheid van banen wordt de

potentiële beroepsbevolking (alle mannen en vrouwen tussen 15 en 65 jaar) gebruikt en voor de bereikbaarheid van onderwijs en winkelen het totaal aantal inwoners van de zones.

Invoer en instellingen voor berekenen bereikbaarheid 2022

Om de bereikbaarheidsindicator uit te kunnen rekenen, is modelinvoer nodig die de situatie in 2022 zo goed mogelijk benadert. De volgende uitgangspunten zijn hier gehanteerd:

1 Rijbewijsbezit

Voor 10 geslacht-leeftijdsklassen zijn percentages voor rijbewijsbezit beschikbaar voor de jaren 2010, 2014, 2018, en 2030. Voor 2018 en 2030 zijn deze gegevens afkomstig van de Referentieprognoses 2021 (RP2021) van Dat.mobility (2021). Voor de eerdere jaren uit de Backcast Groeimodel 4 (GM4).⁶ Voor de rijbewijsbezitspercentages voor 2022 is geïnterpoleerd tussen 2018 en 2030. Informatie over het rijbewijsbezit is relevante input voor de analyses. Hoe meer mensen kunnen autorijden, hoe meer autoverkeer.

2 Aantal auto's en autokosten

Het aantal auto's en de kostenindices auto voor 2018 zijn afkomstig van RP2021 (DAT.mobility, 2021), de cijfers voor 2010 en 2014 komen uit de Backcast GM4. Het autobezit en de kostenindices 2022 zijn gebaseerd op een interpolatie tussen 2018 en 2030, waarbij de cijfers voor 2030 een gemiddelde zijn tussen het scenario Hoog en Laag. Het aantal auto's en de autokosten zijn medebepalend voor de hoeveelheid autoverkeer.

Autobezit – aantal huishoudens met	2010	2014	2018	2022	2030
1 auto	3.832.277	4.076.435	4.214.127	4.407.364	4.793.838
2 auto's	1.468.554	1.491.138	1.599.590	1.634.173	1.703.338
3+ auto's	252.536	258.665	284.161	294.542	315.304
Totaal aantal auto's o.b.v. Dynamo	7.765.463	8.081.219	8.530.452	8.854.140	9.501.515

Kostenindex 2018=100	2010	2014	2018	2022	2030
Vaste autokosten (incl AFT's)	107,2	99,6	100	98,3	94,9
Brandstofkosten/km auto	108,3	111,8	100	99,0	97,0
ROB-kosten/km auto	99,3	99,3	100	100,7	102,2

3 Kosten vracht- en bestelverkeer

De kostenindices voor het vracht- en bestelverkeer voor 2018 zijn afkomstig van RP2021, de cijfers van 2010 en 2014 komen uit de Backcast GM4. De kostenindices 2022 zijn het resultaat van een interpolatie tussen 2018 en 2030, waarbij de cijfers voor 2030 een gemiddelde zijn tussen het scenario Hoog en Laag. De kosten voor vracht- en bestelverkeer zijn medebepalend voor de hoeveelheid vrachtverkeer op de weg.

Kostenindex 2018=100	2010	2014	2018	2022	2030
KM-kostenindex bestel L1 (brandstofkosten)	107,8	111,3	100	105,0	115,0
KM-kostenindex bestel L2 (brandstofkosten + overige variabele km-kosten)	103,2	111,3	100	102,9	108,7
KM-kostenindex vracht L2 (brandstofkosten + overige variabele km-kosten)	103,1	111,2	100	104,2	112,7
KM-kostenindex vracht L3 (brandstofkosten + overige variabele km-kosten)	103,1	111,2	100	103,7	111,2

⁶ <https://significance.nl/case/een-nieuwe-versie-van-het-lms-en-nrm-gm4/>

4 Trendmatige toename thuiswerken

Het KiM heeft gegevens over thuiswerken aangeleverd. Op basis daarvan is een indexwaarde (88,8) voor 2022 berekend. De jaren 2010, 2014 en 2018 hebben indexwaarde 100. De mate van thuiswerken is van invloed op met name de hoeveelheid woon-werkverkeer.

5 Geavanceerde scenario-instellingen

Deze instellingen staan standaard op indexwaarde 100.

Index 2018=100	2010	2014	2018	2022	2030
Index IVT trein	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Index IVT BTM	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

6 Internationaal personenverkeer

De kostenindices voor het internationaal personenverkeer voor 2018 zijn afkomstig van RP2021 (DAT.mobility, 2021), de cijfers van 2010 en 2014 komen uit de Backcast GM4. Het kostenindices voor 2022 zijn een interpolatie tussen 2018 en 2030, waarbij de cijfers voor 2030 een gemiddelde zijn tussen het scenario Hoog en Laag.

Index 2018=100	2010	2014	2018	2022	2030
Groei internationaal personenverkeer	90,0	94,7	100,0	100,3	101,0

7 Kosten openbaar vervoer

De kostenindices voor het openbaar vervoer voor 2018 zijn afkomstig van RP2021, de cijfers van 2010 en 2014 komen uit de Backcast GM4. Het kostenindices zijn geïnterpoleerd tussen 2018 en 2030. Voor 2030 worden voor de Hoog en Laag scenario's dezelfde indices gebruikt. De 2022 waarde is gebaseerd op die interpolatie. De kosten van het ov zijn bepalend voor de mate waarin met het ov wordt gereisd.

Index 2018=100	2010	2014	2018	2022	2030
Trein tarieven woon-werk	102,43	98,38	100	100,94	102,83
Trein tarieven overig	102,43	98,38	100	100,94	102,83
BTM tarieven	94,95	99,02	100	100,94	102,83

8 MaaS

De MaaS instellingen zijn voor ieder jaar gelijk aan de default instellingen.

MaaS-element	2010	2014	2018	2022	2030
Kosten deelfiets (OV-fiets)	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95
Km-kosten deelauto	0	0	0	0	0
Km-kosten deelauto MaaS	0	0	0	0	0
Index vaste kosten deelauto	100	100	100	100	100
Index vaste kosten deelauto MaaS	100	100	100	100	100
Kosten deelfiets MaaS	0	0	0	0	0
Km-kosten ride sourcing	0	0	0	0	0
Comfortfactor ride sourcing	1	1	1	1	1
Carpooling passagier bonus	0	0	0	0	0

9 Prijsbeleid

De verschillende tolpassages en kilometerheffingen zijn uitgesplitst naar tien linkgroepen, namelijk:

1. Westerscheldetunnel
2. Liefkenshoektunnel
3. Kiltunnel
4. Blankenburgtunnel
5. Verlengde A15
6. Vlaanderen en autosnelweg Brussel
7. Overig Brussel
8. Wallonië
9. Duitsland
10. Heffingsnetwerk Vrachtwagenheffing Nederland

De Blankenburgtunnel en de verlengde A15 zullen in 2024 worden opengesteld, dus zijn de toltarieven niet in de 2022 analyse opgenomen.

De vrachtwagenheffingen in het buitenland, zijn geïnterpoleerd tussen 2018 en 2030 om een waarde voor 2022 te vinden. De vrachtwagenheffing in Nederland zal in 2026 actief worden, en is dus niet van belang voor de 2022 analyse.

10 Overige maatregelen en instellingen

Het gaat hier om fiscaal beleid: dit wordt ingevoerd door bestanden met vergoedingskosten per afstandsklasse (reis) voor woon-werk en woon-zakelijk in euro/km. De volgende instellingen worden gebruikt om het vergoedings- en belastingbeleid op werkgeverskosten te modelleren.

Parameters of modelinstellingen	Type invoer	Waarde
Percentage vergoeding woon-werkverkeer OV	%	100
Vergoeding woon-werk verkeer auto belast	aan / uit	uit
Vergoeding woon-werk verkeer OV belast	aan / uit	uit
Vergoeding zakelijk verkeer auto belast	aan / uit	uit
Vergoeding zakelijk verkeer OV belast	aan / uit	uit
Percentage invloed kosten belasting op werkgeversvergoeding auto	%	0
Percentage invloed kosten belasting werkgeversvergoeding trein	%	0
Percentage invloed kosten belasting werkgeversvergoeding BTM	%	0

11 Invoerbestanden

Dan zijn er bestanden ('Onderdelen' in kolom 1 van onderstaande tabellen) die voor dit project zijn aangeleverd door Rijkswaterstaat WVL of ProRail voor het analysejaar 2022. In de meest rechter kolom staat de 'Bron' beschreven van ieder onderdeel. Merk op dat de invoergegevens voor het analysejaar 2022 vaak zijn benaderd door middel van interpolatie, of door een bestand uit een eerder jaar te gebruiken. Bij interpolatie wordt de invoer van de 2030 Hoog en Laag bestanden eerst gemiddeld, waarna er wordt geïnterpoleerd tussen 2018 en het gemiddelde van 2030.

Onderdeel	Jaren	Bestandsnaam	Bron
Werkgeversvergoeding motief woon-werk	2022	FUNDING1.dat	RP2021 2018
Werkgeversvergoeding motief zakelijk	2022	FUNDING2.dat	RP2021 2018
Parkeervergunningen per huishouden per zone	2022	PRK_lms.dat	RP2021 2018

Onderdeel	Jaren	Bestandsnaam	Bron
LOS trein ⁷	2022	LOS_GRT_dagdeel_2018.txt	RP2021 2018
Stationsdata	2022	Stations2018.txt	ProRail
Autonetwerken	2022	LNK/NOD/FRM/turnp/shape 2022	Rijkwaterstaat WVL

Onderdeel	Jaren	Bestandsnaam	Bron
Luchthavendata	2022	AIR____2022.txt	Interpolatie 2018-2030_gem
E-bike fracties	2022	EBK____2022.dat	Interpolatie 2018-2030_gem
Vracht- en bestelmatrices	2022	Vtg_Ddagdeel22LMS.bin	Interpolatie 2018-2030_gem
Opleidingsniveau personen	2022	EDU__22_LMS.dat	Interpolatie 2018-2030_gem
Opleidingniveau banen	2022	JOB__22_LMS.dat	Interpolatie 2018-2030_gem
Sociaal-economische gegevens	2022	LMS_2022.dbf	Interpolatie 2018-2030_gem

Onderdeel	Jaren	Bestandsnaam	Bron
LOS ROV	2022	LOS/ACC/EGR9_dagdeel18_LMS.asc	RP2021 2018
LOS fietsen	2022	LOS6__18LMS.bin	RP2021 2018
LOS lopen	2022	LOS8__18LMS.bin	RP2021 2018

Referenties

DAT.mobility (2021). *Referentieprognoses 2021: Resultaten LMS/NRM Hoofdrapportage*, studie in opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat WVL, 003762.20210401.R1.01

Snelder M. & Vonk Noordegraaf D. (2022). Review LMS/NRM, TNO, 28 februari 2022.

⁷ LOS = Level Of Service. Dit betreft reistijden waaronder wacht- en overstaptijden (zie Snelder en Vonk Noordegraaf, 2022, p.20).

3.2 Methodiek maatschappelijke kosten files en vertragingen

De maatschappelijke kosten door files en vertragingen op het hoofdwegennet bestaan uit verschillende componenten, namelijk het reistijdverlies, betrouwbaarheid van de reistijd, uitwijkgedrag en indirecte effecten. Elk van deze componenten worden hieronder verder toegelicht.

Het *reistijdverlies* dat mensen oplopen doordat ze in de file staan of langzaam rijden, leidt tot maatschappelijke kosten. Immers, ze hadden ook iets anders kunnen doen in deze tijd. De kosten van het reistijdverlies worden berekend door het reistijdverlies (uitgedrukt in aantal voertuigverliesuren) te vermenigvuldigen met de reistijdwaardering per uur. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt naar vracht en personen, aangezien de reistijdwaardering voor vracht flink hoger ligt dan die voor personen.⁸ Het aandeel van het reistijdverlies dat voor rekening komt voor het vrachtverkeer is niet bekend. We gebruiken als proxy hiervoor de verkeersprestatie van het vrachtverkeer op het hoofdwegennet, gebaseerd op INWEVA (INWEVA, 2023). We komen voor 2022 dan uit op een aandeel vracht van 14%. Daarnaast wordt er bij het de berekening van de maatschappelijke kosten van het reistijdverlies rekening gehouden met de gemiddelde bezettingsgraad van personenauto's. Hierbij wordt verondersteld dat de reistijdwaardering van autopassagiers 80% is van de reistijdwaardering van de autobestuurder. De gemiddelde bezettingsgraad wordt berekend zonder rekening te houden met het tijdstip van de diverse autoritten⁹, en is gebaseerd op het CBS-trendmodel (Boonstra en van den Brakel, 2023).

Betrouwbaarheid gaat over de mate waarin de reistijd zeker is, ofwel over de variatie rondom de gemiddelde reistijd. Dit leidt tot maatschappelijke kosten omdat mensen eerder moeten vertrekken of later aankomen dan in de ideale situatie zonder reistijdontbetrouwbaarheid. De reistijdontbetrouwbaarheid wordt uitgedrukt met behulp van de standaardafwijking van de reistijd. Voor elk wegvak wordt op kwartierbasis een standaarddeviatie uitgerekend. Vervolgens worden deze gewogen met de verkeersprestatie om een landelijke indicatie te krijgen voor de betrouwbaarheid. Voor de jaren 2012-2018 zijn snelheden en verkeersintensiteiten gebruikt op basis van de lussen. Voor de jaren 2019-2022 is reistijdontbetrouwbaarheid gebaseerd op ShiVi-data. In ShiVi zijn de snelheden gebaseerd op floating car data en de intensiteiten op lusdata. Voor beide datasets geldt dat ze moeten worden opgehoogd om representatief te zijn voor het totale wegverkeer op het hoofdwegennet.¹⁰ Daarnaast moet er gecorrigeerd worden voor de afhankelijkheid van betrouwbaarheid tussen de verschillende wegvakken. Zo blijkt dat mensen die in de file staan op een bepaald wegvak stroomafwaarts beter kunnen doorrijden doordat er minder verkeer is. Op basis van een analyse van de 2012-2018-data bleek de standaarddeviatie op trajectniveau gemiddeld 0,37 van de geaggregeerde standaarddeviatie op wegniveau te zijn.¹¹ Deze factor is ook gebruikt voor de jaren 2019-2022. Vervolgens wordt de standaardafwijking van de reistijd, gecorrigeerd voor de covariantie, vermenigvuldigd met de bijbehorende economische en maatschappelijke waardering van een grotere betrouwbaarheid van reistijden. Ook hier wordt weer een onderscheid gemaakt naar vracht- en personenverkeer en wordt rekening gehouden met de gemiddelde bezettingsgraad van personenauto's.

Bij *uitwijkgedrag* wordt er geanticipeerd op files en vertragingen. Mensen vertrekken bijvoorbeeld eerder of later, ze rijden via een andere route, ze kiezen een ander vervoermiddel of ze gaan naar een andere bestemming om files en vertragingen te ontwijken. Ook kunnen mensen besluiten om de verplaatsing niet te maken en thuis te werken. De kosten van dit uitwijkgedrag worden meegenomen als onderdeel van de maatschappelijke kosten van files en vertragingen. In 2000 waren de uitwijkkosten 0,89 van de kosten van het reistijdverlies (Koopmans & Kroes, 2004). Dit aandeel wordt gebruikt voor alle jaren aangezien er geen recentere data beschikbaar is. Daarnaast kan ook onbetrouwbaarheid uitwijkgedrag genereren. De mate waarin onbetrouwbaarheid leidt tot uitwijkgedrag is onzeker, maar de maatschappelijke kosten hiervan worden 50% lager geschat dan de mate van uitwijkgedrag bij reistijdverlies.

De totale kosten van de reistijdverliezen, de onbetrouwbaarheid van de reistijd en de bijbehorende uitwijkkosten zijn de directe maatschappelijke kosten van files en vertragingen. Daarnaast zijn er indirecte kosten. De indirecte kosten nemen mee dat files en vertragingen ook effecten kunnen hebben op andere markten dan het wegverkeer. Dit zijn dezelfde indirecte effecten die kunnen optreden bij de aanleg of verbetering van infrastructuur. Bijvoorbeeld, files kunnen als gevolg van

⁸ Zie de bijlage over de reistijdwaardering voor personen- en goederenvervoer.

⁹ Het is denkbaar dat autoritten met een woonwerkmotief, die een relatief lage bezettingsgraad hebben, vaker op drukke momenten plaatsvinden dan autoritten met een vrijetijdsmotief, die een relatief hoge bezettingsgraad hebben. Hierover hebben we echter geen data. Daarom nemen we dit niet mee.

¹⁰ Niet alle hoofdwegen zijn bemeten. In het algemeen zijn de drukke wegen waar veel reistijdverlies optreedt en de variatie in reistijd groot is wel bemeten. Een factor van 0,75 wordt gebruikt om ook de hoofdwegen die niet bemeten zijn mee te nemen.

¹¹ Voor de periode 2012-2018 is deze covariantie per jaar berekend. Deze bleek per jaar te variëren tussen 0,36 en 0,39.

uitwijkgedrag leiden tot een groter aantal ov-reizigers in de piekuren, waardoor extra investeringen in capaciteit zijn vereist. Hierdoor zou het exploitatietekort van de ov-bedrijven kunnen toenemen. Omdat de totale indirecte effecten meestal niet groter zijn dan 30% van de totale directe effecten (Elhorst e.a., 2004), is deze marge (van 0 tot 30%) ook gehanteerd bij de berekening van de maatschappelijke kosten door files en vertragingen.

Referenties

Koopmans, C.C. & Kroes, E.P. (2004). Werkelijke kosten van files tweemaal zo hoog. *Economisch Statistische Berichten*, 2-4- 2004, 154-155.

Elhorst J.P., Heyma A, Koopmans, C.C. & Oosterhaven J. (2004). Indirecte Effecten Infrastructuurprojecten, Aanvulling op de Leidraad OEI, december 2004.

Boonstra, H.J.. & Van den Brakel, J. (2023). *Modelling mobility trends - update including 2022 ODIN data and Covid effects*. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).

INWEVA (2023). *Intensiteit WEgVakken 2022. Een verzameling bestanden met verkeersintensiteiten van 2022 op het hoofdwegennet met uitsplitsing naar dagtypes en voertuig categorieën*. Rijkswaterstaat: <https://data.overheid.nl/dataset/18174-intensiteit-wegvakken--inweva--2020>.

3.3 Reistijdwaardering voor personen- en goederenvervoer

Recentelijk zijn nieuwe reistijdwaarderingsgetallen vastgesteld voor personen- en goederenvervoer. Deze worden binnenkort gepubliceerd in het KiM rapport 'Nieuwe waarderingskengetallen voor reistijd, betrouwbaarheid en comfort' (Knoope, 2023). De vorige reistijdwaarderingsgetallen zijn vastgesteld voor het basisjaar 2010 (Warffemius, 2013). We hebben ervoor gekozen om een interpolatie uit te voeren tussen de waarderingskengetallen voor reistijd en betrouwbaarheid van 2010 en die van 2023. Dit heeft als groot voordeel dat er een consistente reeks is en dat verschillen in de maatschappelijke kosten van vertragingen voornamelijk komen door ontwikkelingen in de vertragingen en betrouwbaarheid en niet door andere waarderingskengetallen.

Personenvervoer

De reistijdwaarderingsgetallen voor personenvervoer worden periodiek vastgesteld door gebruik te maken van een zogenaamd 'stated preference' onderzoek. In dit soort onderzoeken krijgen respondenten situaties voorgelegd waarin de kosten van de reis, de reistijd, comfort en de betrouwbaarheid van de reistijd variëren. Uit de keuzes die respondenten maken, kan worden afgeleid hoe zij reistijd, comfort, betrouwbaarheid van de reistijd en geld tegen elkaar afwegen.

De dataverzameling van de laatste reistijdwaarderingsstudie bestond voor het personenverkeer uit twee delen. Voor het eerste deel zijn ruim 1.600 respondenten gerekruteerd op locatie zoals bij benzinstations langs snelwegen, in parkeergarages, op treinstations, bij tram- en bushaltes, langs snelfietsroutes, bij fietsenstallingen, op luchthavens en in jachthavens (voor de pleziervaart). Parallel hieraan zijn circa 4.500 respondenten ondervraagd uit het Kantar internetpanel. De reistijdwaarderingsgetallen zijn in principe op beide dataverzamelingen gebaseerd. Alleen voor de auto, bleek er een significant verschil te zitten in de reistijdwaardering tussen de respondenten die op locatie waren geworven en via het internetpanel. Hier is ervoor gekozen om de reistijdwaardering op het internetpanel te baseren.

Goederenvervoer

Voor het goederenvervoer is er in 2010 een grootschalig stated preference (SP) onderzoek uitgevoerd onder vervoerders en verladers van de verschillende goederenmodaliteiten. Uit dit onderzoek kon met uitzondering van de weg, geen directe reistijdwaardering worden afgeleid door de grote heterogeniteit van het goederenvervoer (Significance, 2013). Vandaar dat er trade-off ratio's zijn afgeleid die vervolgens worden vermenigvuldigd met de factorkosten van het goederenvervoer (Warffemius, 2013). Door de relatief matige uitkomst van het SP-onderzoek, is besloten dit onderzoek niet te herhalen maar de gevonden trade-off ratio's toe te passen op de nieuwe factorkosten (Jonkeren, 2023). Voor het wegtransport is op basis van de oude data ook een trade-off ratio afgeleid.

De trade-off ratio's zijn vervolgens vermenigvuldigd met de meest recente factorkosten van het goederenvervoer met prijspeil 2021 (Jonkeren, 2023), met uitzondering van de afstand-gerelateerde kosten (Knoope, 2023). Ook hier interpoleren we de reistijdwaardering met prijspeil 2010 en prijspeil 2021 om de waardes in de tussenliggende jaren te bepalen. De reistijdwaardering van 2022 vinden we door de OEI-leidraad toe te passen (Ministerie van Verkeer en Waterstaat en Centraal Planbureau, 2004), die stelt dat het goederenvervoer via de weg moet worden opgehoogd met inflatie plus de helft van de reële loonstijging en voor de andere goederenmodaliteiten met de inflatie plus een kwart van de reële loonstijging.

De waarde van onbetrouwbaarheid wordt gevonden door de reliability ratio (RR) te vermenigvuldigen met de reistijdwaardering. De RR is ook gebaseerd op Significance (2013) en is niet opnieuw bepaald in het reistijdwaarderingsonderzoek van 2023. De RR is 0,37 voor goederenvervoer via de weg en 0,18 voor het spoorgoederenvervoer (Knoope, 2023).¹²

Referenties

Jonkeren, O. (2023). *Kostenkengetallen voor het goederenvervoer 2023. Een update ten opzichte van 2020*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).

Knoope, M. (2023, te verschijnen). *Nieuwe waarderingskengetallen voor reistijd, betrouwbaarheid en comfort*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat en Centraal Planbureau (2004). *Directe Effecten Infrastructuurprojecten, Aanvulling op de Leidraad OEI*. Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat en Centraal Planbureau (CPB).

Significance, VU University, John Bates (2013). *Values of time and reliability in passenger and freight transport in the Netherlands*, Project 080604, 1 November 2013.

Warffemius, P. (2013). *De maatschappelijke waarde van kortere en betrouwbaardere reistijden*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).

3.4 Methodiek maatschappelijke kosten vertragingen spoor

In Savelberg en Bakker (2017) staat beschreven hoe de maatschappelijke kosten van verstoringen op het spoor werden berekend voor het jaar 2016. Daarom beperken we ons hier tot het beschrijven van de actualisatie naar 2022 voor de verschillende kostenposten en het beschrijven van enkele kleine aanpassingen in de methodiek ten opzichte van Savelberg en Bakker (2017). De gegevens zoals vertraging en de reistijdwaardering in het ov hebben (zo veel mogelijk) betrekking op 2022.

Kostenpost 1: Vertraging met NS-treinen

NS en ProRail hebben met behulp van geanonimiseerde in- en uitcheckgegevens van reizigers voor 2022 berekend hoe groot de totale vertragingstijd van alle reizigers samen is, uitgedrukt in minuten. Voor het jaar 2022 hadden reizigers in treinen van NS in totaal 569,9 miljoen minuten vertraging (bron: NS). Uitgaande van een gemiddelde value of time van 10,08 €/uur voor 2022 (uit Knoope, 2023;) kostte deze vertraging 96 miljoen €.

Hieronder volgt een nadere uitleg bij de berekening van de totale vertraging van treinreizigers:

De gerapporteerde vertragingstijd is een grove schatting van de vertraging op het spoorwegnet die reizigers werkelijk ervaren. Beperkingen in de vertragingbepaling zijn:

- De vertragingstijd wordt deels bepaald op basis van check-out tijden, waardoor reizigersgedrag onderdeel is van de berekening. Zodoende zijn factoren als loopsnelheid, winkelgedrag op stations en routekeuze van invloed op de gemeten vertraging. De werkelijke vertraging is daarom in de regel korter dan de geregistreerde vertraging.
- In scope in de gezamenlijke prestatie-indicator van NS en ProRail, 'Reizigerspunctualiteit', zijn uitsluitend reizigers met een geldige check-in en een geldige check-out op een Hoofdrailnetstation waarbij NS de enige vervoerder in hun (beloofde) reis was en waarbij

¹² De weging tussen container en niet-container is wel geactualiseerd waardoor de gemiddelde RR voor weg iets afwijkt van die in Warffemius (2013), namelijk een RR van 0,38.

het herkomst-bestemmingspaar voldoet aan specifieke eisen, zoals een minimum reizigersaantal per dag. Reizigers op overige trajecten (bijvoorbeeld degenen die in- of uitchecken op een gedecentraliseerde lijn waar NS rijdt), reizigers met een ongeldige of vergeten check-out of reizigers die reizen met een e-ticket of internationaal ticket, vallen buiten de scope. Om te compenseren voor deze reizigers is een verhoging toegepast op de vertraging. Daartoe zijn de 466 miljoen minuten vertraging voor 2022 verhoogd met 22,3%. Het totaal komt daardoor uit op 569,9 miljoen minuten.

- Voor iedere reiziger heeft NS de reis volgens de reisplanner vergeleken met de 'reisrealisatie'. Dit is de feitelijke reistijd voor reizigers zoals uiteindelijk gerealiseerd volgens de door ProRail geregistreerde loop van de treinen. De geplande reis is de snelste reis die de reiziger op basis van zijn of haar inchecktijd volgens de reisplanner had kunnen maken. Omdat het gaat om de reisplanner van twee dagen van tevoren, zijn ongeplande verstoringen nog niet verwerkt maar geplande werkzaamheden wel. De beloofde reis is vergeleken met de realisatietijden van de treindienst. In de volgende situaties heeft NS de uitchecktijd van de reiziger als referentie gebruikt, omdat er geen treinrealisatie beschikbaar is:
 - Uitval van een trein in de beloofde reis;
 - Een gemiste overstap;
 - Een te vroeg vertrokken trein of een extreem te laat vertrokken trein (minstens 15 minuten);
 - Bij gepland busvervoer.

Van iedere reiziger is zodoende een inschatting bekend van de opgelopen vertraging, hetzij op basis van treinrealisatie, hetzij op basis van uitchecktijd. De geplande reistijd is bekend uit de reis die aan de betreffende reiziger is beloofd.

Kostenpost 2: Vertraging met treinen van andere vervoerders

Omwillen van de doorlooptijd van het onderzoek naar de maatschappelijke kosten van verstoringen op het spoor is niet verkend wat de mogelijkheden waren van het werken met vertraginggegevens van andere spoorvervoerders. Het inschatten van de vertragingduur in 2022 van treinen van andere vervoerders is op dezelfde manier gedaan als in Savelberg en Bakker (2017). Dit betreft het aanvullen van het resultaat voor NS (kostenpost 1) aan de hand van verschillen met de andere vervoerders qua aantal reizigerskilometers en treinpunctualiteit.

De afgelegde afstand van reizigers met andere vervoerders bedroeg in 2021¹³ ongeveer 7,5% van die van NS, terwijl de dispunctualiteit van treinen van andere vervoerders ongeveer twee derde van die van NS was (5,5% respectievelijk 8,4%)¹⁴. Hiermee komt de inschatting van de totale vertraging van reizigers op de gedecentraliseerde lijnen op $569,9 \text{ miljoen} * 0,075 * 0,655 = 28,1$ miljoen minuten. De vertragingkosten voor het jaar 2022 komen voor dit segment op $28,1/60 * 10,08 \text{ €} = \text{ruim } 4,7 \text{ miljoen €}$.

Kostenpost 3: Effecten op de deur-tot-deurreistijd

Vrijwel alle treinreizen hebben een of andere vorm van natransport. Voor zover dit lopen, fietsen of auto betreft, werken eventuele treinvertragingen een-op-een door naar de totale deur-tot-deurreistijd. Bestaat het natransport uit bus, tram of metro, dan is er een kans dat treinvertragingen uitdempen wanneer de reiziger voldoende overstaptijd heeft, maar evenzeer is er een kans dat de vertragingen oplopen als de reiziger het aansluitende openbaar vervoer mist. Een berekening van dit effect leidt tot 61 miljoen minuten extra reizigersvertraging. Met een gemiddelde value of time voor personenspoorvervoer in 2022 van €10,08 betekent dit iets meer dan 10 miljoen € aan vertragingkosten in het natransport, die extra zijn ten opzichte van de eerder berekende vertragingkosten op het spoor.

¹³ We hadden ten tijde van de berekeningen geen beschikking over het aandeel reizigerskilometrage andere vervoerders in reizigerskilometrage NS voor het jaar 2022.

¹⁴ De gegevens over dispunctualiteit zijn deels afkomstig van ProRail en deels uit Volkskrant (2023).

Kostenpost 4: Onzekerheid

Er bestaan verschillende methoden om de onzekerheid voor reizigers te operationaliseren en uit te drukken in tijdverlies. We gebruiken twee methoden op dit te doen.¹⁵ De uitkomsten van deze methoden vormen de bandbreedte van de onzekerheidskosten.

In de eerste methode vermenigvuldigen we de som van de vertragingskosten van kostenposten 1, 2, en 3 met 1,4. In transport wordt een onzekere minuut reistijd een factor 2,4 maal hoger gewogen dan een zekere minuut reistijd. Deze factor weerspiegelt de waardering van de onzekerheid en de onvoorspelbaarheid van de reistijd die mensen als extra vervelend ervaren bovenop de langere reisduur (Koopmans, 2010; Rietveld et al., 2001). Omdat het ons gaat om de additionele kosten ten opzichte van de pure vertragingskosten zoals beschreven onder posten 1 tot en met 3 vermenigvuldigen we die vertragingskosten met 1,4 (en niet met 2,4)¹⁶. We komen dan uit op een bedrag van 171 miljoen €.

Met de tweede methode hebben we reizigers gevraagd in hoeverre zij wel eens een (of meerdere) trein(en) eerder nemen om meer zekerheid in te bouwen om op tijd op de bestemming aan te komen. Hiervoor heeft het KiM in juli 2023 een vragenlijst laten uitzetten onder treinreizigers. Hieronder staat een toelichting op de werkwijze met die vragenlijst. De conclusie is dat de extra reistijd die treinreizigers inbouwen om het risico te laten op de bestemming aan te komen te verkleinen, kan worden omgerekend naar een bedrag van ongeveer 208 miljoen €.

Omdat geen van beide methoden de absolute wijsheid representeert, hanteren wij voor de onzekerheidskosten een bandbreedte van 171-208 miljoen €.

Toelichting op de werkwijze met de vragenlijst:

Het KiM heeft een vragenlijst laten uitzetten onder ruim 1.400 personen die minstens eenmaal per jaar met de trein reizen. De basis voor deze steekproef is het respondentenbestand van het Mobiliteitspanel Nederland (MPN), dat een goede afspiegeling is van de Nederlandse bevolking. Ongeveer de helft van de respondenten die minimaal 1 dag per jaar met de trein reist neemt wel eens een trein eerder om er zeker van te zijn dat hij of zij niet te laat op de eindbestemming arriveert. Gemiddeld gaan zij 28 minuten eerder de deur uit dan volgens de dienstregeling strikt nodig zou zijn, maar de ene respondent doet dit uiteraard vaker dan de ander.¹⁷ Met dit frequentieverschil hebben we rekening gehouden bij de ophoging naar de extra reizen van alle Nederlandse treinreizigers. Het inbouwen van een buffertijd gebeurt bij meerdere soorten reizen. Denk aan het halen van een belangrijke afspraak bij een werk gerelateerde reis, een bezoek aan het ziekenhuis of het halen van een vlucht. Om de tijd te waarderen die reizigers vroeger van huis zijn gegaan, kunnen we niet de value of time (VoT) hanteren. Het gaat hier immers niet om de waardering van verloren reistijd, maar van vroegere vertrektijd. Deze bedraagt ongeveer de helft van de VoT (Fosgerau, 2016), wat neerkomt op 5,04 €/ uur. In vergelijking met Savelberg & Bakker (2017) hebben we bij deze methode het berekenen van de onzekerheidskosten iets ingekort. Er is nu geen schatting gemaakt op basis van de laatste treinreis, omdat dit te volatiel lijkt. Onzekerheidskosten worden nu geschat op basis van alleen het gemiddelde gedrag van de laatste drie maanden.

Kostenpost 5: Uitwijkgedrag

Als reizigers vooraf op de hoogte zijn van een (grote) verstoring in het treinverkeer, kan uitwijkgedrag optreden: zij kunnen dan een alternatief zoeken, zoals de reis later op de dag maken, de reis uitstellen naar een andere dag, een ander vervoermiddel kiezen of helemaal afzien van de reis. Uit de in juli 2023 uitgezette vragenlijst blijkt dat 17% van de ruim 1.400 personen die minstens eenmaal per jaar met de trein reizen met vertraging is aangekomen bij de eindbestemming wanneer sprake was van uitwijkgedrag. Als bij uitwijkgedrag sprake is van reizen met de trein (op een later moment dus) en die trein is vertraagd, dan zijn de tijdskosten daarvan

¹⁵ In Savelberg en Bakker (2017) en KiM (2019) zijn drie methoden gebruikt om de onzekerheidskosten te bepalen. De eerste methode in die publicaties hebben we hier niet gebruikt vanwege voortschrijdende inzichten in die methode.

¹⁶ Zouden we met 2,4 vermenigvuldigen dan tellen we de pure vertragingskosten dubbel.

¹⁷ Een kleine groep respondenten (n=12) doet dit bijvoorbeeld 4 of meer dagen per week en vertrekt dan gemiddeld 33 minuten eerder. We realiseren ons dat dit gemiddelde is gebaseerd op een kleine groep en daardoor minder betrouwbaar is dan het gemiddeld aantal minuten wat eerder wordt vertrokken in andere groepen. In die andere groepen (1-3 dagen per week, 1-3 dagen per maand, 6-11 dagen per jaar, en 1-5 dagen per jaar eerder vertrekken) is het aantal respondenten (veel) groter.

inbegrepen in kostenpost 1. Voor reizigers die met een ander vervoermiddel zijn gaan reizen en later aankomen dan oorspronkelijk gepland met de trein, is dat niet het geval. Deze tijdkosten worden meegenomen in de kostenpost 'uitwijkkosten' en liggen voor 2022 tussen 19 en 33 miljoen €. Behalve tijdkosten hebben reizigers bij uitwijkgedrag soms ook extra uitgaven moeten doen. Dit bedrag schommelt tussen 38 en 65 miljoen €. Het totale bedrag aan uitwijkkosten in 2022 ligt derhalve tussen 57-98 miljoen €.

Kostenpost 6: Zitplaatskans

Vertraging en uitval van treinen leiden vaak tot drukkere treinen waardoor de zitplaatskans en het comfort afnemen. In de beleving van de reizigers duurt zo'n reis dan extra lang. Savelberg en Bakker (2017) en KiM (2019) hebben eerder met behulp van gegevens van NS getoetst of op dagen met grote verstoringen de zitplaatskans significant kleiner is dan op andere dagen. Zij vonden dat op dagen met langdurige verstoringen zich een geringe afname voordoet van de gemiddelde zitplaatskans. Doorberekening van deze afname naar een opslag op de reistijd met vanuit de literatuur beschikbare multipliers leidde tot een verhoging die over het hele land bekeken marginaal (minder dan 1 miljoen €) is ten opzichte van de andere kostenposten. Vanwege een gebrek aan gegevens hebben wij deze inschatting niet kunnen maken voor het jaar 2022. Omdat eerdere exercities uitkwamen op relatief lage kosten beschouwen we het niet kwantificeren van deze kostenpost niet als een grote tekortkoming.

Kostenpost 7: Vertragingen goederenvervoer per spoor

Vertragingkosten van het goederenvervoer zijn alleen berekend voor het internationale vervoer. In 2022 is dat 93% van het totale spoorgoederenvervoer in Nederland (databron: CBS). Voor goederentreinen vanuit Nederland naar het buitenland bedroeg de totale vertraging aan de grens in 2022 27.777 uur. Dit is de som van de vertraging bij vertrek (16.689 uur) en de onderweg binnen Nederland opgelopen vertraging (11.088 uur). Voor treinen vanuit het buitenland naar Nederland is alleen de vertraging op Nederlands grondgebied bekend: 11.846 uur. De totale vertraging over 2022 bedroeg daarmee 39.623 uur. Vanuit de literatuur is bekend dat de value of time (VoT) van een goederentrein gemiddeld 1.125 € bedraagt (prijspeil 2022, Knoope, 2023). De kosten voor vervoerders en verladers zijn hierin inbegrepen (Warffemius, 2013). Dit leidt tot een bedrag van ongeveer 48 miljoen €. Bij deze berekening past de kanttekening dat vertragingen die zijn opgelopen in het buitenland, niet zijn meegerekend, omdat hierover geen gegevens beschikbaar zijn. Hetzelfde geldt voor variaties in de rijtijden, zodat we geen betrouwbaarheidseffect hebben kunnen vaststellen. Dit betekent dat we de kosten voor de verladers onderschatten. Overigens is het aandeel van het vervoer waarbij sprake is van een belang voor Nederlandse verladers, gering. Het overgrote deel wordt namelijk in de zeehavens overgeladen en van of naar het buitenland getransporteerd.

Kostenpost 8: Kosten personenvervoerders

Personenvervoerders maken extra kosten als gevolg van vertragingen en verstoringen. Denk aan de regeling 'Geld terug bij vertraging', uitgaven voor horeca, hotels en busvervoer en extra personeelskosten. De meeste van deze kosten zijn echter doorgegeven kosten: ze zijn te beschouwen als inkomsten voor andere partijen en vormen dus geen maatschappelijke kostenpost (Savelberg en Bakker, 2017). Extra personeelskosten of de uitvoeringskosten voor de regeling 'Geld terug bij vertraging' zijn wel als maatschappelijke kosten te beschouwen, maar hierover is geen informatie beschikbaar. De extra personeelskosten zijn niet direct te herleiden en naar verwachting gering (KiM, 2017). Tot slot kunnen kosten het gevolg zijn van de bijsturing van processen. Deze zijn evenmin gekwantificeerd en worden verder buiten beschouwing gelaten omdat ze ook bij het wegverkeer niet worden meegeteld.

Kostenpost 9: Beheerskosten infrastructuur

De infrastructuurbeheerder maakt kosten om de gevolgen van verstoringen op te vangen en het treinverkeer bij te sturen. Zonder verstoringen van het treinverkeer zou bijvoorbeeld een deel van de verkeersleiding overbodig zijn. Deze kosten zijn niet gekwantificeerd en worden verder buiten beschouwing gelaten omdat ze bij het wegverkeer evenmin worden meegeteld.

Kostenpost 10: Indirecte kosten

Verstoringen op het spoor leiden niet alleen tot kosten binnen het vervoerssysteem (voor de reizigers, vervoerders, verladers, en infrabeheerders) maar ook buiten het vervoerssysteem. Een vertraagde goederentrein kan bijvoorbeeld leiden tot verstoringen in productieprocessen. En een verkoopmedewerker verkoopt misschien minder producten of diensten op een dag dat hij met vertraging op zijn werk arriveert. Voor een schatting van de omvang van dergelijke effecten (kosten) wordt een bandbreedte van 0-30% geadviseerd (Elhorst et al., 2004). De indirecte kosten komen daarmee op 0-139 miljoen €.

Referenties

Knoope, M. (2023). *Nieuwe waarderingskengetallen voor reistijd, betrouwbaarheid en comfort*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

Warffemius, P. (2013). *De maatschappelijke waarde van kortere en betrouwbaardere reistijden*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).

Elhorst J.P., Heyma, A., Koopmans C.C. & Oosterhaven, J. (2004). *Indirecte Effecten Infrastructuurprojecten, Aanvulling op de Leidraad OEI, december 2004*.

KiM (2017). *Mobiliteitsbeeld 2017*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).

Koopmans, C. (2010). *Beoordeling Lifecyclemanagement ProRail*. Amsterdam: SEO

Savelberg, F., & Bakker, P. (2017). *Maatschappelijke kosten van verstoringen op het spoor*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

KiM (2017). *Mobiliteitsbeeld 2017*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).

Fosgerau, M. (2016). *The Valuation of Travel Time Variability*, Discussion Paper 2016-4, prepared for the ITF. Parijs: OECD.

Rietveld, P., Bruinsma, F.R. & Vuuren, D. van (2001). *Coping with unreliability in public transport chains: a case study for Netherlands*. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2001, vol. 35, issue 6, 539-55

4 Bijlage Verkeersveiligheid en Leefomgeving

Achtergrondinformatie bij de berekening van maatschappelijke kosten verkeersveiligheid is te vinden in:

- Horst, M. van der (2022). Actualisatie maatschappelijke kosten van verkeersongevallen – Overzichtsnotitie. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- Schoeters, A., Large, M., Koning, M., Carnis, L., Daniels, S., Mignot, D., Urmeew, R., Wijnen, W., Bijleveld, F. & Horst, M. van der (2021). Monetary valuation of the prevention of road fatalities and serious road injuries – Results of the VALOR project.

Achtergrondinformatie bij de berekening van maatschappelijke kosten van leefomgevingsaspecten van mobiliteit is hier te vinden:

- Waarderingskengetallen emissie stoffen naar de lucht: Bruyn, S. de, Vries, J. de, et al. (2023). *Handboek Milieuprijzen 2023*. Delft: CE Delft.
- Emissiedata: [Emissieregistratie.nl](https://emissieregistratie.nl)
- Kosten Geluid: CE Delft (2022a). *STREAM personenvervoer 2022*. Delft: CE Delft.

5 Bijlage bestedingen aan mobiliteit

5.1 Methodiek kader 'vinden mensen hun verplaatsingen betaalbaar'

Om te zien of mensen hun verplaatsingen betaalbaar vinden, hebben we in juli 2023 een enquête uitgezet onder het Mobiliteitspanel Nederland (MPN). In totaal zijn 3.000 respondenten gevraagd om de enquête in te vullen. Deze enquête bevatte naast vragen over betaalbaarheid ook vragen over thuiswerken en over vertragingen op het spoor (zie ook bijlage 3.4 Methodiek Maatschappelijke kosten vertragingen spoor).

Met oog op het laatste deel van de enquête zijn extra veel treinreizigers uitgenodigd om deel te nemen aan het onderzoek. Om de antwoorden van de enquête van betaalbaarheid representatief te maken voor heel Nederland, zijn deze extra deelnemers uitgezonderd van de analyses. Daarnaast hebben we alleen mensen boven de 18 jaar meegenomen. In totaal zijn 1.699 volledig ingevulde enquêtes gebruikt voor de analyses. We hebben geen verdere weging toegepast aangezien deze steekproef redelijk representatief is qua leeftijd, inkomen en geslacht.

De meeste analyses die we voor het Mobiliteitsbeeld hebben uitgevoerd op de data zijn relatief simpele beschrijvende statistieken. Via ANOVA-analyse hebben we gecheckt of bepaalde groepen mensen vaker (zeer) eens of (zeer) oneens zijn met verschillende betaalbaarheidsstellingen dan gemiddeld. Hiervoor hebben we gecheckt op bruto (huishoudelijk en persoonlijk) inkomen, leeftijdsklasse, stedelijkheidsgraad en werksituatie.

5.2 Methodiek berekening investeringen in tijd en geld aan mobiliteit

Het KiM heeft bekeken hoeveel tijd en geld burgers en bedrijven aan mobiliteit besteden. Hierbij kan worden gedacht aan uitgaven voor nieuwe vervoersmiddelen en variabele kosten voor brandstof, verzekeringspremies voor vervoersmiddelen en treintickets. In deze bijlage lichten we toe waar elke post uit bestaat, waar deze op is gebaseerd en eventueel welke aannames zijn gemaakt om tot een consistente reeks te komen van 2012-2022.

Burgers

De kosten die consumenten maken voor mobiliteit bestaan uit de som van: (A) consumptieve bestedingen van huishoudens aan vervoer, (B) verzekeringen voor verkeer en vervoer en (C) motorrijtuigenbelasting.

A. Consumptieve bestedingen van huishoudens aan vervoer

De consumptieve bestedingen zijn op het niveau van de hoofdkostenposten (aankoop voertuigen, gebruik van privévoertuigen en vervoersdiensten) te vinden in de Nationale Rekeningen van het CBS. Het KiM maakt gebruik van de gedetailleerdere COICOP-classificatie van het CBS om bijvoorbeeld de uitgaven voor brandstofverbruik en vliegreizen verder te specificeren.¹⁸

B. Verzekeringen voor verkeer en vervoer

De uitgaven aan verzekeringen voor verkeer en vervoer bestaan uit de bruto verdiende premies en zijn afkomstig van het Verbond van Verzekeraars.¹⁹ We nemen de variaverzekeringen mee voor motorvoertuigen (zowel WA als casco) en die voor caravans.

Tot en met 2016 was het premievolume gebaseerd op de gegevens van verzekeraars die onder toezicht stonden van de Nederlandse toezichthouder De Nederlandse Bank (DNB). De laatste jaren zijn diverse schadeverzekeraars overgegaan naar een andere Europese toezichthouder, terwijl ze nog wel even actief zijn op de Nederlandse markt. Daardoor is het totaal van het premievolume van verzekeraars onder DNB-toezicht de afgelopen jaren steeds minder een afspiegeling van de Nederlandse verzekeringsmarkt. In 2016 was het verschil al opgelopen tot circa 20%. Sinds 2017

¹⁸ De Classification of Individual Consumption according to Purpose (COICOP) is een classificatie van consumptieve uitgaven die wordt beheerd door de Verenigde Naties. Deze ligt ten grondslag aan de classificaties die voor consumptieve uitgaven worden gebruikt binnen onder andere de Nationale Rekeningen, de Consumentenprijsindex en het Budgetonderzoek (<https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/classificaties/overig/coicop>).

¹⁹ De data van 2012 tot en met 2021 zijn online terug te vinden (Centrum voor verzekeringsstatistieken, 2013-2019; Data Analytics, 2020-2022). De (voorlopige) gegevens van 2022 hebben we via het verbond van verzekeraars gekregen.

worden alle premievolumes van de Nederlandse markt meegeteld (en niet alleen diegene onder toezicht van DNB). Deze nieuwe methode is teruggelegd tot en met 2011.

C. Motorrijtuigenbelasting

De uitgaven aan motorrijtuigenbelasting zijn rechtstreeks te vinden in de Nationale Rekeningen van het CBS. Tot en met 2017 werden deze uitgesplitst naar uitgaven van burgers en bedrijven. Vanaf 2018 is dit niet meer het geval. Echter, het aandeel dat burgers betaalden was in de jaren 2010-2017 stabiel rond de 80%. Dit aandeel is gebruikt om de uitgaven van burgers aan de motorrijtuigenbelasting te berekenen voor 2018 tot en met 2022.

Bedrijven

De kosten die bedrijven maken voor mobiliteit bestaan uit de som van:

- A. inkoop van transportdiensten door bedrijven
- B. eigen vervoer met eigen vrachtvoertuigen
- C. uitgaven aan het zakelijk bestelverkeer
- D. uitgaven aan auto's van de zaak

Veel van de gebruikte data bevatte nog geen gegevens over 2022. Deze hebben we daarom geschat op basis van de trend 2016-2021, exclusief 2020 vanwege de sterke (tijdelijke) impact die de afwijkende cijfers van dat jaar hadden i.v.m. Covid-19.

A. Inkoopkosten transportdiensten door bedrijven

De inkoopkosten van transportdiensten worden bepaald over de transportdiensten die binnenlands zijn geproduceerd door zowel de transportsector als andere sectoren (nevenproductie) en ingevoerde transportdiensten. Deze kosten zijn rechtstreeks te vinden in de gedetailleerde gebruikstabellen van de Nationale Rekeningen van het CBS (CBS, 2023). De herziening van de Nationale Rekeningen leidt tot een trendbreuk, om hiervoor te corrigeren zijn de groeipercentages gebruikt over de gegevens voor de herzieningen.

B. Eigen vervoer met eigen vrachtvoertuigen

Voor het bepalen van de kosten aan eigen vervoer tellen eigen vrachtwagens en trekker-opleggercombinaties mee. Het aantal gereden kilometers (CBS Statline, 2022a) van elk wordt vermenigvuldigd met de kosten per kilometer. De kosten per kilometer komen uit de Kostenkengetallen goederenvervoer (Jonkeren, 2023). Hierbij worden trekker-opleggercombinaties beschouwd als groot stukgoed en vrachtwagens als middel stukgoed.

C. Uitgaven aan het zakelijk bestelverkeer

De uitgaven aan het zakelijk bestelverkeer worden vastgesteld door het aantal gereden kilometers met zakelijke bestelwagens (CBS Statline, 2022b) te vermenigvuldigen met de kosten per kilometer. Hiervoor worden de kosten per kilometer voor bestelwagens van de Kostenkengetallen gebruikt.

D. Uitgaven aan auto's van de zaak

Auto's van de zaak zijn leaseauto's en auto's op naam van bedrijven. Private leaseauto's vallen hier niet onder. De uitgaven van auto's van de zaak bestaan uit rente-, afschrijvings- en brandstofkosten. De gemiddelde nieuwwaarde van auto's is gebaseerd op "Mobiliteit in Cijfers" (BOVAG - RAI, 2021). Hierbij is geen rekening gehouden met een eventueel onderscheid in de nieuwwaarde van auto's van de zaak en auto's in privébezit.

De brandstofkosten van de auto's van de zaak zijn gebaseerd op de kilometers die auto's van de zaak gemiddeld per jaar rijden op een bepaalde brandstof (CBS Statline, 2022c), de actuele pompprijzen in een bepaald jaar (CBS Statline, 2022d) en de brandstofefficiëntie. De brandstofefficiëntie is bepaald door te kijken naar het gemiddelde gerealiseerde brandstofverbruik van auto's die geproduceerd zijn in de laatste vijf jaar (Autoweek, 2023).

Rentekosten zijn bepaald door de 4-jaars IRS rente te volgen plus een commerciële opslag van 2,5%. Leasecontracten zijn doorgaans contracten van 4 jaar. Voor het berekenen van afschrijvingskosten gebruikten we een vast afschrijvingspercentage van 16%.

Referenties

Autoweek (2023). *Verbruiksmonitor*. <http://www.autoweek.nl/verbruiksmonitor>.

BOVAG - RAI (2018). *Mobiliteit in Cijfers. Auto's 2018-2019*. Amsterdam: Stichting BOVAG – RAI Mobiliteit. <https://bovagrai.info/auto/2018/media/MIC-Auto-2018-download.pdf>. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).

CBS (2023). *Nationale rekeningen*. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).

CBS Statline (2022a). *Verkeersprestaties vrachtvoertuigen; kilometers, grondgebied, gewicht*. <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/85416NED/table?ts=1690279057102>

CBS Statline (2022b). *Verkeersprestaties bestelauto's; kilometers, brandstofsoort, grondgebied*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/85414NED>. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).

CBS, Statline (2022c). *Verkeersprestaties personenauto's; kilometers, brandstofsoort, grondgebied*. <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/85404NED/table?ts=1690810630855>. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).

CBS Statline (2022d). *Pompprijzen motorbrandstoffen; locatie tankstation, brandstofsoort*. <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/81567NED/table>. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).

Jonkeren, O. (2023). *Kostenkengetallen voor het goederenvervoer 2023. Een update ten opzichte van 2020*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).

6 Bijlage Toekomstbeeld

In deze bijlage gaan we nader in op de gehanteerde methoden achter de ramingen in het toekomstbeeld. Het toekomstbeeld schetst de ontwikkeling van de mobiliteit op middellangetermijn tot en met 2028. In deze editie betreft het de ontwikkeling van de volgende kengetallen (met tussen haakjes de bron van de gegevens voor de ontwikkeling in het verleden):

1. voor het wegverkeer:
 - 1.1. Afgelegde afstand van gemotoriseerde wegvoertuigen op Nederlands grondgebied (CBS)
 - 1.2. Afgelegde afstand van gemotoriseerde wegvoertuigen op het rijkswegennet (RWS)
 - 1.3. Het reistijdverlies van gemotoriseerde wegvoertuigen op het rijkswegennet, alleen voor 2028 (RWS)
2. voor het openbaar vervoer:
 - 2.1. Afgelegde afstand door reizigers in de trein op Nederlands grondgebied (NS/CROW/KiM)
 - 2.2. Afgelegde afstand door reizigers in bus, tram en metro (BTM) op Nederlands grondgebied (CROW/KiM)
3. voor het fietsen:
 - 3.1. Afgelegde afstand met gewone fietsen (CBS)
 - 3.2. Afgelegde afstand met elektrische fietsen (CBS/KiM)
4. voor de luchtvaart:
 - 4.1. Aantal luchtvaartreizigers op Schiphol (CBS)
 - 4.2. Aantal luchtvaartreizigers op regionale luchthavens in Nederland (CBS)
5. voor het goederenvervoer:
 - 5.1. Totaal vervoerd gewicht van wegvervoer, binnenvaart, spoorvervoer, zeevaart en luchtvaart, onderscheiden naar binnenlands vervoer en internationaal vervoer (CBS)
 - 5.2. Vervoersprestatie op Nederlands grondgebied in het goederenvervoer binnen, van, naar en door Nederland over de weg, per binnenschip en op het spoor (CBS/KiM).

Basis voor de ramingen zijn zo actueel mogelijke gegevens over de huidige situatie, in ieder geval tot en met 2022. In de meeste gevallen zijn dat definitieve gegevens, maar in enkele gevallen zijn dat voorlopige of nader voorlopige gegevens.

Naast een vooruitblik tot en met 2028 wordt ook een raming gemaakt voor het lopende jaar 2023 en waar mogelijk ook voor 1 jaar vooruit (2024). Dat doen we met drie verschillende typen modellen:

1. Voor het lopende jaar (2023) maken we waar mogelijk extrapolaties op basis van zo actueel mogelijke gegevens van het lopende jaar
2. Voor 1 jaar vooruit (2024) maken we gebruik van verschillende per modaliteit toegespitste KiM modellen, zoals een tijdreeksmodel voor het wegverkeer en de fiets en een elasticiteitenmodel voor het openbaar vervoer. Voor luchtvaart en het goederenvervoer maken we gebruik van jaar-op-jaar modellen van respectievelijk AEOLUS en BasGoed, beide onderdeel van het rijksmodellenprogramma.
3. Voor 5 jaar vooruit (2028) maken we voor het wegverkeer, de fiets en het openbaar vervoer gebruik van het Landelijk ModelSysteem (LMS). Dat wij voor de raming van 5 jaar vooruit voor wegverkeer, fiets en ov gebruik maken van het LMS is een belangrijke methodewijziging in vergelijking met de vorige jaren. In het verleden maakten we voor deze modaliteiten voor de middellangetermijn gebruik van losse modellen. We leggen deze keuze hieronder in 6.2 verder toe.
4. Voor ramingen voor luchtvaart en goederenvervoer voor 2028 maken we gebruik van bestaande ramingen met de modellen AEOLUS en BasGoed, respectievelijk. Er zijn geen modeluitkomsten specifiek voor dit toekomstbeeld gemaakt.

We werken voor wegverkeer en ov daarbij voor alle tijdshorizonnen met drie scenario's. Naast een basisscenario zijn dit een meer- en een minder-scenario. Deze scenario's zijn in de hoofdtekst in paragraaf 6.1 beschreven. Hieronder in paragraaf 6.2 geven we meer toelichting. Voor fiets, luchtvaart en goederenvervoer werken we enkel met een basisscenario.

Hieronder gaan we in paragraaf 6.1 eerst in op de uitgangspunten die we hanteren voor de drie verschillende scenario's. In paragraaf 6.2 gaan we in op het gebruik van het Landelijk ModelSysteem (LMS). Dat is een verandering in de manier waarop het Toekomstbeeld tot stand komt in vergelijking met voorgaande jaren. Daarna gaan we achtereenvolgens in op specifieke methodologische onderwerpen voor het wegverkeer (paragraaf 6.3), het openbaar vervoer (paragraaf 6.4), het fietsgebruik (paragraaf 6.5), de luchtvaart (paragraaf 6.6) en het goederenvervoer (paragraaf 6.7).

6.1 Uitgangspunten in de drie toekomstscenario's: basis, minder en meer.

Het toekomstbeeld bevat ramingen voor de ontwikkeling van het wegverkeer, het openbaar vervoer, de fiets, de luchtvaart en het goederenvervoer. De ramingen betreffen het lopende jaar 2023, het komende jaar (2024) en de middellange termijn (2028). De toekomst is altijd onzeker, maar de onzekerheid is nu nog groter vanwege onder andere de structurele impact van de coronapandemie, de oorlog in Oekraïne, andere geopolitieke spanningen en de energie- en klimaattransitie. In de ramingen hanteren we daarom een ruime bandbreedte. Daarbij maken we een deel van de onzekerheden expliciet in de vorm van (aannames in) drie scenario's. Dit betreft echter maar een deel van alle onzekerheden. De werkelijkheid zal daarom altijd anders zijn dan een van deze drie scenario's.

Naast het basis-scenario zijn er twee alternatieve scenario's opgesteld: het 'meer-scenario' en het 'minder-scenario'. De scenario's houden rekening met, en variëren in, omgevingsonzekerheden (zoals economische uitgangspunten en demografische ontwikkelingen), structurele gedragseffecten van de corona-epidemie en potentiële aanbodtekorten (zoals afschaling in het ov). Het 'meer' en 'minder' scenario zijn globaal zo opgesteld dat ze op basis van de onzekerheden waarmee we rekening houden als twee 'extremen' kunnen worden gezien:

- Het basis-scenario is een trendverwachting en maakt onder andere gebruik van de Augustusraming van het CPB (MEV2024; in verband met de doorrekening verkiezingsprogramma's omvatte de MEV dit jaar ook bijlagen met lange reeksen tot 2028), de trendprognose voor de bevolking van het CBS, de referentieraming van het aantal studenten alsmede een raming van het aantal OV-studentenkaarthouders van OCW, een gemiddelde structurele gedragsaanpassing door corona en aannames over het kwaliteitsniveau van het ov in 2028.
- In het meer-scenario zijn als onzekerheden aangenomen: een grotere bevolkingsomvang, meer economische groei, hogere inkomensgroei, meer werkzame personen, minder structurele gedragsaanpassing door corona en meer kwaliteitsverbetering in het ov. Hierdoor is er in het meer-scenario meer mobiliteitsgroei dan in de andere scenario's.
- In het minder-scenario zijn de aannames: een minder grote bevolkingsomvang, minder economische groei, lagere inkomensontwikkeling, minder werkzame personen, meer structurele gedragsaanpassing door corona en een achterblijvende kwaliteitsontwikkeling in het ov, waardoor er in dit scenario minder mobiliteitsgroei is.

Hieronder gaan we nader in op de economische en demografische uitgangspunten die als omgevingsonzekerheden in de scenario's zijn opgenomen. Daarna gaan we in op de modellering van de corona-effecten in de scenario's.

Omgevingsonzekerheden

De eerste groep onzekerheden betreft potentiële sociaaleconomische en demografische ontwikkelingen op middellange termijn.

Demografie

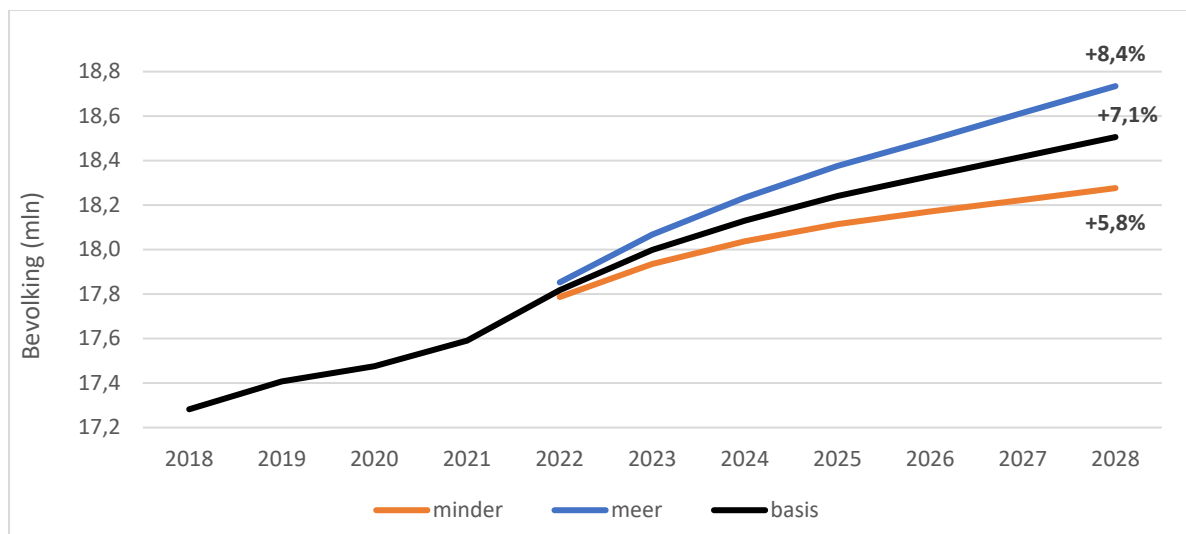
Bevolking

Voor de toekomstige ontwikkeling van de bevolking maken we gebruik van de trendprognose bevolking 2022-2070 die het CBS in december 2022 heeft gepubliceerd (CBS, 2022).

Het verloop van de totale bevolkingsontwikkeling tussen 2018 en 2028 in de drie scenario's is geïllustreerd in figuur B.6.1. De trendprognose van het CBS is gebruikt voor het basis-scenario. De

onderkant van het 67%-betrouwbaarheidsinterval van de trendprognose is gebruikt in het minder-scenario en de bovenkant van het 67%-betrouwbaarheidsinterval is gebruikt in het meer-scenario.

In de basisraming is de verwachting dat de bevolking tussen 2018 en 2028 met 7,1% toeneemt. In het minder-scenario is dat 5,8% toename en in het meer-scenario 8,4% toename van de bevolking tussen 2018 en 2028.

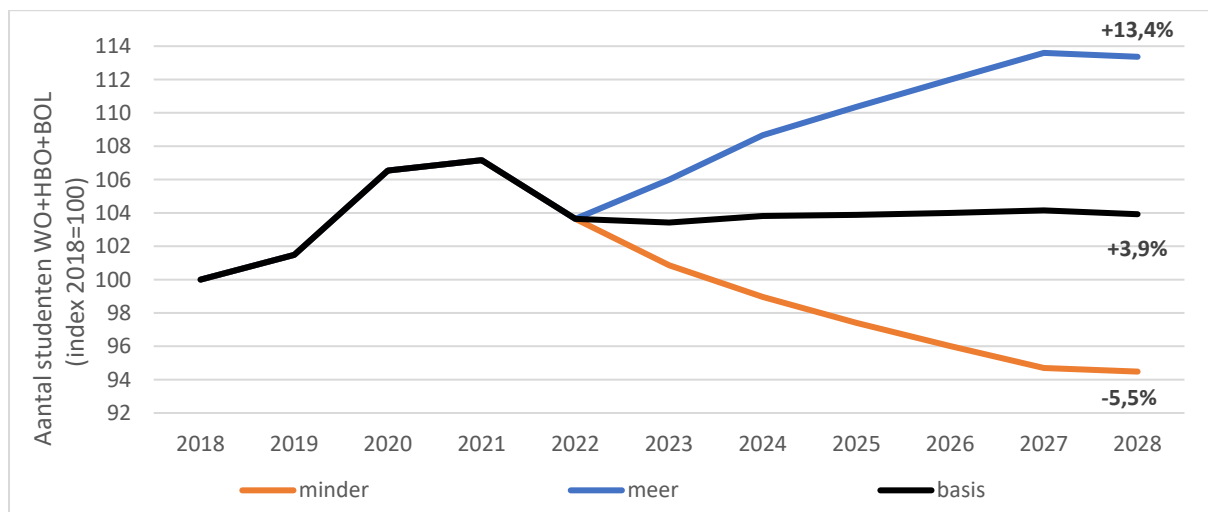


Figuur B.6.1 Ontwikkeling van de totale Nederlandse bevolking in de jaren 2018-2028 (in miljoen). Bron: CBS, December 2022: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/85323NED/table?dl=90082>

Op Statline (CBS) is de trendprognose inclusief bovengrens en ondergrens van 67% en 90% betrouwbaarheidsinterval beschikbaar voor 3 leeftijdsgroepen 0-20, 20-65 en 65 jaar en ouder. Voor de trendprognose zelf zijn er veel meer gedetailleerde uitsplitsingen beschikbaar op Statline zoals uitsplitsing mannen en vrouwen voor 5 jaargroepen.

Studenten

Voor de verwachtingen van het gebruik van het Openbaar Vervoer is de ontwikkeling in het aantal studenten (dat recht heeft op gebruik van een OV-studentenkaart) van belang. Het Ministerie van OCW stelt jaarlijks een referentieraming op voor de toekomstige ontwikkeling van het aantal studenten per opleidingstype en andere kenmerken. Naast een trendprognose voor de jaren 2023 tot en met 2035 is er ook een 67% betrouwbaarheidsinterval beschikbaar tot en met 2027 in de meest recente referentieraming (OCW, mei 2023). Voor het OV-gebruik zijn met name de aantallen studenten van het Wetenschappelijk Onderwijs (WO), het Hoger Beroepsonderwijs (HBO) en de richting Beroepsopleidende Leerweg van het Middelbaar Beroeps Onderwijs (MBO-BOL) van belang.



Figuur B.6.2. Ontwikkeling van het aantal studenten (WO+HBO+MBO-BOL)2018-2028.

Het aantal studenten ligt in 2028 in de basis-raming nog wel boven het niveau van 2018 (+3,9%) en dat is ook het huidige niveau (figuur B.6.2). De onzekerheid in de verwachting is relatief groot en in het minder-scenario ligt het aantal studenten 5,5% onder het niveau van 2018 en in het meer-scenario 13,4% boven het niveau van 2018. De ramingen van de ontwikkelingen van het aantal studenten met een OV reisrecht laten (waarschijnlijk) een vergelijkbaar verloop zien.

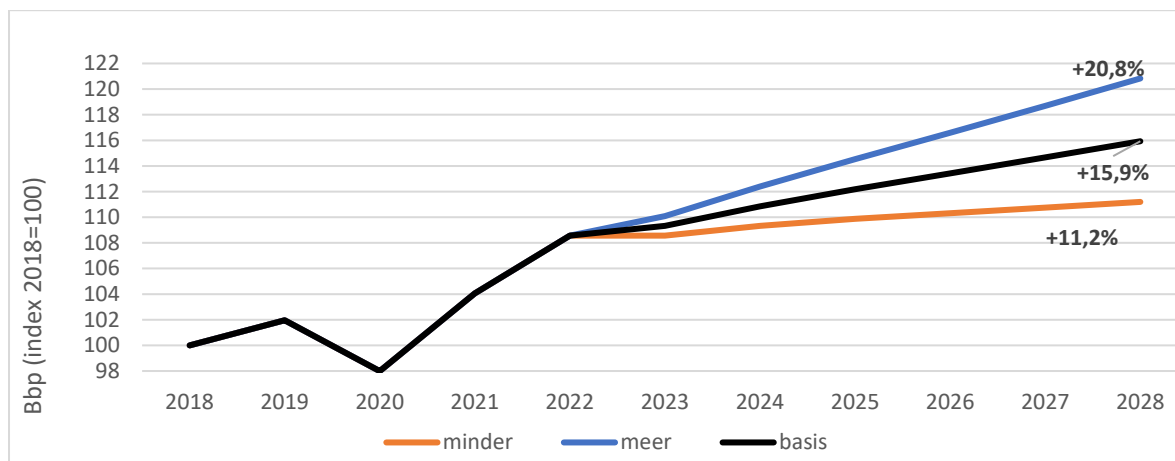
Economie

Het CPB (2023) heeft op Prinsjesdag de Macro Economische Verkenning 2024 (MEV24) met de verwachtingen voor 2023 en 2024 gepubliceerd met een actualisatie van de middellange termijn verkenning tot en met 2028. De resultaten van MEV24 (CPB, 2023) zijn, voor zover mogelijk en relevant, integraal meegenomen in het toekomstbeeld mobiliteit.

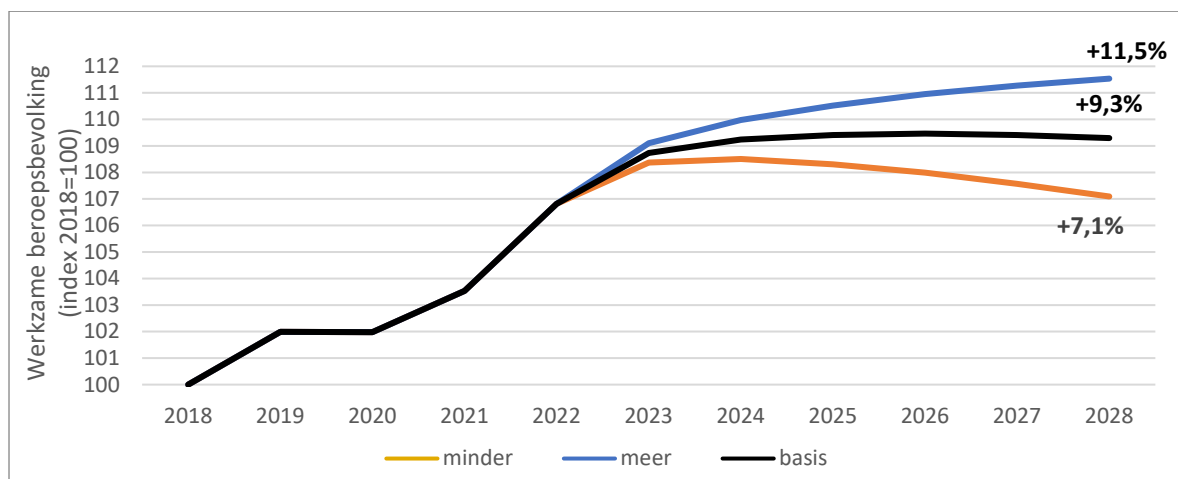
Bbp en werkgelegenheid

In MEV24 wordt een basisraming gepresenteerd. Voor de jaren 2023 tot en met 2028 hebben we voor de jaarlijkse bbp-groei een bandbreedte verondersteld rond het basis-scenario. In het minder-scenario gaan we uit van een iets lagere en in het meer-scenario van een iets hogere groei in het bbp, het inkomen en de werkgelegenheid dan in het basis-scenario uit MEV24. We nemen hiervoor het verschil in groei tussen de scenario's WLO Hoog en WLO Laag in de periode 2018-2030 (zie Ritsema-van Eck et al., 2020). Voor de bbp-groei is die bandbreedte 1,4%-punt. In het minder-scenario verlagen we de jaarlijkse bbp-groei in 2023-2028 elk jaar met 0,7%-punt; in het meer-scenario verhogen we ze elk jaar met 0,7%-punt. In figuur B.6.3 is de bbp-groei weergegeven als index ten opzichte van 2018. In het basis-scenario is er 16% bbp groei tussen 2018 en 2028. In het meer-scenario is er 21% bbp groei en in het minder scenario 11% bbp groei.

In het LMS wordt een variabele "aantal banen" gehanteerd. In de gangbare macro economische toekomstbeelden worden wel verwachtingen gepresenteerd voor de werkzame beroepsbevolking, de werkgelegenheid in aantal personen (arbeidsvolume) of in aantal gewerkte uren maar niet het "aantal banen". De ontwikkeling van de werkzame beroepsbevolking en het aantal gewerkte uren verloopt tussen 2018 en 2028 redelijk vergelijkbaar. De ontwikkeling van de werkzame beroepsbevolking wordt daarom als proxy gebruikt voor de LMS variabele "aantal banen" (figuur B.6.4).



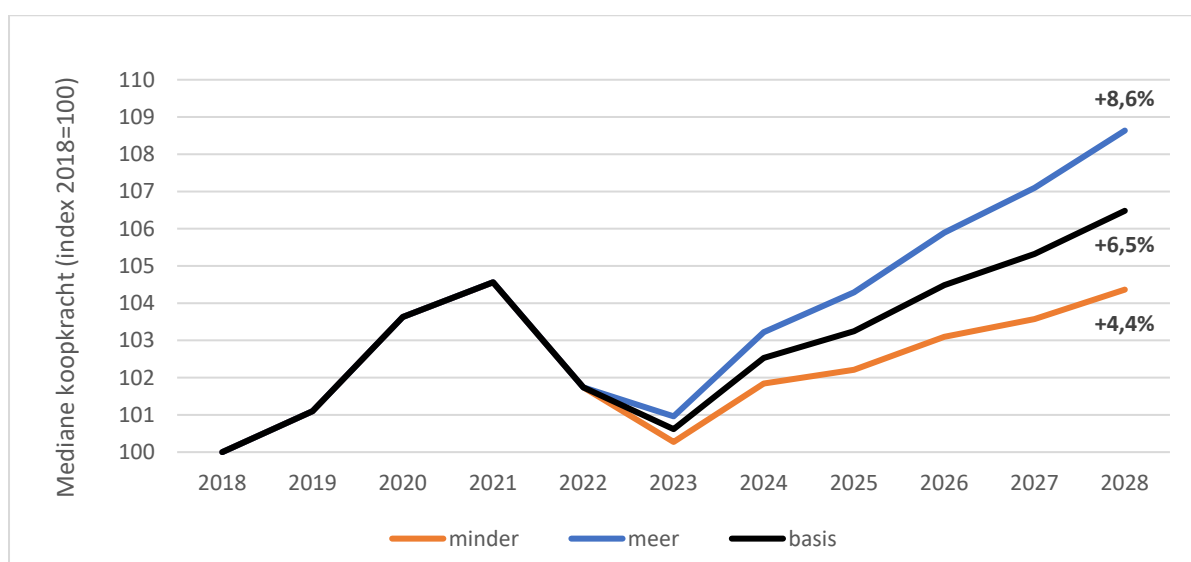
Figuur B.6.3 Ontwikkeling van de economie (volume bbp) in de jaren 2018-2028 (index 2018=100). Bron: CPB/KiM.



Figuur B.6.4. Ontwikkeling van de werkzame beroepsbevolking (aantal personen) in de jaren 2018-2028 (index 2018=100). Bron: CPB/KiM.

Koopkracht

De MEV24 geeft ook verwachtingen voor de ontwikkeling van de mediane koopkracht tot en met 2028. Met behulp van de PBL gegevens over de ontwikkeling van de zogenoemde Gewogen Welvaarts Index (GWI) tussen 2018 en het Hoog en Laag scenario in 2030 is de afwijking in het meer- respectievelijk minder-scenario bepaald ten opzichte van de basis-raming uit het CEP23. De verwachting is dat in de basisraming de mediane koopkracht tussen 2018 en 2028 toeneemt met 6,5%. In het meer-scenario is dat 8,6% en in het minder-scenario 4,4% (figuur B.6.5).



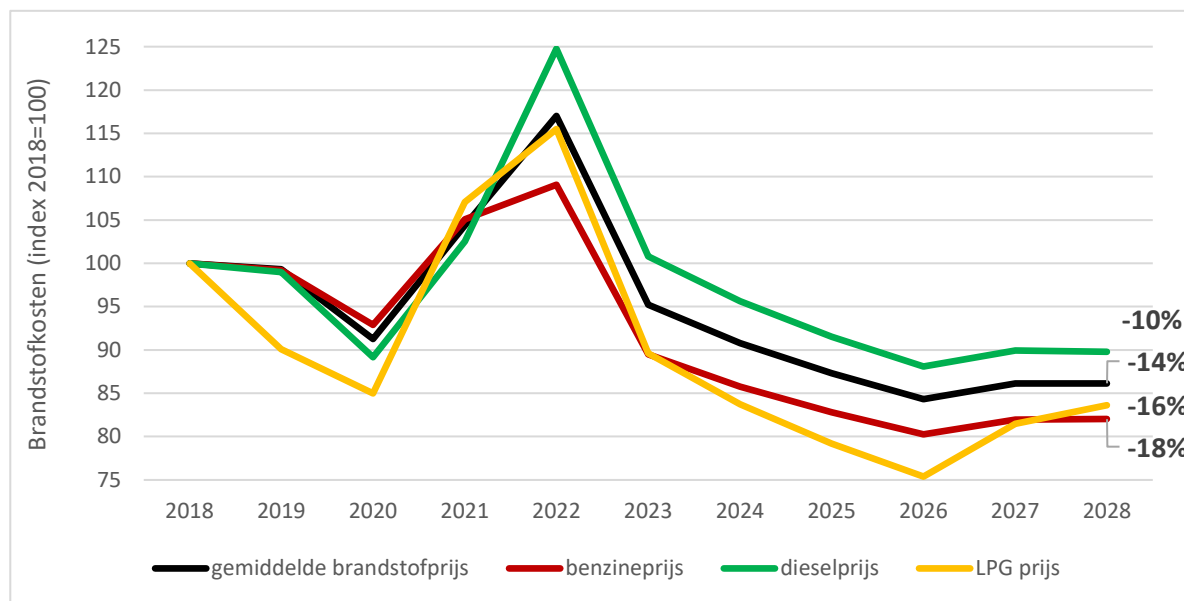
Figuur B.6.5. Ontwikkeling van de mediane koopkracht huishoudens in de jaren 2018-2028 (index 2018=100). Bron: CPB/KiM.

Brandstofkosten

De MEV24 schetst een ontwikkeling van de ruwe olieprijs in dollars, de euro/dollar wisselkoers en de inflatie (cpi) waarmee de toekomstige ontwikkeling van de fossiele brandstofprijzen geschetst kan worden (figuur B.6.6). De CPB verwachting voor de ruwe aardolieprijs is gebaseerd op de zogenoemde futures.²⁰ De fossiele brandstofprijs wordt daarnaast beïnvloedt door wijzingen in de

²⁰ Een futures contract is een juridische overeenkomst om een bepaald goed of waardepapier te kopen of te verkopen tegen een vooraf bepaalde prijs op een bepaald tijdstip in de toekomst. Futures-contracten zijn gestandaardiseerd op kwaliteit en kwantiteit om de handel op een futuresbeurs te vergemakkelijken. Er ontstaat zo een liquide markt waar het makkelijk is om contracten op te stellen en te verhandelen. Dat is ook het belangrijkste verschil met een forward contract dat specifiek tussen een koper en verkoper wordt aangegaan en niet (openbaar) verhandelbaar is. Een futures contract voor de levering van olie op 1 juli 2028 geeft daarmee de beste indicatie wat de markt -alles in ogenschouw nemend- denkt dat de prijs van bijvoorbeeld Heavy Saudi Crude of West Texas Intermediate olie op 1 juli 2028 zal zijn. Dergelijke markten zijn er ook voor andere wereldwijd verhandelde commodity's zoals olieproducten (stookolie, light oil), graan, mais en soya. Het zijn daarmee verwachtingenmachines die producenten in staat stellen hun aanbod te plannen (en te hedgen) en aankopers in staat stellen hun vraag te plannen (en te hedgen).

accijnzen en heffingen. Tot 1 juli 2023 was er een korting op de brandstofaccijnzen waardoor per 1/7 de prijzen omhoog zijn gegaan. Daarnaast is de ontwikkeling van accijnzen en heffingen gekoppeld aan de prijsinflatie. Daarnaast zal er met ingang van 2027 een opslag op de brandstofprijzen komen omdat het wegverkeer opgenomen wordt in een Europees emissierechten handelssysteem (ETS) waarbij de brandstofleveranciers een prijs moeten betalen voor de CO₂ emissies die ontstaan bij het verbruik van de brandstof. De verwachting is dat de brandstofleveranciers deze CO₂-prijs integraal zullen doorberekenen aan de brandstofverbruikers. Deze opslag verschil per brandstofsoort en per jaar.²¹



Figuur B.6.6. Ontwikkeling van de reële brandstofprijzen in Nederland (index 2018=100) Bron: CPB/KiM.

Corona-effecten

Voor een goede toekomstraming moeten we corrigeren voor de effecten van de coronacrisis op de mobiliteit. Dit betreft zowel de tijdelijke effecten (als gevolg van angst voor besmetting en coronamaatregelen tijdens de coronajaren) als de structurele gedragseffecten. De schatting van structurele gedragseffecten per modaliteit waarmee de modeluitkomsten voor wegverkeer, ov en fiets zijn bijgesteld, beschrijven we in paragraaf 6.2 van de hoofdttekst. Hieronder gaan we kort in op de modellering van de (tijdelijke) corona effecten, die van belang zijn voor de T+1 raming van het wegverkeer.

In onze korte termijn raming voor het wegverkeer corrigeren we voor korte termijn corona-effecten met behulp van de Oxford Stringency Index (Hale et al., 2020). Deze correctie voor tijdelijke coroneffecten is nodig, omdat zonder deze correctie het model niet langer in staat is om valide parameters voor de overige afhankelijke variabelen te schatten. We maken voor de correctie gebruik van een variabele die het verloop van de coronacrisis en de contactbeperkende maatregelen samenvat, gebaseerd op een variant van de Oxford Stringency Index. Deze index poogt de contactbeperkende maatregelen van overheden samen te vatten in een enkel getal, dat kan variëren tussen de 0 en de 100. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van een negental subindices, die ieder ook weer variëren tussen de 0 en de 100. De totale index is het gemiddelde van de subindices. Twee van deze subindices betreffen publieke informatiecampagnes en internationale reisrestricties. Deze subindices hebben een veel minder direct effect op de binnenlandse personenmobiliteit dan de andere indices. Daarom maken we gebruik van een variant op de Oxford Stringency index, waarbij de subindices voor publieke informatiecampagnes en internationale reisrestricties niet worden meegerekend. Het gaat dus om de gemiddelde waarde voor de overige zeven subindices. Deze index wordt opgesteld aan de hand van de maatregelen die voor de meerderheid van de bevolking gelden.

²¹ De afgebeelde brandstofprijzen worden gebruikt als invoer voor het wagenparkmodel Dynamo. Met alle andere invoer rekent Dynamo vervolgens een brandstofprijnsindex gemiddeld over het hele wagenpark uit. Die informatie wordt gebruikt in het LMS.

Tabel B.6.1 Oxford Stringency Index en variant, voor de jaren 2020 tot en met 2022.

	2020	2021	2022
Oxford Stringency Index	49.2	57.8	20.7
Index-variant KiM	42.7	47.3	7.1

6.2 Het Landelijk ModelSysteem

Voor het mobiliteitsbeeld van dit jaar zijn we voor de ramingen voor het wegverkeer, het openbaar vervoer en de fiets op de middellange termijn (2028) overgestapt op het Landelijk ModelSysteem (LMS). Dit is een strategisch vervoersmodel in beheer van Rijkswaterstaat. Het model wordt onder meer gebruikt voor de Integrale Mobiliteitsanalyse (IMA), waarvoor gerekend wordt naar de langere termijn.

Deze overstap kent een aantal belangrijke voordelen. Ten eerste maken we hiermee gebruik van één integraal model voor de verschillende modaliteiten. Daarmee creëren we meer onderlinge samenhang tussen de ramingen van de verschillende modaliteiten op deze middellange termijn. Aangezien er uitwisseling bestaat tussen de mobiliteitsvraag bij de verschillende modaliteiten (wat er bij de trein gebeurt heeft bijvoorbeeld invloed op de auto en vice versa) is dit een belangrijke verbetering. Ten tweede sluiten we hiermee qua modelinstrumentarium aan bij de langetermijnprognoses van het Ministerie van I&W, zoals de voornoemde IMA. Daarmee creëren we een betere uniformiteit qua methode. Let wel: het gaat hier slechts om hetzelfde modelinstrumentarium. De invoerscenario's worden voor deze verschillende ramingshorizonten op een fundamenteel andere wijze opgesteld. De uitkomsten kunnen dus niet 1-op-1 met elkaar worden vergeleken of in elkaars verlengde worden gebruikt.

Daarnaast zijn er een aantal inhoudelijke verbeteringen. Zo wordt voor de auto gebruik gemaakt van een toedelingsmodel, waarmee de congestie wordt geraamd. Dat zorgt ervoor dat bij een sterke groei een dempend effect van de congestie zal ontstaan. Andersom zorgt een lager gebruik van de auto voor minder congestie, waarmee de reistijden juist afnemen en er in de toedelingscyclus weer nieuwe vraag ontstaat. Dit soort effecten werden voorheen in ons instrumentarium niet meegenomen. Daarnaast kunnen we voor het OV specifieke dienstregelingen verwerken. Daarmee kunnen we de effecten van concrete veranderingen in de dienstregeling, zoals de voorziene productstappen trein tot en met 2028, beter doorrekenen. Ten slotte bevatten de LMS-uitkomsten veel informatie. Dit maakt het in de toekomst mogelijk om over meer onderwerpen een toekomstbeeld te maken, of om in te zoomen op specifieke onderwerpen.

Uiteraard zijn er ook aandachtspunten. Ten eerste is het LMS opgesteld als een langetermijnmodel, waarvoor dan ook wordt gerekend met langetermijn elasticiteiten. Wij hebben twee pilots uitgevoerd om te testen of het model ook op de middellangetermijn kan worden toegepast. Daarbij hebben we ook geëxperimenteerd met modelaanpassingen om de gedragsreacties op de middellangetermijn beter te kunnen vangen. Wij hebben geconcludeerd dat het model ook op de middellangetermijn toepasbaar is. Op de korte termijn is dat echter niet mogelijk. Dat is ook de reden dat we voor T+1 geen gebruik maken van het LMS: daar is het niet voor geschikt.

Bovendien gaat de overstap van het ene naar het andere instrumentarium uiteraard gepaard met een methodebreuk. Daarom hebben we dit jaar ook met ons eigen instrumentarium een raming voor t+5 opgesteld. Bovendien hebben we waar mogelijk zowel met het LMS als met de afzonderlijke modellen gewerkt aan watervalanalyses. Zo kunnen we de invloed van veranderingen in de invoer op veranderingen in de uitvoer bekijken. Op hoofdlijnen trekken we de volgende conclusies met betrekking tot de methodebreuk voor de volgende modaliteiten:

- Voor auto is de methodebreuk t.o.v. ons eerdere instrumentarium minimaal
- Voor het OV (zowel trein als BTM) leidt de methodebreuk tot een lagere schatting van het aantal reizigerskilometers
- Voor de fiets leidt de methodebreuk tot een iets hogere schatting van het aantal reizigerskilometers

De ramingen voor het LMS worden opgesteld voor een gemiddelde werkdag. Daarbij wordt een vergelijking gemaakt met het basisjaar van het model. Dat basisjaar is in de versie die wij hebben gebruikt 2018. Dat stelt ons voor twee uitdagingen:

- 1) We moeten van een werkdagramming naar een raming voor het jaartotaal

- 2) We moeten corrigeren voor structurele corona-effecten, voor zover die niet in het model zijn verwerkt.

Voor de conversie naar een jaartotaal bekijken we de raming per vervoerwijze-motiefcombinatie. We vergelijken deze raming met de gekalibreerde vervoersprestatie voor de vervoerwijze-motiefcombinatie in het basisjaar. Dat levert vervoerwijze-motief specifieke groeifactoren op. Deze groeifactoren passen we vervolgens toe op ODiN jaartotalen voor de vervoersprestaties van 2018.

Voor de correctie van de structurele corona-effecten LMS alleen gebruik worden gemaakt van één af- of opschaalparameter per motief op de rittenproductie. Er is dus geen onderscheid naar vervoerwijze mogelijk. We kalibreren deze af/opschaalparameter zodanig dat het daarmee recht doet aan het ingeschatte structurele corona-effect voor de autoritten. Dat is belangrijk, omdat meer autoritten tot meer files leiden die vervolgens weer teruggekoppeld worden naar het vervoerwijzegebruik. Deze af/opschalingsparameter beïnvloedt echter alle modaliteiten in dezelfde mate, terwijl de inschatting van de structurele gedragsparameter per modaliteit verschillend is.

Dit betekent dat voor de overige modaliteiten een nabewerking van de LMS-uitkomsten nodig is. Daarvoor worden de motief-specifieke ramingen per vervoerwijze gecorrigeerd naar de ingeschatte waarden, zoals te vinden in paragraaf 6.2 van de hoofdtekst. De correctie verschilt daarmee per scenario en per vervoerwijze. Ter illustratie geven we hieronder de impact van deze correctie voor de verschillende modaliteiten voor het basisscenario. De totale effecten wijken daarmee iets af van de structurele effecten zoals opgenomen in tabel 6.3 van de hoofdtekst. Dit komt door een verschuiving van de onderliggende motief-specifieke vraag in 2028 ten opzichte van de situatie in 2019.

Tabel B.6.2 Correctie voor structurele Covid-effecten voor trein, BTM en fiets; basisscenario

Vervoersprestatie 2028 in reizigerskm, 2018=100	Jaartotaal, uitkomst LMS	Jaartotaal, Zonder COVID- effect	Jaartotaal na modaliteit- specifieke COVID correctie	Totaal-effect COVID-correctie
Trein	109,7	112,5	99,9	-11.4%
BTM	97,3	98,7	88,7	-10.3%
Fiets	120,0	119,0	122,5	+2.1%

Voor de berekeningen met het LMS hebben we samengewerkt met Rijkswaterstaat en ProRail in een begeleidingsgroep. Het uitvoerende werk is gedaan door 4Cast, zie 4Cast (2023).

6.3 Methodiek toekomstraming wegverkeer

Het gebruik van wegverkeer is voor 2028 zoals hierboven beschreven geraamd met het LMS. Die raming is aangevuld met een korte raming voor 2023 en 2024 met error-correctie model (ECM). Hieronder gaan we in op dit model.

2023 en 2024

De T+1 (2024) van de verkeersprestatie van het totale wegverkeer en het wegverkeer op het hoofdwegennet maakt het KiM met behulp van een error-correctie model (ECM). Een ECM is een statistische methode om langetermijn-relaties tussen twee of meer variabelen te schatten op basis van tijdreeksdata²². Een ECM bestaat uit een korte en langetermijn vergelijking, die hier apart worden geschat. De redenering van een ECM is dat afwijkingen van de langetermijn-trend de korte termijn-dynamiek op zo'n manier beïnvloeden dat de afwijking met de langetermijn-trend kleiner wordt.²³ Dit leidt tot betere modelschattingen dan een normaal lineair regressiemodel.

De uitkomsten van een ECM leiden tot korte- en langetermijn-coëfficiënten. Het is te verwachten dat, bijvoorbeeld, een groeiende wegcapaciteit en stijgende brandstofprijzen een ander effect hebben op de verkeersprestatie op de korte dan op de langetermijn. Op de langere termijn kunnen

²² Zie voor meer informatie over ECM, bijvoorbeeld *Wooldridge (2013)*

²³ Het idee achter een ECM is dat variabelen gecointegreerd zijn, wat betekent dat ze dezelfde lange termijn trend hebben. Om te kijken of de variabelen inderdaad gecointegreerd zijn en een ECM mag worden toegepast, moeten statistische tests worden uitgevoerd. Hier is de Augmented Dickey-Fuller test gebruikt om de integratie-orde van de variabelen en residuen te bepalen. Daarbij is ook een negatieve en significante aanpassingsparameter γ een indicatie voor een goede ECM.

mensen hun woon- en werklocaties aanpassen op basis van de beschikbare capaciteit op het HWN. Op de korte termijn liggen deze locaties vast. Ook kunnen zij op de langetermijn maatregelen nemen tegen stijgende brandstofprijzen, zoals het aanschaffen van een efficiëntere auto.

In vergelijking met de modelschattingen die vorig jaar in de kerncijfers 2022 zijn gepubliceerd hebben we de schattingsperiode van het model voor het gehele wegennet veranderd. We hebben dit model geschat met data tussen 2000 en 2022, waar dit vorig jaar data tussen 1983 en 2021 betrof. We hebben hiervoor gekozen, omdat we sterke aanwijzingen hadden dat de relaties tussen de variabelen in deze jaren zijn veranderd. Door het model te schatten op een kortere ramingsperiode zorgen we ervoor dat de voorspellingen voor de toekomst gebaseerd zijn op actuelere relaties.

Formules en variabelen verkeersprestatie wegverkeer

De α in de vergelijking 1,2 en 3 weerspiegelen de korte termijn-coëfficiënten, terwijl β de langetermijn-coëfficiënten aangeven. γ is de aanpassingsparameter, die aangeeft hoe snel de verkeersprestatie zich weer herstelt naar het langetermijn-evenwicht. In de vergelijking staat het langetermijn-deel tussen de vierkante haken. Het kortetermijn-deel is de rest van de vergelijking.

Het model is gebaseerd op de volgende variabelen:

- het bruto binnenlands product (bbp);
- de reële brandstofprijs (brn);
- het aantal inwoners tussen de 20 en 65 jaar (inw);
- de capaciteit van hoofdwegen (cap);
- de variant op de Oxford Stringency-index (Str)

Vergelijking 1 geeft de groei van de verkeersprestatie voor het totale wegverkeer weer, terwijl vergelijking 2 de groei in de verkeersprestatie weergeeft van het hoofdwegennet.

Verkeersprestatie van het totale wegverkeer op Nederlands grondgebied (WV):

$$\Delta \ln(WV_t) = \alpha_1 \Delta \ln(BBP_t) + \alpha_2 \Delta \ln(brn_t) + \alpha_3 \Delta \ln(inw_t) + \alpha_4 \Delta Str_t + \gamma_1 [\ln(WV_{t-1}) - C_1 - \beta_1 \ln(BBP_{t-1}) - \beta_2 \ln(brn_{t-1}) - \beta_3 \ln(inw_{t-1}) - \beta_4 \ln(cap_{t-1}) - \beta_5 DStr_{t-1}]$$

(1)

Verkeersprestatie op het hoofdwegennet (HWN):

$$\Delta \ln(HWN_t) = \alpha_5 \Delta \ln(BBP_t) + \alpha_6 \Delta \ln(brn_t) + \alpha_7 \Delta \ln(inw_t) + \alpha_8 \Delta Str_t + \gamma_2 [\ln(HWN_{t-1}) - C_2 - \beta_6 \ln(BBP_{t-1}) - \beta_7 \ln(brn_{t-1}) - \beta_8 \ln(inw_{t-1}) - \beta_9 \ln(cap_{t-1}) - \beta_{10} Str_{t-1}]$$

(2)

waarbij:

- WV_t verkeersprestatie van het totale wegverkeer op Nederlands grondgebied op tijdstip t in miljoen voertuigkm;
- α_i de korte termijn elasticiteit van variabele i;
- BBP_t bruto binnenlands product in constante prijzen op tijdstip t, uitgedrukt in een indexcijfer waarbij de waarde van het jaar 2000 gelijk wordt verondersteld aan 100;
- brn_t de gemiddelde brandstofprijs op tijdstip t uitgedrukt in constante prijzen (in €₂₀₀₅/l);
- inw_t het aantal inwoners in Nederland van 20 tot 65 jaar op tijdstip t in miljoen;
- Str_t de variant op de Oxford Stringency Index, waarbij publieke informatiecampagnes en internationale reisrestricties niet meetellen;
- γ_n de aanpassingsparameter naar het langetermijn evenwicht voor vergelijking n;
- C_n constante voor vergelijking n;
- β_i de langetermijn elasticiteit voor variabele i;
- cap_{t-1} het aanbod van hoofdwegen in miljoen rijstrookkm op tijdstip t-1; waarbij de spits- en doelgroepstroken mee tellen voor 2/3 ;
- HWN_t verkeersprestatie op het hoofdwegennet op tijdstip t in miljoen voertuigkm.

Herschating modelcoëfficiënten op gegevens tussen 2000 en 2022

Onderstaand worden de modelcoëfficiënten van het ECM gepresenteerd, met daarbij de bijbehorende standaardfouten en p-waardes. De waardes tussen haakjes zijn de coëfficiënten, standaardfouten en p-waardes van de vorige schatting die was gebaseerd op gegevens tot en met 2020.

Verkeersprestatie van het totale wegverkeer op NL grondgebied (WV):

$$\Delta \ln(WV_t) = \alpha_1 \Delta \ln(BBP_t) + \alpha_2 \Delta \ln(brn_t) + \alpha_3 \Delta \ln(inw_t) + \alpha_4 \Delta Dum_t \\ + \gamma_1 [\ln(WV_{t-1}) - C_1 - \beta_1 \ln(BBP_{t-1}) - \beta_2 \ln(brn_{t-1}) - \beta_3 \ln(inw_{t-1}) - \beta_4 \ln(cap_{t-1}) \\ - \beta_5 Dum_{t-1}]$$

Tabel B.6.3 Coëfficiënten vergelijking WV: Wegverkeer op Nederlands grondgebied, geschat met waarnemingen van 2000-2022.

aantal waarnemingen:	51	coëfficiënt	standaardfout	p-waarde
bbp	α_1	0,50 (0,36)	0,063 (0,12)	0,000 (0,001)
brn	α_2	-0,035 (-0,012)	0,018 (0,029)	0,066 (0,68)
inw	α_3	1,03 (1,69)	0,37 (0,44)	0,012 (0,000)
Str	α_4	-0,035 (-0,038)	0,0016 (0,0038)	0,000 (0,000)
aanpassingsparameter	γ_1	-1,43 (-0,474)	0,193 (0,134)	0,000 (0,001)
intercept	C_1	5,5 (5,1)	0,91 (0,769)	0,000 (0,000)
bbp	β_1	0,43 (0,40)	0,066 (0,071)	0,000 (0,000)
brn	β_2	-0,073 (-0,049)	0,021 (0,028)	0,0023 (0,089)
inw	β_3	1,5 (1,1)	0,39 (0,20)	0,000 (0,000)
cap	β_4	0,09 (0,24)	0,073 (0,092)	0,23 (0,000)
Str	β_5	-0,034 (-0,036)	0,0020 (0,0033)	0,000 (0,000)

Verkeersprestatie op het hoofdwegennet (HWN):

$$\Delta \ln(HWN_t) = \alpha_5 \Delta \ln(BBP_t) + \alpha_6 \Delta \ln(brn_t) + \alpha_7 \Delta \ln(inw_t) + \alpha_8 \Delta Dum_t \\ + \gamma_2 [\ln(HWN_{t-1}) - C_2 - \beta_6 \ln(BBP_{t-1}) - \beta_7 \ln(brn_{t-1}) - \beta_8 \ln(inw_{t-1}) - \beta_9 \ln(cap_{t-1}) \\ - \beta_{10} Dum_{t-1}]$$

Tabel B.6.4 Coëfficiënten vergelijking HWN: Wegverkeer op het hoofdwegennet, geschat met waarnemingen van 2000-2022.

aantal waarnemingen:	38	coëfficiënt	standaardfout	p-waarde
bbp	α_5	0,84 (0,79)	0,12 (0,12)	0,000 (0,000)
brn	α_6	-0,061 (-0,059)	0,033 (0,029)	0,081 (0,044)
inw	α_7	-0,77 (1,60)	0,69 (0,44)	0,28 (0,001)
Str	α_8	-0,037 (-0,046)	0,0029 (0,0039)	0,000 (0,000)
aanpassingsparameter	γ_2	-1,40 (-0,57)	0,30 (0,14)	0,000 (0,000)
intercept	C_2	1,3	1,2	0,30

		(-0,20)	(0,86)	(0,82)
bbp	β_6	0,53 (0,62)	0,087 (0,080)	0,000 (0,000)
brn	β_7	-0,078 (-0,095)	0,027 (0,032)	0,011 (0,004)
inw	β_8	0,21 (1,4)	0,52 (0,22)	0,69 (0,000)
cap	β_9	0,71 (0,58)	0,097 (0,10)	0,000 (0,000)
Str	β_{10}	-0.043 (-0,0470)	0,0027 (0,00364)	0,000 (0,000)

6.4 Methodiek toekomstraming trein en bus, tram en metro

De raming voor het openbaar vervoer maakt onderscheid tussen treingebruik en het gebruik van bus, tram en metro (btm). We maken een raming voor 2023, 2024 en 2028. We onderscheiden bovendien drie scenario's, te weten, het basis-scenario aangevuld met een "meer" scenario en een "minder" scenario.

Het instrumentarium dat we daarvoor gebruiken verschilt voor de drie ramingshorizonten. Voor de raming voor het lopende jaar (jaar T, 2023) maken we gebruik van een extrapolatie op basis van realisaties tot en met augustus. Voor de middellange termijn (jaar T+5, 2028) maken we gebruik van het LMS. Voor de raming voor het komende jaar (jaar T+1, 2024) maken we gebruik van het KiM modelinstrument om een interpolatie tussen het lopende jaar en de middellange termijn te maken.

Dit gebruik van verschillende modellen voor verschillende tijdschizonten lijkt wat arbitrair. Dat is het niet. In de eerste plaats verschilt de beschikbare informatie voor de verschillende tijdschizonten. We weten over het lopende jaar al heel veel. Over de toekomstjaren is die informatie niet beschikbaar. Verder verschilt de mate waarin gedrag verandert tussen de korte en de langetermijn. Op korte termijn kun je wel een andere route of vervoerwijze kiezen tussen je woon en werklocatie, maar je gaat niet van baan veranderen of verhuizen. En als die auto er eenmaal staat, gebruik je hem. Op de wat langere termijn zijn er meer keuzes.

De verschillende ramingsmethoden liggen daarmee in een natuurlijke verhouding tot elkaar en in elkaars verlengde. Hieronder leggen we de verschillende stappen uit en hoe we ze dit jaar implementeerden om tot een raming te komen.

2028

De raming voor het openbaar vervoer is gemaakt met het LMS. Het LMS raamt de vervoersprestatie in reizigerskilometers voor een gemiddelde werkdag in 2028 uitgaande van het LMS basisjaar 2018 voor zowel trein als btm. Dit levert een groeifactor op, maar die kunnen we nog niet zonder meer toepassen op de vervoersprestatie 2018 omdat er eerst nog een vertaalslag moet worden gemaakt van gemiddelde werkdag naar jaartotaal.

Daarvoor splitsen we het ov-gebruik naar motief en zijn de groeifactoren van LMS per motief toegepast op ODIN jaartotalen voor de vervoersprestaties van 2018:

Tabel B.6.5 Vervoersprestatie trein en BTM in 2028

Vervoersprestatie 2028 in reizigerskm, 2018=100	LMS werkdag	Jaartotaal
Trein	107,6	109,7
BTM	95,4	97,3

Daarnaast kan in het LMS alleen rekening worden gehouden met structurele corona-effecten middels één structurele afschaalparameter op de rittenproductie. We kalibreren deze afschaalparameter zodanig dat het de afschaling van de autoritten weerspiegelt. Dat is belangrijk omdat meer autoritten tot meer files leiden die vervolgens weer terug gekoppeld worden naar het vervoerwijzegebruik. Deze afschalingsparameter beïnvloedt echter alle modaliteiten in dezelfde mate, terwijl uit eerder onderzoek blijkt dat trein en btm hier meer last van hebben. Dit betekent dat een nabewerking nodig is van de LMS uitkomsten om tot de structurele effecten van corona op trein- en btm-gebruik te komen. Dat verschilt per scenario. Voor het basisscenario is dit uitgewerkt

in paragraaf 6.2 van deze bijlage. In de tabel hieronder vermeldt deze correctie voor alle scenario's.

Tabel B.6.6 Correctie voor structurele corona-effecten voor trein en BTM

Vervoersprestatie 2028 in reizigerskm, 2018=100	Jaartotaal, ongecorrigeerd	Gecorrigeerd basis	Gecorrigeerd minder	Gecorrigeerd meer
Trein	109,7	99,9	85,2	108,8
BTM	97,3	88,7	79,8	99,7

2023

De raming van het ov-gebruik in 2023 is gebaseerd op een extrapolatie van de beschikbare gegevens over de afgelegde reizigerskilometers in het lopende en voorgaande jaar in de trein ([NS, 2023](#)) en van Translink over het aantal in- en uitstappers in het ov (Translink, 2023).

2024

Voor de raming voor 2024 gebruiken we het KiM elasticiteiten model (zie KiM Kerncijfers 2022, bijlage 2.4). Dat model raamt jaarlijkse groeivoeten voor de jaren 2024 tot 2028. Deze jaarlijkse groeivoeten leveren ook een cumulatieve groei van het KiM-model voor de periode 2023-28. We kunnen een soortgelijke cumulatieve groei tussen 2023 en 2028 berekenen door de ramingen voor 2028 (met LMS) en 2023 (op basis met realisatie) met elkaar te vergelijken. Beide cumulatieve groeivoeten verschillen van elkaar. We schalen de groeivoeten van het KiM-model zodat de cumulatieve groeifactor van het KiM-model hetzelfde is als de groeifactor die geïmpliceerd wordt door de ramingen voor 2023 en 2028. Deze geschaalde groeivoet voor 2024 passen we toe op de raming voor 2023. Hieronder illustreren we dit voor het basisscenario.

Tabel B.6.7 Groei 2024

2023=100	Groeifactor 2023-28 LMS	Groeifactor 2023-28 KiM-model	Ongecorrigeerde groeifactor 2024 KiM-model	Gecorrigeerde groeifactor 2024 KiM-model
Trein	112,9	115,7	103,4	102,9
BTM	98,2	113,0	103,2	100,3

6.5 Methodiek toekomstraming fietsgebruik

Het gebruik van de fiets is voor 2028 geraamd met het LMS. Die raming is aangevuld met een raming vanuit het KiM-model over het aandeel van elektrische fiets in dat totaal. Het KiM-model wordt ook gebruikt voor de raming voor 2023 en 2024. Hieronder gaan we in op het KiM-model.

KiM model raming fietsgebruik

De raming van het toekomstige gebruik van fiets maakt het KiM met behulp van twee soorten tijdreeksmodellen. 1) Exponential smoothing, met de ETS-functie van R-pakket fable (Hyndman & Athanasopoulos, 2021) en 2) Multivariate Singular Spectrum Analysis (MSSA) met de mssa-functie van het R-pakket Rssa (Golyandina & Korobeynikov, 2014).

Van de ETS-functie zijn de twee eenvoudigste modelvarianten gebruikt, het lokaal-niveau model en het lokaal-trend model. Het lokaal-niveau model volgt het gemiddelde niveau van een tijdreeks. Het model heeft één modelparameter α , die gerelateerd is aan de veranderlijkheid van het tijdreeksniveau. Met $\alpha = 0$ wordt aangenomen dat het niveau constant is: het model voorspelt op het niveau van het gemiddelde van alle waarnemingen. Met $\alpha = 1$ volgt het model alleen de laatste waarneming. Dit model is geschikt voor voorspelling van bij benadering vlakke verlopen (met relatief lage α -waarden) en het voorspelt een vlak verloop. Het lokaal-trend model volgt het trendmatig verloop van een tijdreeks. Naast de α -parameter voor het niveau is er ook een β -parameter die de helling van de trend schat. Een constant model ($\alpha = 0$ en $\beta = 0$) is equivalent aan lineaire regressie. De modellen zijn univariaat; voor elke tijdreeks wordt afzonderlijk een voorspelling gemaakt.

MSSA is een multivariate techniek, die vooral geschikt is voor meerdere tijdreeksen met gemeenschappelijke niet-lineaire patronen. De methode reconstrueert de tijdreeks als de som van interpreteerbare componenten zoals niet-lineaire trends, periodieke componenten en ruis, zonder a priori aannames te doen over de parametrische vorm van deze componenten. De modelparameters die de voorspelnauwkeurigheid bepalen zijn: de window-length en het aantal componenten. De window length L bepaalt de resolutie van de methode. De voorspelling bestaat uit de som van de voorspellingen van de meest relevante componenten en is niet-lineair van aard.

De modelparameters van beide modeltypes zijn bepaald met de hieronder beschreven tijdreekskruisvalidatiemethodiek, gericht op een zo nauwkeurig mogelijke voorspelling van 6 jaar vooruit.

We modelleren de afstand per persoon per jaar van elke combinatie van leeftijd, geslacht en motiefdomein in het verleden en extrapoleren de trend voor de komende 6 jaar. De Nederlandse bevolking van 6 jaar en ouder wordt later gebruikt om de totale fietsafstand te berekenen. De afstand per persoon per jaar van elk domein komt van het CBS-trendmodel op basis van het ODIN-niveau in de jaren 1999 tot 2022. Gegevens over de bevolkingsontwikkeling (historisch en voorspeld) komen van het CBS²⁴. In totaal hebben we ongeveer 100²⁵ uitgesplitste niveau-domeinen, die afkomstig zijn uit 10 leeftijdsgroepen, 2 geslachtsgroepen en 5 motiefgroepen.

- 5 motief: woon-werk, winkelen, onderwijs, vrijetijd en overig.
- 2 geslacht : mannen, vrouwen
- 10 leeftijdsgroep: 6-11, 12-17, 18-24, 25-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-64, 65-69, en 70+ jaar.

Een bepaalde combinatie van geslacht, leeftijdsgroep en motiefklasse wordt in het vervolg met de term "domein" aangeduid.

We modelleren om de volgende redenen op domeinniveau. Ten eerste bewijzen literatuur en onze tijdreekskruisvalidatie dat modellering op domeinniveau optimale resultaten op totaal niveau kan bereiken (Hyndman, Ahmed, Athanasopoulos, & Shang, 2011). Ten tweede is voorspelling op uitgesplitst niveau ook relevant voor het aandeel van de e-fiets modellering, dat voor alle domeinen wordt gedaan. De uitgesplitste modelresultaten zijn nodig om het aandeel van de e-fiets op hogere aggregatieniveaus te berekenen. Ten derde biedt het modelleren op uitgesplitste niveaus ons een manier om de voorspelling van de fietsafstand op elk gewenst hoger aggregatieniveau te berekenen.

Bij de tijdreekskruisvalidatie worden naar het totaalniveau geaggregeerde voorspellingen gebruikt om het model met de laagste voorspelfout (Root Mean Square Error, RMSE) te bepalen. In deze kruisvalidatieprocedure maken we een reeks testsets en trainingsets. Elke testset bestaat uit een enkele observatie, dat is 6 jaar vooruit ten opzichte van het laatste jaar van de trainingset. De overeenkomstige trainingset bestaat dus alleen uit observaties die 6 jaar vóór die observatie plaatsvonden. In totaal hebben we 6 trainingsets gebruikt, met eindjaren van 2010 tot 2015. De 6 met deze trainingsets overeenkomstige voorspellingen worden gebruikt bij de kruisvalidatie. De voorspelfout voor een bepaald jaar is het verschil tussen waarneming en de voorspelling. De kruisvalidatie-RMSE wordt berekend op basis van de voorspelfouten van deze 6 voorspellingen.

Het belangrijkste doel is om op het hoogste aggregatieniveau een optimale voorspelling te doen met behulp van kruisvalidatie. Omdat de dynamiek van de tijdverlopen van de afstand per persoon per jaar tussen de leeftijdsgroepen significant verschilt is ervoor gekozen om de kruisvalidatie op het niveau van leeftijdsgroepsaggregaten toe te passen, in plaats van op totaalniveau.

De door kruisvalidatie op het niveau van leeftijdsgroep-aggregaten geselecteerde modellen wordt weergegeven in tabel B.1. De voorspelling voor elk domein (combinatie van geslacht en motief) binnen een leeftijdsgroep is dus met hetzelfde model gemaakt²⁶. Voor de domeinen binnen de leeftijdsgroepen van 40 tot 64 jaar zijn de MSSA-modeluitkomsten geselecteerd, omdat deze leeftijdsgroepen een meer niet-lineaire ontwikkeling van de fietsafstand per persoon per jaar groei hebben dan andere leeftijdsgroepen. Andere leeftijdsgroepen hebben min of meer een lokale lineaire groei en een lokaal trendkarakter die beter met ETS-modellen wordt voorspeld.

²⁴ CBS (2021).

²⁵ In totaal minder dan 100 domeinen, omdat sommige domeinen geen gegevens hebben, daarom worden uitgesloten. Domein Leeftijd 6-11 heeft bijvoorbeeld geen werkreizen

²⁶ Als per domein het model met de laagste kruisvalidatie-RMSE (voor dat domein) zou worden gekozen, dan leidt dat tot significant hogere waarden van de kruisvalidatie-RMSE bij aggregatie tot totaalniveau of tot het niveau van leeftijdsgroepen, dan selectie van één model (toe te passen op alle domeinen) of de, uiteindelijk gekozen, selectie van één model per leeftijdsgroep (toe te passen op alle combinaties van geslacht en motief binnen die leeftijdsklasse).

Tabel B.6.8. De resultaten van de geselecteerde modellen.

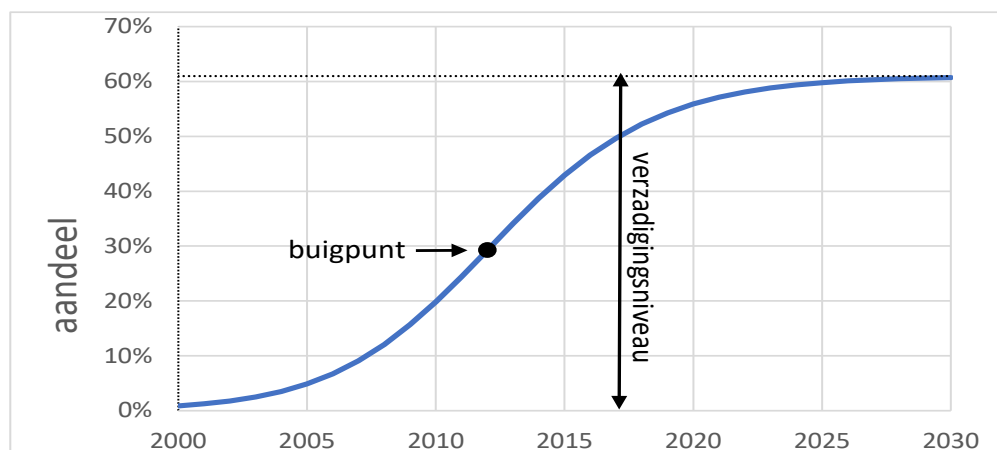
LEEFTIJDskLASSE (KLEEFt)	model voor elk uitgesplitst niveau
Totaal	Geaggregeerd van elke leeftijdsgroep
6-11	ETS lokaal-niveau model, $\alpha=0,6$
12-17	ETS lokaal-trend model, $\alpha=0,1$, $\beta=0,1$
18-24	ETS lokaal-niveau $\alpha=0,9$
25-29	ETS lokaal-trend model $\alpha=0,5$ and $\beta=0,01$
30-39	ETS lokaal-niveau $\alpha=0,4$
40-49	MSSA with window-length 3 and 2 componenten
50-59	MSSA with window-length 3 and three componenten
60-64	MSSA with window-length 9 and 4 componenten.
65-69	ETS-optie in combinatie met interne kruisvalidatie*
70+	ETS-optie in combinatie met interne kruisvalidatie*

*Dit is een ETS-optie met interne kruisvalidatie uitgaande van lokaal-niveau en lokaal-trendmodel.

Modellering aandeel E-fiets

De toekomststraming voor het totale fietsgebruik is vervolgens opgesplitst in de afgelegde afstand met de gewone fiets en met de e-fiets.

Om dit te doen, hebben we de ontwikkeling van het aandeel e-fiets in de totale afgelegde afstand op de fiets geschat. Deze schatting is gebaseerd op het CBS-trendmodel, dat gedetailleerd is beschreven in de bijlage "Nabewerking CBS-Mobiliteitstrends" (Bijlage 1.1). In die bijlage wordt uitgelegd dat het verloop van de E-fietsaandelen voor alle domeinen wordt beschreven met Richards groeikrommen met vier parameters (zie figuur B.6.7). De voorspelling voor de toekomstige e-fietsaandelen is een extrapolatie van het geschatte aandeel van de e-fiets uit dit model.



Figuur B.6.7. Voorbeeld van de geünificeerde Richards groeikromme.

Een belangrijk aandachtspunt is dat we bij de extrapolatie van het e-fietsmodel ervan uitgaan wordt dat er na 2023 geen invloed meer zal zijn van de COVID-19-pandemie. Echter, we nemen wel aan dat de vertraging in de leveringen van e-fietsen doorgaat in 2023 en 2024. Deze vertragingen manifesteren zich als een groeiachterstand van 0,11 jaar in 2020, 0,24 jaar in 2021 en een kleinere 0,02 jaar in 2022. Deze vertraging zet door met een bescheiden 0,013 jaar in 2023 en 0,006 jaar in 2024. Simpel gezegd, als we in een onverstoord scenario 520.000 e-fietsen zouden verwachten aan het einde van 2023, zou dit aantal door de vertraging pas 5 dagen later in 2024 behaald worden. We verwachten dat deze achterstand in 2025 volledig ingehaald zal zijn.

6.6 Methodiek toekomststraming luchtvaart

Voor luchtvaart ramen we het aantal aankomende en vertrekkende passagiers op Nederlandse luchthavens. Daarbij maken we onderscheid tussen het aantal passagiers op Schiphol en dat op

regionale luchthavens (Rotterdam-Den Haag, Eindhoven, Maastricht-Aken, Groningen). We maken een raming voor 2023, 2024 en 2028.

2023

De raming voor 2023 baseert zich op gerealiseerde passagiersaantallen tot en met augustus en een extrapolatie daarvan voor de laatste vier maanden van 2023.

Per 1 januari 2023 is de luchtvaartbelasting ongeveer verdrievoudigd. Het effect hiervan is in 2023 al duidelijk te zien in oplopende vliegticketprijzen, waardoor het aantal reizigers in 2023 minder snel zal toenemen dan eerder verwacht. Het grootste effect van de verhoging van de luchtvaartbelasting verwachten we in het jaar van invoering. Het kan echter zijn dat ook in latere jaren nog een klein na-ijlend drukkend effect is op de verwerking van de luchtvaartbelasting in de ticketprijzen. Het ook kan zijn dat er juist sprake is van een terugveer, bijvoorbeeld omdat luchtvaartmaatschappijen uit concurrentie overwegingen hun pre-tax prijzen verlagen om verlies van marktaandeel te voorkomen.

Uit een studie van CE Delft (CE Delft, 2022) komt naar voren dat er per saldo geen groot in- of uitgroei effect te verwachten is. En waar dat wel zichtbaar is, is sprake van een uitgroei-effect (het effect van de verhoging vermindert na verloop van tijd) en dat lijkt op zijn beurt niet zo zeer een gedragsreactie te zijn, maar het effect van een knellend wordende capaciteitsrestrictie.

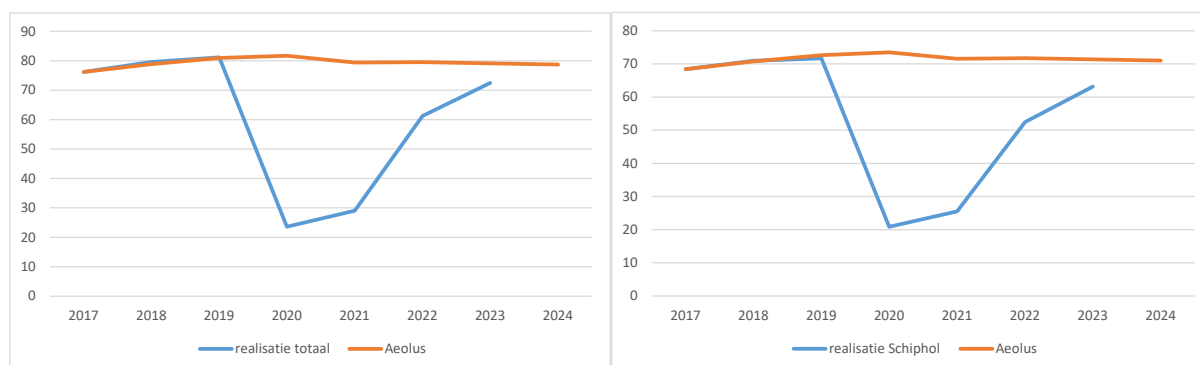
Alles overwegende veronderstellen we dat het negatieve effect van een hogere luchtvaartbelasting op het aantal reizigers al in 2023 zijn structurele omvang geheel zal bereiken en de jaren daarna op dat niveau zal blijven. We nemen aan dat er geen sprake is van een meerjarig in- of uitgroei-traject.

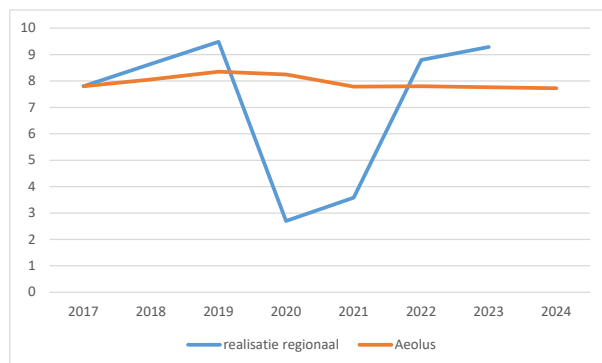
2024 en 2028

De raming voor 2024 en 2028 maakt gebruik van een raming die gemaakt is met het luchtvaartmodel AEOLUS ten behoeve van de Klimaat- en energieverkenning van 2022 (KEV2022) van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Dit betreft daarmee een raming die al ruim een jaar oud is. Er is voor de KEV2023 geen nieuwe raming gemaakt met AEOLUS. Dat stelt ons voor een aantal problemen.

Zo gaat de KEV2022 uit van het vastgesteld beleid per 1 mei 2022. In dat vastgestelde beleid is er geen openstelling van Lelystad voor grootschalige commerciële burgerluchtvaart en geen aanscherping van het capaciteitsplafond voor Schiphol.

In de tweede plaats kent de AEOLUS raming geen Corona-dynamiek. De enorme dalingen van het aantal passagiers in 2020 en het daarna volgende herstel, kunnen niet goed met AEOLUS gemodelleerd worden. Daar is AEOLUS ook niet voor bedoeld. In plaats van deze grote veranderingen laat de AEOLUS raming van 2022 een gestaag dalend pad zien tussen 2019 en 2024. Het idee is dat in 2024 de AEOLUS raming weer ongeveer in de buurt ligt na wat er in de Corona jaren gebeurd is. In onderstaande figuren wordt duidelijk dat die benadering voor het totaal aan passagiers wel aardig lijkt te werken. Ook is duidelijk dat er een verschil is tussen Schiphol aan de ene kant en de regionale vliegvelden aan de andere kant.





Figuur B.6.8. Realisatie in relatie tot AEOLUS.

Op dit moment hebben we echter te maken met nieuwe realisaties en een verdrievoudiging van de luchtvaartbelasting. De vraag is hoe we de "oude" AEOLUS ramingen koppelen aan de realisatie. Het beste is een nieuwe AEOLUS raming, maar die is er niet. Daarmee is het aan de experts van het KIM om de wel beschikbare raming met gevoel en verstand te gebruiken, en de keuzes die we maken uit te spellen. Daarbij is sprake van een verschil tussen Schiphol en de regionale vliegvelden. Die vragen daarmee ook een andere behandeling. Dat doen we hier:

- We ramen het beeld voor het aantal passagiers op Schiphol in 2024 met de totale ontwikkeling AEOLUS 2019-2024 minus het effect van de verhoging van de luchtvaartbelasting van 5,5%.²⁷ De ontwikkeling van het aantal passagiers op Schiphol voor de jaren 2028 is geraamd met behulp van groeivoet van de AEOLUS raming over de periode 2025-28.
- Voor de regionale vliegvelden ramen we 2024 met de gemiddelde groeivoet van de AEOLUS raming over de periode 2024-28.

Op die manier krijgen we toekomstbeelden die recht doen aan de recente historie en de inzichten over hoe de toekomst eruit zou kunnen.

6.7 Methodiek toekomstraming goederenvervoer

- De verwachtingen voor het goederenvervoer voor het lopende jaar 2023 baseren we op de gegevens die begin oktober 2023 beschikbaar waren, van onder andere:
 - CBS: het dashboard van snelle indicatoren goederenvervoer en de kwartaal- en maandstatistieken van binnenvaart, spoor, zee- en luchtvracht (CBS, 2023). Het CBS heeft in het voorjaar van 2020 een dashboard met snelle indicatoren goederenvervoer opgesteld, die wekelijks geactualiseerd worden. Daardoor is goed inzicht te krijgen in de ontwikkeling van de vervoersbewegingen, het overgeslagen en vervoerde gewicht en de vervoersprestatie van de verschillende vervoerwijzen, op weekbasis in vergelijking met 2019;
 - Halfjaarcijfers van het Havenbedrijf Rotterdam (HbR, 2023);
 - Maandelijks verkeers- en vervoercijfers van luchthaven Schiphol (Schiphol, 2023);
 - De maandelijks Mautstatistiek van het Bundesanstalt Güterverkehr (BAG, 2023).
- We baseren de verwachting voor het goederenvervoer in de jaren 2024-2028 op de groei die het model BasGoed laat zien voor de periode 2022-2028 (RWS, 2023). Deze groeiverwachtingen zijn toegepast op de verwachting voor 2023 per vervoerwijze en vervoerstroombaan (binnenlands vervoer, internationale afvoer, internationale aanvoer en doorvoer zonder overlading).

²⁷ Dit is gebaseerd op het verschil tussen de AEOLUS referentieprognose van september 2022 met die van december 2022 voor het scenario Laag met restricties. In dat scenario zijn de restricties niet bindend en is het verschil het zuivere effect van de wijziging in de luchtvaartbelasting per 1 januari 2023.

Referenties

- 4Cast (2023). Middellange Termijn Prognoses Mobiliteit 2028 – Doorrekeningen met het LMS.
- BAG (2023). *Mautstatistiek van het Bundesanstalt Güterverkehr*. [Mautstatistik - Bundesamt für Logistik und Mobilität](#)
- CBS (2021). *Prognose bevolking; geslacht en leeftijd, 2022-2070 en Bevolking; geslacht, leeftijd, generatie en migratieachtergrond*. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek. Geraadpleegd via <https://opendata.cbs.nl/statline>.
- CBS (2022). *Bevolkingsprognose 2022-2070*. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2023). *Snelle indicatoren goederenvervoer*. [Snelle indicatoren Goederenvervoer \(cbs.nl\)](#)
- CE Delft (2022). *Effecten van een verhoging van de vliegbelasting*. Delft: CE Delft.
- CPB (2023). *Macro Economische Verkenning (MEV) 2024*. Den Haag: Centraal Planbureau.
- Golyandina, N., & Korobeynikov, A. (2014). Basic Singular Spectrum Analysis and forecasting with R. *Computational Statistics & Data Analysis*, 934-954.
- Hale, T., Webster, S., Petherick, A., Phillips, T. & Kira, B. (2020). *Oxford COVID-19 Government Response Tracker*, Blavatnik School of Government.
- Havenbedrijf Rotterdam (2023). *Halfjaarcijfers Havenbedrijf Rotterdam*. [Feiten en cijfers | Port of Rotterdam](#)
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and Practice*, 3rd edition.
- IenW (2021). *Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport 2022*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- IenW (2022a). *Beleidsuitgangspunten referentiesprognoses 2022 Weg, OV en Spoor en Scheepvaart*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Op te vragen bij het Steunpunt Verkeersprognoses.
- Jong, G. de, Pieters, M., Miller, S., Daly, A., Plasmeijer, R., Graafland, I., Lierens, A., Baak, J., Walker, W. & Kroes, E. (2005). *Uncertainty in traffic forecasts: literature review and new results for the Netherlands*. Gemaakt in opdracht van AVV Transport Research Centre door RAND Europe.
- KiM (2021). *Mobiliteitsbeeld 2021*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- KiM (2022). *Kerncijfers 2022*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).
- Loop, H. van der, Bakker, P., Savelberg, F., Kouwenhoven, M., Helder, E. (2018). *Verklaring van de ontwikkeling van het ov-gebruik in Nederland over 2005-2016*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- NS (2023). *Halfjaarbericht 2023*. Utrecht: NV Nederlandse Spoorwegen. Geraadpleegd via: <https://nieuws.ns.nl/halfjaarcijfers-ns-matig-herstel-in-eerste-helft-2022/#:~:text=Zonder%20overheidssteun%20en%20andere%20bijzondere,bleven%20steken%20overgeleken%20met%202019>.
- OCW (2023). *Referentieraming OCW 2023*. Den Haag: Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW).
- PBL (2022a). *Klimaat- en Energieverkenning 2022*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL (2022b). *Beleidsoverzichten en factsheets beleidsinstrumenten. Achtergronddocument bij de Klimaat-en Energieverkenning 2022*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Ritsema van Eck, J., Hilbers, H. & Blomjous, B. (2020). *Actualisatie invoer mobiliteitsmodellen 2020*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- RWS (2022). *Raming congestie rijkswegen voor 2027*. Den Haag: Rijkswaterstaat.
- RWS (2023). *Gegevens BasGoed run MLT-51-v3-KiM*.
- Schiphol (2023). *Verkeer en vervoercijfers*. [Schiphol | Verkeer- en vervoercijfers](#).
- Significance (2022). *AEOLUS berekening t.b.v. KEV 2022*. Den Haag: Significance.

Bijlagen bij Mobiliteitsbeeld 2023

Translink (2023). *Aantal in- en uitstappers in het ov*. [Library \(translink.nl\)](https://translink.nl)

Wooldridge, J.M. (2013). *Chapter 18 Advanced Time Series Topics. Introductory Econometrics: a modern approach*.

Colofon

Dit is een uitgave van het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM),
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

14-11-23

Project coördinatie: Marije Hamersma

Redactie: Marije Hamersma & Saeda Moorman

Met bijdragen van: Koen Arendsen, Roel Faber, Jan Francke, Mathijs de Haas, Marije Hamersma, Martijn van der Horst, Bingyuan Huang, Olaf Jonkeren, Peter Jorritsma, Marlinde Knoope, Lukas Kolkowski, Lizet Krabbenborg, Saeda Moorman, Gerbert Romijn, Johan Visser, Hans Wust, Toon Zijlstra.

Projectnummer: MB2301

Vormgeving en opmaak: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM)

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM)

Bezuidenhoutseweg 20

2594 AV Den Haag

Postbus 20901

2500 EX Den Haag

Telefoon : 070 456 1965

Website : www.kimnet.nl

E-mail : info@kimnet.nl

Publicaties van het KiM zijn als PDF te downloaden van onze website www.kimnet.nl of aan te vragen bij het KiM (via info@kimnet.nl). U kunt natuurlijk ook altijd contact opnemen met één van onze medewerkers.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: KiM (2023), Bijlagen bij Mobiliteitsbeeld 2023. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).