

Gevolgen van toekomstige ontwikkelingen voor de kwaliteit van infrastructuur

R-2016-5



Gevolgen van toekomstige ontwikkelingen voor de kwaliteit van infrastructuur

Verkenning van consequenties voor verkeersveiligheid

Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2016-5
Titel:	Gevolgen van toekomstige ontwikkelingen voor de kwaliteit van infrastructuur
Ondertitel:	Verkenning van consequenties voor verkeersveiligheid
Auteur(s):	Dr. Ch. Goldenbeld, dr. ir. A. Dijkstra, dr. L.T. Aarts & ing. G. Schermers
Projectleider:	Dr. L.T. Aarts
Projectnummer SWOV:	E15.03
Kenmerk opdrachtgever:	20190/0020/MEIJ/rfra
Opdrachtgever:	CROW kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur
Trefwoorden:	Development; traffic; safety; quality; road network; maintenance; design (overall design); vehicle; technology; future transport mode; risk; Netherlands; SWOV.
Projectinhoud:	<p>Van veel infrastructuur is de levensduur ergens in de komende decennia aan zijn eind. Ook zijn er diverse ontwikkelingen die in de nabije toekomst invloed zullen hebben op de inrichting en het onderhoud van wegen. Tegelijkertijd zijn er signalen dat er minder geld beschikbaar is voor beheer en onderhoud van wegen, kunstwerken en openbare ruimte.</p> <p>In dit rapport wordt verkend welke ontwikkelingen naar verwachting invloed zullen hebben op de kwaliteit van de wegen. Ook worden de gevolgen daarvan voor met name de verkeersveiligheid verkend bij verschillende onderhoudsbudgetten.</p> <p>De risico's en kansen zijn in dit rapport voor verschillende wegtypen uitgewerkt in een <i>Risicoverkenner Verkeersveiligheid in relatie tot beheer en onderhoud</i>.</p>
Aantal pagina's:	112 + 5
Uitgave:	SWOV, Den Haag, 2016

De informatie in deze publicatie is openbaar.
Overname is echter alleen toegestaan met bronvermelding.

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV
Postbus 93113
2509 AC Den Haag
Telefoon 070 317 33 33
Telefax 070 320 12 61
E-mail info@swov.nl
Internet www.swov.nl

Samenvatting

Veel wegen en kunstwerken zijn tussen de jaren vijftig en tachtig aangelegd en lopen in de komende decennia tegen het einde van hun technische levensduur aan. Wegbeheerders voorzien een piek in de noodzaak tot vervanging van deze infrastructuur na 2020. Tegelijkertijd zijn er signalen dat de budgetten van wegbeheerders afnemen, waardoor er minder geld beschikbaar is voor beheer en onderhoud van wegen, kunstwerken en openbare ruimte. De vraag is welke risico's dit met zich mee gaat brengen.

Dit vervangingsvraagstuk staat niet op zich zelf. Ook op andere terreinen zijn ontwikkelingen te verwachten die zowel kansen als bedreigingen kunnen bieden voor de technische en functionele kwaliteiten van het wegennet. Een van die functionele kwaliteiten is verkeersveiligheid. Deze functionaliteit is het uitgangspunt geweest van deze verkenning, die is uitgevoerd in opdracht van kenniscentrum CROW en die mede is gefinancierd en geïnitieerd door het Fonds Collectieve Kennis Civiele Techniek (FCK-CT) en de provincie Overijssel.

De vragen die in deze verkenning centraal staan zijn:

- Met welke ontwikkelingen krijgen we binnen nu en 20 tot 25 jaar te maken in het wegverkeer?
- Hoe hebben deze ontwikkelingen naar verwachting invloed op de inrichting en het onderhoud van wegen?
- Wat zijn de verwachte gevolgen voor functionele kwaliteiten van wegen, waaronder de verkeersveiligheid, als wegbeheerders niets extra's zouden doen of de infrastructuur juist maximaal zouden vervangen¹?

Deze verkenning is opgebouwd uit twee delen:

Deel 1 bevat een literatuurstudie naar de ontwikkelingen die binnen nu en 2050 worden verwacht met betrekking tot:

- infrastructuur;
- voertuigen;
- technologie en telematica;
- demografie;
- overige ontwikkelingen, zoals verstedelijking, klimaatverandering, mobiliteitstrends en gedragsverandering.

SWOV-verkeersveiligheidsexperts hebben een inschatting gemaakt van de verwachte gevolgen van deze ontwikkelingen op de mobiliteit (gebruik van de infrastructuur) en de verkeersveiligheid.

Deel 2 bevat een verdere verkenning van de verwachte risico's en kansen als gevolg van de beschreven ontwikkelingen. Het voorziene vervangingsprobleem is daarbij het uitgangspunt. Dit deel van de verkenning is wederom het resultaat van de inschattingen van verkeersveiligheidsexperts. Uiteindelijk zijn de risico's en kansen in dit rapport uitgewerkt in een *Risicoverkenner Verkeersveiligheid in relatie tot beheer en onderhoud* voor stroomwegen (verharding, kunstwerk), gebiedsontsluitingswegen (verharding, kunstwerk)

¹ De maximale vervanging is gedurende het project in overleg van het CROW ingevuld als: vervangen tot het huidige niveau van onderhoud.

en erftoegangswegen (verharding). Daarbij zijn twee verschillende onderhoudsscenario's als uitgangspunt genomen:

1. een scenario waarbij er tot 2050 voldoende budget is om de kwaliteit van de infrastructuur op het huidige niveau te houden;
2. een scenario waarin er tot 2050 onvoldoende budget beschikbaar is om de kwaliteit van de infrastructuur op het huidige niveau te houden.

De belangrijkste risico's voor de verkeersveiligheid die naar voren komen uit de risicoverkenning, zijn:

- vergrijzing van de samenleving;
- toename van nieuwe typen voertuigen, elektrische auto's en e-fietsen;
- verstedelijking;
- toename van goederenvervoer in mainports;
- toename van apparatuurgebruik door weggebruikers.

De negatieve consequenties van deze ontwikkelingen zullen over het algemeen groter worden bij verslechtering van het onderhoud van wegen; deze toename van risico's is voor de meeste ontwikkelingen verschillend per wegtype.

Kansen om de verkeersveiligheid te verbeteren en zelfs negatieve consequenties van ontwikkelingen te neutraliseren, liggen er op het terrein van de technologie. Het gaat dan bijvoorbeeld om bestuurdersondersteuning in voertuigen, maar vooral om de technologische ondersteuning van voertuigen zelf, met automatisch rijdende voertuigen als de meest veruitgewerkte vorm hiervan.

Deze uitwerkingen zijn voorgelegd aan een groep gemeentelijke en provinciale wegbeheerders om te toetsen in hoeverre de gebruikte methode voor hen inzichtelijk maakt welke risico's en kansen zijn te verwachten. Deze risicoverkenner blijkt wegbeheerders te kunnen helpen bij de bewustwording van toekomstige risico's en kansen. Wegbeheerders kunnen op basis van de verwachte risico's en kansen actief hun beleid aanpassen of afstemmen.

Verkeersveiligheid is een van de functionaliteiten van infrastructuur. Het is denkbaar dat de methode van de risicoverkenner ook kan worden toegepast op andere functionaliteiten. Zo kunnen wegbeheerders een meer integraal beeld krijgen van de risico's en kansen van diverse toekomstige ontwikkelingen op alle functionele kwaliteiten van de infrastructuur. In het licht van het verwachte versoberings- en vervangingsvraagstuk kunnen beleidsmakers en politiek vervolgens meer onderbouwde keuzen maken bij de vraag of, en zo ja hoe, de verschillende functionaliteiten vanuit de infrastructuur geborgd moeten en kunnen blijven.

Summary

The effects of future developments on the quality of infrastructure; Exploration of the consequences for road safety

Many roads and constructions were built between the 1950s and the 1980s and will reach the end of their technical life span in the next decades. Road authorities foresee a peak in the necessity to replace this infrastructure after 2020. At the same time, there are warning signs that the budgets of road authorities are declining, which means that less money is available for management and maintenance of roads, constructions and public space. This will probably lead to more and more problems on the road network in years to come. The question is what risks this entails.

This replacement issue is not an isolated matter. Developments that can offer both opportunities and threats for the technical and functional qualities of the road network are to be expected in other areas also. One of these functional qualities is road safety. Road safety in this context is the starting point of this exploration which was commissioned by the CROW knowledge centre and was co-funded and initiated by the Fund Collective Knowledge of Civil Engineering (FCK-CT) and the province of Overijssel.

The topics that are investigated in this outlook are:

- Which developments in road traffic will we encounter between the present and 20 to 25 years from now?
- What influence are these developments expected to have on the design and maintenance of roads?
- What are the expected consequences for functional qualities of roads, including road safety, if road authorities would not make any added adjustments or, on the other hand, would replace the infrastructure in an optimal way²?

This outlook consists of two parts:

Part 1 is a literature study into the developments that are expected concerning:

- infrastructure;
- vehicles;
- technology and telematics;
- demography;
- other developments, such as urbanization, climate change, mobility trends and behavioural change.

SWOV road safety experts have made an assessment of the expected impact of these developments on mobility (use of infrastructure) and road safety.

Part 2 is a further exploration of the expected risks and opportunities due to the described developments. The expected maintenance problem is the starting point. This part of the outlook is once again the result of the

² During the project CROW has defined the term 'optimal replacement' as 'replacement to reach the current level of maintenance'.

estimates of road safety experts. Finally, the risks and opportunities have been detailed in this report in a *Road Safety Risk Explorer in relation with management and maintenance* for through roads (surfacing, constructions), distributor roads (surfacing, constructions) and access roads (surfacing).

Two different scenarios were used as a starting point:

1. a scenario in which the budget until 2050 is sufficient to keep the quality of the infrastructure at the present level;
2. a scenario in which the budget until 2050 is insufficient to keep the quality of the infrastructure at the present level;

The most important road safety risks that were identified are:

- ageing society;
- increase in new vehicle types, electric cars and e-bikes;
- urbanization;
- increase in freight transport in main ports;
- increase in use of devices by road users.

The negative consequences of these developments will generally be greater as road maintenance deteriorates; this increase in risk differs per road type for most developments.

Technology is expected to offer opportunities for road safety improvement, and even to neutralize the negative consequences of developments. This may be in the form of driver support systems inside vehicles, but even more so about the technological support of the vehicles themselves, self-driving vehicles being the most advanced version.

These effects were presented to a group of municipal and provincial road authorities to check to what extent the method used makes it clear for them what risks and opportunities are to be expected. This risk explorer turns out to be helpful for raising awareness in road authorities of future risks and opportunities. On the basis of the expected risks and opportunities road authorities can customize or adapt their active policy.

Road safety is one of the functionalities of infrastructure. It is conceivable that the method of the risk explorer can also be applied to other functionalities. This would give road authorities a more integral picture of the risks and opportunities of various future developments on all functional qualities of the infrastructure. In the light of the expected replacement issue, including low-cost solutions, this can assist policy makers and politicians in making more informed choices in answer to the question whether and, if so, how the different functionalities can be and remain safeguarded from the infrastructural angle.

Inhoud

1. Inleiding	11
1.1. Deze verkenning	11
1.2. Leeswijzer en globale aanpak	12
DEEL 1 ONTWIKKELINGEN TOT 2050	14
2. Infrastructurele context en ontwikkelingen	16
2.1. Wegbeheer en -onderhoud	16
2.1.1. Enkele voorbeelden uit de praktijk	17
2.1.2. Optimalisatie van wegbeheer	21
2.2. Richtinggevende kaders	22
2.2.1. Bouwbesluit	23
2.2.2. Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte	23
2.2.3. Efficiëntie van infrastructurele verbindingen	24
2.3. Nieuwe wegconcepten	24
2.3.1. Duurzame wegen	24
2.3.2. Wegen van plastic	25
2.3.3. 'Slimme' wegen	25
2.3.4. Fietssnelwegen	26
2.4. Intelligent verkeer	26
2.4.1. Drie sporen	27
2.4.2. Wegen die door voertuigen 'gelezen' kunnen worden	27
2.5. Meetinstrumenten om risico's op wegen in kaart te brengen	28
2.5.1. EuroRAP	28
2.5.2. ProMeV	28
2.5.3. Safe Cycling Network of CycleRAP	28
2.6. Nieuwe rol wegbeheerder	29
2.7. Blik op 2050	30
3. Voertuigontwikkelingen	32
3.1. Zuinigere voertuigen en elektrische auto's	32
3.2. Lichtere voertuigen	35
3.3. Elektrische fietsen	35
3.4. Vrachtauto's en LZV's	36
3.5. Heterogeniteit voertuigen	39
3.6. Blik op 2050	40
4. Technologie en telematica	42
4.1. Beleidsontwikkelingen	42
4.2. Rijtaakondersteunende systemen	43
4.2.1. Intelligente fietsen	45
4.3. Met elkaar communicerende voertuigen	46
4.4. Zelfsturende auto's	51
4.5. Blik op 2050	54

5.	Demografische veranderingen	56
5.1.	Invloed van bevolkingsgroei en samenstelling op mobiliteit	56
5.2.	Regionale mobiliteitseffecten	58
5.3.	Doorwerking van vergrijzing op mobiliteit en verkeersveiligheid	59
5.4.	Overige demografische ontwikkelingen	62
5.5.	Blik op 2050	62
6.	Verstedelijking, klimaatverandering en mobiliteitstrends	64
6.1.	Verstedelijking	64
6.2.	Klimaatverandering	66
6.3.	Mobiliteitstrends	69
6.3.1.	Veranderende mobiliteitsbehoeften	70
6.3.2.	Informatiesamenleving en mobiliteit	71
6.4.	Blik op 2050	72
7.	Trends op rij gezet	74
DEEL 2	TOEKOMSTSCENARIO'S EN VERKEERSVEILIGHEIDSEFFECTEN	78
8.	Toekomstscenario's en de relatie met infrastructuur	79
8.1.	Invloed van ontwikkelingen op verkeer, verkeersveiligheid en infrastructuur	79
8.1.1.	Voertuigontwikkelingen	79
8.1.2.	Technologische ontwikkelingen	80
8.1.3.	Demografische ontwikkelingen	80
8.1.4.	Verstedelijking, klimaatverandering en mobiliteitsontwikkelingen	80
8.2.	Zekerheid en penetratiegraad van toekomstige ontwikkelingen in het verkeer	81
8.2.1.	Voertuigontwikkelingen	84
8.2.2.	Technologische ontwikkelingen	84
8.2.3.	Demografische ontwikkelingen	84
8.2.4.	Overige ontwikkelingen	85
8.3.	Uitgangspunten en werkwijze voor verkeersveiligheidseffecten	85
8.3.1.	Toepassingsgebieden: wegcategorieën en wegelementen	85
8.3.2.	Verdere uitgangspunten in relatie tot de infrastructuur	85
8.3.3.	Werkwijze om tot schattingen te komen	86
8.3.4.	Wegbeheerdersbijeenkomst	86
8.4.	Samenvatting van de werkwijze	86
9.	Resultaten: de risicoverkenner	88
9.1.	Risico's in 2050 bij gelijkblijvend onderhoudsniveau van de infrastructuur	88
9.1.1.	Stroomweg – verharding	89
9.1.2.	Stroomweg – kunstwerk	90
9.1.3.	Gebiedsontsluitingsweg – verharding	91
9.1.4.	Gebiedsontsluitingsweg – kunstwerk	92
9.1.5.	Erftoegangsweg – verharding	93

9.2.	Risico's bij onvoldoende middelen voor onderhoud van infrastructuur	94
9.2.1.	Stroomweg – verharding	94
9.2.2.	Stroomweg – kunstwerk	95
9.2.3.	Gebiedsontsluitingsweg – verharding	96
9.2.4.	Gebiedsontsluitingsweg – kunstwerk	97
9.2.5.	Erftoegangsweg – verharding	98
9.3.	Conclusies	98
9.3.1.	Bedreigingen	98
9.3.2.	Kansen	99
10.	Conclusies en discussie	101
10.1.	Over trends en toekomstontwikkelingen	101
10.1.1.	Tijdspanne	101
10.1.2.	Zekerheid van toekomstvoorspellingen	101
10.1.3.	De rol van de wegbeheerder in het verkeerssysteem	102
10.2.	Verkeersveiligheidseffecten en gebruik hiervan door wegbeheerders	102
	Literatuur	104
Bijlage 1	Verticale belastingen volgens EN 1990-2	113
Bijlage 2	Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SIR)	114

1. Inleiding

Veel wegen en kunstwerken zijn tussen de jaren vijftig en tachtig aangelegd en lopen in de komende decennia tegen het einde van hun technische levensduur aan. Wegbeheerders voorzien een piek in de noodzaak tot vervanging van deze infrastructuur na 2020. Tegelijkertijd zijn er signalen dat de budgetten van wegbeheerders afnemen. Daardoor – en door andere factoren, zoals de Wet houdbare overheidsfinanciën (de Wet Hof) en de stijgende kosten voor andere beleidsterreinen – is er minder geld beschikbaar voor beheer en onderhoud van wegen, kunstwerken en openbare ruimte. De eerste berekeningen laten zien dat de middelen die nodig zijn om deze vervangingsvraag volgens de huidige normen het hoofd te bieden, het beschikbare budget zullen overstijgen (zie onder andere Provincie Overijssel, 2011; Algemene Rekenkamer, 2014). Ook bij wegbeheerders die zich bewust zijn van deze problematiek, is de dekking van toekomstige kosten nog steeds een punt van aandacht (Rekenkamer Oost-Nederland, 2016). Naar verwachting gaat dit in de komende decennia voor problemen zorgen op het wegennet.

Een van de vragen hierbij is of dit probleem kan worden aangepakt met een versoerde inrichting. Welke afwegingen kunnen hierbij worden gemaakt zonder dat versoering leidt tot noemenswaardig verminderde functionele prestaties (doorstroming, veiligheid, leefbaarheid) van de infrastructuur? En hoe kan daarbij worden aangesloten bij verwachte ontwikkelingen in de toekomst?

Het vervangingsvraagstuk is actueler geworden sinds in het Bouwbesluit 2012 zogeheten Eurocodes zijn opgenomen waaraan kunstwerken in de toekomst moeten voldoen. Het gaat daarbij met name om de richtlijnen die voorschrijven op welke typen en combinaties van krachten een kunstwerk moet zijn berekend. De richtlijnen zijn zodanig aangescherpt dat wegbeheerders zich nu geconfronteerd zien met een groot aantal kunstwerken die niet (meer) aan deze normen voldoen. Hierdoor zullen bij vervanging, volgens eerste schattingen, de kosten van nieuwe kunstwerken hoger zijn dan tot nu toe (zie bijvoorbeeld Rekenkamer Oost-Nederland, 2016).

1.1. Deze verkenning

Dit vraagstuk is voor kenniscentrum CROW aanleiding geweest om – mede gefinancierd en geïnitieerd door het Fonds Collectieve Kennis Civiele Techniek (FCK-CT) en de provincie Overijssel – een aantal projecten te starten rondom het thema 'Vervanging en versoering van weginfrastructuur'. In het kader van dit thema is aan SWOV gevraagd om een verkenning uit te voeren naar toekomstscenario's die bij 'versoering en vervanging' een rol kunnen gaan spelen.

De concrete vragen die in deze verkenning centraal staan, zijn:

- Met welke ontwikkelingen krijgen we binnen nu en 20 tot 25 jaar te maken in het wegverkeer?
- Hoe hebben deze ontwikkelingen naar verwachting invloed op de inrichting en het onderhoud van wegen?

- Wat zijn de verwachte gevolgen voor functionele kwaliteiten van wegen, waaronder de verkeersveiligheid, als wegbeheerders niets extra's zouden doen of de infrastructuur juist maximaal zouden vervangen³?

1.2. Leeswijzer en globale aanpak

Deze verkenning is opgebouwd uit twee delen:

Deel 1 bevat een literatuurstudie naar de ontwikkelingen die binnen nu en 2050 worden verwacht op het gebied van:

- infrastructuur;
- voertuigen;
- technologie en telematica;
- demografie;
- overige ontwikkelingen, zoals verstedelijking, klimaatverandering, mobiliteitstrends en gedragsverandering.

SWOV-Verkeersveiligheidsexperts hebben een inschatting gemaakt van de verwachte gevolgen van deze ontwikkelingen op de mobiliteit (gebruik van de infrastructuur) en de verkeersveiligheid. Bij afronding van deze verkenning verscheen de nieuwe toekomstvoorspelling Welvaart en Leefomgeving (WLO-studie; Manders & Kool, 2015), met daarin referentieprognoses voor 2030 en 2050. Waar mogelijk zijn de belangrijkste conclusies uit deze nieuwe WLO-studie meegenomen in deze verkenning.

Deel 2 bevat een verdere verkenning van de verwachte risico's en kansen als gevolg van de beschreven ontwikkelingen. Daarbij zijn twee onderhoudsscenario's verkend:

1. Voldoende budget, onderhoud op status quo: de situatie waarin wegbeheerders in staat zouden zijn om tot 2050 hun infrastructuur minimaal op het huidige kwaliteitsniveau te houden. Omdat sommige studies voorzien dat de vraag over het algemeen groter zal worden dan het beschikbare budget, zal er in dit scenario in veel gevallen extra budget gevonden moet worden.
2. Onvoldoende budget, achteruitgang in onderhoud: omdat de vraag waarschijnlijk groter zal worden dan het beschikbare budget als daaraan niets wordt gedaan, wordt in dit scenario een versobering voorzien in beheer en onderhoud en/of toename van achterstallig onderhoud, en dus in een verslechterde kwaliteit van de infrastructuur.

De risico's en kansen binnen deze twee scenario's zijn uitgewerkt in een *Risicoverkenner Verkeersveiligheid in relatie tot beheer en onderhoud*, telkens voor vijf verschillende situaties:

- verharding op stroomwegen;
- kunstwerken op stroomwegen;
- verharding op gebiedsontsluitingswegen;
- kunstwerken op gebiedsontsluitingswegen;
- verharding op erftoegangswegen.

Dit deel van de verkenning is het resultaat van de inschattingen van verkeersveiligheidsexperts.

³ De maximale vervanging is in overleg met CROW ingevuld als: vervangen tot het huidige niveau van onderhoud.

Deze uitwerkingen zijn op 25 november 2015 voorgelegd aan een groep gemeentelijke en provinciale wegbeheerders om te toetsen in hoeverre de gebruikte methode voor hen inzichtelijk maakt welke risico's en kansen zijn te verwachten. Daaruit blijkt dat de risicoverkenner wegbeheerders kan helpen bij de bewustwording van toekomstige risico's en kansen. Hier kunnen zij vervolgens actief hun beleid op inzetten of afstemmen.

DEEL 1

ONTWIKKELINGEN TOT 2050

In dit deel bespreken we ontwikkelingen op het gebied van:

- infrastructurele context en ontwikkelingen;
- voertuigen;
- technologie en telematica;
- demografische ontwikkelingen;
- overige ontwikkelingen, zoals verstedelijking, klimaatverandering, mobiliteitstrends en gedragsverandering.

Van deze ontwikkelingen is in kaart gebracht hoe snel en hoe zeker ze het verkeer- en vervoerssysteem naar verwachting zullen binnendringen, met het jaar 2050 als stip op de horizon.

De literatuurstudie is zo veel mogelijk gebaseerd op recente wetenschappelijke analyses, recente cijfers of marktanalyses. Voor zover mogelijk hebben we daarnaast gekozen voor publicaties die betrekking hebben op Nederland. In *Tabel 1.1* staat op welke trefwoorden is gezocht in de gedigitaliseerde bibliotheek, literatuur- en bronnenbestanden van SWOV en binnen internationaal beschikbare literatuuroverzichten.

Onderwerp	Trefwoorden
Infrastructuur	Infrastructuur, vernieuwing, innovatie, wegen, wegennet, wegconcept, onderhoud, budgettaire randvoorwaarden, toekomst, 2040, 2050
Voertuigen	Intelligente auto, zelfsturende auto, coöperatieve auto, intelligente fiets, elektrische auto, elektrische fiets, toekomst, 2040, 2050
Technologie en telematica	ICT, ITS, ADAS, rijtaakondersteunende systemen, coöperatieve auto, zelfsturende auto, toekomst, 2040, 2050
Demografische ontwikkelingen	Vergrijzing, ouderen, senioren, leeftijdsopbouw, bevolkingsomvang, toekomst, 2040, 2050
Mobiliteitsbehoeften	Mobiliteitsbehoefte, mobiliteit, ontwikkeling, autobezit, toekomst, 2040, 2050
Grootschalige gedragspatronen	Trends, ontwikkelingen, verkeer, vervoer, mobiliteit, toekomst, 2040, 2050
Overige ontwikkelingen	Klimaatverandering, verstedelijking, toekomst, 2040, 2050

Tabel 1.1. *Overzicht trefwoorden per onderwerp.*

Gezien de veelheid van onderwerpen is deze literatuurstudie niet uitputtend.

We besteden aan elk van de grote trends apart aandacht en sluiten elke paragraaf af met een blik op 2050. Hoewel een groot aantal trends zich met enige zekerheid voltrekt – zoals vergrijzing, klimaatverandering, verstedelijking, de toenemende verwevenheid van ons dagelijkse leven met informatie- en communicatietechnologie – kan de doorwerking van deze trends in tijd en ruimte zeer divers zijn. Precieze uitspraken over de stand

van zaken in 2050 zijn daarom lastig te formuleren. Toch hebben we een poging gedaan om met de 'Blik op 2050' aan te geven wat gezien de huidige signalen vrij zeker of waarschijnlijk de ontwikkeling zal gaan zijn.

Een andere kanttekening bij deze verkenning is dat bij de verschillende toekomstvisies impliciet verschillende randvoorwaarden worden gehanteerd. Zo voorzien sommige wegbeheerders en rekenkamers budgettekorten voor beheer en onderhoud. Maar bij ideeën over technologische ontwikkelingen in voertuigen, lijken dergelijke beperkende randvoorwaarden bijvoorbeeld geen rol te spelen. Althans, in de literatuur lijkt daarmee geen rekening te worden gehouden. De hoofdstukken in *Deel 1* schetsen dus vooral hoe de verschillende deskundigen ontwikkelingen inschatten; hierbij wordt niet altijd rekening gehouden met het totale veld van ontwikkelingen dat denkbaar is. Daarom beschouwen we aan het einde van *Deel 1* hoe de verschillende toekomstvisies betrekking kunnen hebben op de context van het vraagstuk dat in dit rapport centraal staat: het gebruik van de infrastructuur en de verkeersveiligheid.

2. Infrastructurele context en ontwikkelingen

Op het terrein van infrastructuur spelen diverse factoren en ontwikkelingen een rol:

- de onderhouds- en vervangingscyclus;
- richtinggevende kaders: het Bouwbesluit 2012, de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte en de efficiëntie van infrastructuur;
- nieuwe wegconcepten;
- trends naar intelligenter wegverkeer;
- ontwikkeling van proactieve meetinstrumenten;
- de rol van de wegbeheerder in dit geheel.

In de volgende paragrafen gaan we nader in op elk van deze factoren en ontwikkelingen.

2.1. Wegbeheer en -onderhoud

Voor het in stand houden van infrastructuur is regelmatig onderhoud noodzakelijk. De aard en omvang van het onderhoud kunnen verschillen. Om de aard en omvang van het onderhoud⁴ te schatten, heeft Wesemann (2003) gebruik gemaakt van de volgende onderhoudscycli:

- klein onderhoud wegen: 1 jaar;
- groot onderhoud wegen: 15 jaar (15-20);
- reconstructies en rehabilitaties wegen: 60 jaar (50-7-);
- reconstructies rioleringen: 70 jaar (40-100).

Daaruit volgt dat in een periode van 5 jaar het volgende onderhoud wordt gepleegd:

- groot onderhoud (cyclus van 15 jaar) op 1/3 van de wegen;
- reconstructies (cyclus van 60 jaar) op 1/12 van de wegen;
- vernieuwing van rioleringen (cyclus van 70 jaar met grote spreiding) ook op ongeveer 1/12 van de wegen.

Inmiddels zijn er tekorten geconstateerd in de budgetten van diverse overheden. Zo hebben de Algemene Rekenkamer (2014), de gemeente Dordrecht (2013), de provincie Overijssel (2011) en de Rekenkamer Oost-Nederland (2016) voor respectievelijk de rijkswegen, de Dordtse wegen en de provinciale wegen in Overijssel (de laatste twee studies) berekend of er voldoende budget beschikbaar is voor regulier onderhoud en voor vervanging. Dit blijkt niet het geval te zijn. Door achterstallig onderhoud treedt er momenteel al kwaliteitsverlies op. Bij gelijkblijvende middelen zal het achterstallig onderhoud verder toenemen en dit inzicht is dan ook het uitgangspunt bij het 'vervangingsvraagstuk van infrastructuur'. Voorlopig kiest men voor langere onderhoudscycli en inspelen op risico's zodra deze in beeld komen (zie de reactie van de minister van Infrastructuur en Milieu, 2014).

⁴ Deze gegevens hebben betrekking op gebiedsontsluitingswegen en regionale stroomwegen.

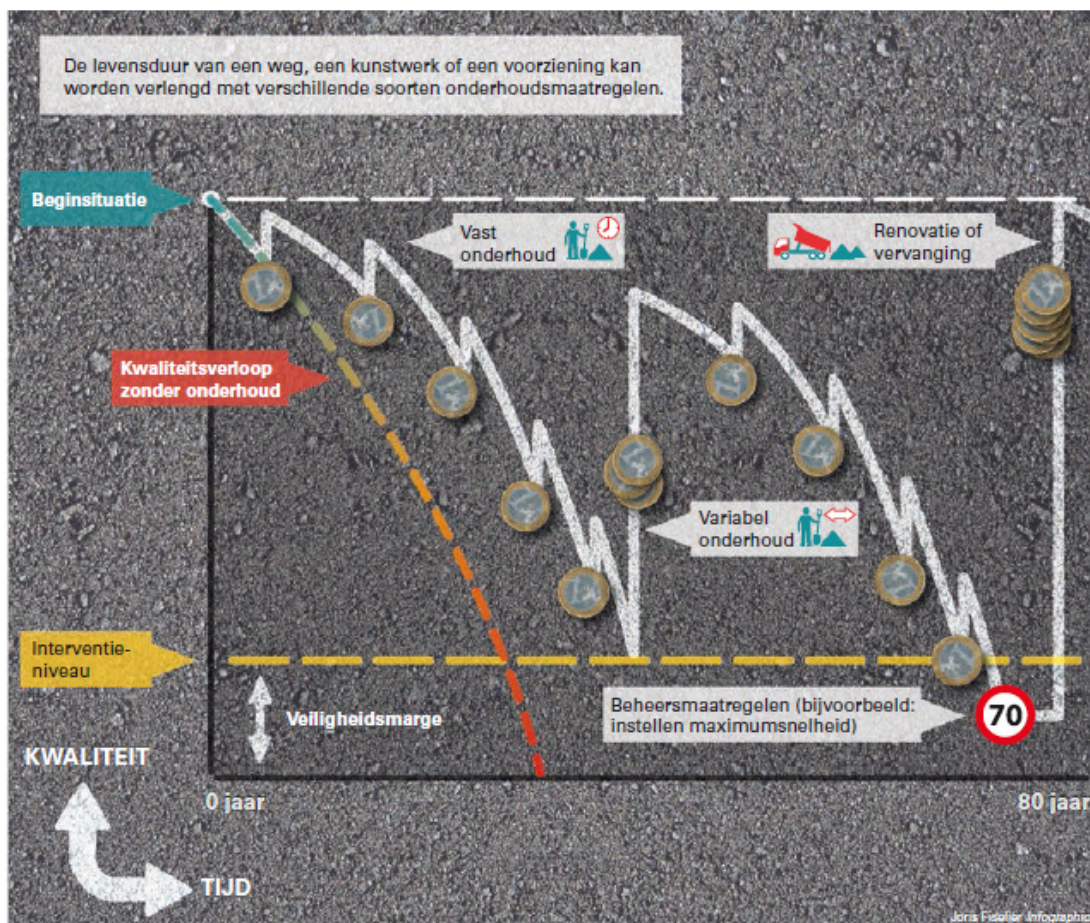
2.1.1. *Enkele voorbeelden uit de praktijk*

De vervangingsscenario's zouden idealiter zo veel mogelijk moeten aansluiten bij de manier waarop in de praktijk al schattingen zijn gemaakt van de omvang van toekomstig onderhoud en vervanging, in relatie tot het beschikbare budget. Hierna volgen drie voorbeelden van werkwijzen op het niveau van Rijk, gemeente en provincie.

Ter inleiding hiervan eerst enkele opmerkingen over de kosten van aanleg en onderhoud en over de verschillende soorten onderhoud en de bijbehorende cyclus. Bij alle onderdelen van de verkeersinfrastructuur zijn de onderhoudskosten een veelvoud van de aanlegkosten. Voor natte infrastructuur bedraagt de verhouding aanlegkosten en onderhoud ongeveer 1:4. (Algemene Rekenkamer, 2014).

Soorten onderhoud

Voor het in stand houden van infrastructuur is regelmatig onderhoud noodzakelijk. Door regelmatig onderhoud kan het kwaliteitsverlies worden tegengegaan. Uiteindelijk is het kwaliteitsverlies zo groot dat vervanging nodig is. De onderhoudscyclus ziet er schematisch uit zoals in *Afbeelding 2.1*. Zie voor deze cyclus ook de uitgangspunten die zijn gebruikt door Wesemann (2003; zie vorige paragraaf). De uitgangspunten die daarbij zijn gebruikt, stammen uit een periode waarin bezuinigingen nog nauwelijks aan de orde waren. De volgende voorbeelden laten zien dat de beschikbare budgetten leiden tot aanpassingen, vooral verlengingen, van deze cycli.



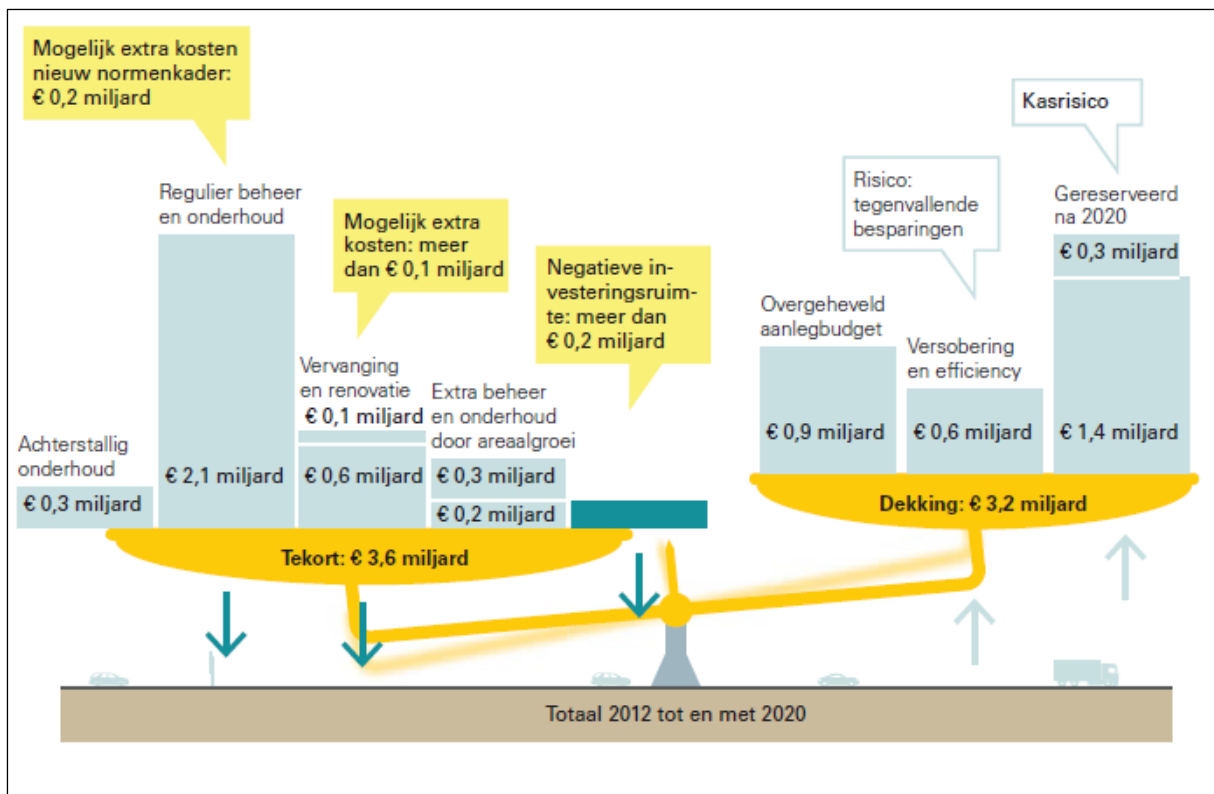
Afbeelding 2.1: Onderhoudscyclus bij Rijkswaterstaat (Algemene Rekenkamer, 2014).

Voorbeeld van onderhoud bij het Rijk

Op rijksniveau heeft de Algemene Rekenkamer (2014) de beschikbare budgetten bestudeerd die nodig zijn voor onderhoud en vervanging van de huidige nationale verkeersinfrastructuur. De horizon van het onderzoek loopt tot 2020. Uitgangspunt waren de cijfers in de begrotingen van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) en in het Infrastructuurfonds. De kostenposten betreffen:

- regulier beheer en onderhoud;
- vervanging en renovatie;
- extra beheer en onderhoud door areaalgroei;
- achterstallig onderhoud.

De Algemene Rekenkamer heeft de te verwachten kosten en de dekking tegen elkaar afgezet. Daarbij zijn de onzekerheden benoemd, zoals extra kosten door het Bouwbesluit 2012, tegenvallende besparingen en kasrisico. In *Afbeelding 2.2* zijn de resultaten schematisch weergegeven.



Afbeelding 2.2: Financiële opgaven en risico's hoofdwegennet tot en met 2020 (Algemene Rekenkamer, 2014).

Voorbeeld van onderhoud bij een gemeente

De gemeente Dordrecht heeft de verwachte kosten voor onderhoud en vervanging geschat in de nota *Integraal Wegenbeheerprogramma* (Gemeente Dordrecht, 2013). Het wegbeheer in Dordrecht hanteert de richtlijnen van CROW (2011). Volgens die richtlijnen (systematiek wegbeheer) zijn er drie kwaliteitsniveaus van onderhoud: voldoende, matig en onvoldoende. Onvoldoende is gesplitst in 'richtlijn overschreden' en 'achterstallig'. Verder is er een indeling van onderhoud te maken in vijf kwaliteitsniveaus volgens de CROW-beeldsystematiek: zeer goed, goed, voldoende, matig en slecht.

In 2012 lag 79% van alle Dordtse wegen op voldoende niveau, 4% was matig onderhouden, bij 2% was de richtlijn overschreden en bij 15% was er achterstallig onderhoud. Volgens de beeldsystematiek was 10% op slecht niveau en 90% op de hogere niveaus (niet uitgesplitst).

Vervolgens heeft de gemeente een kwaliteitssysteem samengesteld dat de twee CROW-systemen combineert; dit leidt tot vier niveaus A (hoge kwaliteit) tot en met D (laagste kwaliteit). Per wijk is nagegaan hoe de kwaliteit er volgens dit systeem uitziet. De gemeente houdt ook bij hoe de inwoners oordelen over de kwaliteit van het onderhoud.

Er is een vergelijking gemaakt met de kwaliteit van onderhoud in zestien andere gemeenten (volgens de systematiek wegbeheer). Dordrecht scoort volgens het gemiddelde van de geselecteerde gemeenten.

Bij de berekening van het toekomstig onderhoud onderscheidt de gemeente drie typen onderhoud:

- klein: minder dan 1.000 euro;
- middelgroot: tussen 1.000 en 12.000 euro;
- groot:
 - klein project: tussen 12.000 en 45.000 euro;
 - groot project: meer dan 45.000 euro.

Vervolgens zijn twee scenario's doorgerekend. Het ene scenario hanteert de reguliere termijnen voor onderhoud en vervanging, het andere verlengt de termijnen voor onderhoud en vervanging.

Voorbeeld van onderhoud bij een provincie

De provincie Overijssel (Provincie Overijssel, 2011) heeft onderhoudsscenario's opgesteld om de voorziene kosten voor het onderhoud van de infrastructuur (land- en vaarwegen) te schatten. Er zijn vier scenario's onderscheiden: basis, laag, minimaal en beschikbaar budget. De scenario's zijn opgebouwd langs twee lijnen: kwaliteitsniveaus en risiconiveaus. De kwaliteit kan variëren tussen zeer laag en hoog (vier niveaus), het risico varieert tussen zeer klein tot zeer groot (vijf niveaus). Risico is hier ruim op te vatten; het gaat met name om effecten op bereikbaarheid, kapitaalvernietiging en imagoschade, maar om ook effecten op verkeersveiligheid.

De verschillende combinaties van kwaliteit en risico zijn toegepast op vier zogeheten IPO-profielen (IPO: Interprovinciaal Overleg). Dat zijn beschrijvingen van de kerntaken van een provincie (IPO, 2010). De vier profielen zijn: vitaal platteland, regionale economie, regionale bereikbaarheid en milieu/energie/klimaat.

Om de effecten van kwaliteitsniveaus te kunnen berekenen, zijn de normen gebruikt die de provincie Overijssel heeft geformuleerd voor de beleids-terreinen bereikbaarheid, verkeersveiligheid, leefbaarheid, duurzaamheid en ruimtelijke kwaliteit.

De werkwijze is als volgt:

- bepalen kwaliteitsniveaus;
- beschrijven kwaliteitsniveaus per beleidsterrein;
- definiëren risiconiveaus;
- risiconiveaus bepalen per productonderdeel (wegen, fietspaden, gladheidsbestrijding et cetera) voor de beleidsterreinen, en voor de aspecten verantwoord beheer en imagoschade;
- vertalen van de beleidsterreinen naar de IPO-profielen;
- risiconiveaus bepalen per productonderdeel en per kwaliteitsniveau voor de vier IPO-profielen;
- per onderhoudsscenario's de kosten berekenen per productonderdeel, uitgaande van gekozen risiconiveaus en kwaliteitsniveaus.

In het onderhoudsscenario 'beschikbaar budget' is, meer dan bij de drie andere onderhoudsscenario's van de provincie, bij enkele productonderdelen gekozen voor het kwaliteitsniveau 'zeer laag' en voor de risicoklasse 'beperkt risico'. Risiconiveau 'zeer klein' komt niet voor bij dit scenario. Bij het onderhoudsscenario 'basis' is het kwaliteitsniveau in alle gevallen 'basis'

(nooit 'hoog'); sommige risiconiveaus liggen ook op 'beperkt risico', maar soms ook op het niveau 'zeer klein'.

Vergelijkingsmethodes Rijk, gemeente en provincie

De werkwijze van de Algemene Rekenkamer bestaat uit het naast elkaar zetten van kosten die zijn begroot en van schattingen omtrent afwijkingen van die kosten. Er is niet expliciet met scenario's gewerkt, wel met een stapeling van 'tegenvallers'.

Ook de methode die de gemeente Dordrecht hanteert, is betrekkelijk eenvoudig: de kwaliteitsniveaus staan voorop, vervolgens zijn twee scenario's doorgerekend. De methode geeft inzicht in de benodigde budgetten.

De provincie Overijssel heeft een uitgebreidere methode toegepast die rekening houdt met kwaliteit, risico, beleidsnormen, onderdelen van de infrastructuur en onderhoudsscenario's, kortom een methode die tamelijk veel aspecten en keuzen integreert. De methode is daardoor wel gecompliceerd. Er zijn veel aannamen en keuzen nodig.

2.1.2. *Optimalisatie van wegbeheer*

Het management en beheer van Nederlandse wegen staat steeds meer in het teken van een optimale combinatie van efficiëntie en duurzaamheid. 'Assetmanagement', 'life cycle counting' en 'best value procurement' zijn beheer- en aanbestedingsmethoden om tegen minimale kosten een maximale kwaliteit en duurzaamheid te bereiken. Deze kernthema's worden vooral gebruikt door wegbeheerders zoals Rijkswaterstaat en provincies. Bij gemeenten zijn ze vooralsnog minder in zwang.

Assetmanagement

In Nederland geven we elk jaar al ongeveer 6 miljard euro uit om in goede staat te houden wat we vroeger hebben gebouwd (TNO, 2015). Tegelijkertijd stellen we steeds hogere eisen. Assetmanagement zet in op het in stand houden van de infrastructuur. Om dat efficiënt te doen, is inzicht nodig in de huidige toestand en de te verwachten ontwikkelingen. TNO ontwikkelt hiervoor innovatieve monitoring- en inspectietechnieken om informatie over de conditie van de infrastructuur te verkrijgen. Modellen bewerken deze gegevens en kunnen vervolgens voorspellingen doen over de resterende levensduur van de constructie. Dit verkleint de onzekerheden in de afwegingen, waardoor netwerkbeheerders gerichter kunnen repareren en vervangen. Dit verlaagt de onderhoudskosten en beperkt de hinder (TNO, 2015). Het is echter nog onvoldoende duidelijk in hoeverre deze kostenverlaging voldoende is om de budgettekorten te kunnen compenseren die wegbeheerders de komende decennia verwachten.

Life cycle counting

Voor Rijkswaterstaat, als ontwikkelaar en beheerder van het netwerk van rijkswegen en rijksvaarwegen, is de vraag hoe infrastructuur duurzaam onderhouden, aangelegd en eventueel weer afgebroken kan worden (Smeets, 2009). Rijkswaterstaat bekijkt of en hoe wegen, bruggen, tunnels, sluisen of andere infrastructurele bouwwerken na hun levensduur opgeruimd kunnen worden, het zogenoemde 'life cycle counting'. Bij aanbestedingen moet de bouwer duidelijk maken wat de levensduur van een project is en of

materialen hergebruikt kunnen worden. Daarnaast werkt Rijkswaterstaat aan technische vernieuwingen, zoals het verlichten van tunnels met ledlampen en speciale accu's voor beweegbare bruggen.

Opdrachtgeverschap

In Nederland worden veruit de meeste wegen en kunstwerken beheerd door overheden, die de uitvoering van werkzaamheden grotendeels uitbesteden aan particuliere bedrijven. Met name in het afgelopen decennium hebben langjarige, integrale aanbestedingen sterk aan populariteit gewonnen, waarbij de combinatie Design-Build-Finance-Maintain (& Operate; DBFM(O)) het verst gaat met termijnen tot ongeveer dertig jaar (Molenkamp, 2013). De voordelen van dergelijke constructies zijn dat de opdrachtgever zich verlost ziet van integratieproblemen binnen het werk, dat de opdrachtnemer gestimuleerd wordt tot kostenoptimalisatie en dat de opdrachtgever kosten over een langere tijd gespreid kan betalen.

Maar de methode heeft ook keerzijden. Zo zitten overheden voor lange tijd vast aan de betalingen, terwijl naderhand gewenste wijzigingen erg kostbaar zijn. Bedrijven en hun financiers staan aarzelend tegenover het financiële risico dat voortkomt uit de aanzienlijke voorinvestering. Ook geven regionale overheden het geld soms liever direct uit dan gespreid over de tijd. DBFM(O)-constructies lijken daarom minder aantrekkelijk dan voorheen.

Een nieuwe loot aan de stam van de aanbestedingsmethoden is 'best value procurement' (BVP; Molenkamp, 2013). BVP is een inkoopbenadering waarbij op basis van een vraagformulering die oplossingsruimte bevat, gezocht wordt naar de oplossing die binnen de financiële mogelijkheden de meeste waarde biedt tegen geringe risico's. Deze benadering lijkt aan te sluiten bij de noodzaak om de functies van verbindingen op een goed niveau te behouden terwijl de financiële ruimte krap is. Dit kan echter alleen werken als de opdrachtgever voldoende oplossingsruimte biedt, en dat hangt onder meer af van de mate waarin op richtlijnen gevarieerd mag worden.

Een ander voorbeeld van wegonderhoud biedt de procedure die gevolgd is door de gemeente Oldambt. Deze gemeente heeft de aanbesteding van het meerjarig wegonderhoud nader ingevuld door een aantal praktische uitgangspunten te kiezen (Kennisnetwerk Carrousel, 2013):

- De opdracht is functioneel gespecificeerd, zodat er een maximale ruimte is om de beste (innovatieve) oplossing te offeren.
- Het maximale budget wordt bekendgemaakt, zodat de aanbieder zich kan onderscheiden op kwaliteit.
- In de gunningscriteria wordt kwaliteit als zwaarste gewogen.
- De (maximaal) tien belangrijkste projectrisico's worden in kaart gebracht, plus een oplossing om deze risico's te minimaliseren.
- Er vindt een interview plaats met de sleutelfiguren van de aanbieder.

2.2. Richtinggevende kaders

Belangrijke kaders van het vervangingsvraagstuk van infrastructuur betreffen het in 2012 vastgestelde Bouwbesluit en de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte. Daarnaast is de efficiëntie van infrastructurele verbindingen een relevante factor.

2.2.1. *Bouwbesluit*

Het Bouwbesluit 2012 is recent ingevoerd en geeft, zeker voor nieuwbouw, stringentere voorschriften voor de belastingscombinaties waarmee de ontwerper rekening moet houden dan voorheen gangbaar was.

Nieuwbouw

Bij nieuw te bouwen constructies geldt volgens het Bouwbesluit 2012 voor de fundamentele belastingscombinaties:

“Een bouwconstructie bezwijkt gedurende de in NEN-EN 1990 bedoelde ontwerplevensduur niet bij de fundamentele belastingscombinaties als bedoeld in NEN-EN 1990.”

NEN-EN 1990 omvat de grondslagen van het constructief ontwerp. In NEN-EN 1991 zijn in het algemeen de belastingen op constructies uitgewerkt, in NEN-EN 1991-2 specifiek de verkeersbelastingen. Deze norm dateert uit 2003 en is ‘strenger’ dan de voorgaande norm. De kosten van nieuwbouw kunnen daardoor hoger komen te liggen dan in het verleden. Ter illustratie zijn de voorgeschreven belastingscombinaties voor verticale belasting in *Bijlage 1* opgenomen. Onveranderd is dat vrachtauto’s de maatgevende voertuigen zijn bij kunstwerken (en verhardingen).

Bestaande bouw

Het Bouwbesluit 2012 zegt over de fundamentele belastingscombinaties van bestaande bouw:

“Een bouwconstructie bezwijkt niet gedurende de in NEN 8700 bedoelde restlevensduur bij de fundamentele belastingscombinaties als bedoeld in NEN 8700.”

NEN 8700 bevat onder andere de voorschriften om te beoordelen of bouwwerken in constructieve zin moeten worden afgekeurd. Dit is een al langer bestaande norm (dan de NEN-EN 1990). Vooralsnog leidt deze norm niet tot onvoorziene ontwikkelingen.

2.2.2. *Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte*

Met de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012) beoogt het Rijk dat Nederland concurrerend, bereikbaar, leefbaar en veilig blijft. Voor deze studie is vooral relevant welke ontwikkelingen de visie geeft voor goederenverkeer, omdat vrachtauto’s bepalend zijn voor de levensduur van verkeersinfrastructuur. Het trefwoord voor ontwikkelingen in het goederenvervoer is ‘mainports’. De mainports liggen verspreid over het land. Het goederenverkeer is daardoor ook verspreid over het wegennet. De capaciteit van het wegennet neemt toe, zeker tot 2020. Na 2020 neemt de bereikbaarheid af, tenzij weer wordt gekozen voor verdere uitbreiding van de capaciteit. Volgens Welvaart en Leefomgeving-scenario’s (WLO-scenario’s, zie ook Manders & Kool, 2015) zal het aantal vrachtkilometers tot 2030 slechts in geringe mate stijgen. De beoogde capaciteitsuitbreidingen zijn dan ook niet alleen bedoeld voor het vrachtverkeer.

Overigens neemt de personenmobiliteit toe tot 2020, na 2020 is dat in beperkte mate het geval (ook volgens nieuwe WLO-scenario's). Congestie vindt vooral plaats in de Randstad, Noord-Brabant en Oost-Nederland.

Bijlage 2 gaat dieper in op twee onderwerpen in de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte: mainports en verstedelijking

2.2.3. *Efficiëntie van infrastructurele verbindingen*

Bij het vervangingsvraagstuk van infrastructuur speelt ook de efficiëntie van infrastructurele verbindingen een rol. Het grootste deel van de verkeersinfrastructuur is tot stand gekomen in een periode van enkele tientallen jaren. Het is de vraag of alle verbindingen nog de functie vervullen die bij het ontwerp en de bouw waren toegekend. Hier is gekozen voor het uitgangspunt dat het gebruik van alle verbindingen zo efficiënt mogelijk plaatsvindt. Efficiëntie betekent hier dat het verkeer functioneel over het wegennet verdeeld wordt. Dat wil zeggen: de routes van de verkeersdeelnemers volgen zo veel mogelijk de (hiërarchische) opbouw van het wegennet volgens de wegategorisering van CROW (2012). Deze opbouw is als uitgangspunt gekozen om het mogelijk te maken wegen die niet meer passen bij hun functie te downgraden of te upgraden. Dit maakt het mogelijk het ontwerp en de bijpassende verkeersvoorzieningen aan te passen.

2.3. **Nieuwe wegconcepten**

In Nederland wordt gewerkt aan ideeën en toepassingen op het terrein van meer duurzame wegen en meer intelligente wegen. Speciaal voor fietsers is het concept van de fietssnelweg geïntroduceerd. In deze paragraaf lichten we deze innovaties toe.

2.3.1. *Duurzame wegen*

De duurzame weg is een versnellingstraject voor duurzame innovatie, dat door het ministerie IenM aan de Tweede Kamer is toegezegd. Binnen dit traject zijn vier concepten voor een duurzame weg ontwikkeld:

1. *De Energieweg* is ingericht om het energiegebruik zo veel mogelijk te beperken, of zelfs energie op te wekken voor de weg of de omgeving.
2. *De Leefbare weg* beperkt de vervuiling richting (het lokale) milieu en de overlast voor omwonenden. Dit concept scoort goed op beperking van geluidshinder, trillinghinder en verbetering van de (lokale) luchtkwaliteit.
3. *De Natuurweg* beperkt zo veel mogelijk de negatieve effecten van een weg op het milieu. Hierbij is er aandacht voor geluidsoverlast, milieuvervuiling (door bijvoorbeeld vervuild grondwater) en lichthinder, maar ook voor landschappelijke inpassing, stimulering van lokale biodiversiteit en zo min mogelijk kappen van bomen.
4. *De Robuuste weg* is gericht op functioneel gebruik van materialen, van de weg, van mogelijke uitbreiding(en) en van de mate waarin de weg kan worden onderhouden.

Deze vier duurzame weg-concepten bieden een kader om wegen te verduurzamen en wegfunctionaliteiten te verbeteren. Maar hoewel de technologie hiervoor zich snel ontwikkelt, zien we dat de implementatie van innovaties langzaam verloopt en dat grootschalige aanbesteding van duurzame wegen vooralsnog uitblijft.

Ook uit een korte scan van Arcadis (2012) blijken diverse initiatieven op het gebied van duurzame wegen, zoals:

- een techniek om energie uit asfalt te winnen is de Zonneweg (KWS);
- de duurzame energiesnelweg A15 richt zich op groene stroom en elektrisch rijden (Milieudefensie en Natuur & Milieu);
- de Wassende Weg zet in op de afvang van fijnstof en de beperking van nadelige milieueffecten;
- de Weg naar de Toekomst, waarin verschillende duurzaamheidsmaatregelen worden genomen (gemeente Oss);
- ontwikkeling van de Duurzame Weg (vergroten van de leefbaarheid via transparante overkapping; Movares).

Belangrijke belemmeringen voor de implementatie van de duurzame weg-concepten zijn (Arcadis, 2012):

1. gescheiden budgetten, geen levensduurbenadering;
2. wet- en regelgeving en normen/ ontwerpvoorschriften zijn gebaseerd op bestaande kennis en producten;
3. aantoonbare opbrengst niet zichtbaar.

2.3.2. *Wegen van plastic*

KWS Infra (onderdeel van VolkerWessels) presenteerde in 2015 'PlasticRoad', een concept om wegen van gerecycled plastic te maken. Het bedrijf wil gerecycled plastic gebruiken om modulaire wegen te bouwen. De holle elementen in deze wegen moeten ruimte bieden aan kabels en leidingen en geschikt zijn om water te bergen. Gerecycled plastic en kunststof worden verwerkt tot prefab-wegdelen, die in z'n geheel worden aangebracht. Door de prefab-productie kan niet alleen de kwaliteit (stroefheid, waterafvoer en cetera) beter gegarandeerd worden, wegen kunnen ook veel sneller aangelegd worden (VolkerWessels, 2015)

Een groot voordeel van PlasticRoad zou zijn dat het vrijwel onderhoudsvrij is. Zo is het volgens KWS Infra ongevoelig voor corrosie en weersinvloeden. Een PlasticRoad kan temperaturen van -40 tot +80 °C aan en is beter bestand tegen chemische aantastingen dan asfalt. KWS Infra schat in dat de levensduur van wegen verdrievoudigd kan worden.

Het concept PlasticRoad heeft ook een dwarsverbinding met andere innovatieve wegconcepten. KWS Infra denkt dat plastic wegen doorontwikkeld kunnen worden tot ultrastille wegen of gecombineerd kunnen worden met de opwekking van energie (VolkerWessels, 2015). Het is echter denkbaar dat er ook nadelen aan kleven, zoals het vrijkomen van microplastic bij gebruik van dergelijke wegen. Dit verdient nader onderzoek.

2.3.3. *'Slimme' wegen*

Nederland heeft een lange traditie op het gebied van zogenoemde 'slimme' wegen (Timmer & Kool, 2014). Via lussen in de weg, matrixborden en camera's heeft Nederland zich ontwikkeld tot voorloper op het gebied van verkeersmanagement. Vanuit deze slimme infrastructuur wordt er in Nederland en Europa gekeken hoe slimmer wordende auto's en slimme infrastructuur aan elkaar verbonden kunnen worden. Zo ontstaat het coöperatieve rijden, waarin auto's geautomatiseerd in 'treintjes' kunnen

rijden op snelwegen en informatie over de toestand op de weg aan elkaar en aan verkeersmanagers doorgeven (zie *Hoofdstuk 4*).

2.3.4. *Fietssnelwegen*

Fietssnelwegen zijn fietsverbindingen op afstanden van 15 tot 20 kilometer, die woon- en werklocaties met elkaar verbinden. In 2015 zijn er 28 routes met een afstand van circa 350 kilometer. Voorbeelden van fietssnelwegen in Nederland zijn de F35 in Twente en de Greenport Bikeway in Limburg.

Begin december 2013 nam de Tweede Kamer een motie aan waarin de regering werd opgeroepen de uitwerking van de Toekomstagenda snelfietsroutes te ondersteunen. De Fietsersbond presenteerde die toekomstagenda eind september 2013 samen met een zestal provincies en stadsregio's. Daarin wordt voorgesteld om tot 2028 te komen tot een netwerk van 675 kilometer aan snelfietsroutes. In het debat over het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport (MIRT), op 25 november 2013, gaf de minister van IenM aan de motie als ondersteuning van het beleid te zien. De motie kreeg een grote meerderheid in de Tweede Kamer.

Bureau Goudappel Coffeng heeft berekeningen uitgevoerd voor het aanleggen van deze extra fietssnelwegen tussen dorpen/satellietsteden en grote steden. Die berekeningen zijn uitgevoerd met een nationaal multimodaal verkeersmodel (NVM).

“Als de wijziging in autokilometers wordt omgerekend naar harde euro's, blijkt dat elke investering van 100 miljoen euro in dit soort nieuwe fietsinfrastructuur voor 144 miljoen euro aan maatschappelijke baten oplevert (...). In combinatie met de elektrische fiets is het fietsbereik nog meer te rekken en stijgen de baten bij eenzelfde eenmalige investering tot 358 miljoen euro. De kosteneffectiviteit is altijd hoger dan 1 en loopt in dit onderzoek uit tot boven de 3,5. De aanleg van nieuwe fietssnelwegen zorgt bovendien voor 20.000 tot 25.000 manjaren aan werkgelegenheid in de bouw- en dienstensector (...). Wegenbouwers merken meer en meer dat aanleg en vernieuwing van fietspaden in orderportefeuilles terug komt.” (Bastiaan Possel, in Ter Averest, 2015.)

2.4. **Intelligent verkeer**

Technologische innovaties dragen steeds meer bij aan een efficiënt gebruik van wegen. De inzet van ICT voor dataverzameling, nanotechnologie in nieuwe sensoren en cognitieve wetenschappen in communicatiemiddelen kunnen onze mobiliteit sterk beïnvloeden (Provincie Fryslân, 2015). De informatie die iemand op de weg kan gebruiken om op elk gewenst moment de reis aan te passen, wordt mogelijk gemaakt door een netwerk van partijen die informatie ophalen, verwerken en/of aanbieden. Een netwerkbenadering helpt om te kijken hoe die partijen (dataproductenten, datamedia, ondernemers, kennisinstituten en weggebruikers) samen kunnen werken aan innovaties in het wegverkeer. Mogelijk worden auto's meer collectief vervoer en wordt het openbaar vervoer juist steeds meer geïndividualiseerd.

Er zijn veel voorbeelden van hoe infrastructuur intelligenter kan worden gemaakt (Provincie Fryslân, 2015). Ledlampen in het wegoppervlak kunnen

bijvoorbeeld een flexibele aanduiding van rijstroken en wegwaarschuwing voor gevaar mogelijk maken. Zelfhelend beton en zelfhelend asfalt kunnen de levensduur van bruggen en wegdek verlengen en de onderhoudskosten en oponthoud reduceren. Het innovatietraject SolaRoad beoogt een ontwerp van fietspaden op te leveren dat zonlicht omzet in elektriciteit. En bij het project Odysa In-car, op een deel van de ring van Eindhoven, ontvangt een weggebruiker via een apparaat in zijn voertuig een individueel snelheidsadvies om het hele met verkeerslichten geregelde traject zonder stoppen te kunnen afleggen.

2.4.1. *Drie sporen*

Binnen de ontwikkeling naar intelligenter wegverkeer zijn drie deels 'aparte' sporen te herkennen: de ontwikkeling van geavanceerd verkeersmanagement, de ontwikkeling van coöperatieve systemen en de ontwikkeling van autonome auto's (Timmer & Kool, 2014).

In plaats van intelligent wegverkeer wordt ook vaak gesproken over 'slimme mobiliteit' (Verkeer in Beeld, 2014). Het containerbegrip Smart Mobility staat voor stedelijke bereikbaarheid, maar ook voor op het individu toegesneden informatiediensten en het beter benutten van wegen. Daarnaast staat Smart Mobility voor de rol van geavanceerde technologie bij de ontwikkeling van innovatieve oplossingen voor stedelijke bereikbaarheid en doorstroming van het verkeer, rekening houdend met veiligheid, leefbaarheid en het milieu (Verkeer in Beeld, 2014).

Smart Mobility kan onderscheiden worden in drie onderdelen: 'connected car', Vehicle Dynamic Control (VDC) en Traffic Information (Redsalt, 2014). 'Connected car' is het onderdeel dat zich bezighoudt met het verbinden van auto's onderling en dat ze onderling communiceren ('Internet-of-things'). Bij Vehicle Dynamic Control wordt ervoor gezorgd dat de auto stabiel blijft door het gebruik van remmen, brandstoftoevoer en motormanagement. Hierbij wordt gereageerd op waarnemingen door sensors, zoals slippen van de banden of de afstand tussen de auto en de voorligger. Traffic Information betekent dat weggebruikers overal (thuis, in de auto, werk) altijd realtime-reisinformatie tot hun beschikking hebben, zodat ze hun reis kunnen plannen, maar die ook kunnen aanpassen aan veranderende omstandigheden (Redsalt, 2014).

2.4.2. *Wegen die door voertuigen 'gelezen' kunnen worden*

In 2011 hebben de organisaties EuroRAP (zie ook de volgende paragraaf) en EuroNCAP een document opgesteld met de titel *Roads that Cars can Read* (wegen die door auto's gelezen kunnen worden). De kernboodschap van dat document is dat:

- nieuwe, slimme veiligheidstechnologieën voor een optimale werking afhankelijk zijn van goed belijnde en beborde wegen;
- de auto-industrie en wegbeheerders op dit terrein moeten samenwerken om de veiligheid van weggebruikers te vergroten.

Het rapport pleit ervoor dat de wegbeheerders en de auto-industrie gezamenlijk werken aan de verdere ontwikkeling van twee technologische veiligheidssystemen: 'Lane Support' (rijbaanbegeleiding) en 'Speed Alert' (snelheidswaarschuwing). Bij rijbaanbegeleiding 'leest' het systeem

wegmarkeringen en houdt met behulp van die gegevens de automobilist in zijn baan. Met snelheidswaarschuwingen kiest de automobilist ervoor een seintje te krijgen van de auto als hij de snelheidslimiet overschrijdt.

2.5. Meetinstrumenten om risico's op wegen in kaart te brengen

Momenteel biedt de ongevallenregistratie weinig houvast voor decentrale overheden om problemen in kaart te brengen en op basis daarvan hun beleid te prioriteren. In Europa en Nederland wordt daarom gewerkt aan nieuwe meetinstrumenten waarbij op een meer proactieve wijze verkeersveiligheidsproblemen in kaart kunnen worden gebracht. In verband met veilige infrastructuur kunnen drie instrumenten worden genoemd: EuroRAP, ProMeV en het Safe Cycling Network (ook wel CycleRAP).

2.5.1. EuroRAP

Het Europese samenwerkingsverband EuroRAP heeft een methode ontwikkeld om op systematische wijze in te schatten in welke mate de vormgeving en inrichting van een weg bescherming biedt aan inzittenden van auto's. Door het toekennen van sterren aan wegen, geeft EuroRAP wegbeheerders en -gebruikers een indicatie van de kans op een ernstig ongeval, waarbij een weg met 1 ster als onveilig geldt en een weg met 5 sterren als veilig.

Voor EuroRAP heeft de ANWB 8.500 kilometer provinciale weg op video vastgelegd (Van den Hout, 2013). Dit provinciale wegennet is vervolgens geanalyseerd en voorzien van een sterrenscore. Van de 8.500 kilometer provinciale wegen had meer dan de helft een relatief onveilige EuroRAP-score van 1 (7%) of 2 (55%) sterren op een maximum van 5. De overige 37% behaalde een relatief veilige score van 3 tot 5 sterren. De conclusie van het onderzoek is dat een groot deel van het provinciale wegennet in Nederland een verhoogd risico kent op ernstige ongevallen.

2.5.2. ProMeV

SWOV is op verzoek van het IPO een project gestart waarbij op een meer proactieve wijze verkeersveiligheidsproblemen in kaart kunnen worden gebracht. In het project wordt gekeken naar locatiegebonden kenmerken en gedragingen waarvan bekend is dat ze een sterke relatie hebben met verkeersonveiligheid, zoals wegkenmerken, snelheid, roodlichtnegatie. Dit zijn zogenoemde prestatie-indicatoren voor verkeersveiligheid (safety performance indicators, of SPI's). SWOV heeft op basis van bestaande data bij provincies een eerste versie van een instrument ontwikkeld waarmee proactief verkeersveiligheid in kaart kan worden gebracht.

2.5.3. Safe Cycling Network of CycleRAP

De ANWB heeft het initiatief genomen voor een project om de veiligheid van de fietsinfrastructuur in Nederland – en op termijn ook daarbuiten – te verbeteren: het Safe Cycling Network-project. Het project is mede geïnspireerd door het internationale European Road Assessment Programme (EuroRAP/iRAP). Het doel is om een expertsysteem te ontwikkelen waarmee wegbeheerders de fietsinfrastructuur (en dus de fietsveiligheid) kunnen beoordelen. Hierbij is het vooral belangrijk om

onveilige fietsstructuur proactief in kaart te brengen en aan te pakken. De ANWB heeft SWOV gevraagd om de wetenschappelijke verantwoording van het project te verzorgen.

2.6. Nieuwe rol wegbeheerder

De nieuwe trends in het verkeer vergen een nieuwe expertise en een andere rol van wegbeheerders. Bouwhuis et al. (2012) gaan in op de vraag wat er verandert voor wegbeheerders in een wereld waarin ICT steeds sterker ingrijpt in het alledaagse leven en dus ook in het verkeer. Zij onderscheiden vier toekomstscenario's die van invloed kunnen zijn op de invulling van het vak wegbeheerder. De vier beschreven scenario's laten duidelijke verschillen zien in de toekomst van intelligente transportsystemen (ITS). De volgende ontwikkelingen spelen in alle vier de scenario's een rol:

- Het aantal 'connected' voertuigen neemt toe. Dit kan inhouden dat de voertuigen met elkaar verbonden zijn, met het internet, maar ook met de (wegkant) infrastructuur.
- Het gebruik van 'nomadic devices' in een voertuig en de daarbij behorende verkeersgerelateerde diensten groeit.
- Private partijen zijn in staat individueel advies te geven op het gebied van routeplanning en verkeersgerelateerde informatie. Hiermee hebben zij invloed op verkeerstromen en verkeersmanagement.
- De hoeveelheid beschikbare verkeersgerelateerde data groeit.
- Het aantal voertuigen dat is uitgerust met rijtaakondersteunende functies neemt toe.
- De publieke acceptatie van ITS-technologie blijft onzeker, overheden kunnen acceptatie stimuleren maar niet afdwingen.

De meeste van deze ontwikkelingen hebben invloed op de taken van de wegbeheerder, zoals verkeersmanagement en onderhoud, bouw, en ontwerp van wegen en wegweginstallaties.

Wegbeheerders worden beïnvloed door ITS-ontwikkelingen in de auto-industrie, maar kunnen er zelf ook een aandeel in hebben. De wegbeheerders geven bijvoorbeeld richting aan toekomstige ITS-technologie door te besluiten intelligente infrastructuur langs de weg te installeren, of dit juist niet te doen.

Als de wegbeheerders besluiten om intelligente infrastructuur te installeren met als hoofddoel de verkeersveiligheid te vergroten, dan stimuleren zij de auto-industrie om hun voertuigen uit te rusten met zogenoemde ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), die met deze infrastructuur kunnen communiceren. De voertuigfabrikanten zullen naar verwachting geïnteresseerd zijn om met deze systemen de functionaliteit van hun voertuigen te vergroten.

Daarnaast kan de overheid een positieve invloed hebben op de publieke acceptatie van ITS door de inzet van subsidies en fiscale voordelen of informatiecampagnes. Het installeren van een intelligente infrastructuur geeft de wegbeheerder wel extra taken op het gebied van onderhoud en beheer.

Mochten de wegbeheerders intelligente infrastructuur willen installeren om zo hun huidige 'topdown'-verkeersmanagementpositie te behouden, dan heeft dit minder effect op de ITS-ontwikkelingen van de auto-industrie. Verkeersmanagement-gerelateerde diensten zijn niet het domein van de

auto-industrie, maar meer van de fabrikanten van 'nomadic devices' en serviceproviders. De auto-industrie zal bereid zijn voertuigen te ontwikkelen die in staat zijn de verkeersgerelateerde diensten via de intelligente infrastructuur te ontvangen. Maar er zijn fabrikanten van 'nomadic devices' en serviceproviders die mogelijk in staat zijn om beter individueel verkeersadvies te geven zonder gebruik te maken van de intelligente infrastructuur van de wegbeheerders. Het is daarom onzeker of de hoge investeringen voor zo'n intelligente infrastructuur een positief effect hebben op het huidige 'topdown'-verkeersmanagement door de wegbeheerders.

Een minder onzekere strategie voor de wegbeheerders is het samenwerken met private partijen die individueel verkeersadvies geven, zoals de 'nomadic devices'-industrie. Enkele van de huidige verkeersmanagementtaken van de wegbeheerder worden nu al uitgevoerd door private partijen. Toch zal de wegbeheerder altijd verantwoordelijk blijven voor gebeurtenissen op zijn wegen.

De hoeveelheid verkeersgerelateerde data die in voertuigen gebruikt worden en die door de voertuigen zelf gegenereerd worden, zal blijven toenemen. Wegbeheerders zijn niet in staat om al deze data te controleren, maar ze moeten minstens in staat zijn om de belangrijkste data op hoofdlijnen te monitoren. Door een maatschappelijk kader te stellen, zijn er mogelijkheden voor de wegbeheerders om een deel van de verkeersmanagementtaken over te laten aan private partijen. Het is daarbij belangrijk dat de wegbeheerders duidelijke doelen stellen over wat zij willen bereiken met ITS.

Nieuwe ITS-technologie die wordt geïntroduceerd door de auto- en/of 'nomadic devices'-industrie, kan voor nieuwe uitdagingen bij de wegbeheerders zorgen. Het is daarom belangrijk voor de wegbeheerder om up-to-date te blijven over de laatste technologische ontwikkelingen. Dat kan bijvoorbeeld door te participeren in collectieve pilotprojecten, of door gezamenlijk ITS-doelstellingen te formuleren.

2.7. **Blik op 2050**

In dit hoofdstuk bespreken we de belangrijkste ontwikkelingen op het gebied van wegbeheer en -onderhoud, richtinggevend kaders, nieuwe wegconcepten, intelligent verkeer en de rol van de wegbeheerder. Enkele verkenningen tonen aan dat het vereiste onderhoudsniveau niet kan worden gehandhaafd en dat de vervanging van infrastructuur in gevaar komt doordat er in de toekomst onvoldoende middelen beschikbaar zullen zijn. Onderhouds- en vervangingscycli zullen in dat geval naar verwachting toenemen. Vooral als het gaat om de vervanging van kunstwerken, spelen hierbij ook de verscherpte normen uit het Bouwbesluit uit 2012 een rol. Mede vanuit het beeld dat in de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte wordt geschetst, moet daarbij rekening worden gehouden met grotere stromen goederenvervoer naar en nabij mainports.

Efficiëntie van verbindingen

Een andere factor van betekenis bij het vervangingsvraagstuk, is de efficiëntie waarmee infrastructurele verbindingen in de toekomst zullen functioneren, bijvoorbeeld door andere routekeuzen. Door uiteenlopende ontwikkelingen (zie de volgende hoofdstukken) kan dit aan verandering onderhevig zijn. Dat kan consequenties hebben voor de effecten op bijvoorbeeld de verkeers-

veiligheid en voor de keuzen van wegbeheerders om al dan niet tot onderhoud of vervanging over te gaan.

Nieuwe managementvormen

Nieuwe vormen van management en opdrachtgeverschap kunnen helpen om problemen en risico's beter in kaart te brengen,. Ook is de verwachting dat hiermee kosten kunnen worden bespaard bij de bouw van nieuwe wegen en bij het onderhoud van bestaande wegen.

Duurzame en slimme wegen

Regelgeving en budgetteringssystematiek lijken momenteel nog achter te lopen op nieuwe wegconcepten zoals duurzame en slimme wegen, wegen van andere materialen zoals plastic, en fietssnelwegen. Het lijkt erop dat een gebrek aan kennis zorgt dat dit soort nieuwe concepten nog niet snel grootschalig zullen worden toegepast. Meer proeven met zichtbare resultaten zullen dat proces vermoedelijk versnellen. Gezien de grote belangstelling voor intelligente wegsystemen is de verwachting dan ook dat deze rond 2050 wel verder geïmplementeerd zullen zijn. Het Nederlandse beleid om fietsen te stimuleren zal eraan bijdragen dat in 2050 extra fietssnelwegen zullen zijn aangelegd.

Meer innovaties

In 2050 zullen er naar verwachting nog veel meer toepassingen zijn van intelligent verkeer. We kunnen dan bijvoorbeeld denken aan toepassingen op het gebied van advisering over (veilige) routekeuze, filevermijding, gevarenvermijding en reistijdverlies, die dan altijd en overal in het voertuig beschikbaar zijn. Onderlinge informatie-uitwisseling tussen auto's zal naar verwachting een veilig en efficiënt gebruik van het wegennet bevorderen. Ook onderlinge informatie-uitwisseling tussen auto's en fietsers en bromfietsers zal in 2050 bijdragen aan de veiligheid van kwetsbare verkeersdeelnemers. Wegen zullen naar verwachting verder zijn toegerust om door de intelligentere voertuigen 'gelezen' te kunnen worden. Dit vraagt ook om een nieuwe rol en kennis van wegbeheerders.

Voertuigdata

In 2050 zal het vermoedelijk meer standaard zijn om het gebruik van wegen te monitoren via voertuigdata van auto's, fietsen en bromfietsen. Dankzij die data krijgen wegbeheerders een beter beeld van gebruik, veiligheid, risico's, gebreken en slijtage van wegen en fietspaden. Dit maakt ook een beter proactief verkeersveiligheidsbeleid mogelijk.

3. Voertuigontwikkelingen

Op het terrein van voertuigen zijn de volgende trends waarneembaar:

- lichtere voertuigen;
- elektrische auto's;
- elektrische fietsen;
- langere en zwaardere vrachtauto's (LZV's);
- toenemende heterogeniteit van voertuigen.

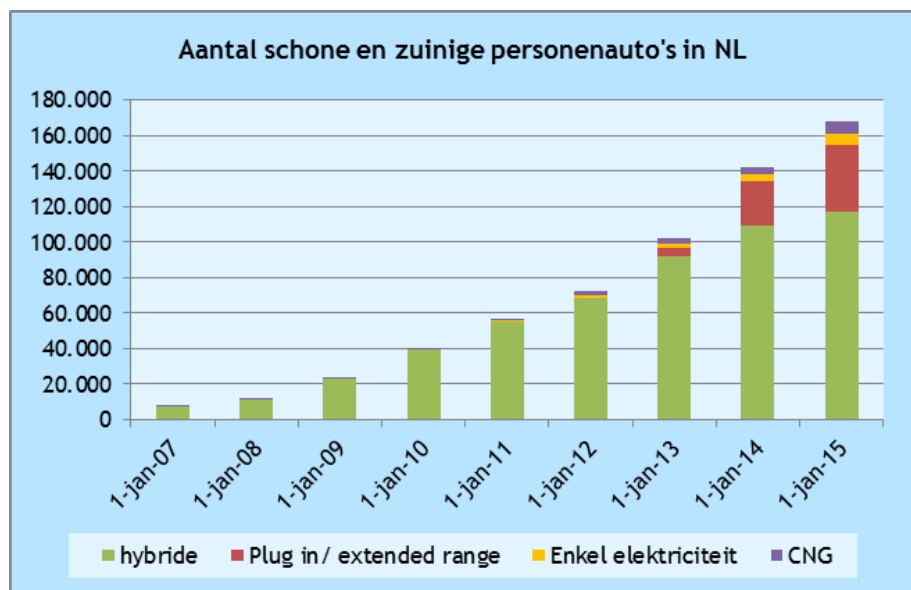
In dit hoofdstuk besteden we nadere aandacht aan deze trends en mogelijke gevolgen voor mobiliteit en verkeersgedrag. Over de trend naar meer intelligente voertuigen wordt apart verslag gedaan in *Hoofdstuk 4*.

3.1. Zuinigere voertuigen en elektrische auto's

Rijden in auto's met alternatieve aandrijving met als doel schoon en zuinig te zijn, is een groeiende trend. KpVV (2015) vermeldt daarover de volgende cijfers (zie ook *Afbeelding 3.1*):

- Het aantal hybride, plug-in hybride, CNG- en elektrische auto's nam toe met 26.000 tot 170.000 in 2014.
- 7% van de nieuw verkochte personenauto's in 2014 was schoon en zuinig.
- Het aantal auto's op Compressed Natural Gas (CNG) is bijna verdubbeld.
- De plug-in hybride is ook in 2014 de meest verkochte schone en zuinige personenauto.

Afbeelding 3.1 toont hoeveel elektrische, plug-in hybride, CNG- en hybride auto's er in Nederland zijn. Duidelijk is de opkomst te zien van de volledig elektrische auto, de plug-in hybride auto en de auto met 'range extender'. Deze typen lijken de groei van de gewone hybride over te nemen.



Afbeelding 3.1. Aantal personenauto's met alternatieve aandrijving per 1 januari 2007-2015 (bron: KpVV, 2015).

Europees beleid is een van de stuwende factoren voor de opkomst van dergelijke voertuigen. Met de *Roadmap for moving to a competitive low-carbon economy in 2050* zet de Europese Commissie (2011a) een route uit die voor alle sectoren in 2050 moet leiden tot een vermindering van de CO₂-uitstoot met 80 tot 95%. Onderdeel van deze route is onder andere dat er in 2050 in de Europese steden geen auto's meer rijden met verbrandingsmotoren (Europese Commissie, 2011b). De stadsdistributie zou volgens de Europese Commissie al rond 2030 koolstofvrij moeten plaatsvinden. In zijn rapportage over elektrische auto's gaat Nijland (2014) ervan uit dat er in 2050 in steden volledig elektrisch gereden zal worden.

Momenteel is het aantal elektrische en hybride auto's nog relatief gering: minder dan 2% van het totaal, maar in 2014 is bijna 8% van de nieuw gekochte auto's elektrisch of hybride (CBS, 2015). De Nederlandse ambitie is om 200.000 elektrische of hybride auto's op de weg te hebben in 2020 (Kramer, 2015). Dat zijn er nu 70.000, waarmee bijna 1% van het totale wagenpark elektrisch/hybride is.

In 2013 werden er in Nederland enkele tienduizenden (semi)elektrische auto's verkocht. Dit was vooral een gevolg van de sterke fiscale stimulering en paste goed in de ambities van het SER-Energieakkoord. Per 1 januari 2014 werd deze stimulering fors afgebouwd, omdat er in de ogen van velen sprake was van overstimulering en het vanuit het oogpunt van de fiscus te kostbaar werd. De verwachting is dat de fiscale prikkels voor zeer zuinige en zero-emissie auto's nog verder worden teruggeschroefd (Ros & Van Essen, 2014). De nieuwe *Autobrief* schetst hoe het kabinet van 2017 tot en met 2020 de autobelastingen eenvoudiger wil maken, gericht op een stabiele stroom aan belastinginkomsten en met meer milieuwinst (Wiebes, 2015). Dat doet het kabinet door de autobelastingen minder afhankelijk te maken van CO₂-uitstoot en in te zetten op een streng Europees bronbeleid. Het kabinet richt de fiscale prikkels op segmenten waar het effect groot is. Emissieloos rijden wordt gestimuleerd door de bijtelling voor volledig elektrische auto's op 4% te houden. Voor alle andere auto's gaat de bijtelling in fasen naar 22% in 2020 of eerder (Wiebes, 2015).

Over de verdere opmars van de elektrische auto zijn zowel optimistische als minder optimistische geluiden te horen. De Tafel Wegvervoer Duurzaam Elektrisch gelooft er bijvoorbeeld sterk in dat in 2030 alle nieuw verkochte personenvoertuigen en in 2050 alle personenvoertuigen een elektrische 'drivetrain' (aandrijflijn) kunnen hebben (Tafel Wegvervoer Duurzaam Elektrisch, 2014). De voeding daarvan kan een batterij zijn en/of een brandstofcel. Iets vergelijkbaars geldt voor transportvoertuigen. In een klein deel van de markt is de elektrische 'drivetrain' met batterij of brandstofcel naar verwachting minder goed toepasbaar. Daar waar grote afstanden met zware volumes moeten worden afgelegd, zoals in het internationale transport, is de elektrische 'drivetrain' met batterij of brandstofcel vermoedelijk in 2030 (nog) niet goed toepasbaar. Om die reden wordt vracht internationaal niet gezien als een kansrijke product-marktcombinatie

De doorbraak van de elektrische auto is sterk afhankelijk van zowel het Nederlandse overheidsbeleid als een doorbraak in de opslag van elektriciteit. In Duitsland is in 2015 de verkoop van elektrische auto's bijvoorbeeld sterk teruggelopen omdat de Duitse overheid geen extra stimulans via subsidies geeft (Kramer, 2015).

Nijland (2014) verwacht dat de opkomst van de elektrische auto een aantal gevolgen kan hebben voor autobezit en mobiliteit:

- Elektrische auto's zullen ook in de toekomst substantieel duurder blijven dan conventionele auto's. Het autobezit, vooral het bezit van een tweede of derde auto, zal hierdoor afnemen.
- Of het aantal afgelegde autokilometers bij volledig elektrisch rijden in 2050 hoger of lager zal zijn dan dat bij conventioneel blijven rijden, hangt af van de mate waarin de aanschafkosten voor de auto stijgen en de gebruikskosten ervan dalen. De overheid heeft hierop een grote invloed door de manier waarop zij het autobezit en het autogebruik belast.
- Het gebruik van andere vervoerwijzen (trein, fiets, lopen) voor de dagelijkse verplaatsingen kan toenemen. Dit is het gevolg van het feit dat minder mensen een (tweede) auto hebben. Te verwachten valt dat lange verplaatsingen vaker per vliegtuig en trein zullen worden gemaakt.
- Een overgang op volledig elektrisch rijden zal zeker gevolgen hebben voor het vakantieverkeer. Mensen zullen er minder met de caravan op uitgaan en naar verwachting veel meer dan nu het vliegtuig en de trein voor hun vakanties gebruiken.

Nijland (2014) noemt de volgende gevolgen voor het milieu:

- Bij een volledig elektrisch wagenpark is de uitstoot van CO₂ door personenauto's nihil. Dat levert in 2050 een jaarlijkse reductie op van tussen de 14 en 27 megaton CO₂. Hiermee zou ongeveer de helft van de klimaatambitie voor de transportsector worden gerealiseerd.
- Afgezien van slijtage-emissies, veroorzaken elektrische auto's geen lokale luchtverontreiniging. Het additionele effect van elektrisch rijden op de luchtkwaliteit zal echter gering zijn, omdat ook conventionele auto's met verbrandingsmotoren in 2050 naar verwachting veel schoner zijn dan de huidige conventionele auto's.
- Elektrisch rijden zal binnenstedelijk de geluidshinder met ongeveer een derde doen verminderen en mogelijk leiden tot besparingen in de aanleg van binnenstedelijke geluidsmaatregelen.

Gevolgen verkeersveiligheid

Elektrische auto's produceren bij lage snelheden en een egaal wegdek minder geluid dan auto's met verbrandingsmotoren. Volgens Eenink & Vlakveld (2013) is er daardoor een potentieel probleem: fietsers en voetgangers horen met name in de stad, waar veel achtergrondgeluid is, elektrische auto's niet goed aankomen. Ook het EU-parlement is deze mening toegedaan. Het EU-parlement heeft daarom in 2014 besloten dat elektrische en hybride auto's vanaf 2019 meer geluid moeten gaan maken. Volgens de parlementariërs vormen elektrische voertuigen met hun vrijwel geruisloze 'motoren' een gevaar voor voetgangers, kinderen, fietsers en blinden.

Nijland (2014) beschrijft de gevolgen voor infrastructuur en ruimte indien naar een volledige elektrische automobilititeit overgestapt zou worden:

- De congestie kan toenemen. Door de lagere gebruikskosten van een elektrische auto zal het autogebruik immers stijgen. Om de bereikbaarheid op peil te houden, is in dat geval meer infrastructuur nodig of zal het bestaande wegennet beter moeten worden benut door bijvoorbeeld het gebruik ervan te bepalen.
- De vraag naar elektriciteit zal toenemen. Het huidige elektriciteitsnet is alleen toegerust op deze grotere energievraag als wordt overgegaan op

intelligente netten: de zogeheten smart-gridaanpak. Hiermee zijn investeringen gemoeid van 3 tot 4 miljard euro (een kleine 400 euro per auto).

- Snellaadstations zijn zonder zeer grote extra investeringen slechts op beperkte schaal mogelijk. Zonder die investeringen kan het distributienetwerk op wijkniveau, het zogeheten laagspanningsnet met de transformatorhuisjes, de energievraag voor het snelladen namelijk niet aan.
- Elektrisch rijden heeft geen extra positief effect op de mogelijkheden voor ruimtelijke planvorming. Omdat ook conventionele auto's dan zeer waarschijnlijk veel schoner zijn, zal de luchtkwaliteit de ruimtelijke planvorming in 2050 naar verwachting niet beperken. Parkeervoorzieningen dienen wel over een oplaadfunctionaliteit te beschikken. In de bestaande bouw is het niet eenvoudig deze aan te passen op de veranderende parkeervraag; bij nieuwbouw is het uiteraard eenvoudiger om de eisen van een elektrisch wagenpark in te passen in de plannen.
- Afhankelijk van de arrangementen die worden ontwikkeld rondom laden en betalen, kan er mogelijk sprake zijn van een grote behoefte aan parkeren op het eigen terrein of voor de deur.

3.2. Lichtere voertuigen

Doordat Europese eisen zijn gesteld aan de emissie van auto's, zijn auto's niet alleen zuiniger maar ook lichter geworden (Eenink & Vlakveld, 2013). De ontwikkeling naar meer lichtere voertuigen heeft invloed op de verkeersveiligheid (Eenink & Vlakveld, 2013): lichtere auto's bieden inzittenden van auto's minder bescherming, maar zijn meestal iets 'botsvriendelijker' voor kwetsbare verkeersdeelnemers zoals voetgangers en fietsers (Van Kampen, Krop & Schoon, 2005).

3.3. Elektrische fietsen

De elektrische fiets wint aan populariteit. De verkoop van elektrische fietsen is enorm toegenomen, van ongeveer 40.000 fietsen in 2006 tot grofweg 170.000 in 2012 (Fietsberaad, 2013). Volgens het Fietsberaad (2013) bezitten inmiddels ongeveer 1 miljoen Nederlanders een elektrische fiets. De opkomst van de elektrische fiets heeft ook bijgedragen aan de toenemende mobiliteit van oudere fietsers (Weijermars et al., 2014).

Het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) heeft op basis van het OViN (Onderzoek Verplaatsingen in Nederland) geschat dat in 2013 ongeveer 12% van de fietsafstand op de elektrische fiets werd afgelegd. Voor 65-plussers is dit zelfs meer dan 40% (KiM, 2014).

Tot voor kort werden elektrische fietsen voornamelijk verkocht aan 50-plussers. In 2013 was dat voor 79% van de fietsen het geval. Maar ook bij andere gebruikersgroepen is elektrisch fietsen inmiddels populair, bijvoorbeeld bij forenzen en middelbare scholieren. In 2013 was het totale marktaandeel 20% (RAI cijfers 2013), en reed ongeveer 8% van alle fietsers elektrisch (aangehaald in Schepers et al., 2014).

Voortzetting van deze ontwikkeling betekent dat in 2020 grofweg 1,4 miljoen en in 2030 grofweg 1,9 miljoen inwoners een elektrische fiets bezitten

(Weijermars, te verschijnen). Op een soortgelijke wijze kan op basis van de KiM-schatting een schatting worden gemaakt van de afgelegde afstand bij ongewijzigde ontwikkelingen: in 2013 is ongeveer 12% (1,8 miljardkilometer) op de elektrische fiets afgelegd. Een voortzetting van deze toename zou betekenen dat er in 2020 2,5 miljard kilometer op de elektrische fiets wordt afgelegd en in 2030 3,5 miljard (Weijermars, te verschijnen).

Tegelijk met de groeiende populariteit bestaat er zorg over de veiligheid van de elektrische fiets. De combinatie van een zwaarder gewicht, ongunstiger gewichtsverdeling, een soms onnatuurlijke wijze van trapondersteuning en hogere snelheden kan verantwoordelijk zijn voor een hogere ongevalskans en ernstiger letsel op elektrische fietsen. Uit een case-control-studie blijkt dat fietsers op een elektrische fiets een hogere kans hebben om bij een ongeval betrokken te raken dan fietsers op een 'gewone' fiets (Schepers et al., 2014).

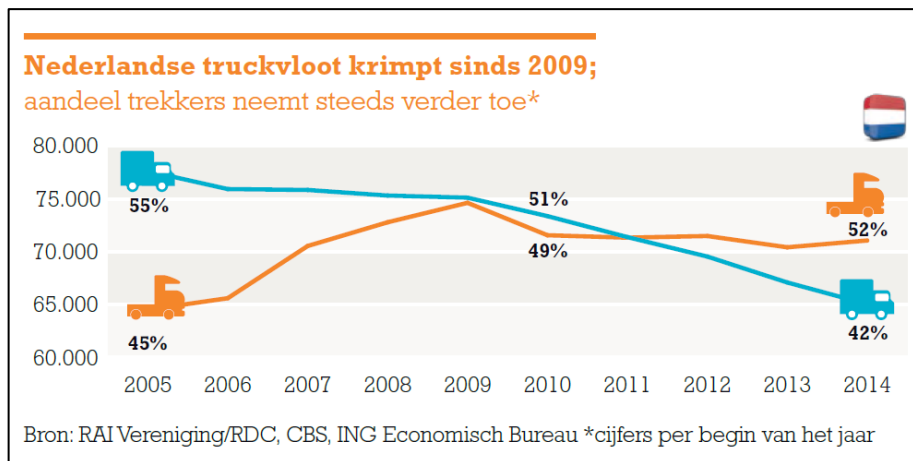
Het is te verwachten dat het gebruik van de elektrische fiets kan leiden tot een groeiend aantal slachtoffers, en wel om de volgende redenen (SWOV, 2013):

- Ouderen zijn een belangrijke doelgroep voor de elektrische fiets. Hun ongevalskans neemt toe doordat ze met een elektrische fiets meer kilometers kunnen maken en ook onder ongunstiger weersomstandigheden fietsen.
- Doordat er meer gefietst wordt, wordt een deel van de autoritten vervangen door fietsritten. Fietsen is gemiddeld onveiligere dan autorijden.
- Doordat er met hogere snelheid gefietst wordt, moet de fietser alerter zijn, sneller reageren en beter anticiperen dan een fietser die met gemiddeld lagere snelheden rijdt.
- Door de hogere snelheid is ook de botssnelheid hoger, waardoor ook de letsels ernstiger zijn.

3.4. **Vrachtauto's en LZV's**

Op het terrein van zwaar verkeer is er een aantal trends die mogelijk van belang zijn voor belasting van wegen en verkeersveiligheid. In deze paragraaf gaan we nader in op ontwikkelingen in het zwaar verkeer wat betreft typen wagens, regelgeving, overbelading, langere en zwaardere vrachtwagens (LZV's), en nieuwe regelgeving uit Europa voor het ontwerp van vrachtwagens.

Afbeelding 3.2. toont de ontwikkeling van vrachtauto's over de periode 2005-2014.



Afbeelding 3.2. Ontwikkeling Nederlandse truckvloot 2005-2014 (bron: RAI Vereniging/RDC, CBS, ING Economisch Bureau; *cijfers per begin van het jaar, vermeld in Luman, 2015).

Het aantal bakwagens in de truckvloot daalt gestaag ten gunste van het aantal trekkers (Luman, 2015). Circa 42% van de vloot bestaat nog uit bakwagens en van elke tien nieuwe registraties boven de 3,5 ton zijn er zeven een trekker. Flexibiliteit, standaardisatie en lagere aanschafkosten zijn hiervoor de belangrijkste redenen.

De truckmarkt heeft de afgelopen jaren een versnelling in innovatie door-gemaakt in voertuigtechniek. De belangrijkste technologische ontwikkelingen richten zich op milieu/duurzaamheid, aerodynamica en gewichtsbepierking (bijvoorbeeld door het gebruik van aluminium wielen). De voornaamste stuwende factoren zijn overheidsdoelstellingen en daaruit volgende regels. Transporteurs en verladers zien steeds meer in dat brandstofbesparing potentie heeft en dat uitstootbepierking tot een win-winsituatie kan leiden. Andere technologische ontwikkelingen richten zich op ICT/telematica en veiligheid (Luman, 2014).

Overbelading

Overbelading van vrachtwagens zorgt voor een onevenredig snelle slijtage van infrastructuur waardoor onderhoudskosten hoger uitvallen en verkeershinder door onderhoud en reparaties toeneemt (AEF, 2012).

Daarnaast heeft overbelading een negatieve invloed op de verkeersveiligheid en verstoort het de marktwerking in transport over de weg. Te veel lading leidt bij een vrachtauto tot een langere remweg. Als de lading niet goed verdeeld is, kan een voertuig moeilijker onder controle te houden zijn, zeker in geval van plotselinge bewegingen, uitwijken of slecht weer. Voor vrachtwagens boven de 3,5 ton zijn de risico's groter dan bij bestelauto's met een geringer laadvermogen (AEF, 2012).

Uit metingen van overbelading op de infrastructuur van Rijkswaterstaat en van de provincie Zuid-Holland, blijkt dat circa 15% van de vrachtauto's is overbeladen. Deze overbelading kan het totale gewicht van de vrachtauto betreffen en/of de druk op een of meer assen van de vrachtauto. Dit kan leiden tot zowel risico's voor de verkeersveiligheid zowel als schade aan het wegdek. Deze infrastructurele schade wordt geschat op 34 tot 100 miljoen

euro per jaar voor rijkswegen, en op 4 tot 10 miljoen euro per jaar voor en op provinciale wegen. Over het effect van overbelading op verkeersveiligheid ontbreken harde gegevens (AEF, 2012).

Gewicht blijft een uitdaging. Het gewicht van een trailer is belangrijk voor de wegligging en het brandstofverbruik (Luman, 2015). Vooruitgang op dit gebied wordt geboekt door lichtere materialen toe te passen, zoals aluminium en kunststof, maar dit kan niet onbeperkt. Daarnaast is de aslastverdeling van belang. Een innovatie op dit gebied is het containerchassis met automatische verdeling van gewicht over de assen die D-tec heeft ontwikkeld (Luman, 2015).

De combinatie van handhaving en technologie kan bijdragen aan een verlenging van de levensduur van wegen door schadelijk gebruik te minimaliseren. Sinds enkele jaren worden jaarlijks vier weigh-in-motion meetsystemen geïnstalleerd, om aslast- en totaallastbeperkingen te handhaven; vanaf 2014 moeten er in Nederland 20 meetsystemen actief zijn. Volgens Molenkamp (2013) zou een investering in extra systemen op strategische locaties in het wegennet zichzelf wel eens snel kunnen terugbetalen.

Langere vrachtwagens

Langere en zwaardere vrachtauto's – LZV's, ook wel ecocombi's genoemd – zijn vrachtwagens van maximaal 25,25 meter lengte en een maximumgewicht van 60 ton (de precieze definitie verschilt per land). Ecocombi's hebben als voordeel dat ze tot 50% meer lading kunnen meenemen dan gewone vrachtauto's. De inzet van deze lange voertuigen biedt daarom volgens transportorganisaties EVO en TLN grote voordelen voor het milieu en logistiek.

In Nederland mogen LZV's alleen op specifiek vrijgegeven wegen rijden, veelal de autosnelwegen, een select aantal overige rijkswegen, enkele provinciale wegen en gemeentelijke wegen, voor zover die bedrijventerreinen ontsluiten. LZV's worden doorgaans niet toegestaan in de bebouwde kom.

De veronderstelling dat LZV's aan wegen en viaducten schade kunnen berokkenen door het grotere gewicht, moet worden genuanceerd. De belasting van de weg en de mate van slijtage van de infrastructuur zijn niet alleen afhankelijk van het gewicht, maar ook van de druk op de assen. Bij de langere vrachtauto's is het maximale gewicht wel groter, maar zijn er ook meer assen waarover de druk wordt verdeeld. Bij kunstwerken is het grotere gewicht wel een factor die ongunstig uitpakt bij de toepassing van de EN-normen.

De ecocombi is aan een geleidelijk opmars bezig op de Nederlandse snelwegen. In Nederland is het aantal tussen 2000 en 2014 toegenomen tot circa duizend. (Luman, 2014). Er zijn verschillende redenen dat de groei doorzet:

- Transporteurs zijn positief over de inzet van de ecocombi.
- De veiligheidsrisico's vallen mee.
- In een systeem van toenemend knooppunten wordt de ecocombi aantrekkelijker.
- Er blijft perspectief voor internationaal vervoer (zeker met de toenemende Europese focus op CO₂-beperking).

- Het sentiment rond de ecocombi verbetert met proeven in België en Duitsland.

96/53/EG richtlijn

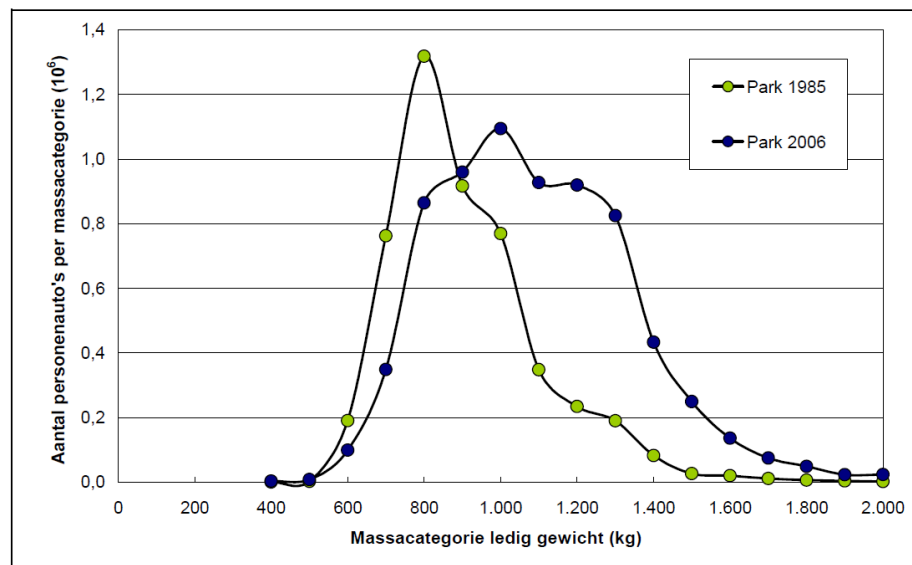
In 2014 hebben de Europese Commissie en het Europees Parlement overeenstemming bereikt over een nieuwe EC-richtlijn inzake nieuwe maten en gewichten voor trucks. Het betreft een herziening van de richtlijn 96/53/EG. De nieuwe trucks en trailers die worden gebouwd volgens de nieuwe EU-wetgeving, zullen in 2022 op de markt komen. Dat is ongeveer vijf jaar later dan oorspronkelijk de bedoeling was. Het uitstel wordt veroorzaakt door verzet van de truckindustrie, die meer tijd wil om nieuwe voertuigen te ontwikkelen.

3.5. Heterogeniteit voertuigen

In de afgelopen jaren is de heterogeniteit van voertuigen flink toegenomen. In deze paragraaf kijken we kort naar de verschillen in gewicht en naar de verschillen in voertuigcategorieën.

Verschillen in gewicht

In 2008 constateerde Schoon (2008) dat er steeds zwaardere personenauto's op de markt kwamen, waardoor de onderlinge verschillen tussen voertuigen in gewicht (vermogen) steeds groter werden. Dat is duidelijk te zien in onderstaande *Afbeelding 3.3*.



Afbeelding 3.3. Ontwikkeling in de massa van personenauto's, 2006 ten opzichte van 1985 (bron: CBS Statistiek van de motorvoertuigen).

De trend die Schoon constateerde heeft zich in recente jaren, tot ongeveer 2013, nog doorgezet (ICCTE, 2014). Over de jaren 2003-2013 is de CO₂-uitstoot van auto's verlaagd, hoewel het gemiddelde voertuiggewicht van nieuwe voertuigen is toegenomen (ICCTE, 2014). Tegelijkertijd halen fabrikanten een steeds groter vermogen uit kleinere motoren. Verdere verlaging van CO₂-uitstoot wordt mogelijk als fabrikanten voertuiggewicht en voertuig grootte verder inperken. In 2013 nam voor de eerste keer sinds

meerdere jaren het gemiddelde gewicht van nieuwe voertuigen in de EU af met 10 kilo (ICCTE, 2014).

Verschillen in voertuigcategorieën

Steeds vaker kiezen reizigers voor een vervoermiddel dat het beste past bij een bepaalde verplaatsing. Daarin speelt ook het toenemende gebruik van andere voertuigen dan auto, standaardfiets en ov een rol. In grote steden zien we bijvoorbeeld dat ouders meer bakfietsen zijn gaan gebruiken. In de afgelopen twintig jaar is het aantal verschillende soorten voertuigen in Nederland dan ook sterk toegenomen, denk bijvoorbeeld aan de Segway, brommobiel, scootmobiel, quad, golfkar en ligfiets.

Het gebruik van andere voertuigen hangt nauw samen met beschikbaarheid van auto of ov. Vooral op het platteland kan dit een probleem zijn, hoewel daar wel een inhaalslag is gemaakt ten aanzien van het autobezit. Vanaf midden jaren negentig hebben op het platteland vooral ouderen en vrouwen een grote inhaalslag gemaakt in de eigen beschikking over een auto (Thissen, 2011). Daarmee is de algemene bereikbaarheidssituatie op het platteland voor de meeste bewoners verbeterd, maar voor een steeds kleinere groep vervoersafhankelijke ouderen op het platteland, zijn de bereikbaarheidsproblemen juist groter geworden (Thissen, 2011). Autoloze ouderen kunnen wel kiezen uit steeds meer verschillende voertuigen, zoals elektrische fietsen, scootmobiel en brommobiel.

Het gebruik van voertuigen die afwijken van de hoofdnorm (auto, fiets en ov) hoeft niet per se tot problemen te leiden. Maar beleid, infrastructuur, educatie en voorlichting moeten dan wel een verstandige keuze van het vervoermiddel en het veilige gebruik van deze alternatieve vervoerwijzen faciliteren. In 2009 merkte de Raad voor het Landelijk Gebied al op dat een samenhangend beleid hierover nog ontwikkeld moet worden (RLG, 2009):

“Wat de ‘kleine’ mobiliteit betreft zal men – zeker op het platteland – in het verkeers- en infrastructuurbeleid veel meer rekening moeten gaan houden met het toenemend gebruik van elektrische fietsen, rollators en scootmobiel. Wat dat betreft staat het beleid nog in de kinderschoenen. Ook waar het gaat om de te verwachten stap van scootmobiel naar (aangepaste) golfcars voor binnenwijken winkel- en sociaal verkeer.”

3.6. Blik op 2050

In dit hoofdstuk keken we naar de trends in verschillende soorten voertuigen en naar de mogelijke gevolgen voor mobiliteit en verkeersgedrag. Om het hoofdstuk af te sluiten, blikken we kort vooruit naar de komende jaren tot 2050.

Gezien de Europese en Nederlandse ambitie om de CO₂-uitstoot in 2050 drastisch te verminderen (ten opzichte van 1990), is te verwachten dat het bezit en gebruik van schonere auto's actief gestimuleerd zal worden. Gekoppeld aan de voorspelling dat fossiele brandstofprijzen blijven toenemen, zal dit naar verwachting leiden tot een gestage groei van het aandeel schone auto's in het totale wagenpark. Extrapoleren we deze trend verder door naar de toekomst, dan zou in 2050 het merendeel van voertuigen in Nederland een schone technologie kunnen hebben. Dit geldt naar

verwachting ook voor vrachtverkeer. Naast schoner is de verwachting dat vrachtverkeer ook veiliger zal zijn. In 2050 zullen er systemen zijn die overbelading van vrachtwagens snel en effectief kunnen detecteren waardoor deze overtreding effectief zal zijn teruggedrongen. Dit kan naar verwachting bijdragen aan besparingen op onderhoud van wegen.

Hoewel niet iedereen even optimistisch is over de opkomst (en stimulering van) de elektrische auto, is te verwachten dat deze op langere termijn steeds meer terrein zal winnen in Nederland (en Europa). Een technologische doorbraak wat betreft capaciteit en oplaadsnelheid van de accu, kan er volgens deskundigen zorgen dat de elektrische auto in 2050 de concurrentieslag met de traditionele auto gewonnen heeft, en dat in 2050 het merendeel van auto's volledig elektrisch of hybride zal zijn. De kans op een dergelijke technologische doorbraak in de komende twintig jaar lijkt substantieel.

De elektrische fiets is in Nederland zeer sterk in opkomst. In 2013 was volgens RAI/BOVAG één op de vijf nieuw verkochte fietsen in Nederland een elektrische fiets. Als de populariteit van de elektrische fiets zich op deze wijze verder doorzet, is te verwachten dat in 2050 een groot deel van de fietsen elektrisch zal zijn. De hoge snelheden die met elektrische fietsen bereikt kunnen worden, noodzaken wellicht tot nieuwe normen voor kwaliteit en onderhoud van het fietsnetwerk.

Er is geen goede voorspelling te doen over hoe groot of belangrijk voertuigverschillen zullen zijn in 2050. Tot nu toe neemt de heterogeniteit alleen maar toe en er zijn geen signalen dat dit in de toekomst anders gaat worden.

4. Technologie en telematica

De snelheid van ICT-ontwikkelingen, en vooral de opkomst van smartphones en tablets, heeft in korte tijd een compleet nieuw landschap gecreëerd voor mobiliteitstoepassingen (Te Slaa & Hokke, 2014; Beter Benutten, 2014). We zien dan ook dat voertuigen steeds vaker worden uitgerust met intelligente informatieverwerkende systemen die de rijtaak kunnen ondersteunen of zelfs vervangen. Deze toenemende intelligentie van voertuigen verloopt langs drie sporen, die we in dit hoofdstuk nader uitwerken:

- rijtaakondersteunende systemen (*Paragraaf 4.1*);
- met elkaar communicerende voertuigen (*Paragraaf 4.2*);
- zelfsturende auto's (*Paragraaf 4.3*);

Voordat we de belangrijkste technologische ontwikkelingen bespreken, kijken we eerst naar het Nederlandse beleid, de situatie in andere landen en naar een andere belangrijke ontwikkeling: het voertuig als databron.

4.1. Beleidsontwikkelingen

Nederlands beleid

Het kabinet wil dat Nederland een voortrekkersrol vervult bij de ontwikkeling van zelfrijdende voertuigen en systemen waarbij auto's met elkaar en met verkeerscentrales communiceren. Daarom heeft de ministerraad begin 2015 ingestemd met aanpassing van de regels zodat grootschalige testen op de openbare weg met zelfrijdende auto's en vrachtwagens mogelijk worden.

Nederland zoekt ook samenwerking met het buitenland om de mogelijkheden van communicerende voertuigen beter te benutten. Zo werken Nederland, Duitsland en Oostenrijk samen om op de corridor Rotterdam-Frankfurt-Wenen coöperatieve intelligente transportsystemen (ITS) te ontwikkelen. Een ander voorbeeld is de 'Roadworks Warning-dienst', die weggebruikers moet informeren dat zij een fysieke afbakening op of naast de weg naderen (zoals wegwerkzaamheden of versperringen). Bij 'Probe Vehicle Data' gaat het erom data van voertuigen naar de wegkant te verzenden en zo de verkeersinformatie te verbeteren. Daarnaast hebben Oostenrijk en Nederland samen de ambitie om ook 'in vehicle signage' mogelijk te maken, waarmee wegkant informatie naar voertuigen wordt gezonden (MAPzine, 2015).

Wereldwijde ontwikkelingen

In verschillende landen wordt gewerkt aan de ontwikkeling van een zelfsturende auto. Zo wordt binnen de EU-projecten Adaptive en AutoNet2030 nieuwe technologie voor automatisch rijden ontwikkeld en getest. En in Zweden, Groot-Brittannië en ook in Nederland lopen al verschillende proeven met automatisch rijden (TrafficQuest, 2015). Net als in de VS, waar grote bedrijven als Google, Apple en Ford zich inspinnen om de zelfsturende auto op relatief korte termijn te introduceren.

Wereldwijd verwachten experts dat veel, of zelfs alle voertuigen al vóór 2050 zullen zijn uitgerust systemen die de rijtaak geheel kunnen overnemen. De introductie van dit soort systemen is echter niet alleen een kwestie van technologische ontwikkelingen, maar is ook afhankelijk van economische,

juridische en andere factoren. Bovendien is het de vraag in hoeverre er behoefte is aan met name volledig automatische systemen die de rijtaak overnemen: wat technologisch kan en wat mensen willen, ligt niet altijd in elkaars verlengde (RLI, 2015; Eenink & Valkveld, 2013). Desalniettemin is de verwachting dat het aantal intelligente auto's op de Nederlandse wegen in de komende jaren sterk toenemen (Business en IT, 2015).

Voertuigen als databron

Slimme informatietechnologie is de drijfveer achter de verschillende technologische ontwikkelingen in auto en infrastructuur (Timmer & Kool, 2014). Naarmate voertuigen en infrastructuur worden uitgerust met meer slimme technologie, explodeert de stroom gegevens die zij gaan uitzenden. Dit leidt niet alleen tot een explosie van gegevens, maar ook van mogelijke toepassingen. De rol van data in mobiliteit verandert daarmee fundamenteel: data komen centraal te staan in het functioneren en organiseren van mobiliteit, vertolken een belangrijke waarde en vormen de basis voor nieuwe verdienmodellen.

Data over het gebruik van het voertuig kunnen betrekking hebben op verschillende aspecten: locatie, rijnsnelheid, rem- en acceleratietijd, activering van veiligheidssystemen, status van motor en onderdelen, gordelgebruik, telefoon- en radiogebruik en het aantal mensen in de auto. De gegevens kunnen worden ingezet voor de monitoring van de prestaties van de auto en betere afstemming van onderhoud. Zo voert autofabrikant Tesla zelfs onderhoud uit door software-updates te installeren via wifi. Maar er zijn ook andere toepassingen mogelijk, bijvoorbeeld op het gebied van entertainment of marketing (Timmer & Kool, 2014).

Het voertuig is een mogelijke nieuwe databron voor de verkeersmanager en wegbeheerders. Hoewel privacyvraagstukken nog niet volledig beantwoord zijn, zouden data vanuit voertuigen gebruikt kunnen worden voor andere toepassingen die hiervan gebruik maken. Door het gebruik van voertuigdata over de staat van de infrastructuur en omgeving (zoals de conditie van de weg en het weer), zijn er bijvoorbeeld minder dure verkeerssensoren nodig. Ook vanuit het bedrijfsleven is er veel interesse voor dit soort voertuigdata, om gericht diensten voor weggebruikers te kunnen ontwikkelen en aanbieden (Beter Benutten, 2014).

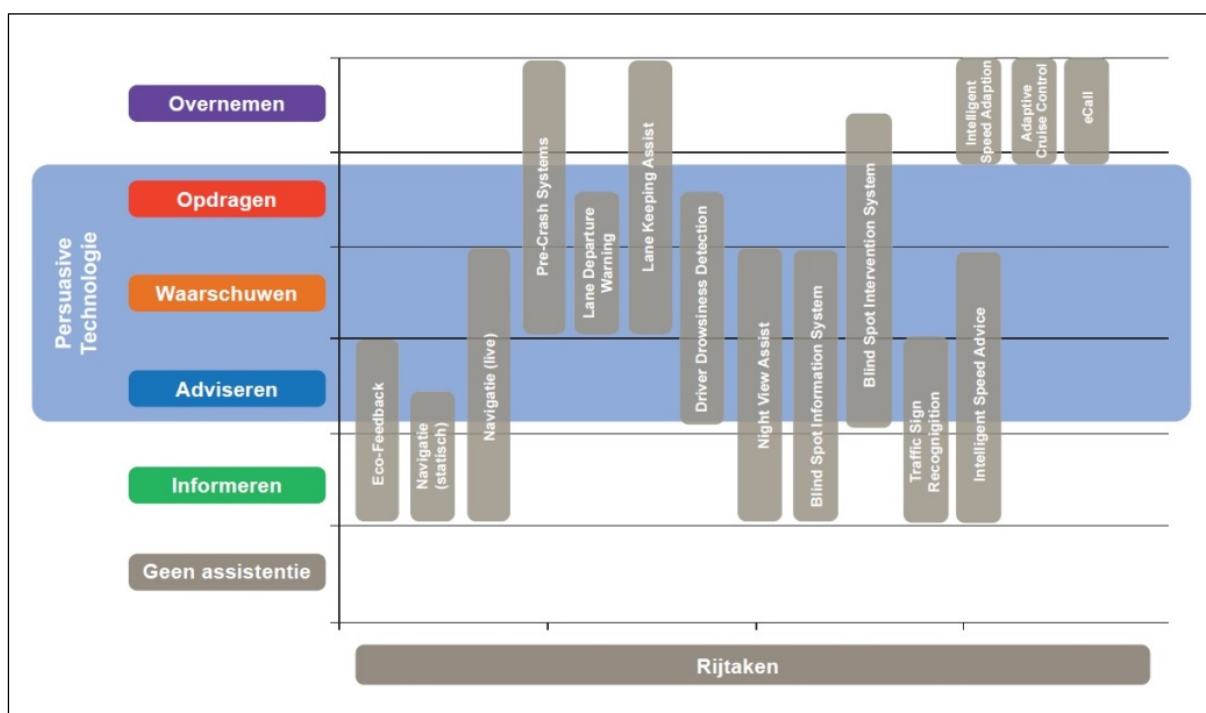
4.2. Rijtaakondersteunende systemen

De moderne, intelligente auto is uitgerust met een breed scala aan intelligente technologische systemen die de bestuurder bijstaan en aanvullen. ABS, ESC, ACC en LDW7 zijn slechts enkele van de vele afkortingen die de auto rijk geworden is (Timmer et al., 2013). Over een tijdsspanne van circa tien jaar is bij meerdere rijtaakondersteunende systemen een ontwikkeling te onderscheiden van waarnemen naar waarschuwen naar (licht tot volledig) ingrijpen.

De rijtaakondersteuning betreft een breed scala aan technologische toepassingen (zie voor meer details ook Timmer et al., 2013). Daarbij zijn zogeheten persuasieve en dwingende (daadwerkelijk automatiserende) technologieën te onderscheiden. De algehele trend is dat nieuwe voertuigseries steeds meer van beide technologieën aan boord hebben, en dat deze

technologieën steeds verder opschuiven naar de dwingende kant (Timmer et al., 2013).

In *Afbeelding 4.1* zijn rijtaakondersteunende systemen ingedeeld op een schaal van 'geen assistentie naar volledig overnemen van de rijtaak. Het eerste wat opvalt, is dat persuasieve elementen in veel van de systemen een rol spelen ook in de systemen die ingrijpen in de rijtaak wordt éérs beroep gedaan op de bestuurder via verschillende vormen van waarschuwing (Timmer et al., 2013).



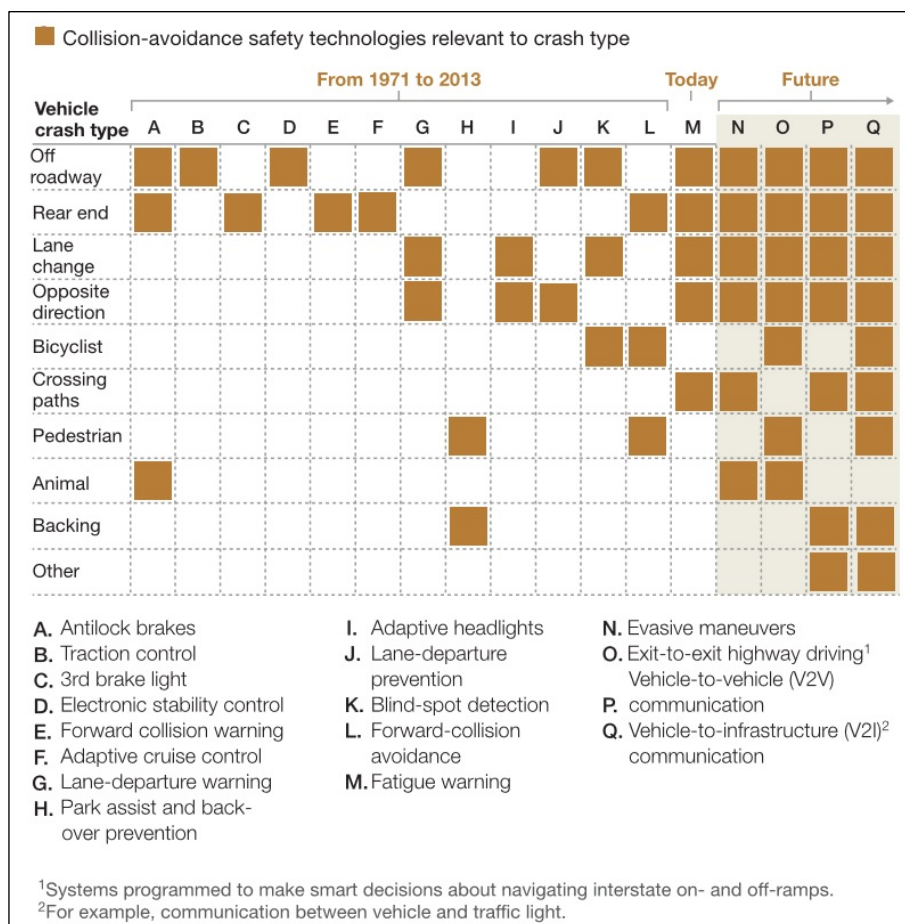
Afbeelding 4.1. *Rijtaakondersteunende systemen ingedeeld naar type persuasieve technologie (Timmer et al., 2013)*

Als tweede valt op dat een groot deel van de systemen de bestuurder ondersteunen in een bepaalde vorm van waarneming (Timmer et al., 2013). Met uitzondering van ACC, eCall en de ingrijpende variant van ISA, zijn alle veiligheidsbevorderende systemen gericht op waarnemen van verkeersdeelnemers, positie op de weg en verkeersinformatie. De continue scherpe oplettendheid die computers hier brengen, is precies hetgeen waar de machine in uitblinkt, maar waar mensen minder goed in zijn. Met behulp van sensoren wordt de menselijke waarneming uitgebreid. Dit gebeurt op verschillende aspecten: ruimtelijk, milieu-impact (eco-feedback) en temporeel (Timmer et al., 2013).

Het *ruimtelijk* aspect betreft ondersteuning van de waarneming door bijvoorbeeld de objectieve afstand tot een voorligger weer te geven, of bij navigatie het zichtveld tot voorbij de horizon uit te breiden om zo aankomende files en daarop inspelende alternatieve routes zichtbaar te maken. *Eco-feedback* maakt de impact of effecten van het rijgedrag op het milieu zichtbaar en vergroot op deze manier de waarneming. Het *temporele* aspect komt voort uit het feit dat de systemen gegevens opslaan over snelheid en

rijgedrag, waardoor ook veranderingen van het rijgedrag over tijd zichtbaar worden gemaakt (Timmer et al., 2013).

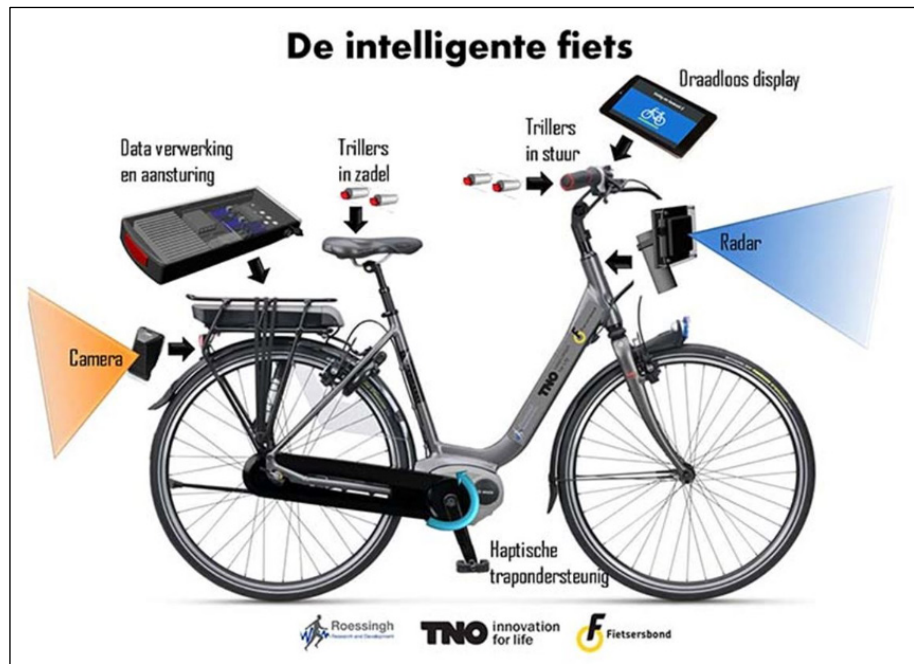
McKinsey (Gao et al., 2014) voorspelt dat rijtaakondersteunende systemen in de toekomst vrijwel alle denkbare ongevalssituaties kunnen helpen voorkomen (Zie Afbeelding 4.2).



Afbeelding 4.2. Rijtaakondersteunende systemen voor verschillende categorieën ongevallen (Gao et al., 2014).

4.2.1. Intelligente fietsen

TNO ontwikkelde binnen het project 'Veilig en Bewust op de Fiets' een intelligente fiets met een informatie- en waarschuwingssysteem dat zorgt voor veiliger en comfortabeler fietsen (TNO, 2014). De fiets kan met een radar aan de voorkant obstakels zoals paaltjes en geparkeerde auto's detecteren. Ook waarschuwt de fiets voor achteropkomend verkeer via een camera achterop. Dit waarschuwen gebeurt met een trilsignaal, onder andere vanuit de handvatten. In 2015 is de intelligente fiets in de praktijk getest om het systeem verder te verbeteren en naar de markt te brengen. Afbeelding 4.3 laat zien hoe zo'n fiets eruitziet.



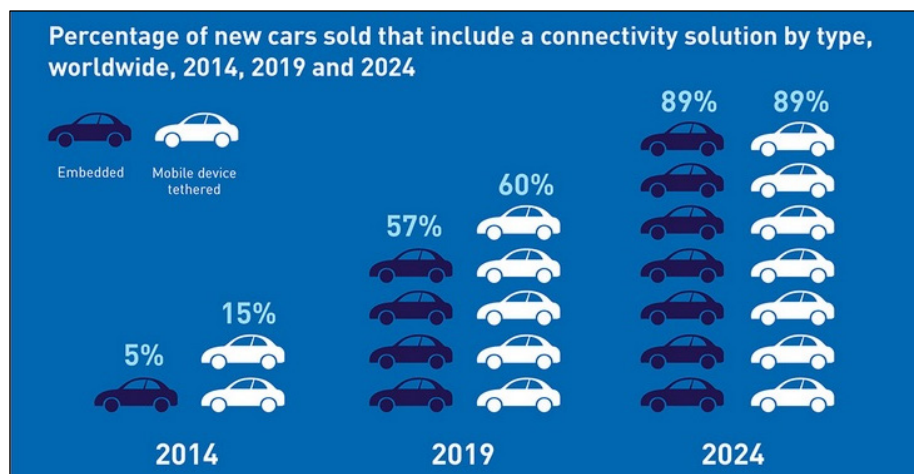
Afbeelding 4.3. De intelligente fiets (bron: TNO, 2014).

4.3. Met elkaar communicerende voertuigen

In de komende tien jaar zullen steeds meer auto's via het internet verbonden zijn met elkaar en met de wegwijk. Daarmee komen ook meer en nieuwe toepassingen van intelligente transportsystemen (ITS) in het Nederlandse autoverkeer terecht.

Opkomst van de met internet verbonden auto

De internationale voorspellingen over de verkoop van met internet verbonden auto's zijn erg positief. Zo voorspelt onderzoeksbureau BI Intelligence dat in 2020 75% van de wereldwijd verkochte personenauto's met internet verbonden zal zijn (Greenough, 2015). Volgens Mullooly en Mackenzie (2014) heeft in 2024 90% van de nieuw verkochte auto's een verbinding met het internet (Afbeelding 4.4).



Afbeelding 4.4. Voorspelling over groei nieuw verkochte auto's met een internetverbinding (bron: Mullooly & Mackenzie, 2014).

De ontwikkelingen op het gebied van ITS volgen elkaar snel op: van 'connected' en coöperatief tot autonoom rijden. *Afbeelding 4.5* illustreert de mogelijke toepassingen van ITS op het terrein van mobiliteit en verkeersveiligheid.



Afbeelding 4.5. Toepassingen ITS (bron: ETSI, 2012).

De verschillende mogelijkheden van ITS zoals getoond in *Afbeelding 4.5* (onder andere navigatie, veiligheid, ongevalsvermijding, voertuig-tot-voertuig-communicatie, reisadvies, routeplanning, veiligheidssystemen) kunnen versneld worden toegepast wanneer coöperatieve systemen in de vorm van verbonden auto's een realiteit zijn.

In een coöperatief voertuig-wegkantsysteem staan voertuigen, verkeerssystemen langs de weg en verkeerscentrales continu met elkaar in verbinding. Dit geeft (bestuurders van) voertuigen veel meer informatie, waardoor deze voertuigen betere keuzes kunnen maken met betrekking tot route en rijgedrag. Dat is niet alleen fijn voor het individu, maar draagt ook bij aan maatschappelijke doelen, zoals betere doorstroming, veiliger verkeer en verbeterde leefbaarheid. Het gaat veel verder dan de file- en omleidingsinformatie die mensen nu via navigatiesystemen, boordcomputers of smartphones ontvangen. In een coöperatief systeem is er namelijk ook contact met de omgeving. Daarom wordt gesproken over 'talking traffic': het voertuig praat als het ware met andere voertuigen en met de verkeerssystemen langs de weg, in een straal van een paar honderd meter. Dit vraagt om een slimme architectuur en een nieuwe manier van (samen)werken.

In 2014 hebben het Europese Telecommunicatie en Standaardisatie Instituut (ETSI) en de internationale standaardiseringsorganisatie CEN de eerste sets met technische standaards bepaald voor de informatie-uitwisseling tussen voertuigen onderling en tussen voertuigen en wegwakant.

Nederlandse visie op coöperatieve systemen: Beter Benutten

Wat betreft de architectuur maakt Beter Benutten het onderscheid in drie functionele domeinen inzake de communicatie tussen voertuig en wegwakant. *Afbeelding 4.6* beschrijft deze domeinen en geeft de status ervan weer (Beter Benutten, 2014).

Als er bijvoorbeeld sprake is van een wegafzetting, dan kunnen weggebruikers op de volgende manieren via de functionele domeinen beïnvloed worden:

- Netwerk: op 50 kilometer afstand wordt een weggebruiker op basis van zijn agenda geattendeerd op filevorming en geadviseerd vroeger te vertrekken.
- Netwerk: op 5 kilometer afstand krijgt de weggebruiker via een navigatiesysteem een voorstel om een andere route te nemen vanwege een wegafzetting. Hierbij is de tijdswinst van het advies aangegeven.
- Lokaal: op 500 meter afstand adviseert het bord van de wegafzetting de auto rechtstreeks dat er nu echt van rijstrook moet worden gewisseld.
- Autonoom: op 50 meter afstand detecteert de auto het bord van de wegafzetting en remt geheel zelfstandig, precies op tijd.

Domein:	Netwerk	Lokaal	Autonoom
Doelbereik:	50-5km	500m	50-0m
Primair functiedomein:	Pre- en on-trip navigeren	Positie voertuig in verkeersstroom	Direct reageren op omgeving
Infrastructuur:	Long-range	Short-range	nvt
Voorbeelden van gebruikte technologie:	Internet, Cellular telecom, TMC, DAB	Wifi-p	Camera, Radar
Status:	Vindt nu veel diensten-ontwikkeling plaats gestimuleerd door programma's en projecten. Benodigde long-range infrastructuur is ruimschoots aanwezig.	Alleen proefprojecten, nog geen diensten-ontwikkeling door het ontbreken van een gedeelde short-range basis-infrastructuur. Hierdoor worden veel potentiële veiligheids-, efficiëntie- en milieubaten niet benut. Zonder overheidsinterventie komt dit domein niet zelfstandig tot stand.	Automotive industrie is hier zelfstandig aan het ontwikkelen richting geautomatiseerd rijden. Nu geen noodzaak voor stimulering vanuit overheid. Mogelijk wel overheidsactie nodig mbt data-eigendom, level playing field, marktontwikkeling.

Afbeelding 4.6. Indeling van slimme mobiliteit in drie functionele domeinen volgens Beter Benutten (2014).

De Beter Benutten-groep constateert dat er veel ontwikkeling plaatsvindt op de domeinen netwerk en autonoom, maar dat de ontwikkeling van het lokale domein achterblijft. Er vinden proeven plaats in binnen- en buitenland, maar een gezonde markt die zichzelf in stand houdt komt vooralsnog niet van de grond (Beter Benutten, 2014).

Hieronder noemen we een aantal mogelijke (effecten van) slimme oplossingen op lokaal niveau (Beter benutten, 2014):

- gerichte kruispuntprioritering voor verschillende groepen zoals vrachtovervoer, hulpdiensten of openbaar vervoer;
- efficiënte afhandeling van evenementenverkeer en bij wegwerkzaamheden door betere informatievoorziening in het voertuig;
- minder 'zoekverkeer' naar parkeerplaatsen door parkeerplaatstoewijzing op maat;
- realtime-data uit auto's (bijvoorbeeld over de staat van het wegdek) benutten voor efficiënter wegonderhoud;
- systemen in de auto die waarschuwen als de auto bijvoorbeeld een school, tunnel, afzetting of andere potentieel risicovolle situatie nadert;
- minder dure verkeerssensoren dankzij het gebruik van voertuigdata;
- snellere afhandeling van verstoringen of bij calamiteiten zonder tussenkomst van een (relatief dure) verkeerscentrale;
- efficiëntere handhaving van de maximumsnelheid.

Onderzoek naar coöperatieve systemen

Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS) richten zich op verhoogde verkeersveiligheid en op verbeterde verkeersdoorstroming met gebruikmaking van bestaande weginfrastructuur: slim benutten in plaats van nieuwe wegen aanleggen. Hierdoor kan C-ITS een bijdrage leveren aan de verduurzaming van ons mobiliteitssysteem. Het Europese FREILOT-project heeft bijvoorbeeld in Helmond aangetoond dat met behulp van C-ITS-technologie een besparing van 13% op brandstofgebruik en CO₂-emissie in het vrachtoverkeer in stedelijke gebieden kan worden behaald. Na enkele jaren van testen komen C-ITS-diensten in de komende jaren daadwerkelijk naar de markt.

In het Europese Compass4D-project (www.compass4d.eu) vinden momenteel in zeven Europese steden, waaronder Kopenhagen, Verona en Helmond, opnieuw proeven plaats om het verkeer duurzamer te maken met deze technologie. Nadrukkelijk gaat het hier echter om 'deployment': als de proeven slagen, worden de systemen ook daadwerkelijk ingevoerd in de zeven pilotsteden en vervolgens uitgerold naar andere steden.

'Connected cars'

De ANWB is in 2014 begonnen met een proef onder duizend ANWB-leden rond de 'connected car'. Door de gegevens uit de zogenaamde CAN-bus van de auto via internet te verzenden, komen gegevens over de auto beschikbaar. Er wordt bijvoorbeeld informatie gemeten over accu spanning, benzineverbruik, locatie, snelheid en de CO₂-uitstoot.

Deze proef moet uitwijzen of automobilisten geld kunnen besparen, veiliger kunnen rijden en of autopech kan worden voorspeld. Zo kunnen gegevens over de accu spanning de automobilist helpen om problemen met de auto op te lossen of te voorkomen. 'Connected cars' kunnen bijvoorbeeld ook het brandstofverbruik volgen en inzicht geven in de gevolgen van de rijstijl. Ook

is het op termijn mogelijk onveilige verkeerssituaties te herkennen of elkaar te waarschuwen bij gevaar.

Meningen van Nederlandse automobilisten over 'connected cars'

Online-automarktplaats AutoScout24 doet elk jaar onder ruim 8.800 Europeanen onderzoek naar de auto van de toekomst. In 2015 werden daarbij ook duizend Nederlanders ondervraagd (AutoScout24, 2015). Daaruit blijkt dat de Nederlandse automobilist nog niet warmloopt voor online-toepassingen en gadgets in zijn auto, tenzij het praktische toepassingen zijn, zoals filewaarschuwing en gevaarherkenning. Terwijl Spaanse en Italiaanse automobilisten zich in groten getale uitspreken voor een snelle internetverbinding in de auto en entertainmentmogelijkheden voor medepassagiers, vinden Nederlandse automobilisten dit minder noodzakelijk. Slechts twee op de vijf Nederlanders vindt het bijvoorbeeld belangrijk dat zijn auto in de toekomst over een internetverbinding beschikt. Wat opvalt, is dat vooral Nederlandse vrouwen menen dat een online verbonden auto geen meerwaarde heeft.

Praktische onlinetoepassingen kunnen op meer waardering rekenen van de Nederlandse automobilist. Zo geeft 63% van de Nederlandse respondenten (vooral mannen) aan dat filewaarschuwing (en het voorstellen van een alternatieve route) een absolute vereiste is. Gevaarherkenning en de mogelijkheid dat de auto autonoom in kan grijpen om ongelukken te voorkomen, is voor bijna 80% van de Nederlandse respondenten een belangrijke toepassing in de auto van de toekomst.

Ook over andere gadgets in de auto zijn Nederlanders kritischer dan de rest van Europa. Zo ziet minder dan de helft van onze landgenoten voordeel in een auto die zelfstandig kan parkeren. Het aantal Europeanen dat een dergelijke feature wel ziet zitten, ligt met 66% beduidend hoger. Het zijn vooral de Fransen, Spanjaarden en Italianen die de auto het parkeerwerk willen laten doen

Europese fabrikanten en 'connected cars'

Het marktonderzoeksbureau PAC heeft (in opdracht van ICT-adviesbureau Cognizant) in Nederland, Frankrijk, Duitsland, Italië, Spanje en Zweden en het Verenigd Koninkrijk onderzoek gedaan naar de 'connected car' (PAC, 2015). Er werd onderzocht wat de strategieën van Europese autofabrikanten zijn om 'connected car'-technologieën en -diensten te ontwikkelen en in te zetten door gebruik te maken van 'cloud computing', 'Big Data' en 'Internet of Things'.

Europese autofabrikanten menen dat 'connected car'-diensten in de toekomst een vereiste worden van klanten (98%). Het onderzoek laat zien dat er momenteel twee groepen kunnen worden onderscheiden als het gaat om 'connected cars' in de Europese auto-industrie. Ten eerste zijn er 'early adopters' die al diensten in de markt aanbieden of hun oplossingen en diensten uitrollen (35%). De andere groep (55%) is momenteel bezig met het ontwikkelen en ontwerpen van hun versie van de 'connected car'.

De meest aangeboden diensten op dit moment zijn milieu- (69%), nieuws- (61%) en navigatiediensten (52%). Op de middellange termijn zal dit verschuiven naar rij-assistentie (21%) en veiligheidsdiensten (14%). De

ontwikkeling van 'connected car'-technologieën bereikt hiermee een steeds grotere mate van volwassenheid.

Voor het succesvol ontwikkelen van 'connected cars' is het van belang dat er verdere standaarden komen voor technologie, softwareontwikkeling en dienstverlening. Toch verschillen de meningen enorm als het gaat over hoe dit moet worden gedaan en welke standaarden moeten worden toegepast (zie ook *Paragraaf 4.3*). Voor 38% van de respondenten is het gebrek aan geconsolideerde standaarden een uitdaging. Daarnaast zijn ondervraagden bezorgd over nieuwkomers op de markt (36%) en de integratie van verschillende technologieën en ecosystemen van dienstverleners (35%).

Autofabrikanten zijn van mening dat bestaande bedrijfsmodellen tevens moeten worden aangepast. Hieronder vallen een consistente gebruikerservaring (72%) en een adequaat facturatiemodel (70%). Beiden zijn nog steeds grote uitdagingen in de sector. Ondanks bezorgdheid om de beveiliging van 'connected cars', biedt 42% van de autofabrikanten al beveiligingsdiensten aan, zoals het volgen van een gestolen voertuig. Van de respondenten is 20% van plan deze dienst in de nabije toekomst te introduceren.

Over het algemeen heeft de meerderheid van de Europese autofabrikanten vertrouwen in hun eigen competenties om 'connected car'-oplossingen te ontwikkelen. Daarbij is de meerderheid van plan om samen te werken met externe dienstverleners (69%). De meest gevraagde diensten zijn softwareontwikkeling (95%), beveiliging (90%) en testdiensten (87%). Consulting en IT-diensten zijn voor meer dan 30% van de Europese autofabrikanten erg belangrijk.

Autofabrikanten investeren met name in beveiliging, infotainment en connectiviteit in de auto. Toch zijn er bepaalde overwegingen die sommige organisaties ervan weerhouden om meer te investeren in de ontwikkeling van 'connected car'-oplossingen. Van alle ondervraagde CxO's (Chief Experience Officers) geeft 64% aan dat de 'connected car' momenteel geen focus is en 50% maakt zich zorgen over de kosten die dit met zich meebrengt. Daarnaast is 23% van de Europese autofabrikanten terughoudend om te investeren door onduidelijkheid over de klantverwachtingen en hoge operationele kosten (18%).

4.4. Zelfsturende auto's

De zelfsturende auto, een reeds lang bestaand toekomstbeeld, komt de laatste jaren steeds dichterbij (Timmer & Kool, 2014). Prototypes demonstreren de snel voortschrijdende stand van de techniek. Autofabrikanten kondigen aan dat binnen afzienbare tijd zelfsturende voertuigen op de markt kunnen komen. De reden waarom dit toekomstbeeld wordt nagejaagd, is meer dan de vrijheid om de handen van ons stuur te halen: de zelfsturende auto belooft een veiliger, duurzamer en efficiënter vervoerssysteem. Verkeersongevallen, die voor het grootste deel veroorzaakt worden door menselijk falen of onvoorzichtig handelen, zouden kunnen worden voorkomen. Files en brandstofverbruik kunnen worden teruggedrongen als intelligente auto's dicht op elkaar in 'treintjes' gaan rijden.

Robotauto versus coöperatieve auto

Als we de verschillende benaderingen van de zelfsturende auto naast elkaar leggen, zijn er twee dimensies. Aan de ene kant is er de benadering om de infrastructuur zo 'dom' mogelijk te houden en alle intelligentie in de auto's te stoppen: slimme auto's op domme wegen. Aan de andere kant van het spectrum is juist de auto zo dom mogelijk en wordt vanuit een intelligente wegwijk gewerkt: domme auto's op slimme wegen. Deze twee dimensies, de mate van intelligentie in de infrastructuur en de mate van intelligentie in de auto, zijn van belang om de verschillende ontwikkelingspaden rondom de zelfsturende auto te begrijpen (Timmer & Kool, 2014).

De ontwikkelingsrichting van robotauto's is radicaal anders dan de coöperatieve benadering. Google produceert prototypes van robotauto's zonder stuur en pedalen en stelt in één keer te willen overstappen naar volledig automatisch rijden. De prototypes zijn kleine auto's met een maximumsnelheid van 40 kilometer per uur, ontworpen voor korte ritten in een stedelijke omgeving (Markoff, 2014; in Timmer & Kool, 2014). Het coöperatieve rijden gaat daarentegen uit van een meer stapsgewijze ontwikkeling: de voertuigen worden eerst 'connected' gemaakt, waarna eerst het rijden op de snelweg kan worden overgenomen. Het ontwikkelingsspoor naar robotauto's kan voor Nederland en Europa worden gezien als een disruptieve innovatie – een innovatie waardoor een nieuwe markt ontstaat -, die een andere werkwijze tot gevolg heeft dan waar jarenlang in beleid op is ingezet (Timmer & Kool, 2014).

Zonder afspraken over communicatiestandaarden zullen de systemen van autofabrikanten, wegbeheerders en verkeersindustrie incompatibel worden, en zal de synergie tussen hun afzonderlijke systemen beperkt blijven (Timmer & Kool, 2014).

Van rijtaakondersteuning naar volledige automatisering van de rijtaak

Deskundigen verwachten een evolutionaire ontwikkeling van toenemende automatisering van personenvoertuigen (Martens, 2014). Eerst worden specifieke deeltaken van autorijden geautomatiseerd, daarna wordt het rijden onder specifieke omstandigheden geautomatiseerd en ten slotte is er sprake van automatisch rijden in alle omstandigheden. *Tabel 4.1.* schetst het verwachte verloop van automatiseringsniveaus.

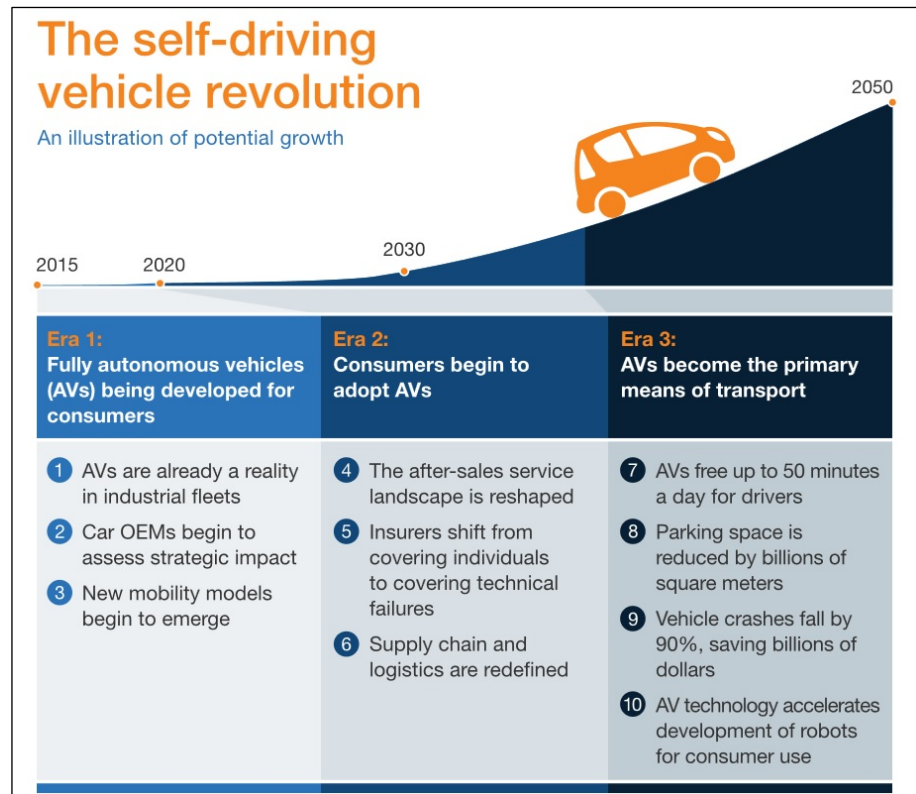
Niveaus van automatisering volgens Society of Automotive Engineers SAE		Toelichting (bron: Martens, 2014)
SAE 1	Driver assistance	Hierbij kan ofwel het sturen (de laterale rijtaak) ofwel het gasgeven en remmen (de longitudinale rijtaak) onder bepaalde omstandigheden worden overgenomen of ondersteund. De mens voert hierbij alle overige rijtaken uit en moet actief de omgeving in de gaten houden en er continu klaar voor zijn om eventueel dit deel van de rijtaak weer over te nemen.
SAE 2	Partial automation	Op dit niveau voert het systeem zowel de longitudinale als de laterale rijtaak uit onder bepaalde omstandigheden. De mens blijft hier ook echter verantwoordelijk voor het actief monitoren van de omgeving.
SAE 3	Conditional automation	Vanaf niveau 3 regelt het systeem niet alleen de laterale en longitudinale rijtaak, maar neemt het systeem ook de bredere omgeving waar.
SAE 4	High Automation	Het systeem kan zelfs met situaties omgaan waarbij de bestuurder niet meer adequaat reageert op een verzoek om de rijtaak weer over te nemen en dus bijvoorbeeld zelf een auto aan de kant kan zetten. Het wil echter nog niet zeggen dat het systeem onder alle condities en omstandigheden de rijtaak veilig over kan nemen.
SAE 5	Full automation	Bij niveau 5 kan een automatisch systeem alles onder alle omstandigheden zelf en kan de auto dus ook zonder mens erin op pad. Dit stadium wordt ook wel autonomous driving genoemd.

Tabel 4.1. Niveaus van automatisering volgens Society of Automotive Engineers SAE.

Meest realistisch op korte en middellange termijn zijn geautomatiseerde systemen (Van Wees 2015):

- die de bestuurder assisteren (bestuurder ‘in the loop’);
- die zelfstandig ingrijpen in noodsituaties (redden wat er te redden valt);
- die slecht onder bepaalde condities ‘op de automatische piloot’ kunnen rijden (‘platooning’ op de snelweg);
- die ‘people movers’ zijn (kleine, lichte voertuigen, lage snelheden, geografisch beperkt).

Deskundigen van onderzoeksinstituut McKinsey verwachten dat tussen 2030 en 2050 de zelfsturende auto de plaats van de traditionele auto geleidelijk aan zal overnemen (*Afbeelding 4.7*; Gao et al., 2014).



Afbeelding 4.7. Verwachte wereldwijde groei van zelfsturende auto's (Autonomous Vehicles AV) volgens McKinsey (Gao et al., 2014).

Volgens McKinsey is de economische impact van de 'driverless car' op ons leven enorm (Gao et al, 2014). De verwachting is dat tussen 2025 en 2030 de eerste, grote groep chauffeurs zal 'overstappen' en het stuur uit handen geeft. Tien jaar later zal de zelfsturende auto naar verwachting breed geaccepteerd zijn.

4.5. **Blik op 2050**

ICT dringt steeds vollediger en dieper door in het dagelijks leven. Er worden grote voordelen verwacht van ICT voor een veilig en efficiënt wegverkeer, maar het kan ook een (extra) bron van afleiding vormen, afhankelijk hoe het wordt ingezet. In 2050 zullen ICT-toepassingen in het verkeer op grotere schaal worden toegepast op allerlei typen wegen, en op allerlei typen voertuigen, zo is de verwachting. Concreet zijn die verwachtingen als volgt.

In 2050 zullen er naar verwachting meer personenauto's zijn uitgerust met rijtaakondersteunende systemen die assistentie bieden voor verschillende verkeerssituaties (invoegen, afstand houden, juiste snelheid, routekeuze, kruispunten, signalering kwetsbare deelnemers, nachtelijk rijden). Dergelijke systemen kunnen in principe bijdragen aan de verkeersveiligheid en aan het voorkomen van ongevallen, mits ze niet te veel afleiden of de werkdruk van weggebruikers te veel laten toenemen. Of weggebruikers die systemen ook optimaal zullen willen benutten en of die systemen ook goed aansluiten op specifieke behoeften van mensen met beperkingen, zal echter nog moeten blijken.

Ook zullen in 2050 naar verwachting coöperatieve auto's, en mogelijk ook zelfsturende auto's, een onderdeel van het straatverkeer zijn. Gezien de explosieve penetratie van ICT-toepassingen in verschillende domeinen van het dagelijkse leven, en gezien het Europese en Nederlandse beleid om coöperatieve auto's te stimuleren, is te verwachten dat in 2050 het merendeel van alle nieuwe auto's en vrachtauto's in Nederland met het internet en met elkaar verbonden zijn. Mogelijk maken ook tweewielers onderdeel uit van het verbonden netwerk.

De miljarden euro's of dollars die de Europese en Amerikaanse auto-industrie in de ontwikkeling van zelfsturende auto's investeren, doet vermoeden dat de opkomst van de zelfsturende auto zeker is. Volgens Amerikaanse experts zal de zelfsturende auto tussen 2030 en 2050 sterk opkomen en het autoverkeer qua veiligheid, capaciteit, en beleving revolutionair veranderen. Er is echter minder zekerheid over welke variant van de zelfsturende auto – de robotauto of de coöperatieve auto – in Europa de overhand zal krijgen.

Een andere vraag is welk deel van de automobilisten het autorijden werkelijk uit handen wil geven. Internationale experts die een snelle opkomst van de zelfrijdende auto verwachten, laten zich zelden uit over de vraag of alle automobilisten werkelijk enthousiast zullen zijn om het stuur geheel uit handen te geven.

5. Demografische veranderingen

Dit hoofdstuk beschrijft de grote demografische veranderingen in Nederland waarmee we in de komende twintig tot dertig jaar te maken krijgen. De demografische veranderingen hebben betrekking op samenstelling en omvang van de Nederlandse bevolking; een grote trend daarin is de vergrijzing. In de volgende paragrafen gaan we nader in op deze trends en hun (verwachte) invloed op mobiliteit en verkeersgedrag.

5.1. Invloed van bevolkingsgroei en samenstelling op mobiliteit

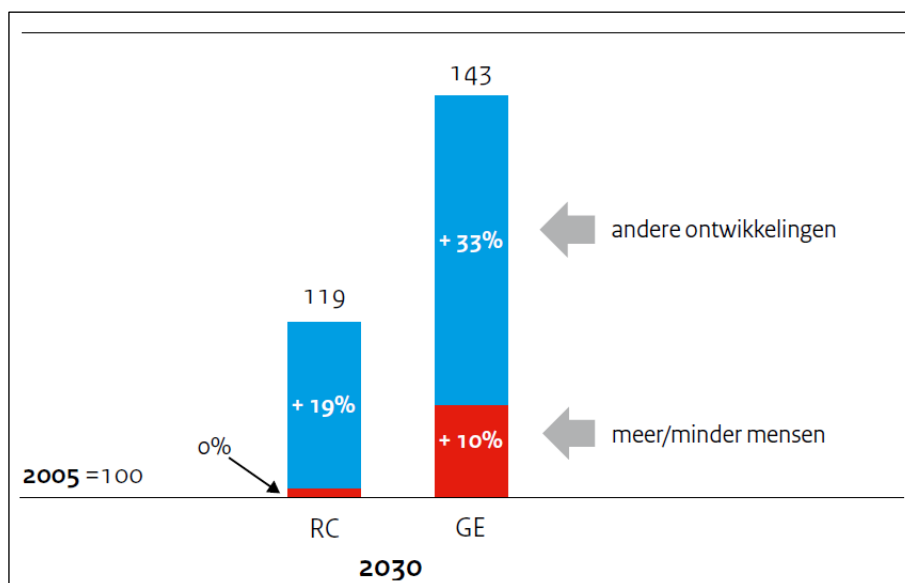
Harms et al. (2011) voerden een analyse uit naar de effecten van de veranderende bevolkingsomvang en samenstelling op het autoverkeer op het Nederlandse hoofdwegennet. Om effecten van omvang en samenstelling van de bevolking te onderzoeken, maakten de onderzoekers gebruik van het Landelijk Model Systeem (LMS) van de toenmalige Dienst Verkeer en Scheepvaart (DVS) van Rijkswaterstaat. Het Landelijk Model Systeem (LMS) is een instrument om de toekomstige mobiliteit in Nederland te schatten bij verschillende scenario's, en om de effecten door te rekenen van infrastructuurprojecten en beleidsmaatregelen op landelijke schaal. Het LMS wordt veelvuldig gebruikt bij de voorbereiding van beleidsdocumenten (zoals het *Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer* uit 1990 en de *Nota Mobiliteit*) en om invoer te leveren voor kosten-baten analyses. Het LMS is ontwikkeld en regelmatig geactualiseerd door een team van onderzoekers. In de studie van Harms is aangesloten op de bestaande Welvaart en Leefomgeving-scenario's (WLO-scenario's) van de gezamenlijke planbureaus. Er is steeds onderscheid gemaakt tussen enerzijds het Regional Communities-scenario (RC-scenario) met een veronderstelde bevolkingskrimp, en anderzijds het Global Economy-scenario (GE-scenario) waarin de bevolking nog flink groeit.

Harms et al. (2011) noemen twee hoofdfactoren die veranderingen in de omvang van de mobiliteit bepalen:

- Veranderingen in de omvang en samenstelling van de bevolking. Een groei van de bevolking leidt tot een groter aantal verkeersdeelnemers en daarmee tot meer. Daarnaast kan de mobiliteit toe- of afnemen door een veranderende samenstelling van de bevolking. Een voorbeeld hiervan is de toename van het aantal 65-plussers van 15% in 2010 naar bijna 25% in 2030.
- Veranderingen in gedrag. Door andere leefstijlen en leefpatronen van individuen verandert de individuele mobiliteit van mensen en dat werkt door in de totale mobiliteit. Een voorbeeld is dat de welvaartsstijging leidt tot meer autobezit en -gebruik, waardoor de gemiddelde afgelegde afstand toeneemt.

Afbeelding 5.1 toont de verwachte groei van het autoverkeer op het hoofdwegennet: van 2005 tot 2030: van 100 naar 143 in het maximale groeiscenario (GE), oftewel een gemiddeld jaarlijks groeipercentage van 1,4%; en van 100 naar 119 in het minimale groei/krimp-scenario (RC) – oftewel een gemiddeld jaarlijks groeipercentage van 0,70%.

In het groeiscenario (GE) komt circa een kwart van de groei van het autoverkeer op het hoofdwegennet (gemeten in reizigerskilometers), voort uit veranderingen in de omvang en samenstelling van de bevolking (Afbeelding 5.1). Ongeveer driekwart van de groei wordt veroorzaakt door andere ontwikkelingen dan de bevolkingsaanwas/-samenstelling. Ook in het krimpscenario (RC) wordt voorspeld dat het autogebruik blijft toenemen, wat geheel wordt verklaard door veranderingen in het gedrag en andere ontwikkelingen (in Afbeelding 5.1 'andere ontwikkelingen').



Afbeelding 5.1. Groei van het autoverkeer op het hoofdwegennet in Nederland tot 2030, onderscheid in effect meer/ minder mensen (= verandering omvang en samenstelling bevolking) en andere ontwikkelingen (bron: KiM, overgenomen uit Harms et al. 2011).

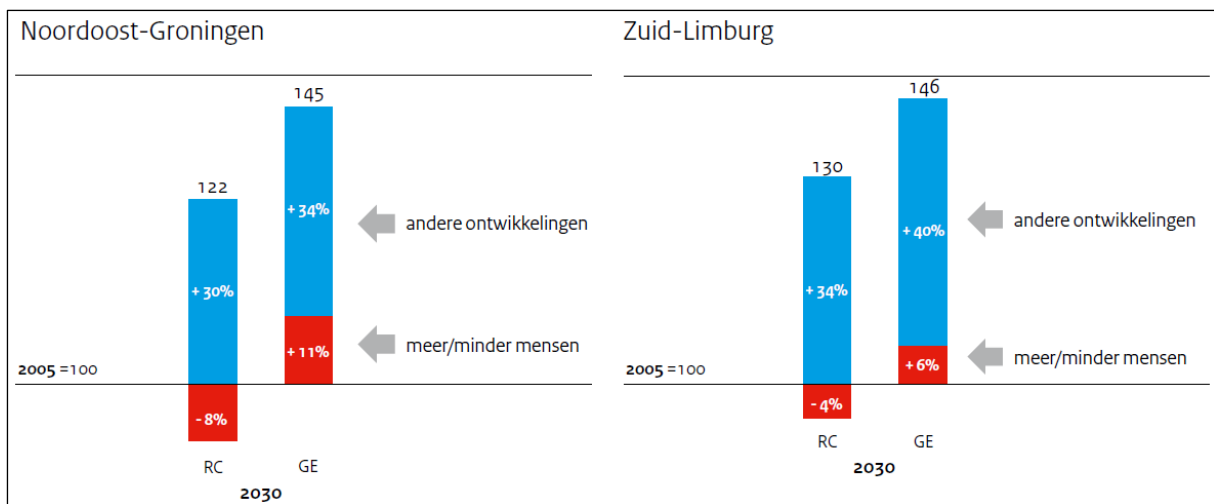
De meest recent WLO-studie bevat referentievoorspellingen tot 2050 (Manders & Kool, 2015). Ook hierbij zijn twee referentiescenario's als uitgangspunt genomen:

- scenario Hoog: hoge economische groei van 2% per jaar gecombineerd met een relatief sterke bevolkingsaanwas;
- scenario Laag: gematigde economische groei van 1% per jaar gecombineerd met een beperkte demografische ontwikkeling.

De ontwikkeling van de bevolking wordt in deze nieuwe studie vooral verwacht vanuit immigratie en betreft een tamelijk onzekere ontwikkeling. Komen er meer immigranten Nederland binnen dan dat er mensen weggaan of overlijden, dan wordt een groei van de bevolking verwacht van 2 miljoen mensen meer ten opzichte van nu (scenario Hoog). Dit hangt ook samen met de verwachte relatief sterke gezinsuitbreiding bij immigranten. Blijft de immigratie achter op de uitstroom en sterfte in Nederland, dan zal de bevolking na 2030 naar verwachting licht krimpen (scenario Laag).

5.2. Regionale mobiliteitseffecten

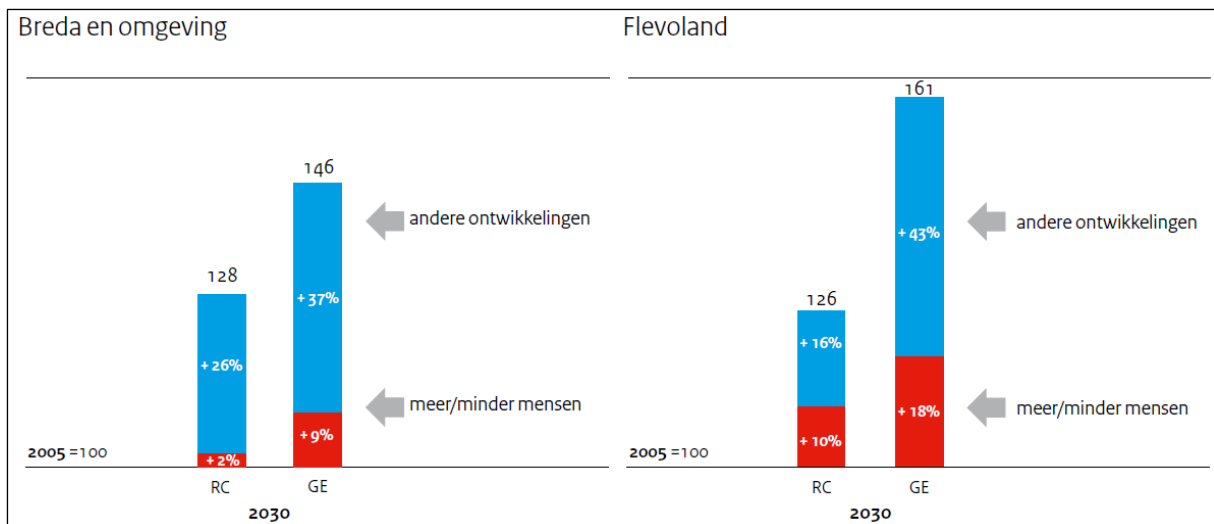
Als alleen de bevolkingsomvang en -samenstelling zouden veranderen en alle overige omstandigheden onveranderd zouden blijven, dan zou de bevolkingskrimp in bepaalde regio's leiden tot een daling van de automobilititeit. Voorbeelden daarvan zijn de regio's waar de komende decennia de sterkste krimp wordt verwacht: Noordoost-Groningen en Zuid-Limburg (zie *Afbeelding 5.2* en *Paragraaf 6.1*). De prognose voor Noordoost-Groningen is dat de automobilititeit bij gelijkblijvende overige omstandigheden met 8% terugloopt en in Zuid-Limburg met 4%. Omdat er ook andere ontwikkelingen een rol spelen, is er per saldo toch sprake van een toename van de automobilititeit (Harms et al., 2011).



Afbeelding 5.2. Groei van het autoverkeer op het hoofdwegennet in krimpregio's tot 2030, onderscheid in effect meer/ minder mensen en andere ontwikkelingen (bron: KiM, overgenomen uit Harms et al. 2011).

De vermindering van de bevolking leidt dus niet meteen tot minder verkeersdrukte in genoemde krimpregio's. Een belangrijke verklaring is dat het effect van minder mensen wordt gecompenseerd doordat er per persoon meer wordt gereisd. Een voorbeeld is de regio Noordoost-Groningen: door de krimp van de bevolking neemt het autogebruik tot 2030 met maximaal 8% af. Door andere factoren stijgt het autogebruik echter met 30%. Per saldo levert dit een verwachte groei op van 22%.

In regio's waar de bevolking tot 2030 nog verder toeneemt, zal het effect van de bevolkingsverandering leiden tot extra groei, maar ook hier zijn de andere factoren per saldo bepalender voor de prognose (Harms et al., 2011). De regio met de sterkste bevolkingsgroei is Flevoland: een derde van de totale groei in het autoverkeer wordt hier verklaard door de demografische veranderingen (*Afbeelding 5.3*). Een andere sterke groeiregio is Breda en omgeving, waar de bevolking in het groeiscenario een vijfde van de groei verklaart (*Afbeelding 5.3*).



Afbeelding 5.3. Groei van het autoverkeer op het hoofdwegennet in groeiregio's tot 2030, onderscheid in effect meer/ minder mensen en andere ontwikkelingen (bron: KiM, overgenomen uit Harms et al. 2011).

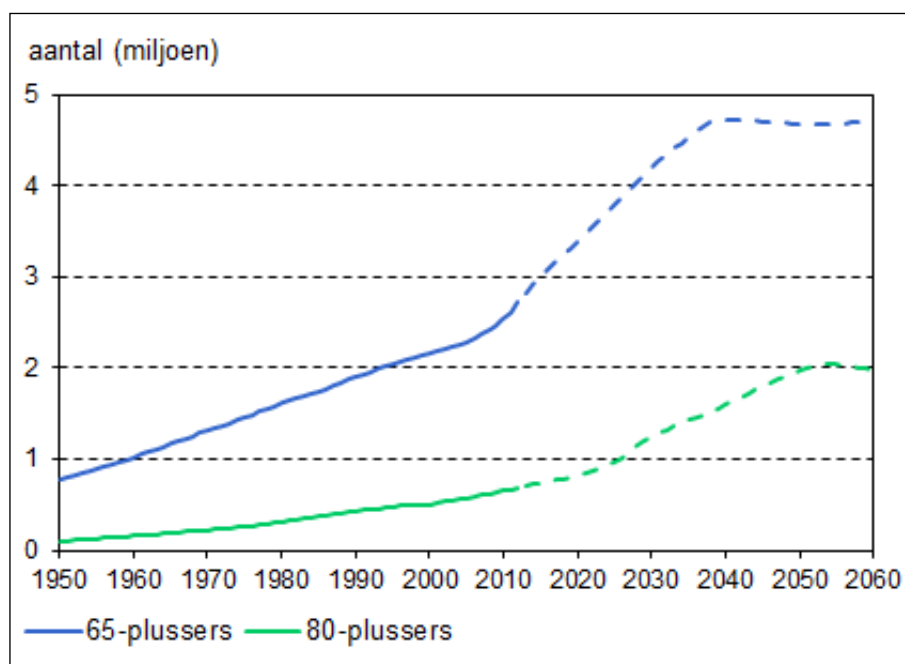
De invloed van bevolkingskrimp op het goederenverkeer is eveneens beperkt. Het regionale openbaar vervoer komt wel steeds verder onder druk te staan.

Bevolkingsgroei leidt tot een zwaardere belasting van het wegennet in grootstedelijke gebieden, met name in de Randstad en de uitlopers daarvan. Een voorbeeld is de regio Breda en omgeving: door de groei van de bevolking neemt het autogebruik tot 2030 met maximaal 9% toe. Door andere factoren stijgt het autogebruik nog verder met 37%. Per saldo levert dit een groei op van 46%.

In de nieuwste WLO-studie met voorspellingen richting 2050 (Manders & Kool, 2015) wordt in het Hoog-scenario verwacht dat in de Randstad de bevolking 1,5 keer harder zal groeien dan in de rest van Nederland en dat in de provincies Limburg, Zeeland en Groningen de bevolking zal krimpen. In het Laag-scenario is er naar verwachting sprake van krimp in acht van de twaalf provincies, met name in de provincies Zeeland, Limburg en Drenthe.

5.3. Doorwerking van vergrijzing op mobiliteit en verkeersveiligheid

Vergrijzing houdt in dat het aandeel ouderen in de totale bevolking toeneemt. Vaak wordt dan met ouderen 65-plussers bedoeld. De CBS-bevolkingsprognose 2013-2060 laat zien dat vanaf 2013 het aantal ouderen in Nederland versneld toeneemt. In 2040 zal het aantal ouderen zijn opgelopen tot 4,6 miljoen, ten opzichte van 2,6 miljoen in 2010 (CBS, 2010). In 2040 is naar schatting iets meer dan een kwart van de bevolking (26%) 65-plusser. Ter vergelijking: in 2012 was het percentage 65-plussers nog 16%, waarvan 25% 80-plus was (Giesbers et al., 2013). Het aantal 65-plussers bereikt een piek van 4,7 miljoen in 2040 (zie Afbeelding 5.4). Tot 2060 blijft het aantal 65-plussers schommelen rond 4,7 miljoen.



Afbeelding 5.4. Aantal 65- en 80-plussers, 1950-2012 (meetpunt 1 januari) en prognose aantal 65- en 80-plussers, 2013-2060 (bron: CBS Bevolkingsstatistiek; CBS Bevolkingsprognose voor 2013-2060).

In de periode 2011-2015 vergrijsde Nederland twee keer zo snel als in de periode daarvóór: er kwamen in die jaren een half miljoen 65-plussers bij tegenover slechts een kwart miljoen in de jaren 2006-2010 (CBS, 2010). De versnelling komt voort uit het feit dat de grote babyboomgeneraties, geboren na 1945, tussen 2011-2015 jaren 65 worden. Tussen 2016 en 2040 komen er circa 1,5 miljoen 65-plussers bij. In de periode 2015-2025 zal vooral het aandeel 65-79-jarigen sterk stijgen en vanaf 2025 neemt ook de groep 80-plussers sterk toe; dat wordt dan vaak de ‘dubbele vergrijzing’ genoemd. In 2040 is naar verwachting een derde van de 65-plussers ouder dan 80 jaar. In 2050 is naar verwachting vier op de tien 65-plussers ouder dan 80 jaar.

In de meeste recente WLO-studie (Manders & Kool, 2015) wordt de verwachting uitgesproken dat in 2050 een op de vier mensen ouder zal zijn dan 65 jaar.

De vergrijzing werkt remmend op de groei van het autoverkeer maar het autoverkeer blijft naar verwachting tot 2020 en ook daarna tot 2030 groeien. Ook in krimpscenario (RE-scenario) wordt voorspeld dat het autogebruik blijft toenemen. Naar verwachting zal de jaarlijkse groei na 2020 minder dan 1% zijn. De vergrijzing remt de groei weliswaar af, maar demografische factoren alleen bepalen slechts ca. 30% mobiliteit. Andere factoren dan vergrijzing hebben echter een groter effect en stimuleren juist de groei toenemen (onder andere autobezit, opleidingsniveau, pensioenleeftijd).

Van Dam & Hilbers (2013) stellen vast dat de vergrijzing van de mobiliteit positief uitwerkt voor congestie. De verplaatsingsmotieven van pensioengerechtigde ouderen zijn veranderd: van woon-werkverplaatsingen naar vrijetijdsverplaatsingen. Dit brengt met zich mee dat ouderen zich minder vaak in de (ochtend)spits en vaker overdag zullen verplaatsen.

65-plussers leggen slechts 6% van hun kilometers af in de ochtendspits terwijl de 18-65-jarigen 15% van hun kilometers maken in de ochtendspits. Bij de avondspits is het verschil tussen leeftijdsgroepen in dezelfde richting maar minder groot.

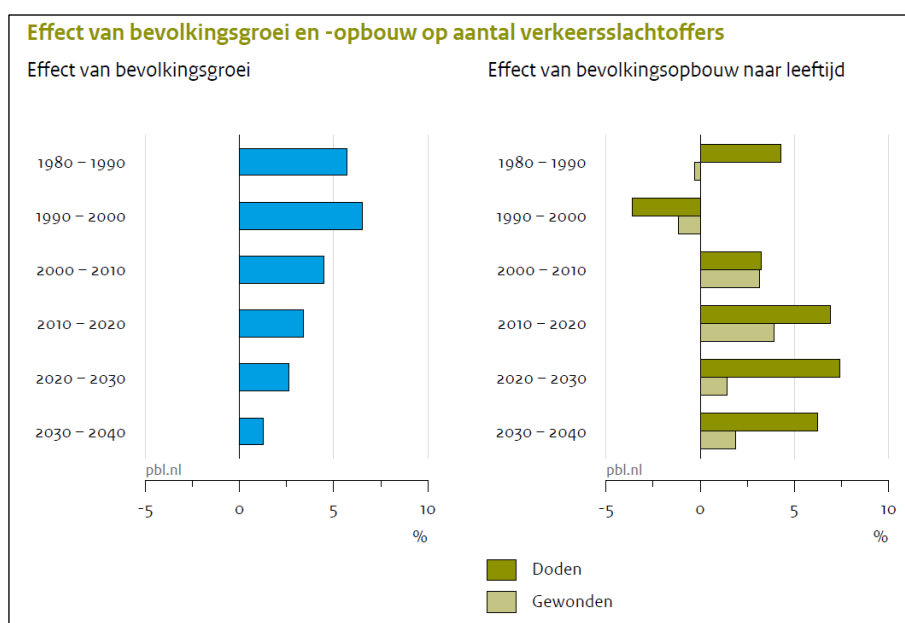
Wat betekent de vergrijzing voor verkeersveiligheid?

De trend in Nederland is dat steeds meer ouderen een auto hebben en meer dan vroeger tot op hoge leeftijd blijven autorijden. Over het algemeen zijn oudere automobilisten veilige bestuurders, maar vanaf de leeftijd van 75 jaar begint het ongevalsrisico zich ongunstig af te steken tegenover dat van jongere automobilisten

Ouderen hebben een verhoogd overlijdensrisico in het verkeer. Voor de ouderen van 75 jaar en ouder is de kans op overlijden per afgelegde kilometer ruim acht keer zo hoog als gemiddeld (alle leeftijden). Bij jongere ouderen van 60 t/m 74 jaar ligt dit risico beduidend minder hoog (SWOV, 2015).

De belangrijkste oorzaak van het hoge overlijdensrisico van 75-plussers is hun grotere fysieke kwetsbaarheid. Daarnaast kunnen functiestoornissen ertoe leiden dat ouderen vaker betrokken zijn bij bepaalde typen ongevallen. Een ongevalstype dat karakteristiek is voor oudere automobilisten, is een ongeval bij het links afslaan op een kruispunt (SWOV, 2015). Maatregelen die de ongevalsbetrokkenheid van oudere verkeersdeelnemers kunnen verlagen, zijn aanpassingen aan de infrastructuur, technische systemen in of aan het voertuig, en educatie en voorlichting aan zowel de ouderen als aan de overige verkeersdeelnemers.

Gezien de voortgaande vergrijzing en de leeftijdsspecifieke ongevalsrisico's, is te verwachten dat de vergrijzing tot meer verkeersonveiligheid leidt. *Afbeelding 5.5* toont de te verwachten effecten van enerzijds bevolkingsgroei en anderzijds de samenstelling van bevolking in leeftijd op het aantal verkeersdoden en -gewonden.



Afbeelding 5.5. Effect van bevolkingsgroei en -opbouw op aantal verkeersslachtoffers (overgenomen uit Van Dam et al., 2013).

Naar verwachting leidt de vergrijzing tot circa 6% tot 7,5% meer doden in periode 2020-2040 en tot 2 tot 3% meer gewonden (Van Dam et al., 2013).

5.4. Overige demografische ontwikkelingen

De demografische veranderingen hebben ook betrekking op de huishoudensontwikkeling (Harms et al., 2011). Er is sprake van een proces van individualisering (of ook wel gezinsverdunding). Door de vergrijzing worden huishoudens gemiddeld steeds ouder, en daardoor ook kleiner van omvang (na de gezinsfase verlaten de kinderen het ouderlijk huis en op enig moment zal een van beide partners komen te overlijden). Een andere trend is dat mensen minder vaak langdurige relaties aangaan en daardoor überhaupt niet aan gezinsvorming toekomen. Dit zorgt over een langere periode voor meer eenpersoonshuishoudens (Provincie Fryslân, 2015). Ten slotte is het huishouden als samenlevingsvorm zelf ook in toenemende mate geïndividualiseerd geraakt: meer dan voorheen hebben de gezinsleden ieder hun eigen activiteitenprogramma (Harms et al., 2011). Het aantal huishoudens dat uit één persoon bestaat, zal in 2050 met 1 miljoen zijn toegenomen tot 3,5 miljoen. In 2050 zal ruim 40% van de huishoudens een eenpersoonshuishouden zijn. In 2006 was dat aandeel nog ruim 30% (Agtmaal-Wobma & Van Duin, 2007). Dit beeld wordt bevestigd in de recente WLO-studie (Manders & Kool, 2015).

De individualisering leidt per saldo tot meer huishoudens, meer zelfstandige verplaatsingen binnen huishoudens, en meer auto's per huishouden.

Internationalisering en globalisering

Ook internationalisering en globalisering zijn aanjagers van demografische verandering. Internationalisering betekent enerzijds dat de invloed van buiten op de eigen samenleving toeneemt, en anderzijds dat de verschillen tussen samenlevingen afnemen (Schnabel, 2004; Harms, 2008).

Internationalisering vertaalt zich vooral in immigratie, maar ook in toenemende grensoverschrijdende mobiliteit door vakantie en recreatie. Die toename van het toerisme is mogelijk door een stijging van de welvaart, terwijl immigratie juist het gevolg is van een tekort aan welvaart in andere landen (Schnabel, 2004; Harms, 2008).

Door meer immigratie neemt het aantal niet-westerse allochtonen in Nederland toe. Wat dat betekent voor de mobiliteit, is niet goed bekend. Volgens Harms (2013) kan het wel remmend werken op de groei van het fietsverkeer in steden. Uit onderzoek van onder andere het Sociaal en Cultureel Planbureau blijkt namelijk dat allochtone stadsbewoners veel minder vaak fietsen dan autochtone stadsbewoners, zelfs bij gelijke overige omstandigheden. Veel gehoorde verklaringen hiervoor zijn de lage status van de fiets, een gevoel van onveiligheid en niet gewend zijn om te fietsen, maar ook cultuurspecifieke factoren en tradities.

5.5. Blik op 2050

In dit hoofdstuk keken we naar de grote demografische veranderingen waarmee we in de komende jaren te maken krijgen. Daarbij gaat het vooral om de samenstelling en omvang van de Nederlandse bevolking. Een grote trend daarin is de vergrijzing. In 2050 is het aantal 65-plussers meer dan 4,5

miljoen en is het aantal 80-plussers op hoogtepunt beland (2 miljoen). Eén op de vier mensen zal dan naar verwachting ouder dan 65 jaar zijn; dat is momenteel één op de zes mensen. Omdat het merendeel van de 80-plussers en ook een substantieel deel van de 65-79-jarigen een (lichamelijke) beperking heeft, rijden er in 2050 rijden naar verwachting tussen 2 en 3 miljoen mensen met een beperking in het verkeer. Dat betekent voor het verkeersveiligheidsbeleid: werken aan het vergrijzingsbestendig maken van het verkeerssysteem, alhoewel naar verwachting een deel van deze problemen opgelost kan worden met technologische ontwikkelingen (zie *Hoofdstuk 4*).

Een andere trend is individualisering. Individualisering leidt tot meer huishoudens, meer zelfstandigheid binnen huishoudens, meer auto's en meer verplaatsingen. De trend van internationalisering en globalisering zorgt via immigratie voor een toename van het aantal allochtone Nederlanders. Het is echter nog onzeker in hoeverre de immigratiestroom daadwerkelijk zal blijven groeien tot 2050. Over de invloed van deze toename op mobiliteit is niet veel bekend. Een van de voorspellingen is dat de groei van het aantal allochtonen in ieder geval remmend zou kunnen werken op de groei van het fietsverkeer in steden.

De meest recente voorspellingen laten zien dat de meer perifere regio's in Nederland een krimp te wachten staat. Afhankelijk van de uiteindelijke groei of daling in de bevolking, betreft dit een groter aantal regio's. De Randstad-regio's zullen naar verwachting een grotere groei kennen dan de rest van Nederland, maar bij daling van de bevolking zal deze groei naar verwachting minder sterk zijn.

6. Verstedelijking, klimaatverandering en mobiliteitstrends

In de vorige hoofdstukken keken we naar veranderingen en ontwikkelingen rond bevolking, voertuigen, technologie en wegen. In dit hoofdstuk besteden we aandacht aan drie andere belangrijke ontwikkelingen: verstedelijking, klimaatverandering en mobiliteitstrends.

6.1. Verstedelijking

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) omschrijft verstedelijking als een fysiek-ruimtelijk proces van stedelijke uitbreiding. Daarbij kan het bijvoorbeeld gaan om de aanbouw van woonwijken, bedrijventerreinen en recreatievoorzieningen. Daarnaast gaat het ook om een functieverandering van bestaand stedelijk gebied, dat bovendien steeds verder verstedelijkt door verdichting, herstructurering en andere ontwikkelingen.

Het proces van verstedelijking omvat niet alleen de centrale stad, maar ook omringende kernen in de regio. Tussen de stad en die omringende kernen zien we een uitwisseling op het gebied van woon-werkverkeer, recreatieve en sociale uitstapjes, maar bijvoorbeeld ook van goederenstromen en informatie. Infrastructuur vormt dan ook een essentieel onderdeel bij het proces van verstedelijking.

Het proces van verstedelijking zal zich niet in alle delen van Nederland voltrekken. Verwacht wordt dat sommige regio's te maken krijgen met krimp. Met name in de regio Noordoost-Groningen en Zuid-Limburg zal de bevolkingsgroei stagneren als gevolg van vergrijzing (PBL, 2011). De Randstad lijkt vooralsnog te blijven groeien, evenals de stedelijke regio's Almere, Groningen, Arnhem en Nijmegen.

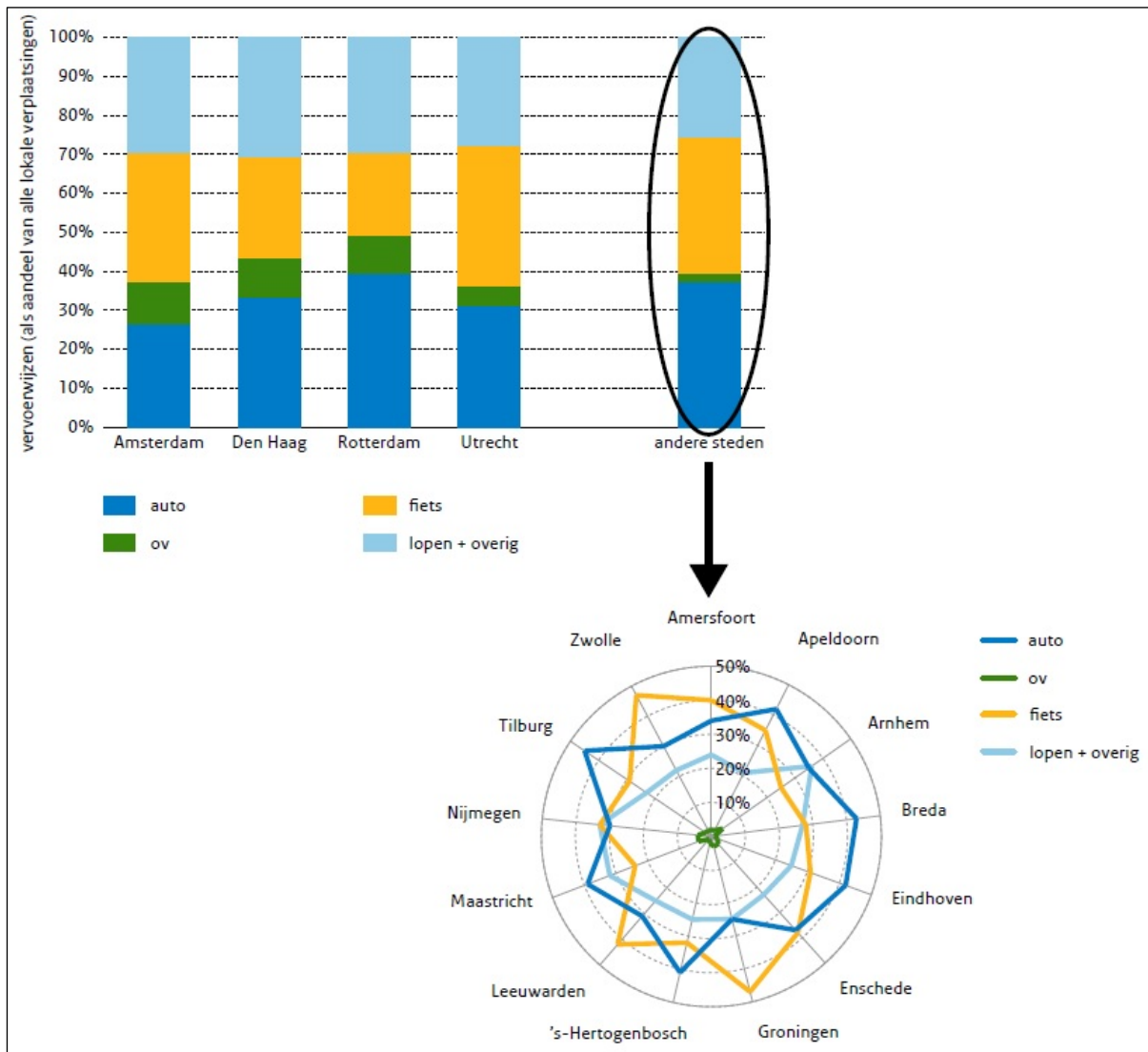
Verwacht wordt dat het proces van verstedelijking tot 2050 zal doorzetten om vervolgens te stagneren, mede als gevolg van de bevolkingskrimp die waarschijnlijk na 2040 zal optreden (De Klerk, 2010; Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012). De consequenties van verstedelijking worden uitgewerkt in de twee Hoog- en Laag-scenario's in de WLO-studie van Manders & Kool (2015; zie *Paragraaf 5.1*).

Welke effecten zijn te verwachten van verstedelijking?

Vanwege congestie en uit milieuoverwegingen gaan steeds meer steden beperkingen stellen aan de automobiliteit. Zo kent Londen al een tolheffing voor auto's en in Nederland worden veel stadscentra autoluw gemaakt. De gevolgen hiervan zijn dat meer inwoners zich verplaatsen met het openbaar vervoer en dat ook het aantal tweewielers (fietsen, elektrische fietsen en scooters) in de stad toeneemt (Eenink & Vlakveld, 2013). De concentratie van de bevolking in steden heeft tevens tot gevolg dat er meer bestelverkeer komt en ook meer vrachtverkeer om de steden te bevoorraden. Al deze veranderingen kunnen gevolgen hebben voor de verkeersveiligheid (Eenink & Vlakveld, 2013).

Mobiliteit in steden

Binnen de stad is de fiets een belangrijke vervoerwijze. Gemiddeld neemt de fiets zo'n 20 tot 35% van de verplaatsingen voor zijn rekening. Voor lopen en overige vervoerwijzen dat 25 tot 30%. De auto is goed voor 30 tot 40% van de verplaatsingen. Bij de vier grote steden (Amsterdam, Den Haag, Rotterdam en Utrecht) speelt ook het openbaar vervoer een belangrijke rol. Dit is te zien in *Afbeelding 6.1*, afkomstig uit het *Mobiliteitsbeeld 2014* van het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM, 2014) en gebaseerd op de CBS OViN data 2011-2013.



Afbeelding 6.1. Modal split van alle 'lokale' verplaatsingen binnen 17 grootstedelijke agglomeraties. Bron: CBS OViN 2011-2013; bewerking KiM (KiM, 2014).

Wat in *Afbeelding 6.1* ook te zien is, is dat er tamelijk grote verschillen zijn tussen de steden. Het KiM geeft vijf verklaringen voor deze verschillen (KiM, 2014):

- Demografische kenmerken: een jonge bevolking en veel een- of tweepersoonshuishoudens zonder kinderen, gaan samen met minder autogebruik.

- Economische kenmerken: steden met veel studenten in verhouding tot de beroepsbevolking, kennen naar verhouding minder autogebruik.
- Ruimtelijke structuur en inrichting: korte afstanden tussen bestemmingen, hoge bebouwingsdichtheden en menging van diverse stedelijke functies leiden tot minder autogebruik.
- Sociaal-culturele kenmerken: een hoog aandeel niet-westerse allochtonen gaat samen met meer autogebruik.
- Beleid en infrastructurele kenmerken: zowel fysieke (infrastructurele voorzieningen) als sociale (communicatie) maatregelen beïnvloeden de keuze van vervoerwijze.

Mobiliteit in de grote steden

Verstedelijking heeft gevolgen voor zowel het fysieke als sociaal-demografische uiterlijk van steden. Mensen en bedrijven trekken naar de stad, waardoor de vraag naar woningen, consumptievoorzieningen en bedrijfskantoren toeneemt (WRR, 2001). Tegelijkertijd wordt de druk op infrastructurele voorzieningen opgevoerd om de stroom forenzen te verwerken. Bereikbaarheid van de stad en mobiliteit van forenzen staan hierbij centraal.

Hogere dichtheden en menging van functies in steden zullen leiden tot minder automobilititeit (Maat, 2012). Maar in mindere mate dan verwacht, want steden genereren ook weer meer reismogelijkheden. Huishoudens maken hun eigen afwegingen en gebruiken de mogelijkheden van de omgeving om zo veel mogelijk de eigen voorkeuren te realiseren. De betere bereikbaarheid van compacte steden leidt niet zonder meer tot minder reizen, maar wordt aangewend voor extra activiteiten en extra verplaatsingskilometers. De bereikbaarheid van het werk wordt afgewogen tegenover de bereikbaarheid van het werk van de partner: als de één er makkelijker kan komen met de fiets of de trein, dan is de auto beschikbaar voor de ander.

Maat (2012) noemt verschillende Nederlands onderzoeken waaruit blijkt dat compacte verstedelijking weliswaar bijdraagt aan het op peil houden van wandelen en fietsen, maar veel minder effect heeft op het verminderen van verplaatsingskilometers, in het bijzonder met de auto.

6.2. **Klimaatverandering**

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) maakt een inschatting van de effecten van klimaatverandering voor Nederland, bijvoorbeeld met de in juli 2012 uitgebrachte studie *Effecten van klimaatverandering in Nederland: 2012* (PBL, 2012). Uit dit rapport blijkt dat de gemiddelde temperatuur in Nederland in de afgelopen eeuw met 1,7 °C is gestegen en dat in diezelfde periode de hoeveelheid neerslag is toegenomen.

De beschreven trend heeft zowel positieve als negatieve gevolgen. Positief kunnen bijvoorbeeld de effecten zijn voor de landbouwsector. Negatief is bijvoorbeeld een toename van wateroverlast. Het PBL (2012) verwacht voor de Nederlandse kust een zeespiegelstijging van 35 tot 85 centimeter in 2100 ten opzichte van 1990. In een extreem scenario stijgt de zeespiegel meer dan 100 centimeter. Met name op twee punten van onzekerheid wordt gewerkt met scenario's:

- onzekerheid over de exacte werking van processen die ons klimaat bepalen en hun precieze doorwerking;

- onzekerheid over de groei van de bevolking en de economie in Nederland en wereldwijd, en de uitstoot van broeikasgassen die deze groei met zich meebrengt.

Volgens het PBL zijn de effecten van klimaatverandering in Nederland bij het huidige tempo van verandering beheersbaar door op tijd de juiste maatregelen te treffen. Zo is er op het gebied van waterveiligheid en zoetwatervoorziening in het Deltaprogramma al veel aandacht voor de gevolgen van klimaatverandering. Omdat de zeespiegelstijging een langzaam proces is, kunnen ongunstige ontwikkelingen op tijd worden gesignaleerd en kan het beleid tijdig worden aangepast.

In de meest recente WLO-studie (Manders & Kool, 2015) wordt ervan uitgegaan dat de doelstelling om de aarde niet meer dan 2 graden op te laten warmen niet haalbaar is en dat er nog lang op fossiele brandstoffen zal worden geleund.

KNMI-klimaatscenario's over het klimaat in 2050

De KNMI'14-klimaatscenario's vertalen de onderzoeksresultaten voor het wereldwijde klimaat uit het rapport van 'Intergovernmental Panel on Climate Change' (IPCC) naar Nederland (KNMI, 2014). De KNMI'14-scenario's beschrijven samen de hoekpunten waarbinnen de klimaatverandering in Nederland zich waarschijnlijk zal voltrekken. Ze geven de verandering rond 2050 en 2085 weer ten opzichte van het klimaat in de periode 1981-2010.

Volgens de KNMI'14-klimaatscenario's worden de zomers rond 2050 1 °C tot 2,3 °C warmer. In de winter neemt de gemiddelde neerslag tussen de 3% en 17% toe, terwijl de zeespiegel rond 2050 tussen de 15 tot 40 centimeter is gestegen. Temperatuurverschillen tussen winters onderling nemen vooral af doordat de kans op koude winters relatief sterk afneemt. Temperatuurverschillen tussen zomers nemen daarentegen toe doordat de temperatuur in warme zomers het sterkst toeneemt.

In Nederland zullen hagel en onweer in de toekomst heviger worden. Meer waterdamp leidt tot meer condensatiewarmte, waardoor de sterkte van verticale bewegingen in wolken toeneemt en het vaker hagelt en onweert, met grotere hagelstenen. Per graad opwarming neemt het aantal bliksemslagen bij onweer toe met ongeveer 10% tot 15%. In 2050 komt extreme hagel ten minste twee keer zo vaak voor als in de referentieperiode 1981-2010.

Invloed weer op verkeersgedrag

In Nederland is de invloed van het weer op het aantal voertuigkilometers beperkt en richt zich met name op recreatieverkeer buiten de bebouwde kom. In het woon-werkverkeer treedt nauwelijks verandering op. Weggebruikers passen hun rijgedrag aan bij neerslag: ze gaan langzamer rijden, minder inhalen en houden meer afstand. Bij mist gebeurt dit laatste juist niet. Bij hitte zijn er aanwijzingen dat prikkelbaarheid, vermoeidheid en concentratieverlies sneller toenemen (SWOV, 2012).

Effecten van klimaatverandering op infrastructuur

In 2007 heeft Rijkswaterstaat twee studies laten uitvoeren naar de effecten van klimaatverandering op de aanleg en het beheer van weginfrastructuur (KiM, 2008). Deze studies verwachten onderstaande impacts:

- meer spoorvorming bij extreme warmte;
- meer problemen bij bewegende bruggen bij extreme warmte;
- vaker onderlopende wegen en tunnels bij intensieve regenbuien;
- sterkere verweking of afkalving van de onderbouw (de ondergrond waarop infrastructuur wordt aangelegd) door verhoogde regenintensiteit;
- sterkere inklinking van de onderbouw bij extreme droogte;
- minder vorstindringing bij hogere wintertemperaturen.

Zonder tijdig onderhoud kunnen grote hoeveelheden (regen)water, sneeuw en ijs de slijtage van het wegdek versnellen.

Streng & Buijs (2013) noemen de volgende impacts van klimaatverandering op weginfrastructuur:

- Regenbuien kunnen de capaciteit van wegennetwerken beïnvloeden. Daarbij zijn tijdstip, frequentie, hevigheid en duur van de neerslag sterk bepalend voor de effecten op de bereikbaarheid. Voor de impact op de bereikbaarheid zijn pieken belangrijker dan gemiddelden. Zo kan een korte extreme regenbui een grotere impact hebben dan gemiddeld dezelfde hoeveelheid regenwater verspreid over een hele dag.
- Extreme neerslag kan naast effecten op de doorstroming ook van invloed zijn op de verkeersveiligheid. Tijdens neerslag kunnen verkeersdeelnemers last hebben van beperkt zicht. Bij hevige regenval kan het zicht teruglopen tot ongeveer 50 meter.
- Opwarming in de winter kan nadelige effecten hebben voor het wegdek. Hogere wintertemperaturen kunnen leiden tot meer situaties waarbij de temperatuur schommelt rondom het vriespunt, meer vries-dooi-vries-situaties. In combinatie met meer neerslag 's winters kan dit leiden tot meer schade aan wegdekken: bij een constant lage temperatuur functioneert een sneeuwlaag isolerend voor het onderliggende wegdek. Als deze sneeuwlaag smelt, zal het smeltwater meer doordringen in gaten en kieren in het wegdek. Bij bevriezing zet het water uit en zal het wegdek schade ondervinden.
- Extreme hitte kan een probleem vormen doordat beweegbare delen van de weginfrastructuur, zoals bruggen, uitzetten en daardoor niet meer open of dicht kunnen.
- Droge perioden hebben een versnelde bodemdaling tot gevolg. Infrastructuur is doorgaans niet diep gefundeerd en zakt mee met de bodem. Ongelijkmatige verzakkingen kunnen zorgen voor schade aan weginfrastructuur.
- Droogte (al dan niet in combinatie met hitte) kan leiden tot verminderde stroefheid van het wegdek, zweten van het asfalt (met name in bochten) en gladheid door 'viskeuze aquaplaning' (oliesporen door droogte die bij een plotselinge bui gladheid veroorzaken).

Streng & Buijs (2013) geven een opsomming van mogelijke maatregelen om de weginfrastructuur klimaatbestendig te maken (zie *Tabel 6.1*).

Verandering klimaat	Maatregel
Meer extreme neerslag	<ul style="list-style-type: none"> - Toepassen weeralarm (early warning system) - Toepassen afsluitingen en omleidingen wegverkeer - Actuele routeinformatie bieden - Snelheidsbeperkingen invoeren - Verbeteren drainage ondergrond - Extra wegenwacht inzetten - Vergroten waterafvoerend vermogen van wegen - Afdak op tunnel om vollopen te voorkomen
Hitte	<ul style="list-style-type: none"> - Extra wegenwacht inzetten - Toepassen hittebestendig asfalt - Koelen van beweegbare bruggen - Bij ontwerp bruggen hittebestendigheid expliciet meenemen - Stimuleren aanwezigheid noodpakket (water) in voertuigen - Extra controle aanwezigheid voldoende koelvloeistof door automobilisten - Verkoelende vegetatie nabij wegen - Aanleg 'wassende weg'
Droogte	<ul style="list-style-type: none"> - Inspectie infrastructuur op veendijken - Nathouden veendijken - Toepassen grondversteving
Hoge waterstanden	<ul style="list-style-type: none"> - Aanleg infrastructuur zonder tunnels - Verzwaren van tunnels - Pompcapaciteit tunnels vergroten - Infrastructuur verhoogd aanleggen - Aanleg verhoogde routes naar belangrijke locaties - Toepassing drijvende infrastructuur - Verhogen dijken

Tabel 6.1. *Maatregelen om het wegennetwerk klimaatbestendiger te maken (bron: Streng & Buijs, 2013).*

6.3. Mobiliteitstrends

RAI Vereniging (2014) signaleert negen trends in mobiliteit voor het jaar 2015 die invloed hebben op het voertuiggebruik in 2030.

1. Keuzevrijheid: mobiliteitskeuzes worden steeds flexibeler.

Jongere generaties zijn minder bereid geld te besteden aan het bezit van auto's. Het resultaat is teruglopend autobezit. Jongeren denken anders over mobiliteit en autobezit. De voorkeur gaat steeds meer uit naar combinaties van fiets, ov en autodelen.

2. De zoektocht naar onafhankelijkheid van olie wordt intensiever.

Om onafhankelijk(er) te worden van fossiele brandstoffen, moet er intensiever gezocht worden naar alternatieve brandstoffen en energiedragers. Deze zullen de komende jaren hun brede intrede doen. De zoektocht naar onafhankelijkheid van olie wordt intensiever.

3. Schaarste dwingt tot innovatie.

Het gebrek aan ruimte en grondstoffen wordt een steeds groter probleem. Verdere verstedelijking legt druk op de beschikbare ruimte en zorgt voor vergroting van uitstoot van CO₂, geluid en fijnstof. Dit wordt een drijvende kracht achter de opkomst van deelconcepten en alternatieven brandstoffen.

4. Senioren blijven langer mobiel.

Ouderen houden een veranderende mobiliteitsbehoefte houden en zullen deze anders in gaan vullen. Zo heeft deze groep een wens naar specifiek comfort en kiest hierdoor voor andere vervoersmiddelen. Een significante toename van het aantal scoot- of brommobielen kan hier een gevolg van zijn.

5. Mobiliteit wordt steeds slimmer.

Slimmere en hoogwaardigere systemen vergroten de verkeersveiligheid, logistieke en transportefficiency, en ook de kans op succes van deelconcepten.

6. Politiek blijft onvoorspelbaar, invloed EU neemt toe.

Een impliciete onvoorspelbaarheid in de markt blijft de fiscale behandeling van mobiliteit. De overheid heeft de neiging om fiscaal te sturen op vergroening van mobiliteit en heeft verschillende wensen tot milieuvriendelijke maatregelen.

7. Het Nieuwe Werken beïnvloedt verstedelijking en mobiliteitsgedrag.

Het Nieuwe Werken heeft gevolgen voor gebouwen, verstedelijking, de kantorenmarkt en woonlocaties. Samen met de flexibilisering van het werken zorgt dat voor een verandering in mobiliteitspatronen. Het Nieuwe Werken vraagt om deelconcepten en biedt ruimte voor mobiliteitsbudgetten.

8. Druk op rendement dwingt sector tot andere verdienmodellen.

Allianties zullen ontstaan met energiemaatschappijen en met leveranciers van mobiliteitsdiensten, om de consument een volledig pakket aan mobiliteitsdiensten te kunnen leveren in de toekomst, waarin ov, fietsen, scooters en deelconcepten zijn opgenomen.

9. Betalen naar gebruik wordt de standaard.

In de komende jaren doen mobiliteitsbudgetten hun brede intrede. Daarnaast doet naar verwachting op middellange termijn een systeem van betalen naar (mobiliteits)gebruik zijn intrede.

In de meest recente WLO-studie (Manders & Kool, 2015) wordt een groei van de mobiliteit verwacht, ook richting 2050. Het gaat daarbij om een groei in automobilititeit, maar ook in het ov, fiets- en (internationaal) vrachtverkeer. In het Laag-scenario blijft de filedruk ongeveer op het niveau van nu. In het Hoog-scenario wordt verwacht dat na 2030 de filedruk verder toe zal nemen, vooral in de Randstad (zie *Paragraaf 5.1*).

6.3.1. *Veranderende mobiliteitsbehoeften*

Een algemene trend is dat mensen als consumenten van mobiliteit steeds meer behoefte hebben aan gemak, snelheid en op persoonlijke situatie toegesneden oplossing. Volgens Martens (2014) leidt een verdere toename van individualisering ertoe dat eigen behoeften en eigenbelang meer voorop staan, waarbij alles sneller, beter en gemakkelijker moet.

Een interessant en nieuw fenomeen is de trend van ontkoppeling tussen autobezit en autogebruik (Martens, 2014). De behoefte aan automobilititeit en autobezit zijn voor het eerst niet meer één op één aan elkaar te koppelen. De behoefte aan automobilititeit is even groot, of misschien zelfs groter, maar

dit hoeft niet per se in een eigen auto te zijn. Mensen kiezen steeds vaker een auto die past bij de omstandigheden voor dat moment, en huren er bijvoorbeeld een via bedrijven als Car2Go en MyWheels. (Martens, 2014).

Volgens RAI (2014) worden mobiliteitskeuzen steeds *flexibeler*. Vooral in drukke, stedelijke gebieden zullen vervoerdeelconcepten een steeds grotere rol gaan spelen. Mensen zullen steeds meer zelf hun mobiliteitsbehoeften gaan invullen en een vervoermiddel op maat kiezen. Ze organiseren hun eigen mobiliteit via internet en mobiele diensten en hoeven daarom niet meer per se een eigen auto te hebben. Zowel de behoefte om flexibel te werken als de opkomst van mobiliteitsbudgetten versterken deze ontwikkeling.

Jongeren en ouderen

In de literatuur over mobiliteitsbehoeften gaat veel aandacht uit naar jongeren en ouderen. Aandacht voor jongeren is belangrijk omdat zij de toekomstige generatie vormen. Wat zij nu willen en wensen is een signaal voor de ontwikkeling in de toekomst. Ouderen zijn van belang omdat zij in de toekomst een steeds grotere groep gaan vormen in de samenleving.

Onder jongeren zijn auto's minder populair dan voorheen, een verschijnsel dat ook in andere Europese landen wordt gesignaleerd (CBS, 2015). Eén op de vijf jongeren tot 25 jaar heeft een auto. Meer jongeren wonen in de stad, waar ze zich gemakkelijk met de fiets en het openbaar vervoer kunnen verplaatsen. Daarnaast lijkt het erop dat voor veel jongeren van nu de auto minder dan vroeger een statussymbool.

Martens (2014) stelt de vraag of jongeren van nu daadwerkelijk minder intrinsieke behoefte hebben aan automobilititeit. Volgens haar wijst onderzoek van het KiM uit dat jongeren niet kiezen voor auto's, maar voor een 'auto later' (KIM, 2014). Waar het autobezit onder jongeren daalde met 4%, is het aantal jongeren dat een rijbewijs haalt nog steeds even groot. Jongeren hebben geen andere levenshouding dan een aantal jaren geleden, ze wachten alleen iets langer met de aanschaf van een auto (Martens, 2014).

Ouderen zullen méér en tot op hogere leeftijd actief en mobiel zijn (Jorritsma & Olde Kalter, 2008). Vooral de auto is populair; het gebruik van fiets en ov lijkt te gaan dalen. Voor ouderen zijn zelfstandigheid, veiligheid (sociaal en in het verkeer) en gemakkelijke toegankelijkheid (fysiek en qua complexiteit) belangrijke beweegredenen om voor de ene of andere vervoerwijze te kiezen. Om het fietsgebruik te stimuleren, moet er dus vooral aandacht zijn voor veiligheid (aparte infrastructuur en veilige oversteepleaatsen) en kan ingespeeld worden op gezondheidsmotieven. Voor het openbaar vervoer is de opgave om te zorgen dat het materieel voor ouderen toegankelijk is, en om in de dienstregeling rekening te houden met op- en overstaptijden die ook voor ouderen haalbaar zijn.

6.3.2. *Informatiesamenleving en mobiliteit*

Ook technologische ontwikkelingen hebben invloed op de mobiliteit. Zo is het door internet, smartphones en tablets steeds makkelijker om nieuwe kennis te vergaren – en meer kennis leidt over het algemeen tot meer en langere verplaatsingen (Bregt, 2013). Daarnaast maken technologische ontwikkelingen het mogelijk om tijd optimaal en efficiënt te benutten, zoals bij 'Het Nieuwe Werken'.

Technologische ontwikkelingen kunnen ook invloed hebben op de attitude ten aanzien van reistijd. Zo zal een treinreis mogelijk minder als 'verspilde' tijd worden ervaren dankzij smartphones, tablets en wifi. Nomadische verplaatsings- en vestigingspatronen zijn hier mogelijk ook een effect van. Daarnaast kunnen technologische ontwikkelingen het vervoer verder optimaliseren. Hierdoor wordt vervoer mogelijk aantrekkelijker, waardoor het aantal en de afstand van verplaatsingen kunnen toenemen.

Internet heeft ook invloed op de mobiliteit doordat steeds meer mensen online winkelen. Door via internet te bestellen spaart de koper een rit (al dan niet met de auto) naar de winkel uit. Daar staat tegenover dat internetwinkelen leidt tot een toename van het aantal verplaatsingen van bestelauto's. Netto worden door internetwinkelen wel minder voertuigkilometers gereden, maar het effect op de totale mobiliteit is vooralsnog gering (Nijland, 2014).

Door het gebruik van sociale media worden er meer contacten gelegd en is het makkelijker om met elkaar af te spreken, waardoor er zelfs meer behoefte aan mobiliteit optreedt (Martens, 2014).

6.4. **Blik op 2050**

In dit hoofdstuk keken we naar drie ontwikkelingen die van invloed zijn op de mobiliteit, en daarmee mogelijk op de levensduur van infrastructuur: verstedelijking, klimaatverandering en mobiliteitstrends. Om het hoofdstuk af te sluiten, blikken we ook hier weer kort vooruit naar de komende jaren tot 2050.

Verstedelijking

Het proces van verstedelijking is wereldwijd al jaren een trend, ook in Nederland. Volgens het Planbureau van de Leefomgeving zal in 2025 87% van de bevolking in de stad wonen en in 2050 ruim 90%. Vanuit internationaal perspectief is Nederland bijna één stedelijke regio. Maar de verstedelijking in Nederland is niet gelijk verdeeld. Binnen Nederland zullen er gebieden zijn waar de bevolking de komende decennia groeit, maar zijn er ook gebieden waar de bevolking krimpt en gebieden waar zowel groei als krimp mogelijk zijn, afhankelijk van economische en internationale ontwikkelingen. De meest recente voorspellingen laten zien dat de verstedelijking verder doorzet en tot 1,5 keer meer groei in bevolking leidt dan in de rest van Nederland. Er wordt echter ook rekening mee gehouden dat de trend in verstedelijking zich keert en dat de groei in de Randstad veel minder groot is. Krimp is in alle gevallen vooral in de meer perifere gebieden van Nederland te verwachten.

Mede door de verstedelijking zal in 2050 het gebruik van de fiets en het ov op peil zijn gebleven. Het autogebruik zal echter niet veel zijn afgenomen, omdat verstedelijking ook leidt tot nieuwe verplaatsingspatronen en tot nieuwe mobiliteit. Ook zullen de toekomstige ouderen in steden vaak de auto gebruiken.

Klimaatverandering

Extreme neerslag, hitte, droogte en extreme waterstanden kunnen van invloed zijn op de doorstroming en op de schade aan het wegdek. Extreme neerslag en hitte kunnen ook de verkeersveiligheid nadelig beïnvloeden. De toekomstscenario's van het KNMI geven aan dat deze weersomstandigheden

onder invloed van klimaatverandering rond 2050 vaker in extreme vorm kunnen gaan voorkomen.

Mobiliteitstrends

De behoefte aan gemak, efficiëntie en op maat gemaakte mobiliteitsoplossingen zal bijdragen aan de totstandkoming van nieuwe vervoersconcepten en een grote diversiteit van voertuigen in 2050. De grote maatschappelijke trends leiden op langere termijn (2030-2050) tot met name meer autogebruik (vooral jongeren stellen autobezit uit), meer ov in de stad maar minder op het platteland, en minder fietsen op het platteland. Naar verwachting zal ook het (internationale) vrachtverkeer in de komende jaren toenemen. In het scenario waarin zowel de economie als de bevolking flink groeit, zullen al deze trends samen leiden tot meer congestie.

Tot slot maakt de informatiesamenleving een deel van de verplaatsingen overbodig ('Het Nieuwe Werken'), maar zorgt diezelfde informatiesamenleving juist ook weer voor een nieuwe behoefte aan verplaatsingen. De informatiesamenleving vergroot ook de behoefte om tijdens het reizen iets nuttigs of leuks te kunnen doen. De attitude ten aanzien van reistijd wordt waarschijnlijk voor veel mensen anders. Beleving van de reis zelf en mogelijkheden om verplaatsing te combineren met andere activiteiten, zullen in 2050 naar verwachting belangrijke motieven zijn.

7. Trends op rij gezet

In het eerste deel van dit rapport keken we naar de belangrijkste trends die binnen nu en 2050 worden verwacht op het gebied van infrastructuur, voertuigen, technologie en telematica en demografie. Daarnaast keken we ook naar andere relevante ontwikkelingen zoals verstedelijking, klimaatverandering, mobiliteitstrends en gedragsverandering. In dit afsluitende hoofdstuk zetten we alle trends op een rij. Daarbij brengen we van elke ontwikkeling in kaart welke invloed deze heeft op enerzijds mobiliteit, gebruik en belasting van wege, anderzijds op de ontwikkeling van het risico (verkeersgedrag en verkeersveiligheid).

Tabel 7.1 vat de zekerheid, richting en uitwerking van de verschillende trends samen. De inhoud van deze tabel vormt de basis voor *Deel 2*: de verkenning van risico's die samenhangen met de levensduur van infrastructuur en het beheer en onderhoud daarvan tot aan 2050.

Onderwerp	Verwachte ontwikkeling richting 2050 en zekerheid daarover	Effect op mobiliteit, gebruik en belasting van wegen in 2050	Effect op verkeersgedrag en verkeersveiligheid	
Infrastructuur	Efficiënter beheer / management	Nieuwe vormen van management en opdrachtgeverschap kunnen helpen om problemen en risico's op wegen beter in kaart te brengen en kosten te besparen bij de bouw van nieuwe wegen en het onderhoud van bestaande wegen. Welke methoden op langere termijn het gunstigst zijn en welke besparingen hiermee in 2050 gerealiseerd kunnen worden, is niet duidelijk. Budgetbeperkingen leiden tot achterstallig onderhoud en minder of geen vervanging.	Beter onderhoud maakt intensiever gebruik van wegen mogelijk. Het gebruik van wegen zal worden bemoeilijkt door minder onderhoud en uitgestelde vervanging.	Mogelijke verbetering verkeersveiligheid door betere inventarisatie risico's en onderhoudsproblemen. Achterstallig onderhoud kan de verkeersveiligheid nadelig beïnvloeden.
	Nieuwe wegconcepten	Na mogelijk succesvolle proeven in 2025-2025 is te verwachten dat toepassing van nieuwe wegconcepten sneller zal verlopen. Het is nog onduidelijk welk type nieuwe duurzame weg in 2050 het meest zal worden toegepast. Gezien de grote belangstelling in Nederland en Europa voor intelligente wegsystemen, zullen intelligente, slimme wegen naar verwachting in 2050 op grote schaal gerealiseerd zijn.	Weinig tot geen direct effect op mobiliteit.	Efficiënter beheer/ onderhoud van wegen kan positief bijdragen aan de verkeersveiligheid.
	Innovaties	Naast innovaties in management/ opdrachtgeverschap zijn er op het terrein van infrastructuur technische innovaties betreffende gebruik van materialen, onderhoud, en verlichting. Het is onzeker welke van de vele mogelijke innovaties in 2050 het meest toegepast zullen worden.	Betere handhaving zwaar verkeer waardoor expositie van dergelijk verkeer wordt teruggedrongen.	Beter verkeers-management, beter onderhoud, betere verlichting fietspaden en wegen dragen bij aan meer verkeersveiligheid.
	Fietssnelweg	Het Nederlandse beleid om fietsen te stimuleren, zal eraan bijdragen dat in 2050 meerdere honderden extra kilometers fietssnelweg zullen zijn gerealiseerd.	Meer fietsverplaatsingen over langere afstanden.	Hogere snelheden op fiets-snelwegen kunnen gepaard gaan met hogere risico's, met name als de infrastructuur onvoldoende op deze hogere snelheden is ingericht.

Onderwerp	Verwachte ontwikkeling richting 2050 en zekerheid daarover	Effect op mobiliteit, gebruik en belasting van wegen in 2050	Effect op verkeersgedrag en verkeersveiligheid	
Monitoring	In 2050 zal het monitoren van het gebruik van wegen via voertuigdata - van auto, fiets en bromfiets - meer standaard zijn.	Voertuigdata kunnen bijdragen aan beter management van wegen en aan gericht preventief onderhoud, waardoor groter onderhoud op langere termijn minder snel uitgevoerd hoeft te worden en verkeer minder en/of korter hoeft om te rijden.	Monitoring geeft een beter en actueler beeld van gebruik, gebreken en slijtage van wegen en fietspaden en kan zo worden ingezet om maatregelen te treffen die de situatie kunnen verbeteren en veiliger kunnen maken.	
	Nieuwe taak wegbeheerder	Wegbeheerders zullen in 2050 naast kennis van ontwerp en onderhoud van wegen, verkeersmodellen, en materialen, ook kennis moeten hebben van ICT-toepassingen en databeheer.	-	
Voertuigen	Lichtere voertuigen	Tamelijk zekere trend naar meer schone, lichtere voertuigen.	Geen direct effect op mobiliteit.	Inzittenden zijn kwetsbaarder bij ongevallen met zwaardere tegenpartij; wel gunstig voor kwetsbare verkeersdeelnemers als tegenpartij
	Elektrische auto's	Tamelijk zekere trend naar meer elektrische auto's. Onzeker is of de elektrische auto de concurrentieslag met de brandstofauto volledig zal winnen.	Indien elektrische auto's een kleinere actieradius blijven hebben, kan dit gepaard gaan met meer gebruik of en meer gebruik van treinen/ vliegen voor langere afstanden.	Wanneer de Europese richtlijn voorschrijft dat elektrische auto's een geluidssignaal moeten afgeven, is er naar verwachting weinig effect op de verkeersveiligheid. Vooralsnog maken elektrische voertuigen minder geluid, waardoor ze minder snel opgemerkt kunnen worden door met name fietsers en voetgangers.
	Elektrische fietsen	Naar verwachting is in 2050 een groot deel van de fietsen elektrisch.	Elektrische fietsen maken ritten over langere afstanden mogelijk en generen meer fietsverplaatsingen	Mogelijk extra verkeersveiligheidsrisico's door hogere snelheid en extra gewicht en ongunstigere gewichtsverdeling.
	Schonere en veiliger vrachtauto's	Europees beleid en marktfactoren stimuleren ontwikkeling naar schonere en veiliger vrachtauto's.	Lichtere vrachtauto's of auto's met betere gewichtsverdeling over assen zullen minder belastend zijn voor wegen.	Veiliger vrachtauto's betekent in principe minder ongevallen.
	Meer heterogeniteit	Het is niet helemaal zeker of de ontwikkeling naar meer heterogeniteit van voertuigen in termen van gewicht en categorie zal blijven toenemen, en wat de stand van zaken zal zijn in 2050. Tot nu toe neemt de heterogeniteit alleen maar toe en er zijn geen signalen dat dit in de toekomst anders gaat worden.		Meer heterogeniteit in gewicht kan leiden tot ernstiger letsels, en tot meer misverstanden bij weggebruikers.

Onderwerp	Verwachte ontwikkeling richting 2050 en zekerheid daarover	Effect op mobiliteit, gebruik en belasting van wegen in 2050	Effect op verkeersgedrag en verkeersveiligheid	
Technologie	ICT-technologie algemeen	Tamelijk zekere trend, toenemend gebruik op alle plaatsen, tijdstippen, alle leeftijdsgroepen.	Toename in gebruik ICT in diverse domeinen van het dagelijks leven en daarmee ook in mobiliteit waarbij gebruik wordt gemaakt van ICT. Meer internetwinkelen, waardoor afname in de automobility maar toename in bestelverkeer.	Onveilig gebruik smartphone op de fiets en in de auto.
	ICT en andere technologie verkeer	In 2050 zullen er vele toepassingen zijn van intelligent verkeer in Nederland. Advisering over (veilige) routekeuze, filevermijding, gevarenvermijding, reistijdverlies, zullen naar verwachting altijd en overal in het voertuig beschikbaar zijn.	Intensiever gebruik wegen. Minder filevorming.	Meer rij-assistentie, meer verbonden voertuigen, meer gevaarherkenning Meer gemakzucht bij autobestuurders.
	Auto's en ADAS	In 2050 zullen naar verwachting meer auto's zijn uitgerust met rijtaakondersteunende systemen die assistentie bieden voor verschillende verkeerssituaties (invloegen, afstand houden, juiste snelheid, routekeuze, kruispunten, signalering kwetsbare deelnemers, nachtelijk rijden).	Rijtaakondersteunende systemen zullen veilige routekeuze vergemakkelijken en een intensiever gebruik van het wegennet mogelijk maken.	In 2050 zullen rijtaakondersteunende systemen assistentie en interventie kunnen bieden voor vrijwel alle ongevalsituaties. Dit is echter alleen goed voor de verkeersveiligheid als de systemen niet te veel afleiden en de werkdruk niet te veel laten oplopen.
	Coöperatieve voertuigen en zelfsturende auto's	Zowel de Amerikaanse als de Europese auto-industrie stuurt aan op de ontwikkeling van een zelfsturende auto. Wereldwijd lopen er verschillende proeven met zelfrijdende auto's in het verkeer. Honderd procent autonoom rijden zal voor 2030 wellicht nog niet gerealiseerd worden. Tussen 2030 en 2050 zal naar verwachting het aandeel zelfsturende auto's in het verkeer sterk toenemen. Er is minder zekerheid over welke variant van de zelfsturende auto, de robotauto of de coöperatieve auto, in Europa de overhand zal krijgen.	Vooraf de coöperatieve variant van de zelfsturende auto maakt een efficiënter gebruik van het wegennet mogelijk.	Zelfsturende auto's, robotauto's of autonoom rijdende auto's zullen met verschillende veiligheidssystemen worden uitgerust die ongevallen in veel situaties kunnen voorkomen. Punt van zorg is wel een mogelijk verminderde alertheid en rijvaardigheid bij toekomstige bestuurders als zij moeten overschakelen tussen automatisch rijden en zelfstandig rijden.
Demografische factoren	Bevolkingsomvang en -samenstelling	Zekere trend, Van 2040 tot 2060 zal volgens de prognose de bevolking blijven toenemen, maar heel langzaam.	Alle factoren gezamenlijk resulteren in een lichte groei van de mobiliteit, bij autoverkeer (< 1%) tot 2030-2040. Daarna zijn de voorspellingen zeer onzeker.	Vooraf negatief effect op de verkeersveiligheid door de vergrijzing, waardoor meer mensen met beperkingen deelnemen aan het verkeer.
	Vergrijzing	Zekere trend, in 2050 hoogtepunt 80-plussers. In 2050 is het aantal 65-plussers meer dan 4,5 miljoen en is het aantal 80-plussers op hoogtepunt beland (2 miljoen).	Vergrijzing van de mobiliteit werkt positief uit voor congestie. Meer autogebruik buiten spits. Meer autogebruik overdag. Meer gebruik elektrische fietsen.	Vergrijzing gaat gepaard met grotere verkeersonveiligheid. Dubbele vergrijzing 2025-2030: hoogtepunt. Meer fysiek kwetsbare verkeersdeelnemers. Meer verkeersdeelnemers met specifieke beperkingen.
	Instream van immigranten	In 2050 is het aandeel immigranten mogelijk flink toegenomen, maar het er wordt ook rekening gehouden met een afname van de instroom.	Hoger aandeel allochtonen kan remmend werken op de groei van fietsverkeer in grote steden	Geen duidelijke relatie met verkeersveiligheid
	Individualisering	Het aantal eenpersoons huishoudens zal in 2050 met 1 miljoen zijn toegenomen tot 3,5 miljoen. In 2050 zal ruim 40% van de huishoudens een eenpersoonshuishouden zijn t.o.v. ruim 30% in 2006.	Meer eenpersoonshuishouden en meer individueel verplaatsingsgedrag binnen huishoudens genereert meer autobezit en meer (auto) mobiliteit	Geen duidelijke relatie met verkeersveiligheid

Onderwerp	Verwachte ontwikkeling richting 2050 en zekerheid daarover	Effect op mobiliteit, gebruik en belasting van wegen in 2050	Effect op verkeersgedrag en verkeersveiligheid	
Overige ontwikkelingen	Verstedelijking	Redelijk zekere trend, maar divers in uitwerking afhankelijk van kenmerken stedelijk omgeving en omliggend gebied. De verstedelijking is in Nederland niet gelijk verdeeld. Binnen Nederland zullen er gebieden zijn waar de bevolking de komende decennia groeit, maar zijn er ook gebieden waar de bevolking krimpt en gebieden waar zowel groei als krimp mogelijk zijn, afhankelijk van economische en internationale ontwikkelingen.	Meer fietsers. Meer ov in de stad. Niet per se minder auto's.	Mogelijk meer drukte op fietspaden met meer conflicten tussen tweewielers.
	Klimaat	Zekere trend, wel per jaar erg wisselend. Extreme neerslag, hitte, droogte en extreme waterstanden kunnen van invloed zijn op de doorstroming en op schade aan het wegdek. Extreme neerslag en hitte kunnen ook verkeersveiligheid nadelig beïnvloeden. De toekomstscenario's van het KNMI geven aan dat deze weersomstandigheden onder invloed van klimaatverandering rond 2050 vaker in extreme vorm gaan voorkomen.	Hogere temperaturen, langere perioden hitte/droogte en meer extreme regenval versnellen de slijtage van de infrastructuur.	Perioden van aanhoudende warmte kunnen leiden tot grotere vermoeidheid/irritatie. Extreme regenval belemmert het zicht en vergroot de onveiligheid.
	Grote mobiliteits-trends/ maatschappelijke trends	Tamelijk zekere trend naar slimmer plannen van mobiliteit, grotere behoefte aan gemak, kwaliteit van de verplaatsing. De behoefte aan gemak, efficiëntie, en individueel op maat gemaakte mobiliteitsoplossingen zal bijdragen aan de totstandkoming van nieuwe vervoersconcepten en grote diversiteit van voertuigen in 2050. Specifiek te noemen ontwikkelingen hier zijn toename van 'Het Nieuwe Werken' en minder autobezit onder jongeren.	Mobiliteitstrends leiden tot: lichte toename van het autogebruik, toename van elektrische fiets, minder ov op het platteland en toename van gebruik alternatieve vervoerwijzen. Het Nieuwe Werken draagt bij aan minder automobilititeit en minder verplaatsingen in de spitsuren.	Mogelijk gebrek kennis/ onkunde bij gebruik alternatieve vervoerwijzen (scootmobiel/brommobiel), en mogelijk onvoldoende beleid voor afwijkende voertuigen kunnen voor veiligheidsproblemen zorgen. Indien jongeren door verminderd autobezit meer gebruik zullen maken van andere vervoerwijzen dan de auto of het ov, leidt dit tot toename van de onveiligheid.

Tabel 7.1. *Samenvatting van ontwikkelingen en mogelijke doorwerking op mobiliteit en gedrag.*

TOEKOMSTSCENARIO'S EN VERKEERSVEILIGHEIDSEFFECTEN

In dit rapport verkennen we de gevolgen van toekomstige ontwikkelingen op de kwaliteit van infrastructuur. In *Deel 1* keken we naar de vraag: met welke ontwikkelingen krijgen we binnen nu en 20 tot 25 jaar te maken? In dit tweede deel gaan we in op de twee andere hoofdvragen:

- Welke consequenties hebben de ontwikkelingen uit *Deel 1* voor de technische en functionele kwaliteit – en daarmee voor de inrichting en het onderhoud – van wegen?
- Wat zijn de verwachte gevolgen voor functionele kwaliteiten van wegen, waaronder de verkeersveiligheid, als wegbeheerders niets extra's zouden doen of de infrastructuur juist maximaal zouden vervangen?

De vragen zijn ingegeven door de constatering dat de budgetten die beschikbaar zijn voor verkeersinfrastructuur, niet in de pas lijken te lopen met de budgetten die nodig zijn voor onderhoud en, op termijn, vervanging van de bestaande infrastructuur.

Afbakening

Het aantal en de aard van de ontwikkelingen in mobiliteit en infrastructuur is groot en daarom is voor een afbakening gekozen. Dit deel van de verkenning is het resultaat van de inschattingen van twee verkeersveiligheidsexperts. Uiteindelijk zijn de risico's en kansen uitgewerkt in een *Risicoverkenner Verkeersveiligheid in relatie tot beheer en onderhoud* voor stroomwegen (verharding, kunstwerk), gebiedsontsluitingswegen (verharding, kunstwerk) en erftoegangswegen (verharding). Daarbij zijn twee verschillende onderhoudsscenario's als uitgangspunt genomen:

1. Voldoende budget, onderhoud op status quo: de situatie waarin wegbeheerders in staat zouden zijn om tot aan 2050 hun infrastructuur minimaal op het huidige onderhoudsniveau te houden. Omdat sommige verkenningen voorzien dat de vraag over het algemeen groter zal worden dan het beschikbare budget, zal er in dit scenario in veel gevallen extra budget gevonden moeten worden.
2. Onvoldoende budget, achteruitgang in onderhoud: omdat de vraag waarschijnlijk groter zal worden dan het beschikbare budget als daaraan niets wordt gedaan, wordt in dit scenario versobering voorzien in beheer en onderhoud en/of toename van achterstallig onderhoud, en dus in een verslechterde kwaliteit van de infrastructuur.

In dit deel bespreken we achtereenvolgens:

- De invloed van toekomstige ontwikkelingen op slijtage van infrastructuur, inclusief bandbreedte en daaruit afgeleide toekomstscenario's;
- de verkeersveiligheidseffecten van deze ontwikkelingen in 2050 onder de twee genoemde onderhoudsscenario's (voldoende en onvoldoende budget om het onderhoud op het huidige niveau te houden);
- een overzicht van ingeschatte verkeersveiligheidsrisico's toegepast op drie wegtypen (erftoegangsweg, gebiedsontsluitingsweg en stroomweg) en twee wegonderdelen (verharding en kunstwerk).

8. Toekomstscenario's en de relatie met infrastructuur

Dit hoofdstuk bevat de aanpak en eerste uitkomsten van de verkenning naar de effecten die toekomstige ontwikkelingen hebben op veroudering en slijtage van infrastructuur. Daarbij is in deze verkenning gekeken naar de te verwachte effecten op verkeersveiligheid.

We beperken ons hier tot de ontwikkelingen in die factoren die in principe buiten het invloedsdomein van de wegbeheerder staan en te beschouwen zijn als 'externe factoren'. Van lang niet al deze 'externe factoren' is exact te zeggen hoe ze zich richting 2050 gaan ontwikkelen. Daarom is een bandbreedte in zekerheid aangegeven die in dit hoofdstuk nader wordt toegelicht.

8.1. Invloed van ontwikkelingen op verkeer, verkeersveiligheid en infrastructuur

Niet alle ontwikkelingen of 'externe factoren' uit *Tabel 7.1* hebben een aantoonbare invloed op verkeer, verkeerinfrastructuur en verkeersveiligheid. Om dit in kaart te brengen, focussen we op twee soorten factoren:

- factoren die *direct* invloed hebben op het verkeer en (het gebruik van) de verkeerinfrastructuur, hierna aangeduid met F1;
- factoren die door verandering van het gebruik van de verkeerinfrastructuur de verkeerssituatie of de verkeerinfrastructuur kunnen beïnvloeden, hierna aangeduid met F2.

Sommige factoren behoren tot beide soorten. In onderstaand overzicht is steeds per ontwikkeling aangegeven op welke wijze en wat voor soort invloed te verwachten is op de infrastructuur. Er is steeds een verwijzing naar de literatuurstudie uit *Deel 1* gegeven.

8.1.1. Voertuigontwikkelingen

De ontwikkelingen op het gebied van voertuigen zijn beschreven in *Hoofdstuk 3*.

- Schonere voertuigen (F1): als deze voertuigen ook een geringere massa hebben, dan zal de kwetsbaarheid bij een botsing groter zijn.
- Concentratie van goederenverkeer van en naar mainports (F1 en F2; zie ook *Paragraaf 6.1 en 8.3*): het goederenverkeer concentreert zich op de toeleidende routes. Het aantal LZV's (langere en zwaardere vrachtauto's) neemt toe. Het overige verkeer ondervindt hinder van colonnes vrachtauto's. Hierdoor ontstaan meer ongevallen. Bij botsingen met zware vrachtauto's is de ernst van de afloop groter.
- Meer elektrische auto's (e-auto's) (F1 en F2): deze voertuigen maken vooralsnog minder geluid en zullen daardoor minder opgemerkt worden door anderen, met name fietsers en voetgangers. In dat geval kan dit leiden tot meer conflicten en ongevallen.
- Meer e-fietsen (F1 en F2): het aantal fietsen en de hoeveelheid afgelegde kilometers per fiets nemen toe. Deze fietsen hebben gemiddeld hogere snelheden. Hierdoor zal bij een val meer letsel optreden. Er ontstaan grotere snelheidsverschillen met andere tweewielers. Dit vergroot de ongevalsrisico's en de letselernst. Door de

grotere instabiliteit van e-fietsen (hoger zwaartepunt) kan men eerder ten val komen.

- Meer nieuwe typen voertuigen (inclusief brommobiel en scootmobiel) (F1 en F2): als deze verscheidenheid doorzet, zorgt dit voor een grotere variëteit in massa, vermogen en omvang. Hierdoor neemt de incompatibiliteit tussen verkeersdeelnemers toe. Dit leidt inherent tot meer onveiligheid.

8.1.2. *Technologische ontwikkelingen*

Technologische ontwikkelingen zijn beschreven in *Hoofdstuk 4*.

- Technologie voor ondersteuning van weggebruikers neemt verder toe (F1 en F2): dit kan een efficiënter gebruik van het wegennet bewerkstelligen. Technologie kan de weggebruiker op diverse aspecten assisteren bij de rijtaak. Dit bevordert per saldo de veiligheid.
- Technologie die weggebruikers afleidt van de rijtaak neemt toe (F1): diverse audiovisuele afleidingen bestaan al en zullen nog toenemen. Dit doet afbreuk aan de veiligheid.
- Technologie voor het voertuig neemt toe (F1 en F2): de technologie die het rijgedrag van het voertuig direct beïnvloedt, zal toenemen. Dit vermindert de kans op een ongeval, terwijl bij een toch onvermijdelijk ongeval de letselernst afneemt.
- Penetratiegraad voertuigtechnologie neemt toe (F1 en F2): bij een lagere penetratiegraad reageren bestuurders zonder technologie later of anders dan de rest. Daardoor ontstaat meer onveiligheid. Bij een hogere penetratiegraad zijn er minder verschillen tussen voertuigen, de meeste voertuigen kunnen onderling met elkaar communiceren, de voertuigen reageren op dezelfde manier; dit bevordert per saldo de veiligheid

8.1.3. *Demografische ontwikkelingen*

Demografische ontwikkelingen zijn beschreven in *Hoofdstuk 5*.

- Kleine toename (auto)mobiliteit (F1): meer automobilititeit heeft op zich een gering effect op de verkeersveiligheid. Deze factor hangt samen met de factoren *Jongeren besteden minder geld aan autobezit* en *'Het Nieuwe Werken' neemt verder toe*; zie hierna.
- Vergrijzende populatie (F2): dit leidt tot meer autogebruik buiten de spitsen en tot meer e-fietsgebruik. Het aantal bestuurders met beperkingen zal toenemen. De groep oudere verkeersdeelnemers heeft een grotere kwetsbaarheid.
- Meer eenpersoonshuishoudens (F1): deze factor leidt tot meer autobezit en -gebruik.

8.1.4. *Verstedelijking, klimaatverandering en mobiliteitsontwikkelingen*

Deze overige ontwikkelingen zijn besproken in *Hoofdstuk 6*.

- Verstedelijking neemt toe (F1): dit leidt tot een grotere concentratie en menging van (verschillende soorten) verkeer. Het aantal conflicten en ongevallen zal toenemen.
- Klimaat verandert (F1): de verwachting is dat er meer en heviger neerslag zal plaatsvinden, evenals meer hitte en droogte. Dit heeft een negatieve invloed op de toestand van de infrastructuur en op het rijgedrag van weggebruikers.

- ‘Het Nieuwe Werken’ neemt verder toe (F1): dit kan leiden tot minder automobilititeit (thuiswerken) en tot minder verplaatsingen in de spitsuren. Minder filevorming is veiliger.
- Jongeren besteden minder geld aan autobezit (F1): dit remt de groei van de automobilititeit iets af. De jongeren zullen meer gebruik maken van andere vervoerwijzen dan de auto. De andere vervoerwijzen (behalve ov) hebben een hoger risico.

8.2. Zekerheid en penetratiegraad van toekomstige ontwikkelingen in het verkeer

Tussen nu en 2050 zullen de genoemde externe factoren zich (verder) gaan ontwikkelen. Deels is vrij zeker hoe die ontwikkelingen zullen gaan verlopen, deels is dat nog onzeker (zie *Hoofdstuk 7*). Daarnaast hebben de ontwikkelingen naar verwachting een klein of juist groot effect op het verkeer, doordat ze in beperkte of juist grote mate het verkeer zullen binnendringen (penetratiegraad), of zullen ze het verkeer in kleine of grote mate wijzigen ten opzichte van de huidige situatie.

Wat betreft de zekerheid zijn alleen die factoren uit *Deel 1* genomen met een grote of middelgrote mate van zekerheid. De penetratiegraad is in drie bandbreedtes uitgewerkt:

- verwachte ondergrens in de toestand van deze factor;
- verwachte tussentoestand van deze factor;
- verwachte bovengrens in de toestand van deze factor.

Tabel 8.1 geeft een overzicht van de zekerheid van een ontwikkeling in 2050 en een weergave van de bandbreedte waarin de ontwikkeling zich naar verwachting zal afspelen. We lichten de gekozen bandbreedtes per factor kort toe.

Ontwikkeling van de factor	Zekerheid dat de ontwikkeling zal doorzetten tot aan 2050	Bandbreedte in de verwachte ontwikkeling van de betreffende factor in het verkeer in 2050		
		Ondergrens	Tussentoestand	Bovengrens
Voertuigontwikkelingen				
Schonere voertuigen	middelgroot	klein aandeel	middelgroot aandeel	groot aandeel
Meer nieuwe typen	middelgroot	klein aandeel	middelgroot aandeel	groot aandeel
Meer e-auto's	groot	klein aandeel	middelgroot aandeel	groot aandeel
Meer e-fietsen	groot	groot aandeel	groot aandeel	groot aandeel
Technologische ontwikkelingen⁵				
Meer voertuigtechnologie	groot	in beperkte mate	in grote mate (door ADAS)	in grote mate (door autonoom rijden)
Meer ondersteuning verkeersdeelnemers (ADAS)	groot	in beperkte mate	in grote mate	in beperkte mate (door autonoom rijden)
Meer ondersteuning voertuigen (autonoom rijden)	groot	in beperkte mate	in beperkte mate (accent op ADAS)	in grote mate
Meer technologie niet-rijtaken	groot	in grote mate	in beperkte mate (door ADAS)	in grote mate (door autonoom rijden)
Demografische ontwikkelingen				
Vergrijzende populatie	groot	4,5 miljoen 65+, 2 miljoen 80+	4,5 miljoen 65+, 2 miljoen 80+	4,5 miljoen 65+, 2 miljoen 80+
Meer eenpersoonshuishoudens	groot	40% van alle huishoudens	40% van alle huishoudens	40% van alle huishoudens
Geringe toename automobilititeit	groot	0,5% groei per jaar (door jongeren die minder geld aan auto's besteden en grote penetratiegraad Het Nieuwe Werken)	1% groei per jaar	1,5% groei per jaar (door minder sterke ontwikkeling van 'jongeren die minder geld aan auto's besteden en kleine penetratiegraad' van Het Nieuwe Werken)
Overige ontwikkelingen				
Verandering klimaat	middelgroot	beperkte verandering	beperkte verandering	beperkte verandering
Meer verstedelijking	middelgroot	in beperkte mate	in middelgrote mate	in grote mate
Concentratie goederenvervoer in mainports	middelgroot	in beperkte mate	in middelgrote mate	in grote mate
Jongeren besteden minder geld aan auto	middelgroot	in grote mate	in middelgrote mate	in beperkte mate
Het Nieuwe Werken neemt toe	middelgroot	in grote mate	in middelgrote mate	in beperkte mate

Tabel 8.1. Voor infrastructuur en verkeersveiligheid relevante ontwikkelingen, de zekerheid waarmee de ontwikkeling zich zal voltrekken en een weergave van de bandbreedte waarbinnen de ontwikkeling zich naar verwachting zal afspelen.

⁵ De technologische ontwikkelingen hangen onderling samen. Zo wordt bij toenemende penetratiegraad van technologische ontwikkelingen bij de bovengrens van de verwachte bandbreedte, ingeschat dat bestuurdersondersteunende systemen nauwelijks meer nodig zijn omdat er meer rijtaken geautomatiseerd zullen zijn.

8.2.1. *Voertuigontwikkelingen*

Schonere voertuigen, meer e-auto's en meer nieuwe typen: deze drie factoren kunnen zich naar verwachting ontwikkelen van een klein aandeel tot een groot aandeel in het verkeer, en respectievelijk leiden tot een kleine en grote verandering van de samenstelling van het verkeer ten opzichte van de huidige situatie.

Meer e-fietsen: bij deze factor wordt over de hele bandbreedte een groot aandeel verwacht, omdat al ruim vóór 2050 de penetratie van e-fietsen groot zal zijn en deze ontwikkeling een grote mate van zekerheid heeft.

8.2.2. *Technologische ontwikkelingen*

Binnen de technologische ontwikkelingen onderscheiden we vier factoren die in de bandbreedte van de verwachte ontwikkeling deels samenhangen:

- meer voertuigtechnologie;
- meer ondersteuning verkeersdeelnemers;
- meer ondersteuning van voertuigen;
- meer technologie niet gericht is oprijtaken.

De toename van voertuigtechnologie is vrij zeker. Daarom is alleen in de ondergrens van de verwachte bandbreedte een beperkte penetratiegraad voorzien. In de tussen- en bovengrens van de bandbreedte verwachten we een grote penetratiegraad, door de aanwezige technologie voor de verkeersdeelnemer (tussentoestand) en, in een later stadium, de aanwezige technologie voor het voertuig (bovengrens). Ook deze ontwikkelingen hebben een relatie met elkaar: bij een grote penetratiegraad van ondersteuning van voertuigen (grotere automatisering van de rijtaak), is minder ondersteuning van de verkeersdeelnemer nodig.

De ontwikkeling van technologie die niet gerelateerd is aan rijtaken zal naar verwachting een relatie hebben met de ontwikkeling van technologie voor rijtaken. Als ondergrens in de bandbreedte verwachten we een grote penetratiegraad van technologie die niet is gericht op rijtaken. Bij verdere doorontwikkeling van systemen die de verkeersdeelnemer ondersteunen, zal de penetratiegraad van niet-rijtaakgerichte-technologie waarschijnlijk juist beperkter zijn: de ondersteunende systemen attenderen de bestuurder immers op het gevaar van het gebruik van niet-rijtaakgerichte technologie. Ontwikkelt de technologie zich nog verder richting van een grote mate van autonoom rijden, dan is juist weer wel een grotere penetratie van niet-rijtaakgerichte technologie te verwachten, omdat de bestuurder relatief veilig de mogelijkheid heeft om zich hierop te richten.

8.2.3. *Demografische ontwikkelingen*

Vergrijzing: deze ontwikkeling is in alle scenario's gelijk vanwege de grote mate van zekerheid van deze ontwikkeling.

Meer eenpersoonshuishoudens: ook deze ontwikkeling is vrij zeker en daarom gelijk over de hele bandbreedte van verwachte ontwikkelingen.

Geringe toename automobilititeit: er wordt een kleine groei in de automobilititeit voorzien die ligt tussen de 0,5% en 1,5%. De groei kan onder andere

getemperd worden door jongeren die minder geld aan autobezit besteden en door een toename van 'Het Nieuwe Werken' (ondergrens van de bandbreedte). Als deze ontwikkelingen in mindere mate zullen optreden, dan is de aangegeven bovengrens in de ontwikkeling van automobilititeit te verwachten.

8.2.4. *Overige ontwikkelingen*

Meer verstedelijking en concentratie goederenvervoer in mainports: naar verwachting zullen deze factoren in beperkte tot grote mate toenemen.

Klimaatverandering: de verwachting is dat over de gehele bandbreedte genomen de verandering beperkt zal zijn.

Jongeren besteden minder geld aan auto's en er wordt een toename voorzien van Het Nieuwe Werken: deze twee externe factoren hangen samen met de ontwikkeling van de automobilititeit: de groei die wordt verwacht binnen de automobilititeit, wordt naar verwachting getemperd door jongeren die minder geld besteden aan autobezit en door Het Nieuwe Werken.

8.3. **Uitgangspunten en werkwijze voor verkeersveiligheidseffecten**

De veiligheidseffecten van een externe factor zijn per ontwikkelingsscenario geschat. Er zijn over het algemeen geen harde kwantitatieve effecten bekend, daarom is met kwalitatieve schattingen gewerkt in termen van 'de verkeersveiligheid neemt toe' (+), '... neemt af' (-), '...blijft min of meer gelijk' (0).

8.3.1. *Toepassingsgebieden: wegcategorieën en wegelementen*

De schattingen zijn uitgevoerd voor de drie wegcategorieën:

- stroomweg;
- gebiedsontsluitingsweg;
- erftoegangsweg.

Voor elke wegcategorie is gekeken naar de wegverharding en naar een kunstwerk in de weg. In overleg met CROW is besloten om de situatie 'kunstwerk op erftoegangsweg' buiten beschouwing te laten, vanwege de verwachte geringe relevantie voor de praktijk.

8.3.2. *Verdere uitgangspunten in relatie tot de infrastructuur*

De twee onderhoudsscenario's (voldoende budget en onvoldoende budget om het onderhoud op het huidige niveau te houden) gaan uit van de huidige infrastructuur, die is samengesteld uit onderdelen van verschillende ouderdom en verschillende potentiële levensduur. Vanuit die aanname maken we onderscheid tussen verwachte *lokale effecten* en *netwerkeffecten* van toekomstige ontwikkelingen. Het effect op een locatie van het infrastructuuronderdeel, bijvoorbeeld een kunstwerk, en het afgeleide effect elders in het wegennet, bijvoorbeeld op parallelle routes, is hierbij samengenomen tot één netto-inschatting van hoe het risico zich zal ontwikkelen. Over het algemeen zijn netwerkeffecten groter dan lokale effecten, en daarom zijn ze zeer belangrijk om mee te nemen.

8.3.3. *Werkwijze om tot schattingen te komen*

Voor elk van de genoemde situaties (wegcategorie x wegelement) is door twee verkeersveiligheidsexperts onafhankelijk van elkaar een inschatting gemaakt van de verkeersveiligheidseffecten. De resultaten van de twee experts bleken vrijwel altijd grotendeels overeen te komen of zeer dicht bij elkaar te liggen. Daar waar enige verschillen werden geconstateerd, is in overleg een eindschatting ingevuld.

8.3.4. *Wegbeheerdersbijeenkomst*

De schattingen van de experts zijn uitgewerkt in een *Risicoverkenner Verkeersveiligheid in relatie tot beheer en onderhoud*. Een aantal voorbeelden van de risicoverkenner is op 25 november 2015 voorgelegd aan een groep gemeentelijke en provinciale wegbeheerders. Doel was om te toetsen in hoeverre de gebruikte methode voor hen inzichtelijk maakt welke risico's en kansen zijn te verwachten. De belangrijkste inzichten uit deze bijeenkomst waren dat:

- wegbeheerders mede door dit project bewust worden gemaakt van een aantal ontwikkelingen die lang niet altijd en bij iedereen al op het netvlies staan; 2050 is voor een aantal van hen nog erg ver weg;
- wegbeheerders op dit moment verschillen in de mate waarin ze het vervangings- en versoberingsvraagstuk als een probleem zien, verwachten daadwerkelijk een probleem gaan krijgen of de termijn waarop ze problemen gaan krijgen⁶;
- wegbeheerders behoefte hebben aan meer gedetailleerde uitwerking van kansen en risico's en de prioritering daarbinnen.

Samenvattend blijkt dat de risicoverkenner wegbeheerders kan helpen bij de bewustwording van toekomstige risico's en kansen. Hier kunnen zij vervolgens actief hun beleid op inzetten of afstemmen.

8.4. **Samenvatting van de werkwijze**

Voertuigontwikkelingen, ontwikkelingen op het gebied van de technologie en demografie, en overige ontwikkelingen zoals verstedelijking, mobiliteits- en klimaatveranderingen, hebben allemaal in meer of mindere mate invloed op de veroudering en slijtage van infrastructuur. Het gaat dan vooral om ontwikkelingen die zorgen voor verandering in gebruik of belasting, maar ook voor verplaatsing van verkeersstromen naar andere delen van de infrastructuur.

Omdat niet voor elk van de genoemde factoren even zeker is hoe ze zich de komende decennia zullen ontwikkelen, is in deze verkenning uitgegaan van een bandbreedte in de ontwikkeling van iedere factor. Om een beeld te krijgen van wat die bandbreedte is, is voor iedere ontwikkeling de verwachte minimale verandering weergegeven, de maximale en de toestand daar tussenin. Juist ook deze tussenvariant is relevant, omdat dit kan betekenen dat er een mix is van factoren in het verkeer die andere gevolgen met zich meebrengen dan ontwikkelingen die nog nauwelijks (ondergrens) of juist

⁶ We zijn niet nagegaan in hoeverre en hoe diepgaand iedere wegbeheerder zich verdiept heeft in dit onderwerp en hoe ver men daarbij vooruit kijkt. Ook dit is mogelijk zeer verschillend.

helemaal (bovengrens) uitontwikkeld en gepenetreerd zijn. Dit is bijvoorbeeld het geval bij voertuigtechnologie.

Daarnaast is de zekerheid van de ontwikkelingen aangegeven. Deze is redelijk groot voor demografie, technologie en elektrische voertuigen (auto's en fietsen). Voor andere ontwikkelingen is deze minder groot.

De verkeersveiligheidseffecten zijn vervolgens ingeschat door twee verkeersveiligheidsexperts. De schattingen zijn uitgevoerd voor de drie wegcategorieën: stroomweg, gebiedsontsluitingsweg en erftoegangsweg. Voor elke wegcategorie is gekeken naar de wegverharding en (met uitzondering van de erftoegangsweg) naar een kunstwerk in de weg. Verder is uitgegaan van twee onderhoudsscenario's voor 2050. In het eerste scenario zijn er voldoende middelen beschikbaar om de kwaliteit van de infrastructuur tot 2050 op hetzelfde niveau te houden als nu. In het tweede scenario zijn daarvoor onvoldoende middelen beschikbaar en zal de kwaliteit van de infrastructuur dus verslechteren.

De resultaten van de schattingen zijn te vinden in het volgende hoofdstuk.

9. Resultaten: de risicoverkenner

Dit hoofdstuk bevat de resultaten van de ingeschatte ontwikkeling van verkeersveiligheidsrisico's in 2050 ten opzichte van de huidige situatie: de risicoverkenner. Ook hierbij zijn we uitgegaan van de twee eerder besproken onderhoudsscenario's (voldoende en onvoldoende budget om het onderhoud op het huidige niveau te houden).

In de risicoverkenner wordt voor de externe factoren (de factoren waar een wegbeheerder in principe geen invloed op heeft) een bandbreedte in de mogelijke ontwikkeling aangehouden. Daarbij wordt een ondergrens, een bovengrens en een tussentoestand onderscheiden (zie *Hoofdstuk 8* voor een uitwerking en toelichting per externe factor).

Veiligheidseffecten zijn kwalitatief weergegeven op een 5-puntschaal:

- = sterke verslechtering van de verkeersveiligheid
- = verslechtering van de verkeersveiligheid
- 0 = nauwelijks wijziging in de gevolgen voor verkeersveiligheid
- + = verbetering van de verkeersveiligheid
- ++ = sterke verbetering van de verkeersveiligheid

Hierbij zijn lokale effecten en netwerkeffecten samengenomen.

Er is gekeken naar de volgende situaties:

- Stroomweg – verharding
- Stroomweg – kunstwerk
- Gebiedsontsluitingsweg – verharding
- Gebiedsontsluitingsweg – kunstwerk
- Erftoegangsweg – verharding⁷

In de volgende paragrafen is voor elke situatie een tabel te vinden met een inschatting van risico's die gerelateerd zijn aan de verschillende mogelijke toekomstsituaties. Deze tabellen zijn uitgewerkt voor de twee onderhoudsscenario's.

9.1. Risico's in 2050 bij gelijkblijvend onderhoudsniveau van de infrastructuur

In onderstaande risicoverkenners is het eerste onderhoudsscenario van de infrastructuur als uitgangspunt genomen:

Wegbeheerders hebben tot aan 2050 voldoende middelen tot hun beschikking om de onderhouds- en vervangingsvraag te dekken. Daardoor is het onderhoudsniveau van wegen in 2050 op hetzelfde niveau als nu het geval is. De risico's worden daarmee vooral beïnvloed door 'externe ontwikkelingen' (zie *Hoofdstuk 8*).

⁷ Er is in overleg met de opdrachtgever voor gekozen om de situatie 'erftoegangsweg met kunstwerk' niet uit te werken, omdat de praktische relevantie als klein wordt beschouwd.

9.1.1. Stroomweg – verharding

Externe factoren	Toelichting	Verandering in externe factoren		
		Ondergrens	Tussen-toestand	Bovengrens
Vergrijzing	Dit leidt tot meer autogebruik buiten de spitsen en meer e-fietsgebruik. Het aantal bestuurders met beperkingen zal toenemen. De groep oudere verkeersdeelnemers heeft een grotere kwetsbaarheid. Het aandeel ouderen varieert niet.	–	–	–
Meer nieuwe typen voertuigen	Deze verscheidenheid zorgt voor een grotere variëteit in massa, vermogen en omvang. Hierdoor neemt de incompatibiliteit tussen verkeersdeelnemers toe. Dit leidt tot meer onveiligheid, ook op autosnelwegen.	–	–	–
Meer e-auto's	Geen merkbaar effect tussen alleen motorvoertuigen.	0	0	0
Meer e-fietsen	Deze ontwikkeling op zich zal op stroomwegen een verwaarloosbaar effect hebben.	0	0	0
Penetratiegraad voertuigtechnologie	Bij een lagere penetratiegraad reageren bestuurders zonder technologie later of anders dan de rest: daardoor ontstaat meer onveiligheid. Bij een hogere penetratiegraad zijn er minder verschillen tussen voertuigen, de meeste voertuigen kunnen onderling met elkaar communiceren, de voertuigen reageren op dezelfde manier; dit bevordert de veiligheid.	0	+	++
Meer ondersteuning verkeersdeelnemers	Dit kan een efficiënter gebruik van het wegennet bewerkstelligen. Technologie kan de weggebruiker op diverse aspecten assisteren bij de rijtaak. Dit bevordert de veiligheid.	+	++	+
Meer ondersteuning voertuigen	De technologie die het rijgedrag van het voertuig direct beïnvloedt, zal toenemen. Dit vermindert de kans op een ongeval, terwijl bij een toch onvermijdelijk ongeval de letselernst afneemt.	+	++	++
Meer technologie niet-rijtaken	Diverse audiovisuele afleidingen bestaan al en zullen nog toenemen. Dit doet afbreuk aan de veiligheid. Bij toename van ondersteuning voertuigen is er minder negatief effect van niet-rijtaken.	–	–	0
Meer verstedelijking	Meer stedelijke autosnelwegen met relatief lage limieten.	0	0	+
Concentratie goederenvervoer in mainports	Het goederenverkeer concentreert zich op de toeleidende routes. Het aantal LZV's (langere en zwaardere vrachtauto's) neemt toe. Het overige verkeer ondervindt hinder van colonnes vrachtauto's. Hierdoor ontstaan meer ongevallen. Bij botsingen met zware vrachtauto's is de ernst van de afloop groter.	0	0	–

Tabel 9.1. *Verkeersveiligheidseffecten van toekomstige ontwikkelingen bij gelijkblijvend onderhoudsniveau van de infrastructuur: situatie op stroomweg – verharding. De ontwikkelingen op het terrein van technologie zijn groen omkaderd omdat ze in onderlinge samenhang dienen te worden bekeken.*

9.1.2. *Stroomweg – kunstwerk*

Externe factoren	Toelichting	Verandering in externe factoren		
		Ondergrens	Tussen-toestand	Bovengrens
Vergrijzing	Dit leidt tot meer autogebruik buiten de spitsen en meer e-fietsgebruik. Het aantal bestuurders met beperkingen zal toenemen. De groep oudere verkeersdeelnemers heeft een grotere kwetsbaarheid. Het aandeel ouderen varieert niet.	–	–	–
Meer nieuwe typen voertuigen	Deze verscheidenheid zorgt voor een grotere variëteit in massa, vermogen en omvang. Hierdoor neemt de incompatibiliteit tussen verkeersdeelnemers toe. Dit leidt tot meer onveiligheid, ook op autosnelwegen.	–	–	–
Meer e-auto's	Geen merkbaar effect tussen alleen motorvoertuigen.	0	0	0
Meer e-fietsen	Deze ontwikkeling op zich zal op stroomwegen een verwaarloosbaar effect hebben.	0	0	0
Penetratiegraad voertuigtechnologie	Bij een lagere penetratiegraad reageren bestuurders zonder technologie later of anders dan de rest: daardoor ontstaat meer onveiligheid. Bij een hogere penetratiegraad zijn er minder verschillen tussen voertuigen, de meeste voertuigen kunnen onderling met elkaar communiceren, de voertuigen reageren op dezelfde manier; dit bevordert de veiligheid.	0	+	++
Meer ondersteuning verkeersdeelnemers	Dit kan een efficiënter gebruik van het wegennet bewerkstelligen. Technologie kan de weggebruiker op diverse aspecten assisteren bij de rijtaak. Dit bevordert de veiligheid.	+	++	+
Meer ondersteuning voertuigen	De technologie die het rijgedrag van het voertuig direct beïnvloedt, zal toenemen. Dit vermindert de kans op een ongeval, terwijl bij een toch onvermijdelijk ongeval de letselernst afneemt.	+	++	++
Meer technologie niet-rijtaken	Diverse audiovisuele afleidingen bestaan al en zullen nog toenemen. Dit doet afbreuk aan de veiligheid. Bij toename van ondersteuning voertuigen is er minder negatief effect van niet-rijtaken.	–	–	0
Meer verstedelijking	Meer stedelijke autosnelwegen met relatief lage limieten. Geen expliciet effect op kunstwerken.	0	0	0
Concentratie goederenvervoer in mainports	Het goederenverkeer concentreert zich op de toeleidende routes. Het aantal LZV's neemt toe. Het overige verkeer ondervindt hinder van colonnes vrachtauto's. Hierdoor ontstaan meer ongevallen. Bij botsingen met zware vrachtauto's is de ernst van de afloop groter.	0	0	–

Tabel 9.2. *Verkeersveiligheidseffecten van toekomstige ontwikkelingen bij gelijkblijvend onderhoudsniveau van de infrastructuur: situatie op stroomweg – kunstwerk. De ontwikkelingen op het terrein van technologie zijn groen omkaderd omdat ze in onderlinge samenhang dienen te worden bekeken.*

9.1.3. Gebiedsontsluitingsweg – verharding

Externe factoren	Toelichting	Verandering in externe factoren		
		Ondergrens	Tussen-toestand	Bovengrens
Vergrijzing	Dit leidt tot meer autogebruik buiten de spitsen en meer e-fietsgebruik. Het aantal bestuurders met beperkingen zal toenemen. De groep oudere verkeersdeelnemers heeft een grotere kwetsbaarheid. Het aandeel ouderen varieert niet.	–	–	–
Meer nieuwe typen voertuigen	Deze verscheidenheid zorgt voor een grotere variëteit in massa, vermogen en omvang. Hierdoor neemt de incompatibiliteit tussen verkeersdeelnemers toe. Dit leidt tot meer onveiligheid.	0	–	--
Meer e-auto's	Deze voertuigen maken minder geluid en zullen daardoor minder opgemerkt worden door anderen, met name fietsers en voetgangers. Dit kan leiden tot meer conflicten en ongevallen.	–	–	--
Meer e-fietsen	Het aantal fietsen en de hoeveelheid afgelegde kilometers per fiets nemen toe. Deze fietsen hebben gemiddeld hogere snelheden. Hierdoor zal bij een val meer letsel optreden. Er ontstaan grotere snelheidsverschillen met andere tweewielers. Dit vergroot de ongevalskans en de letselernst. Door de grotere instabiliteit van e-fietsen (hoger zwaartepunt) kan men eerder ten val komen.	–	–	–
Penetratiegraad voertuigtechnologie	Bij een lagere penetratiegraad reageren bestuurders zonder technologie later of anders dan de rest: daardoor ontstaat meer onveiligheid. Bij een hogere penetratiegraad zijn er minder verschillen tussen voertuigen, de meeste voertuigen kunnen onderling met elkaar communiceren, de voertuigen reageren op dezelfde manier; dit bevordert de veiligheid.	0	+	+
Meer ondersteuning verkeersdeelnemers	Dit kan een efficiënter gebruik van het wegennet bewerkstelligen. Technologie kan de weggebruiker op diverse aspecten assisteren bij de rijtaak. Dit bevordert de veiligheid.	0	+	0
Meer ondersteuning voertuigen	De technologie die het rijgedrag van het voertuig direct beïnvloedt, zal toenemen. Dit vermindert de kans op een ongeval, terwijl bij een toch onvermijdelijk ongeval de letselernst afneemt.	+	+	++
Meer technologie niet-rijtaken	Diverse audiovisuele afleidingen bestaan al en zullen nog toenemen. Dit doet afbreuk aan de veiligheid. Bij toename van ondersteuning voertuigen is er minder negatief effect van niet-rijtaken.	–	–	0
Meer verstedelijking	Dit leidt tot een grotere concentratie en menging van (verschillende soorten) verkeer. Het aantal conflicten en ongevallen zal toenemen.	0	–	--
Concentratie goederenvervoer in mainports	Het goederenverkeer concentreert zich op de toelidende routes. Het aantal LZV's neemt toe. Het overige verkeer ondervindt hinder van colonnes vrachtauto's. Hierdoor ontstaan meer ongevallen. Bij botsingen met zware vrachtauto's is de ernst van de afloop groter.	0	–	--

Tabel 9.3. *Verkeersveiligheidseffecten van toekomstige ontwikkelingen bij gelijkblijvend onderhoudsniveau van de infrastructuur: situatie op gebiedsontsluitingsweg – verharding. De ontwikkelingen op het terrein van technologie zijn groen omkaderd omdat ze in onderlinge samenhang dienen te worden bekeken.*

9.1.4. Gebiedsontsluitingsweg – kunstwerk

Externe factoren	Toelichting	Verandering in externe factoren		
		Ondergrens	Tussen-toestand	Bovengrens
Vergrijzing	Dit leidt tot meer autogebruik buiten de spitsen en meer e-fietsgebruik. Het aantal bestuurders met beperkingen zal toenemen. De groep oudere verkeersdeelnemers heeft een grotere kwetsbaarheid. Het aandeel ouderen varieert niet.	–	–	–
Meer nieuwe typen voertuigen	Deze verscheidenheid zorgt voor een grotere variëteit in massa, vermogen en omvang. Hierdoor neemt de incompatibiliteit tussen verkeersdeelnemers toe. Dit leidt tot meer onveiligheid.	0	0	–
Meer e-auto's	Deze voertuigen maken minder geluid en zullen daardoor minder opgemerkt worden door anderen, met name fietsers en voetgangers. Dit kan leiden tot meer conflicten en ongevallen.	–	–	--
Meer e-fietsen	Het aantal fietsen en de hoeveelheid afgelegde kilometers per fiets nemen toe. Deze fietsen hebben gemiddeld hogere snelheden. Hierdoor zal bij een val meer letsel optreden. Er ontstaan grotere snelheidsverschillen met andere tweewielers. Dit vergroot de ongevalskans en de letselernst. Door de grotere instabiliteit van e-fietsen (hoger zwaartepunt) kan men eerder ten val komen.	–	–	--
Penetratiegraad voertuigtechnologie	Bij een lagere penetratiegraad reageren bestuurders zonder technologie later of anders dan de rest: daardoor ontstaat meer onveiligheid. Bij een hogere penetratiegraad zijn er minder verschillen tussen voertuigen, de meeste voertuigen kunnen onderling met elkaar communiceren, de voertuigen reageren op dezelfde manier; dit bevordert de veiligheid.	0	+	+
Meer ondersteuning verkeersdeelnemers	Dit kan een efficiënter gebruik van het wegennet bewerkstelligen. Technologie kan de weggebruiker op diverse aspecten assisteren bij de rijtaak. Dit bevordert de veiligheid.	0	+	0
Meer ondersteuning voertuigen	De technologie die het rijgedrag van het voertuig direct beïnvloedt, zal toenemen. Dit vermindert de kans op een ongeval, terwijl bij een toch onvermijdelijk ongeval de letselernst afneemt.	+	+	++
Meer technologie niet-rijtaken	Diverse audiovisuele afleidingen bestaan al en zullen nog toenemen. Dit doet afbreuk aan de veiligheid. Bij toename van ondersteuning voertuigen is er minder negatief effect van niet-rijtaken.	–	–	0
Meer verstedelijking	Dit leidt tot een grotere concentratie en menging van (verschillende soorten) verkeer. Het aantal conflicten en ongevallen zal toenemen.	0	–	--
Concentratie goederenvervoer in mainports	Het goederenverkeer concentreert zich op de toelidende routes. Het aantal LZV's neemt toe. Het overige verkeer ondervindt hinder van colonnes vrachtauto's. Hierdoor ontstaan meer ongevallen. Bij botsingen met zware vrachtauto's is de ernst van de afloop groter.	0	–	--

Tabel 9.4. *Verkeersveiligheidseffecten van toekomstige ontwikkelingen bij gelijkblijvend onderhoudsniveau van de infrastructuur: situatie op gebiedsontsluitingsweg – kunstwerk. De ontwikkelingen op het terrein van technologie zijn groen omkaderd omdat ze in onderlinge samenhang dienen te worden bekeken.*

9.1.5. Erftoegangsweg – verharding

Externe factoren	Toelichting	Verandering in externe factoren		
		Ondergrens	Tussen-toestand	Bovengrens
Vergrijzing	Dit leidt tot meer autogebruik buiten de spitsen en meer e-fietsgebruik. Het aantal bestuurders met beperkingen zal toenemen. De groep oudere verkeersdeelnemers heeft een grotere kwetsbaarheid.	–	–	–
Meer nieuwe typen voertuigen	Deze verscheidenheid zorgt voor een grotere variëteit in massa, vermogen en omvang. Hierdoor neemt de incompatibiliteit tussen verkeersdeelnemers toe. Dit leidt tot meer onveiligheid.	0	–	--
Meer e-auto's	Deze voertuigen maken minder geluid en zullen daardoor minder opgemerkt worden door anderen, met name fietsers en voetgangers. Dit kan leiden tot meer conflicten en ongevallen. De snelheidsverschillen op erftoegangswegen zijn gering waardoor het effect gering is.	0	–	–
Meer e-fietsen	Het aantal fietsen en de hoeveelheid afgelegde kilometers per fiets nemen toe. Deze fietsen hebben gemiddeld hogere snelheden. Hierdoor zal bij een val meer letsel optreden. Er ontstaan grotere snelheidsverschillen met andere tweewielers. Dit vergroot de ongevalskans en de letselernst. Door de grotere instabiliteit van e-fietsen (hoger zwaartepunt) kan men eerder ten val komen.	–	–	–
Penetratiegraad voertuigtechnologie	Bij een lagere penetratiegraad reageren bestuurders zonder technologie later of anders dan de rest: daardoor ontstaat meer onveiligheid. Bij een hogere penetratiegraad zijn er minder verschillen tussen voertuigen, de meeste voertuigen kunnen onderling met elkaar communiceren, de voertuigen reageren op dezelfde manier; dit bevordert de veiligheid. Door lage snelheden op erftoegangswegen is het effect op veiligheid gering.	0	0	0
Meer ondersteuning verkeersdeelnemers	Dit kan een efficiënter gebruik van het wegennet bewerkstelligen. Technologie kan de weggebruiker op diverse aspecten assisteren bij de rijtaak. Dit bevordert de veiligheid.	+	++	+
Meer ondersteuning voertuigen	Diverse audiovisuele afleidingen bestaan al en zullen nog toenemen. Dit doet afbreuk aan de veiligheid.	–	–	0
Meer technologie niet-rijtaken	De technologie die het rijgedrag van het voertuig direct beïnvloedt, zal toenemen. Dit vermindert de kans op een ongeval, terwijl bij een toch onvermijdelijk ongeval de letselernst afneemt.	+	+	++
Meer verstedelijking	Diverse audiovisuele afleidingen bestaan al en zullen nog toenemen. Dit doet afbreuk aan de veiligheid.	–	–	0
Concentratie goederenvervoer in mainports	Dit leidt tot een grotere concentratie en menging van (verschillende soorten) verkeer. Het aantal conflicten en ongevallen zal toenemen.	0	0	–

Tabel 9.5. Verkeersveiligheidseffecten van toekomstige ontwikkelingen bij gelijkblijvend onderhoudsniveau van de infrastructuur: situatie op erftoegangsweg – verharding. De ontwikkelingen op het terrein van technologie zijn groen omkaderd omdat ze in onderlinge samenhang dienen te worden bekeken.

9.2. Risico's bij onvoldoende middelen voor onderhoud van infrastructuur

In onderstaande risicoverkeners is het tweede onderhoudsscenario van de infrastructuur als uitgangspunt genomen:

Wegbeheerders hebben tot aan 2050 onvoldoende middelen tot hun beschikking om de onderhouds- en vervangingsvraag te dekken. Daardoor zal het onderhoudsniveau van wegen verslechteren. De risico's worden in dit scenario dus zowel beïnvloed door deze verslechterde kwaliteit als door 'externe ontwikkelingen' (zie *Hoofdstuk 8*).

9.2.1. Stroomweg – verharding

Externe factoren	Toelichting	Verandering in externe factoren		
		Ondergrens	Tussentoestand	Bovengrens
Vergrijzing	Door vergrijzing zijn er meer verschillen tussen verkeersdeelnemers. Bij aanpassing van het gedrag door slecht wegdek nemen deze verschillen toe.	--	--	--
Meer nieuwe typen voertuigen	Nieuwe typen voertuigen vergroten de heterogeniteit. Dit beïnvloedt ook de verschillen in gedragsaanpassingen door slechte verharding.	-	--	--
Meer e-auto's	Rijden vaker op niet- autosnelwegen	0	0	0
Meer e-fietsen	Als automobilisten sommige slechte weggedeelten mijden en omrijden, heeft dat een impact op de overige verkeersdeelnemers, waaronder e-fietsen.	-	-	-
Penetratiegraad voertuigtechnologie	Een beperkte penetratiegraad geeft meer verschillen tussen voertuigen en dat is op zich niet gunstig. De ondersteuning bij de slechte verharding ontbreekt bij een deel van de voertuigen. Dat geeft extra onveiligheid.	-	+	+
Meer ondersteuning verkeersdeelnemers	De verkeersdeelnemer krijgt steun bij het compenseren van de slechtere omstandigheden.	0	+	0
Meer ondersteuning voertuigen	De voertuigtechnologie compenseert voor de slechtere situaties.	+	++	++
Meer technologie niet-rijtaken	Afleiding door niet-rijtaken heeft extra ongunstige invloed omdat meer aandacht nodig is voor slechter wegdek.	--	--	-
Meer verstedelijking	Als een slecht wegdek tot omrijden leidt, dan zal het stedelijk gebied meer belast worden. Dit leidt tot extra onveiligheid (toename expositie en kwetsbaarheid langzaam verkeer).	0	-	-
Concentratie goederenvervoer in mainports	Meer vrachtverkeer in de omgeving van de mainports doet het wegdek van de stroomwegen versneld achteruitgaan. De negatieve effecten op het overige verkeer nemen toe.	-	--	--

Tabel 9.6. *Verkeersveiligheidseffecten van toekomstige ontwikkelingen bij verslechterde kwaliteit van de infrastructuur: situatie op stroomweg – verharding. De ontwikkelingen op het terrein van technologie zijn groen omkaderd omdat ze in onderlinge samenhang dienen te worden bekeken.*

9.2.2. Stroomweg – kunstwerk

Externe factoren	Toelichting	Verandering in externe factoren		
		Ondergrens	Tussentoestand	Bovengrens
Vergrijzing	Versobering/slechter onderhoud leidt tot meer complexiteit en minder 'self-explaining' en vergevingsgezinde kunstwerken.	--	--	--
Meer nieuwe typen voertuigen	Vaker omgereden, meer interactie niet compatibele voertuigen/snelheden.	-	--	--
Meer e-auto's	Rijden vaker op niet- autosnelwegen.	0	0	0
Meer e-fietsen	Wordt vaker omgereden op onveiligere wegen.	-	-	-
Penetratiegraad voertuigtechnologie	Bij lage penetratie interactie tussen intelligente en niet-intelligente voertuigen, risicoverhogend bij discontinuïteiten/files enz.	-	+	+
Meer ondersteuning verkeersdeelnemers	Omrijroutes, rijtaakondersteuning bij discontinuïteiten.	0	+	0
Meer ondersteuning voertuigen	Intelligente voertuigen kunnen beter omgaan met versoberde/verslechterde kunstwerken.	+	++	++
Meer technologie niet-rijtaken	Afleiding neemt toe; bij 'groot' is er de positieve bijdrage door ondersteuning van voertuigen.	--	-	0
Meer verstedelijking	Expositie neemt toe, incompatibiliteit neemt toe, wordt verergerd door omrijdend (vracht)verkeer.	0	-	-
Concentratie goederenvervoer in mainports	Hogere intensiteit vracht verkeer, grotere incompatibiliteit, vooral als ook wordt omgereden.	-	--	--

Tabel 9.7. *Verkeersveiligheidseffecten van toekomstige ontwikkelingen bij verslechterde kwaliteit van de infrastructuur: situatie op stroomweg – kunstwerk. De ontwikkelingen op het terrein van technologie zijn groen omkaderd omdat ze in onderlinge samenhang dienen te worden bekeken.*

9.2.3. Gebiedsontsluitingsweg – verharding

Externe factoren	Toelichting	Verandering in externe factoren		
		Ondergrens	Tussen-toestand	Bovengrens
Vergrijzing	Door vergrijzing meer verschillen tussen verkeersdeelnemers. Bij aanpassing gedrag door slecht wegdek nemen deze verschillen toe.	--	--	--
Meer nieuwe typen voertuigen	Nieuwe typen voertuigen vergroten de heterogeniteit. Dit beïnvloedt ook de verschillen in gedragsaanpassingen door slechte verharding.	--	--	--
Meer e-auto's	Rijden vaker op niet- autosnelwegen	-	--	--
Meer e-fietsen	Als automobilisten sommige slechte weggedeelten op stroomwegen mijden en omrijden, heeft dat een impact op de overige verkeersdeelnemers, waaronder e-fietsen.	--	--	--
Penetratiegraad voertuigtechnologie	Een beperkte penetratiegraad geeft meer verschillen tussen voertuigen en dat is op zich niet gunstig. De ondersteuning bij de slechte verharding ontbreekt bij een deel van de voertuigen. Dat geeft extra onveiligheid.	-	0	+
Meer ondersteuning verkeersdeelnemers	De verkeersdeelnemer krijgt steun bij het compenseren van de slechtere omstandigheden.	+	++	+
Meer ondersteuning voertuigen	De voertuigtechnologie compenseert voor de slechtere situaties.	0	+	++
Meer technologie niet-rijtaken	Afleiding door niet-rijtaken heeft extra ongunstige invloed omdat meer aandacht nodig is voor slechter wegdek.	--	--	-
Meer verstedelijking	Als een slecht wegdek tot omrijden leidt, dan zal het stedelijk gebied meer belast worden. Dit leidt tot extra onveiligheid (toename expositie en kwetsbaarheid langzaam verkeer).	-	--	--
Concentratie goederenvervoer in mainports	Meer vrachtverkeer in de omgeving van de mainports doet het wegdek van deze wegen versneld achteruitgaan. Dit wordt verergerd door omrijdend verkeer. De negatieve effecten op het overige verkeer nemen toe.	-	--	--

Tabel 9.8: Verkeersveiligheidseffecten van toekomstige ontwikkelingen bij verslechterde kwaliteit van de infrastructuur: situatie op gebiedsontsluitingsweg – verharding. De ontwikkelingen op het terrein van technologie zijn groen omkaderd omdat ze in onderlinge samenhang dienen te worden bekeken.

9.2.4. Gebiedsontsluitingsweg – kunstwerk

Externe factoren	Toelichting	Verandering in externe factoren		
		Ondergrens	Tussen-toestand	Bovengrens
Vergrijzing	Versobering/slechter onderhoud leidt tot meer complexiteit en minder 'self-explaining' en vergevingsgezinde kunstwerken.	--	--	--
Meer nieuwe typen voertuigen	Vaker omgereden, meer interactie met niet-compatibele voertuigen/snelheden.	-	--	--
Meer e-auto's	Rijden vaker op niet- autosnelwegen.	-	--	--
Meer e-fietsen	Er wordt vaker omgereden op onveiligere wegen.	--	--	--
Penetratiegraad voertuigtechnologie	Bij lage penetratie interactie intelligent en niet-intelligente voertuigen, risicoverhogend bij discontinuïteiten/files enz.	-	0	+
Meer ondersteuning verkeersdeelnemers	Omrijroutes, rijtaakondersteuning bij discontinuïteiten.	0	+	0
Meer ondersteuning voertuigen	Intelligente voertuigen kunnen beter omgaan met versoberde/verslechterde kunstwerken	+	+	++
Meer technologie niet-rijtaken	Afleiding neemt toe; bij 'groot' is er de positieve bijdrage door ondersteuning van voertuigen.	--	--	-
Meer verstedelijking	Expositie neemt toe, incompatibiliteit neemt toe, wordt verergerd door omrijdend (vracht)verkeer.	-	--	--
Concentratie goederenvervoer in mainports	Hogere intensiteit vracht verkeer, grotere incompatibiliteit vooral als ook wordt omgereden.	-	--	--

Tabel 9.9. *Verkeersveiligheidseffecten van toekomstige ontwikkelingen bij verslechterde kwaliteit van de infrastructuur: situatie op gebiedsontsluitingsweg – kunstwerk. De ontwikkelingen op het terrein van technologie zijn groen omkaderd omdat ze in onderlinge samenhang dienen te worden bekeken.*

9.2.5. Erftoegangsweg – verharding

Externe factoren	Toelichting	Verandering in externe factoren		
		Ondergrens	Tussentoestand	Bovengrens
Vergrijzing	Versobering/slechter onderhoud van wegdek leidt tot meer inspanning bij verplaatsen.	--	--	--
Meer nieuwe typen voertuigen	Idem, toenemende incompatibiliteit en meer onverwachte uitwijkmanoeuvres door slecht wegdek	-	--	--
Meer e-auto's	Rijden vaker op niet-autosnelwegen.	-	--	--
Meer e-fietsen	Door slechte kwaliteit wegdek/stroefheid is er een grotere kans op aanrijding bij conflicten en vallen.	--	--	--
Penetratiegraad voertuigtechnologie	Bij lage penetratie interactie tussen intelligente en niet-intelligente voertuigen, risicoverhogend bij discontinuïteiten/files etc.	0	0	0
Meer ondersteuning verkeersdeelnemers	Meer assistentie en advies.	+	++	+
Meer ondersteuning voertuigen	Intelligente voertuigen kunnen beter omgaan met versoberde/slechte wegen.	0	+	++
Meer technologie niet-rijtaken	Afleiding neemt toe; bij 'groot' is er de positieve bijdrage door ondersteuning van voertuigen	--	--	-
Meer verstedelijking	Expositie neemt toe, incompatibiliteit neemt toe.	0	-	-
Concentratie goederenvervoer in mainports	Weinig verandering t.o.v. referentie.	0	0	-

Tabel 9.10. *Verkeersveiligheidseffecten van toekomstige ontwikkelingen bij verslechterde kwaliteit van de infrastructuur: situatie op erftoegangsweg – verharding. De ontwikkelingen op het terrein van technologie zijn groen omkaderd omdat ze in onderlinge samenhang dienen te worden bekeken.*

9.3. Conclusies

9.3.1. Bedreigingen

In het algemeen is de vergrijzing een externe factor die voor een toename van de verkeersonveiligheid zal zorgen, voor alle wegtypen en meer nog naarmate het onderhoud van wegen zal verslechteren. Dat komt vooral door de grotere kwetsbaarheid van deze doelgroep en toenemende functionele beperkingen.

Ook de toename van nieuwe voertuigtypen zal naar verwachting een bedreiging vormen voor de verkeersveiligheid, met name op het onderliggend wegennet en vooral als deze ontwikkeling stevig doorzet. Dit zal in het algemeen verergeren bij verslechtering van het onderhoud, vanwege grotere verschillen in gedragsaanpassing die samenhangen met het type voertuig. Hierdoor wordt het verkeer minder voorspelbaar en daardoor gevaarlijker.

De toename van elektrische auto's zal naar verwachting vooral op het onderliggend wegennet met hogere snelheidsregimes (zoals gebiedsontsluitingswegen) tot meer onveiligheid leiden. Bij verslechtering van het onderhoud verwachten we dat deze voertuigen meer op het

onderliggend wegennet terecht zullen komen, waardoor de onveiligheid verder toeneemt.

De toename van e-fietsen leidt naar verwachting vooral tot een toename van de verkeersonveiligheid op het onderliggend wegennet (gemakkelijker vallen, hogere snelheden). Bij een verslechtering van de kwaliteit van het wegennet zal die onveiligheid naar verwachting toenemen. Dat komt doordat vooral meer gemotoriseerd verkeer van het hoofdwegennet op het onderliggend wegennet terecht zal komen en er zo dus meer conflictsituaties kunnen ontstaan.

Een sterke toename van de verstedelijking zal naar verwachting een gunstig effect hebben op het stroomwegennet vanwege waarschijnlijk lagere snelheidslimieten daar (meer stedelijke autosnelwegen). Op het onderliggend wegennet is een negatief effect te verwachten vanwege de toename van (verschillende soorten) verkeer en een toename van conflicten hier. Bij wegen met lage snelheidsregimes zal dit echter minder snel een probleem vormen. Bij verslechtering van het onderhoud van wegen zal naar verwachting de onveiligheid op alle wegtypen toenemen.

Toename van goederenvervoer in mainports heeft naar verwachting een negatief effect op de verkeersveiligheid van het hoofdwegennet (toevoerroutes) vanwege een groter aandeel langere en zwaardere vrachtauto's (LZV's), meer colonnevorming door vrachtverkeer en ernstigere afloop van ongevallen door grotere massaverschillen. Met name op hoofdwegen waar het goederenvervoer zich mengt met andere verkeersdeelnemers, is de toename van onveiligheid naar verwachting groter. Bij verslechtering van het onderhoudsniveau van wegen zal met name de verkeersveiligheid van het hoofdwegennet verder verslechteren, omdat de toename van vrachtverkeer voor versnelling van de achteruitgang van de kwaliteit zal zorgen en bij omrijden voor toename van de negatieve effecten op conflicten zal zorgen.

Toename van apparatuurgebruik door weggebruikers zal – zonder hoge penetratiegraad van vergevorderde voertuigtechnologie – ook bijdragen aan toename van de verkeersonveiligheid. Dit zal naar verwachting ernstiger zijn bij verslechterd onderhoud van wegen, met name op het hoofdwegennet omdat snelheden hier hoger zijn en weggebruikers minder goed kunnen anticiperen.

9.3.2. *Kansen*

Positieve ontwikkelingen zijn vooral te verwachten vanuit de technologie, vooral bij grotere penetratie van voertuigtechnologie. Dit komt homogeniteit en voorspelbaarheid in verkeersgedrag ten goede. Naar verwachting kan vooral het hoofdwegennet hiervan profiteren. Voor het onderliggend wegennet geldt dat in mindere mate, omdat hier snelheden lager zijn en voorspelbaarheid minder belangrijk. In eerste instantie is vooral veiligheids-winst door technische ondersteuning van weggebruikers te verwachten. Grotere veiligheids-winst is te verwachten als niet zozeer weggebruikers maar het voertuig taken meer automatisch zal afhandelen. Hierdoor kan de (gevaarlijke) toename van apparatuurgebruik door weggebruikers weer worden geneutraliseerd.

De verslechtering van het onderhoud van wegen zal in dit geval nauwelijks invloed hebben op de verkeersveiligheid, omdat de voertuigtechnologie – als onderdeel van veilig volbrengen van de rijtaak – het mogelijk maakt om hier adequaat op in te spelen, vooral bij grote penetratiegraad van automatisch rijdende voertuigen.

10. Conclusies en discussie

In dit rapport verkenden we de gevolgen van toekomstige ontwikkelingen op de kwaliteit van infrastructuur. Dat deden we in twee delen. *Deel 1* was een literatuurstudie naar de ontwikkelingen die binnen nu en 2050 worden verwacht, *Deel 2* beschreef de inschatting van de verwachte risico's en kansen als gevolg van die ontwikkelingen. In dit laatste hoofdstuk vatten we de belangrijkste conclusies van de verkenning samen en bezien we enkele discussiepunten en de praktische bruikbaarheid van de resultaten.

10.1. Over trends en toekomstontwikkelingen

In deze verkenning zijn de belangrijkste ontwikkelingen geschetst die invloed kunnen hebben op verkeer- en vervoer, het gebruik en belasting van de infrastructuur en verkeersveiligheid in het bijzonder. Het betreft ten eerste ontwikkelingen op het gebied van de *infrastructuur*, die tevens de kaders vormen waarbinnen wegbeheerders hun werk moeten uitvoeren. Ten tweede gaat het om ontwikkelingen op het gebied van *voertuigen*, *technologie* en *demografie*. En tot slot keken we naar overige ontwikkelingen zoals verstedelijking, klimaatverandering en mobiliteitsontwikkelingen die gestuurd worden door behoeften en nieuwe mogelijkheden.

10.1.1. Tijdsperiode

Bij de toekomstontwikkelingen hebben we zo ver vooruit gekeken als relevant is voor een infrastructurele cyclus. Nieuw aangelegde wegen gaan circa zestig tot zeventig jaar mee voordat ze volledig vervangen moeten worden. Veel infrastructuur is tussen de jaren vijftig en tachtig aangelegd en zal dan ook tussen nu en 2050 aan vervanging toe zijn. De toekomsthorizon is daarom op 2050 gezet, om het daadwerkelijk over een tijdsperiode te hebben waarin de infrastructuur bij ongewijzigd beleid aanzienlijk zal zijn verouderd en versleten.

10.1.2. Zekerheid van toekomstvoorspellingen

Toekomstvoorspellingen zijn geen harde wetenschap. In het beste geval kunnen we trends kwantitatief extrapoleren. De ene ontwikkeling is daarmee met grotere nauwkeurigheid en zekerheid te voorspellen (zoals de vergrijzing) dan andere (voertuigontwikkelingen, mobiliteitsontwikkelingen). Daarmee neemt de bandbreedte toe waarmee uitspraken over de situatie in de toekomst kunnen worden gedaan. Daarnaast hebben we in deze verkenning vrijwel geen literatuur kunnen vinden die zo ver vooruit kijkt als 2050; de meeste studies hanteren 2020, 2030 en een enkele 2040 als maximaal vergezicht. Een aantal studies doet geen uitspraken over de termijn waarop toekomstbeelden werkelijkheid zullen worden. Bij toekomstvoorspellingen speelt sowieso een rol dat naarmate verder weg in de toekomst wordt gekeken, de onzekerheid over de verwachte trend toeneemt.

Wat ook opvalt bij sommige onderwerpen, bijvoorbeeld technologie, is dat de toekomstvoorspelling afhangt van de achtergrond van de afzender. Zo verwachten de markt en technisch georiënteerde partijen een toekomst waarin techniek het verkeer zal gaan domineren. Wetenschappers, met

name uit de gedragshoek, zijn er echter nogal eens minder van overtuigd dat technologische ontwikkelingen zo'n hoge vlucht gaan nemen, bijvoorbeeld omdat er niet of te weinig rekening wordt gehouden met de acceptatie van deze systemen door de mens. Daarnaast kunnen ontwikkelingen op het ene continent (zoals de VS) anders zijn dan die op een ander continent (Europa). Dit kan betekenen dat het niet per se zo hoeft te zijn dat globalisering ertoe leidt dat situaties overal in de wereld zich hetzelfde zullen ontwikkelen.

10.1.3. *De rol van de wegbeheerder in het verkeerssysteem*

Deze verkenning is tot stand gekomen op basis van literatuur. Sommige onderwerpen, met name ontwikkelingen in de techniek, worden door wegbeheerders met interesse gevolgd omdat het hun werk en verantwoordelijkheden (op termijn) in een ander daglicht kan zetten: als in de toekomst inderdaad veel meer zaken automatisch, via het voertuig geregeld worden, dan verkleint of verandert dat mogelijk de rol van de wegbeheerder en de eisen waaraan de infrastructuur moet voldoen. Zover is het echter nog niet en we hebben – als de techniek zich inderdaad zo sterk gaat ontwikkelen – op z'n minst nog te maken met een transitiefase. Dat brengt diverse bezinningsvraagstukken met zich mee over wat de wegbeheerder nú zou moeten doen en wat in de toekomst. Belangrijk hierbij is de invulling van de verschillende verantwoordelijkheden van de betrokken partijen (wegbeheerders, centrale overheid, markt) voor de instandhouding van onze hoogontwikkelde en relatief veilige maatschappij, en van de maatschappelijke kwaliteitsnormen die we met elkaar stellen.

10.2. **Verkeersveiligheidseffecten en gebruik hiervan door wegbeheerders**

Deze verkenning geeft een kwalitatieve schatting van de verkeersveiligheid voor vijf situaties: verharding en kunstwerken op stroomwegen en gebiedsontsluitingswegen, en verharding op erftoegangswegen. Voor elke situatie afzonderlijk hebben we gekeken naar de mogelijke gevolgen die toekomstige ontwikkelingen kunnen hebben op de verkeersveiligheid. Daarbij zijn twee verschillende onderhoudsscenario's voor 2050 verkend. In het eerste scenario zijn er voldoende middelen beschikbaar om de kwaliteit van de infrastructuur tot 2050 op hetzelfde niveau te houden als nu. In het tweede scenario zijn er daarvoor onvoldoende middelen beschikbaar en zal de kwaliteit van de infrastructuur dus verslechteren.

Omdat de toekomst onzeker is, is een bandbreedte aangehouden in de ontwikkelingen van externe factoren, waarbij een ondergrens, bovengrens en tussentoestand is onderscheiden. Afhankelijk van de mate waarin ontwikkelingen zullen doorzetten, zullen de verkeersveiligheidsrisico's meer of minder toenemen (door vergrijzing, meer heterogeniteit van voertuigen, elektrische voertuigen, verstedelijking en goederenvervoer in mainports) of juist verminderen (door voertuigtechnologie, vooral bij grote mate van ondersteuning van voertuigen).

Wegbeheerders kunnen deze inschattingen op verschillende manieren gebruiken. Ten eerste kunnen ze anticiperen op de ontwikkelingen, en nagaan welke zij onwenselijk vinden of welke politiek-maatschappelijk onwenselijk zijn. Op basis daarvan kunnen ze meer middelen organiseren om de verwachte negatieve effecten zo veel mogelijk tegen te gaan. Daarbij kan het ook zinvol zijn om het overzicht niet alleen voor verkeersveiligheid in

beeld te hebben, maar ook voor andere beleidsdoelen zoals doorstroming, milieu en leefbaarheid. Door risicoverkenningen naast elkaar te leggen, kunnen zij hier vervolgens actief hun beleid op inzetten of afstemmen.

Ten tweede kan deze verkenning gebruikt worden om te bezinnen op ontwerp- en onderhoudsrichtlijnen voor de toekomst, op de inzet van middelen voor onderhoud en beheer en op de rol van wegbeheer in relatie tot externe factoren die van invloed zijn op het verkeer. Daarbij zijn vooral de mogelijkheden van nieuwe technologie van belang. De vraag is in hoeverre wegbeheerders nu al keuzes kunnen maken om voertuigtechnologie en andere externe factoren een bepaalde richting op te helpen sturen. Dit is echter niet een rol voor de wegbeheerders alleen: het vraagt ook om een politiek-maatschappelijke discussie, omdat het consequenties zal hebben voor de kwaliteit van het verkeerssysteem als geheel.

Literatuur

- Aarnink, S.J. (2014). *Klimaatadaptatie: de stand van zaken*. CE Delft, Delft.
- AEF (2012). *Evaluatie Wet Wegvervoer Goederen*. Andersson Eiffers Felix, Utrecht.
- Agentschap NL (2012). *De stekker in elektrisch vervoer, maar hoe? Startgids voor gemeenten die aan de slag gaan met elektrisch vervoer*. Agentschap NL, Utrecht.
- Agtmaal-Wobma, E. & Duin, C. van (2007). *Huishoudensprognose 2006–2050: belangrijkste uitkomsten*. CBS, Den Haag.
- Algemene Rekenkamer (2014). *Instandhouding hoofdwegenet*. Algemene Rekenkamer, Den Haag.
- Alonso, M., García, D., García, S., Vega, H., Wilschut, E., Krause, F., Wulf, A., & Henne, S. (2013). *Older people and driving needs*. Deliverable D3.1 of GOAL Growing Older, staying mobile: Transport needs for an ageing society. GOAL Consortium, Europese Commissie, Brussel.
- Arcadis (2012). *Vier Duurzame Wegconcepten voor de innovatie van infrastructuur*. Arcadis, Amersfoort.
- Averest, R. ter (2015). *Fietssnelwegen nieuwe succesformule. Voor het eerst sinds het woonerf een nieuw type weg*. In: OTAR, 2015 nr.1, p. 56-59.
- AutoScout (2015). *De auto van morgen 2015. Inschattingen, wensen en visies*. AutoScout24, Vianen.
- Beter Benutten (2014). *Beter Benutten van Intelligente Mobiliteit*. Programma/Platform Beter Benutten, Den Haag.
- Bizjak, K.F., Dawson, A., Hoff, I., Makkonen, L., et al. (2014). *The impact of climate change on the European road network. Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. In: Transport, vol. 167, nr. 5, p. 281-295.
- Böcker, L., Prillwitz, J. & Dijst, M. (2013). *Climate change impacts on mode choices and travelled distances: a comparison of present with 2050 weather conditions for the Randstad Holland*. In: Journal of Transport Geography, vol. 28, nr. 0, p. 176-185.
- Bouwhuis, H., Farla, J. & Amelink, M. (2012). *Slimme auto-industrie of wegbeheerder: wie trekt er aan de touwtjes?* In: Verkeerskunde 2012, nr. 7. Internetartikel.
- Bregt, A. (2013). *De Horizon onder de Loep. Een verkennend onderzoek naar weak signals op het gebied van verstedelijking en mobiliteit in Nederland*. Masterthesis Urban Geography/Stadsgeografie, Universiteit Utrecht/PBL, 4 november 2013.

Business en IT (2015). *Hoe internet de auto-industrie verandert*. <http://businessenit.nl/2015/04/08/hoe-internet-de-auto-industrie-verandert>, geraadpleegd 13 augustus 2015.

CBS (2010). *Tempo vergrijzing loopt op*. CBS, Den Haag. <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/bevolking/publicaties/artikelen/archief/2010/2010-083-pb.htm>

CBS (2014). *Prognose allochtonen kerncijfers; herkomstgroepering, generatie, 2014-2060*. 18 december 2014. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag.

CBS (2015). *Transport en mobiliteit 2015*. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag.

CPB, MNP & RPB (2006) *Welvaart en Leefomgeving, een scenariostudie voor Nederland in 2040*. Centraal Planbureau, Milieu- en Natuurplanbureau en Ruimtelijk Planbureau, Den Haag.

Crawford, D. (2014). *Dynamic EV charging in the UK on the way (2014)*. In: *Traffic Engineering and Control*, 55 (1), pp. 27-29.

CROW (2011). *Wegbeheer 2011*. Publicatie 147. CROW, Ede.

CROW (2012). *Basiskennmerken wegontwerp. Categorisering en inrichting van wegen*. Publicatie 315. CROW, Ede.

Dam, F. van & Hilbers, H. (2013). *Vergrijzing, verplaatsingsgedrag en mobiliteit*. PBL-publicatienummer: 1122. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.

Dam, F. van, Daalhuizen, F., Groot, C. de, Middelkoop, M. van & Peeters, P. (2013). *Vergrijzing en ruimte: Gevolgen voor de woningmarkt, vrijetijdsbesteding, mobiliteit en regionale economie*. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.

Davidse, R. (2002). *Verkeerstechnische ontwerpelementen met oog voor de oudere verkeersdeelnemer*. R-2002-8. SWOV, Leidschendam.

Davidse, R.J. (2004). *Ouderen en ITS; Samen sterk(er)? Literatuurstudie naar de toegevoegde waarde van intelligente transportsystemen voor de veiligheid van de oudere automobilist*. R-2003-30. SWOV, Leidschendam.

Eenink, R.G. & Vlakveld, W. P. (2013). *Toekomstbeelden en Europese trends op het gebied van verkeer en vervoer met gevolgen voor de verkeersveiligheid*. R-2013-16. SWOV, Den Haag.

ETSI (2014) *CEN and ETSI deliver first set of standards for Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS)*. Berlijn. <http://www.etsi.org/news-events/news/753-2014-02-joint-news-cen-and-etsi-deliver-first-set-of-standards-for-cooperative-intelligent-transport-systems-c-its>

Europese Commissie (2011a). *A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*. COM(2011) 112 final, Europese Commissie, Brussel.

Europese Commissie (2011b). *White paper, Roadmap to a single European Transport Area, Towards a competitive and resource efficient transport system, COM(2011) 144 final*. Europese Commissie, Brussel.

EuroRAP & EuroNCAP (2011). *Roads that cars can read. A quality standard for road markings and traffic signs on major rural roads. Proposals for consultation*. EuroRAP, Basingstoke.

Fietsberaad (2013). *Feiten over de elektrische fiets*. Fietsberaadpublicatie 24. CROW, Fietsberaad, Utrecht.

FEHRL (2008). *NR2C. New road construction concepts towards reliable, green, safe & smart and human infrastructure in Europe*. FEHRL, Brussels.

Gao, P., Hensley, R. & Zielke, A. (2014). *A road map to the future for the auto industry. As the sector transforms itself, will the automobile keep its soul?* McKinsey Quarterly, October 2014.
http://www.mckinsey.com/insights/manufacturing/a_road_map_to_the_future_for_the_auto_industry, geraadpleegd 4 augustus 2015.

Gemeente Dordrecht (2013). *Integraal Wegenbeheerprogramma 2014 – 2019; Waarheen met de Dordtse weg?* Stadsbeheer gemeente Dordrecht, Dordrecht.

Giesbers, H., Verweij, A. & Beer, J. de (2013). *Vergrijzing: Wat zijn de belangrijkste verwachtingen voor de toekomst?* In: Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid. RIVM, Bilthoven.

Greenough, J. (2015). *The 'connected car' is creating a massive new business opportunity for auto, tech, and telecom companies*. BI Intelligence - Business Insider, Londen.

Groenendijk, J., Vos, E., Schepers, P. & Dijkstra, A. (2014). *Relatie tussen wegdekstroefheid en verkeersveiligheid*. CROW Infradagen, 18/19 juni 2014, Ermelo.

Groot-Mesken, J. de & Commandeur, J.J.C. (2014). *Hoe goed weten oudere fietsers wat ze kunnen? Een veldexperiment met gewone en elektrische fietsen*. R-2014-19. SWOV, Den Haag.

Harms, L. (2008). *Overwegend onderweg. De leefsituatie en de mobiliteit van Nederlanders*. Proefschrift Universiteit Utrecht. Harms, Den Haag.

Harms, L. (2013). *Gedifferentieerd fietsgebruik vraagt om gedifferentieerd fietsbeleid*. In: Verkeerskunde, 9 december 2013.

Harms, L., Jorritsma, P., Hoen, A. 't & Riet, O. van de (2011). *Blik op de personenmobiliteit*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid KiM. Den Haag.

- Hoekstra, A. (2012). *Energieke wegen. Innovatie. Informatie. Inspiratie*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Den Haag.
- Hout, R. van den (2013). *Verkeersveiligheid provinciale wegen*. ANWB-onderzoek. EuroRAP en ANWB, Den Haag
- ICCTE (2014). *European vehicle market statistics*. Pocketbook 2014. International Council on Clean Transportation Europe ICCTE, Washington D.C.
- IPO (2010). *Provincies: een eigentijds profiel*. Interprovinciaal Overleg, Den Haag.
- Johannsen, H. & Müller, G. (2013). *Accident and Injury Risks of Elderly Car Occupants*. Paper Number 13-0223, The 23rd International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV). Seoul, Republic of Korea, May 27-30, 2013.
- Jorritsma, P. & Olde Kalter, M.J. (2008). *Grijs op reis; over de mobiliteit van ouderen*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid KiM, Den Haag
- Kampen, L.T.B. van, Krop, W. & Schoon, C.C. (2005). *Auto's om veilig mee thuis te komen. De prestaties van de personenauto op het gebied van de voertuigveiligheid in de afgelopen decennia, en een blik vooruit*. SWOV, Leidschendam.
- Karmer, F. (2015). *Elektrische auto zonder subsidie werkt niet*. Webartikel Aftersales Magazine, 27 mei 2015.
- Kennisnetwerk Carrousel (2013). *Innovatieve toepassing Best Value Procurement bij eerste KNC-bijeenkomst Regio Noord in 2013*. http://www.kennisnetwerkcarrousel.nl/news/item/innovatieve_toepassing_best_value_procurement_bij_eerste_knc-bijeenkomst_regio_noord_in_2013/37, geraadpleegd 6 augustus 2015.
- KiM (2008). *Effecten van klimaatverandering op verkeer en vervoer: implicaties voor beleid*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, Den Haag.
- KiM (2014). *Mobiliteitsbeeld 2014*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, Den Haag
- Klerk, L. de (2010). *Verstedelijking 5.0. Bespiegelingen over groei, stagnatie en contractie*. In: Rooilijn, vol. 5, p. 316-329.
- KNMI (2014). *KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie*. KNMI, De Bilt.
- Korver, W. & Huffelen, T. van (2014). *Handreiking klimaatbeleid en duurzame mobiliteit voor gemeenten en provincies*. Rijkswaterstaat, Den Haag.
- KpVV (2015). *Schone auto's*. KpVV dashboard duurzame en slimme mobiliteit, maart 2015. CROW, KpVV. <http://kpvvdashboard-3.blogspot.nl>, geraadpleegd 18 augustus 2015.

- Kramer, F. (2015). *Elektrische auto's zonder subsidie werkt niet*. In: Aftersales Magazine, 2015. Internetartikel.
- Kroon, E.C.M., Sluijsmans, G., Jong, H. de, Kolk, G.H. van der, et al. (2015). *State of Practice: Gedrag in 'smart mobility' projecten*. DITCM Innovations. Connecting Mobility. , Helmond.
- Kwiatkowska, K., Stipanovic Oslakovic, I., Hartmann, A. & Maat, H. ter (2014). *Potential impact of climate change on porous asphalt with a focus on winter damage*. In: Transport Research Arena 2014, Parijs.
- Luman, R. (2015). *Trucks en trailers. Truck- en trailermarkt in teken van optimalisatie*. ING Economisch Bureau. Amsterdam
- Maat, K. (2012). *Slimme verstedelijking zorgt voor complex mobiliteitsgedrag*. In: Milieu Dossier, september 2015, nr. 5 p. 55-59.
- Makkonen, L., Ylhäisi, J., Törnqvist, J., Dawson, A., et al. (2014). *Climate change projections for variables affecting road networks in Europe*. In: Transportation Planning and Technology, vol. 17, p. Article in Press.
- Manders, T. & Kool, C. (2015). *Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving Nederland in 2030 en 2050: twee referentiescenario's*. Planbureau voor de Leefomgeving en Centraal Planbureau, Den Haag.
- MAPZine (2015). *Corridor Rotterdam-Wenen Coöperatieve diensten informeren weggebruiker*. In: MAPzine, 11, januari 2015. <http://www.mapzine.nl/assets/files/v11/pdf/nl/Corridor.pdf>, geraadpleegd 18 augustus 2015.
- Martens, M. (2014). *ITS en human factors: op de grens tussen Mens en techniek*. Rede in verkorte vorm uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar ITS en Human Factors aan de faculteit Construerende Technische Wetenschappen van de Universiteit Twente op donderdag 11 september 2014 door Prof. Dr. M.H. Martens.
- Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R, et al. (2013). *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy*. McKinsey Global Institute.
- Minister van Infrastructuur en Milieu (2014). *Bestuurlijke Reactie Rekenkamerrapport "Instandhouding Hoofdwegenennet"*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Den Haag.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2012). *Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte; Nederland concurrerend, bereikbaar, leefbaar en veilig*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Den Haag.
- Molenkamp, L. (2013). *Vervangingsgolf: kan het slimmer?* In: Verkeerskunde, vol. 2, 2013.
- Mooij, B. de (2013). *Beter geïnformeerd op weg. Routekaart 2013 – 2023*. Samenvatting. Connekt, Delft.

- Mullooly, M. & Mackenzie, M. (2014). *Connected cars, worldwide trends, forecasts and strategies 2014-2024*. In: Analysys Mason, juni 2014.
- Nijland, H. (2014). *Mobiliteit en bereikbaarheid. Balans van de Leefomgeving 2014, deel 5*. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- Nijland, H., Hoen, A., Snellen, D. & Zondag, B. (2012). *Elektrisch rijden in 2050: gevolgen voor de leefomgeving*. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- Offer, G.J. (2015). *Automated vehicles and electrification of transport*. In: Energy and Environmental Science, vol. 8, nr. 1, p. 26-30.
- PAC (2015). 'Connected car' in Europe. *Strategies and technologies for connected driving*. PAC, Paris.
<https://www.pac-online.com/connected-car-europe-strategies-and-technologies-connected-driving>, geraadpleegd 8 augustus 2015.
- Pasaoglu, G., Zubaryeva, A., Fiorello, D. & Thiel, C. (2014). *Analysis of European mobility surveys and their potential to support studies on the impact of electric vehicles on energy and infrastructure needs in Europe*. In: Technological Forecasting and Social Change, vol. 87, p. 41-50.
- Planbureau voor de Leefomgeving.
<http://www.pbl.nl/dossiers/verstedelijking/content/inleiding>
- PBL (2011). *Nederland in 2040: een land van regio's. Ruimtelijke Verkenning 2011*. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- PBL (2012). *Effecten van klimaatverandering in Nederland: 2012. Beleidsstudies*. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- Provincie Fryslân (2015). *Informatiedossier/trends/digitalisering*.
<http://informatiedossier-fryslan.nl/trends/technologie/digitalisering-en-virtualisering>, geraadpleegd 6 augustus 2015.
- Provincie Overijssel (2011). *Handboek onderhoud infrastructuur provincie Overijssel; strategisch beheer van de provinciale infrastructuur*. Provincie Overijssel, Zwolle.
- RAI Vereniging (2014). *Trends in Mobiliteit*. RAI Vereniging, Amsterdam.
- Redsalt (2014). *Smart Mobility*.
<http://www.redsalt.nl/artikel/smart-mobility>, geraadpleegd 6 augustus 2015.
- Rekenkamer Oost-Nederland (2016). *Grip op groot onderhoud. Onderzoek naar het groot onderhoud van wegen en kunstwerken door de provincie Overijssel*. Rekenkamer Oost-Nederland, Deventer.
- Rietveld, P., Sabir, M. & Ommeren, J. van (2012). *Fietsen door weer en wind: Een analyse van de invloed van weer en klimaat op fietsgebruik*. In: Tijdschrift Vervoerswetenschap, vol. 48, nr. 4, p. 46-59.

RLI (2015). *Verkenning technologische innovaties in de leefomgeving*. Raad voor de Leefomgeving en Infrastructuur, Den Haag.

RLG (2009). *Kansen voor een krimpend platteland*. Publicatie RLG 09/07, december 2009. Advies over de gevolgen van bevolkingsdaling voor het platteland. Raad voor het Landelijk Gebied, Utrecht.

Ros, J. & Essen, H. van (2014). *Mobiliteit en transport in een CO₂-arm systeem. De doorbraak van duurzaam. Van niche naar mainstream. Essaybundel ter gelegenheid van het 40-jarig jubileum*. Bezinningsgroep Energie, Delft.

Rovers, V., Bosch, P & Albers, R. (red.) (2012). *Klimaatbestendige Steden*. Voortgangsrapportage Climate Proof Cities, 2012.

SAE (2014). *Taxonomy and definitions for terms related to on-road motor vehicle automated driving systems*. Standard J2016. Society of Automotive Engineers, On-Road Automated Vehicle Standards Committee.

Schepers, J.P., Fishman, E., Hertog, P. den, Klein Wolt, K. & Schwab, A.L. (2014). *The safety of electrically assisted bicycles compared to classic bicycles*. In: Accident Analysis & Prevention, vol. 73, p. 174-180.

Schnabel, P. (2004). *Het zestiende Sociaal en Cultureel Rapport kijkt zestien jaar vooruit*. In: In het zicht van de toekomst: Sociaal en Cultureel Rapport 2004 (p. 47-90). Den Haag: Sociaal en Cultureel Planbureau.

Schnabel, P. (2010). *Vrij uitzicht rondom - Trends zonder dode hoeken*. Presentatie KiM symposium 2010; Min of Meer - trends, gedrag en mobiliteit. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, Den Haag.

Schoon, C. (2008). *Ontwikkelingen in technologie en milieuzorg op het gebied van verkeer en vervoer, met implicaties voor de verkeersveiligheid; Een omgevingsverkenning*. R-2008-4. SWOV, Leidschendam.

Slaa, te, R. & Hokke, H.A. (2014). *Rapport prospectieve trendanalyse VNG 2010-2020*. VNG, Den Haag.

Smeets, M. (2009). *Duurzame infrastructuur*. In: Change Magazine, 2009, nr. 11, p. 60-61.

Suprata, F. (2012). *Dutch electric vehicle innovation system: An exploratory business growth scenarios research for potential developments in Dutch electric vehicle industry*. Master Thesis, TU Delft.

Streng, J. & Buijs, S. (2013). *Rotterdamse Adaptatiestrategie. Themarapport Bereikbaarheid en Infrastructuur*. Gemeente Rotterdam.

SWOV (2012). *De invloed van het weer op de verkeersveiligheid*. SWOV-Factsheet, februari 2012.

SWOV (2013). *Oudere fietsers*. SWOV-Factsheet, september 2013.

SWOV (2015). *Ouderen in het verkeer*. SWOV-Factsheet, februari 2015.

Tafel Wegvervoer Duurzaam Elektrisch (2014). *Visie duurzame brandstofmix. Deelrapport Tafel Wegvervoer Duurzaam Elektrisch*. Energieakkoord, Den Haag.

Thissen, F. (2011). *Ouderen op het platteland*. In: Agora, vol. 27, nr. 4, p. 22-24.

Timmer, J., Smids, J., Kool, L., Spahn, A., & Est, R. van (2013). *Op advies van de auto; persuasieve technologie en de toekomst van het verkeerssysteem*. Rathenau Instituut, Den Haag.

Timmer J. & L. Kool (red.) (2014). *Tem de robotauto - De zelfsturende auto voor publieke doelen*. Rathenau Instituut, Den Haag.

TNO (2014). *Ouderen veilig op weg met eerste intelligente fiets*. <https://www.tno.nl/nl/over-tno/nieuws/2014/12/ouderen-veilig-op-weg-met-eerste-intelligente-fiets>, geraadpleegd 4 augustus 2015.

TNO (2015). *Monitoring en inspectietechnieken voor de infrastructuur*. <https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/leefomgeving/buildings-infrastructures/infrastructuur-asset-management-veilig-en-duurzaam/monitoring-en-inspectietechnieken-voor-de-infrastructuur>

TrafficQuest (2015). *Verkeer in Nederland 2015*. TrafficQuest, Delft.

Verkeer in Beeld (2014). *Smart Mobility als antwoord op de veranderende wereld. Verkeer in Beeld, Mobiliteitsmanagement*. http://www.goudappel.nl/media/files/uploads/Smart_mobility_-_Verkeer_in_Beeld_maart_2014.pdf, geraadpleegd 6 augustus 2015.

VolkerWessels (2015). *VolkerWessels lanceert 'plastic weg'-concept*, Persbericht 10 juli 2015. <http://www.volkerwessels.com/nl/nieuws/detail/volkerwessels-lanceert-plastic-weg-concept>, geraadpleegd 2 september 2015.

Wees, K. van (2015). *Zelfrijdende auto's en aansprakelijkheid. Ontwikkelingen in de benadering van letselschade: concreet, abstract of toch anders?* Presentatie 15e PIV-Jaarconferentie, 27 maart 2015, Apeldoorn.

Weijermars, W., Goldenbeld, C. & Bijleveld, F. (2014). *Monitor Beleidsimpuls Verkeersveiligheid 2014*. R-2014-36. SWOV, Den Haag.

Weijermars, W.A.M., Goldenbeld, C., Bijleveld, F.D. & Bos, N. (2014). *Monitor Beleidsimpuls Verkeersveiligheid 2014 – Onderzoeksverantwoording*. R-2014-36A. SWOV, Den Haag.

Wesemann, P. (2003). *Financiering van duurzaam-veilige regionale weginfrastructuur*. R-2003-9. SWOV, Leidschendam.

Wiebes, E. (2015). *Autobrief II*. Brief aan De voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal, 19 juni 2015.

WRR (2001). *Ruimte aan de Stad*. Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid WRR, Den Haag.

4.3 Vertical loads - Characteristic values

4.3.1 General and associated design situations

(1) Characteristic loads are intended for the determination of road traffic effects associated with ultimate limit state verifications and with particular serviceability verifications (see EN 1990 to EN 1999).

(2) The load models for vertical loads represent the following traffic effects :

a) Load Model 1 (LM1) : Concentrated and uniformly distributed loads, which cover most of the effects of the traffic of lorries and cars. This model should be used for general and local verifications.

b) Load Model 2 (LM2) : A single axle load applied on specific tyre contact areas which covers the dynamic effects of the normal traffic on short structural members.

NOTE 1 As an order of magnitude, LM2 can be predominant in the range of loaded lengths up to 3m to 7m.

NOTE 2 The use of LM2 may be further defined in the National Annex.

c) Load Model 3 (LM3) : A set of assemblies of axle loads representing special vehicles (*e.g.* for industrial transport) which can travel on routes permitted for abnormal loads. It is intended for general and local verifications.

d) Load Model 4 (LM4) : A crowd loading, intended only for general verifications.

NOTE This crowd loading is particularly relevant for bridges located in or near towns if its effects are not covered by Load Model 1.

(3) Load Models 1, 2 and 3, where relevant, should be taken into account for any type of design situation (*e.g.* for transient situations during repair works).

(4) Load Model 4 should be used only for some transient design situations.

Bijlage 2

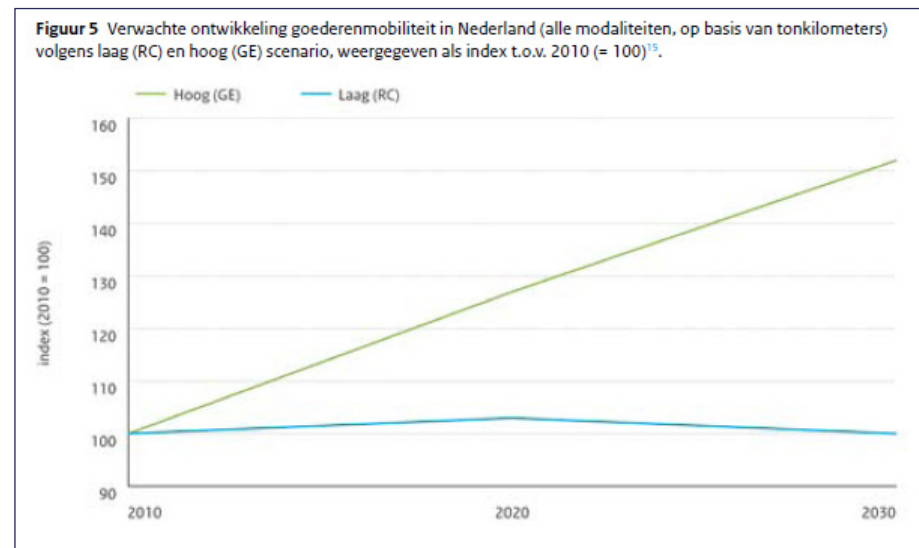
Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SIR)

Mainports

Beleid volgens de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SIR)

In de SIR (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012) is de horizon het jaar 2040. In dat jaar “is de internationale bereikbaarheid van stedelijke regio’s optimaal. Er zijn uitstekende (logistieke) verbindingen van de Mainports Rotterdam en Schiphol, de brainport Zuidoost-Nederland, de greenports en de valleys met Europa en de rest van de wereld.”

De verwachte ontwikkeling van de goederenmobiliteit tot 2030 hangt af van het gekozen WLO-scenario (Welvaart en Leefomgeving; zie CPB, MNP & RPB, 2006). Daarin wordt onderscheid gemaakt tussen twee scenario’s. In het Regional Communities-scenario (RC) is er eigenlijk geen groei, in het Global Economy-scenario (GE) is er een sterke groei (*Afbeelding 1*).



Afbeelding 1. Ontwikkeling van de goederenmobiliteit (bron: SIR).

De verwachting voor het personenverkeer is anders. Het autoverkeer groeit tot 2020 met 20% (RC) of tot 45% (GE), waarna de groei in de periode 2020-2030 doorzet met 5% (RC) tot 10% (GE), uitgaande van een gelijkblijvende wegcapaciteit na 2020. Zonder capaciteitsuitbreiding na 2020 neemt de congestie op de middellange termijn (na 2020) weer toe. Congestie treedt vooral op in de Randstad en, in iets mindere mate, in Brabant en Oost-Nederland. Dit patroon zal naar verwachting nauwelijks veranderen.

De SIR zegt verder dat gestreefd wordt naar “een excellente ruimtelijk-economische structuur van Nederland door een aantrekkelijk vestigingsklimaat in en goede internationale bereikbaarheid van de stedelijke regio’s met een concentratie van topsectoren”.

haalbaar is, kunnen zogenaamde *supersnelwegen* ontstaan, met minder afslagen en een vlottere doorstroming.

Veel wegverbindingen in de Randstad worden of zijn al uitgebreid naar een capaciteit van 2x4 rijstroken of meer, en de grootste knelpunten worden aangepakt. Op hoofdverbindingen buiten de Randstad (voornamelijk op de dominante multimodale, (inter)nationale verbindingen) wil het Rijk 2x3 rijstroken de standaard laten zijn, tenzij wordt aangetoond dat 2x2 rijstroken ook op de lange termijn voldoende is. Deze ambitie laat onverlet dat voor elke verbreding nog wel moet worden aangetoond dat er sprake is van een daadwerkelijke vraag. Als voor een bepaalde verbinding geldt dat deze op grote delen volgens behoefteramingen verbreed zou moeten worden, dan kan ervoor gekozen worden dat voor de gehele verbinding te besluiten. Dit om knelpunten te voorkomen en de robuustheid van het wegsysteem te bevorderen.

Samenvattend

De mainports liggen verspreid over het land. Het goederenverkeer is daardoor ook verspreid over het wegennet. De capaciteit van het wegennet neemt toe, zeker tot 2020. Na 2020 neemt de bereikbaarheid af, tenzij weer wordt gekozen voor verdere uitbreiding van de capaciteit. Volgens de nieuwe WLO-scenario's gaat het aantal vrachtkilometers tot 2030 slechts in geringe mate stijgen. De beoogde capaciteitsuitbreidingen zijn niet alleen bedoeld voor het vrachtverkeer.

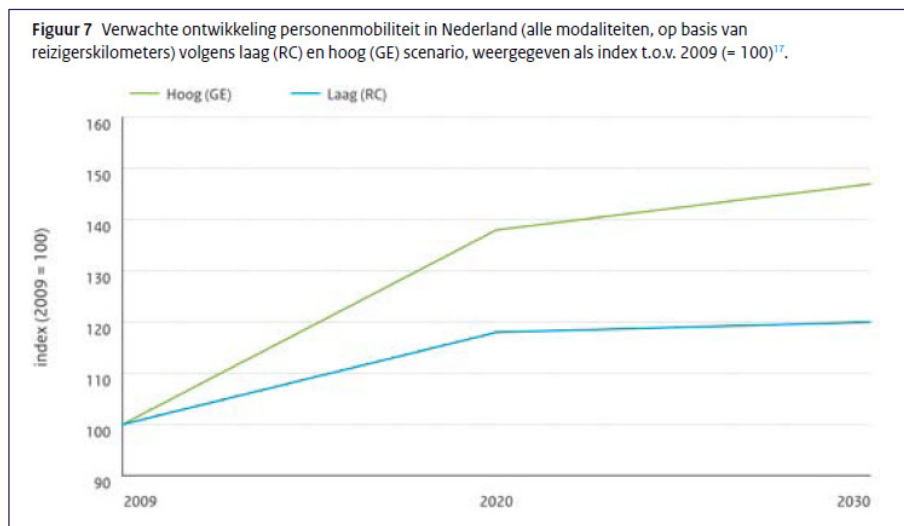
Verstedelijking

Wat zegt de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte?

De verschillen tussen regio's nemen toe. Tot 2035 is er nog groei in sommige regio's. Zes op de tien gemeenten zullen gaan krimpen. Tot 2014 blijven de mobiliteit en de stedelijke ontwikkeling toenemen, met name door een verandering in de samenstelling van de bevolking (meer eenpersoonshuishoudens).

De economische ontwikkeling van Nederland concentreert zich steeds meer in stedelijke regio's omdat daar de meeste bedrijven en sectoren zijn gevestigd, het arbeidspotentieel het grootst is en kennis wordt ontwikkeld (onderzoek en onderwijs). Daarmee wordt hier de meeste toegevoegde waarde gecreëerd. Tegelijkertijd zijn de opgaven in deze regio's ook het grootst en meest complex.

De personenmobiliteit neemt toe tot 2020, na 2020 is dat in beperkte mate het geval (ook volgens nieuwe WLO-scenario's; zie *Afbeelding 3*). Congestie vindt vooral plaats in de Randstad, Brabant en Oost-Nederland.



Afbeelding 3. *Ontwikkeling van de personenmobiliteit (bron: SIR).*

Het is niet duidelijk wat er over het fietsgebruik valt te zeggen. De SIR zegt: “In het beter benutten van het woon-werkverkeer binnen stedelijke regio’s en het verbeteren van het voor- en natransport, speelt de fiets een belangrijke rol. Daarbij gaat het ook om elektrische fietsen, scooters en andere voertuigen zoals de Segway. De verantwoordelijkheid voor het fietsbeleid en de aanleg van bijbehorende infrastructuur ligt bij de decentrale overheden”. In een verstedelijkte omgeving ligt meer fietsgebruik voor de hand. Juist voor veiligheid is het aandeel van de fiets in de *modal split* (uitsplitsing van verkeer naar verschillende vervoerwijzen) relevant.

Het Rijk wil in een zogeheten *Tour de Force* (2015-2020) het fietsgebruik versneld verhogen. Men ziet dit als onderdeel van het streven naar ‘vitale steden’. Verkeersveiligheidsaspecten zijn hierin wel aan de orde maar geen apart doel.