

# Oudere fietsers

Ongevallen met oudere fietsers  
en factoren die daarbij een rol spelen

R-2020-22A

# SWOV



## Auteurs



Dr. ir. J.P. Schepers



Dr. ir. W.A.M. Weijermars



M.J. Boele, MSc



Dr. ir. A. Dijkstra



Drs. N.M. Bos

**Ongevallen voorkomen**  
**Letsel beperken**  
**Levens redden**

---

## Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2020-22A
Titel:	Oudere fietsers
Ondertitel:	Ongevallen met oudere fietsers en factoren die daarbij een rol spelen
Auteur(s):	Dr. ir. J.P. Schepers, dr. ir. W.A.M. Weijermars, M.J. Boele, MSc, dr. ir. A. Dijkstra & drs. N.M. Bos
Projectleider:	Dr. ir. W.A.M. Weijermars
Projectnummer SWOV:	S20.04.D
Projectinhoud:	Dit rapport biedt een overzicht van de beschikbare kennis over de veiligheid van oudere fietsers, factoren die een rol spelen bij ongevallen met oudere fietsers en effecten van mogelijke maatregelen. Ook is gekeken naar wat we nog niet weten – de belangrijkste kennishiaten – op dit gebied en worden op basis daarvan voorstellen voor vervolgonderzoek besproken. Van dit onderzoek is ook een korte publieksversie verschenen: <i>Naar meer veiligheid voor oudere fietsers; Ongevallen, omstandigheden en mogelijke oplossingen</i> (R-2020-22).
Aantal pagina's:	107
Fotografen:	Paul Voorham (omslag) – Peter de Graaff (portretten)
Uitgave:	SWOV, Den Haag, 2020 Dit onderzoek is mede mogelijk gemaakt door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

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

**SWOV – Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid**

Bezuidenhoutseweg 62, 2594 AW Den Haag – Postbus 93113, 2509 AC Den Haag  
070 – 317 33 33 – [info@swov.nl](mailto:info@swov.nl) – [www.swov.nl](http://www.swov.nl)

 [@swov\\_nl](https://twitter.com/swov_nl) / [@swov](https://twitter.com/swov)  [linkedin.com/company/swov](https://www.linkedin.com/company/swov)

## Samenvatting

Het aantal ouderen neemt toe en binnen de groep ouderen neemt ook het aandeel oudere ouderen toe, de zogeheten 'dubbele vergrijzing'. Ouderen zijn daarnaast meer en verder gaan fietsen, mede dankzij de opkomst van de elektrische fiets. Deze ontwikkelingen hebben geleid tot een toename in fietsmobiliteit van oudere fietsers.

Oudere fietsers hebben een hoger overlijdensrisico dan jongere fietsers; het overlijdensrisico van 80-plussers is ongeveer vijftig keer zo hoog als dat van fietsers jonger dan 60 jaar. De toename in fietsmobiliteit van oudere fietsers heeft dan ook geleid tot een toename in het aantal verkeersdoden en ernstig verkeersgewonden onder fietsers, vooral onder oudere fietsers. De overlijdensrisico's, dat wil zeggen het aantal doden onder fietsers per afgelegde fietsafstand, laten wel een dalende trend zien voor de verschillende leeftijdsgroepen (jonger dan 60, 60-69, 70-79, en 80 jaar en ouder).

Dit rapport biedt een overzicht van de beschikbare kennis over de veiligheid van oudere fietsers, factoren die een rol spelen bij ongevallen met oudere fietsers en effecten van mogelijke maatregelen. Ook is gekeken naar wat we nog niet weten – de belangrijkste kennishiaten – op dit gebied en worden op basis daarvan voorstellen voor vervolgonderzoek besproken.

### Veiligheid van oudere fietsers

Nadere analyse van ongevalgegevens laat het volgende zien:

- Een kwart van de verkeersdoden onder fietsers in 2018 reed op een elektrische fiets en het aandeel elektrische fiets onder verkeersdoden bij oudere fietsers is relatief hoog.
- Oudere fietsers zijn, in vergelijking met andere leeftijdsgroepen, vaak betrokken bij ongevallen zonder motorvoertuigen.
- Bijna twee derde (64%) van de geregistreerde fietsdoden valt binnen de bebouwde kom.
- Ruim de helft (55%) van de geregistreerde fietsdoden valt op kruispunten.
- Traumatisch hersenletsel is het meest voorkomende letsel.
- Het aandeel hoofdletsel neemt af bij toenemende leeftijd, terwijl het aandeel heupletsel toeneemt.

### Ongevalsfactoren

In dit onderzoek is gekeken naar ongevalsfactoren die gerelateerd zijn aan de fietstaak en de benodigde vaardigheden, het gedrag van oudere fietsers, de fiets zelf, de infrastructuur en overige ongevalsfactoren.

### Fietstaak en functieverlies

Uit de literatuur blijkt dat er een relatie is tussen ongevalsbetrokkenheid en enkele specifieke gezondheidsproblemen van ouderen, zoals een beperkt gezichtsveld, evenwichts- en coördinatieproblemen. In hoeverre gezonde ouderen vaker bij fietsongevallen betrokken zijn dan gemiddeld is nog onvoldoende onderzocht. Een complicerende factor bij onderzoek hiernaar is dat ouderen

een deel van de achteruitgang van functies compenseren, bijvoorbeeld door een aangepaste fiets aan te schaffen en/of fietsen bij drukte en duisternis te vermijden. Het hoge overlijdensrisico van oudere fietsers wordt waarschijnlijk meer veroorzaakt door kwetsbaarheid als ze bij ongevallen betrokken zijn dan door een hogere ongevalsbetrokkenheid.

Oudere fietsers zijn wel vaker dan andere leeftijdsgroepen betrokken bij de volgende typen ongevallen, waarschijnlijk (mede) als gevolg van functieverlies:

- ongevallen bij het op- en afstappen;
- ongevallen waarbij fietsers tegen een obstakel botsen of van de weg afraken;
- ongevallen bij het links afslaan op voorrangskruispunten.

### **Gedrag van oudere fietsers**

Wat betreft gedrag is uit literatuur bekend dat alcoholgebruik ook bij fietsers een relevante ongevalsfactor is, al fietsen ouderen minder vaak onder invloed van alcohol dan jongere fietsers. Ook rijden ouderen minder vaak door rood licht dan jongeren, maar ook van de 65-plussers blijkt dat nog ruim 20% te zijn. Het percentage spookrijders op fietspaden bedraagt volgens een observatieonderzoek 0,5% tot 5,2% en betreft iets vaker jongeren. Het is nog onduidelijk wat dit betekent voor het ontstaan van fietsongevallen.

### **Fiets**

Wat betreft de fiets zelf, is van belang dat de fiets een balansvoertuig is en relatief weinig bescherming biedt bij een ongeval. Balansproblemen spelen een rol bij 1) een val bij lage snelheid, bijvoorbeeld bij het op- en afstappen, 2) ongevallen als gevolg van het wegglijden of blokkeren van met name het voorwiel en 3) ongevallen door verstoring van de balans als gevolg van oneffenheden in de wegverharding of bijvoorbeeld een windvlaag. Ouderen zijn met name vaker betrokken bij ongevallen bij lage snelheid. Daarnaast spelen balansproblemen een rol, en ook de benodigde manoeuvreerruimte om deze balans te houden. Dit laatste speelt waarschijnlijk een rol bij ongevallen waarbij oudere fietsers tegen een obstakel botsen of van de weg afraken en bij ongevallen bij links afslaan.

Het gebrek aan bescherming van het voertuig is voor ouderen een groter probleem dan voor jongeren. Omdat ouderen kwetsbaarder zijn dan jongeren hebben zij een grotere kans om ernstig gewond te raken bij een verkeersongeval en een grotere kans om te overlijden aan de verwondingen. Bij een fietsongeval met motorvoertuig wordt de kans op ernstig letsel vergroot door het massa- en snelheidsverschil tussen de voertuigen. Net als voor voetgangers, is ook voor fietsers het overlijdensrisico bij een botsing met een auto ongeveer vijf keer zo hoog bij een botssnelheid van 50 km/uur als bij 30 km/uur. Het overlijdensrisico neemt voor fietsers wel iets minder snel toe dan voor voetgangers bij toename van de snelheid.

De elektrische fiets is erg populair onder oudere fietsers. Op basis van de literatuur is het niet duidelijk of de kans op een ongeval groter is op een elektrische fiets. Volgens de meeste studies zijn ongevallen met elektrische fietsen niet ernstiger dan ongevallen met gewone fietsen. Wel zijn er indicaties dat oudere vrouwen op een elektrische fiets vaker ernstig gewond raken dan op een gewone fiets.

### **Infrastructuur**

Wat betreft infrastructuur is onderscheid gemaakt tussen infrastructurele factoren die een rol spelen bij fietsongevallen mét en bij fietsongevallen zonder motorvoertuigen. Zoals hierboven beschreven zijn oudere fietsers, in vergelijking met jongere fietsers, minder vaak betrokken bij ongevallen met motorvoertuigen. We hebben dan ook nauwelijks literatuur kunnen vinden waarin een relatie is gevonden tussen kenmerken van infrastructuur en het risico van fietsongevallen met motorvoertuigen onder ouderen. Wel blijkt dat oudere fietsers vaker betrokken zijn bij ongevallen bij links afslaan. Welke infrastructuurfactoren hierbij een rol spelen

is niet precies bekend maar dat kan bijvoorbeeld het ontbreken van vrijliggende fietspaden zijn. Als die wel aanwezig zijn, kan een fietser die vanaf een voorrangsweg links afslaat in twee etappes oversteken: eerst de zijweg en daarna de voorrangsweg zelf.

Oudere fietsers zijn in vergelijking met jongere leeftijdsgroepen vaak betrokken bij fietsongevallen zonder motorvoertuigen, dit zijn merendeels enkelvoudige fietsongevallen. Botsingen met obstakels zoals paaltjes en trottoirbanden komen vaak voor bij oudere fietsers. Infrastructuurkenmerken die bijdragen aan het ontstaan van enkelvoudige ongevallen in het algemeen zijn: 1) zichtbaarheid van het wegverloop, 2) aanwezigheid en zichtbaarheid van obstakels zoals paaltjes, 3) breedte van fietspaden, 4) de vlakheid en stroefheid van de verharding, en 4) kwaliteit van bermen (aansluiting verharding, draagkracht berm, obstakels zoals taluds in berm). Naast deze individuele factoren kan opeenvolging en samenhang van elementen in het langspanprofiel een rol spelen bij deze ongevallen, bijvoorbeeld hellingen, bochten en kruispunten.

### Overige factoren

Andere ongevalsfactoren die een rol kunnen spelen bij ongevallen met (oudere) fietsers zijn het gedrag van medeweggebruikers, lichtomstandigheden en drukte op fietspaden. Bij lichtomstandigheden is de rol van leeftijd bestudeerd. Bij duisternis hebben fietsers een hoger risico op een ongeval maar de mate waarin het risico is verhoogd verschilt weinig tussen leeftijdsgroepen. Wat betreft het gedrag van medeweggebruikers blijkt dat zij vaak geen voorrang verlenen aan de fietser. Wat hierbij mogelijk een rol speelt is dat automobilisten de snelheid van met name elektrische fietsers onderschatten, bijvoorbeeld doordat hun trapfrequentie lager is. Andere factoren die een rol kunnen spelen bij ongevallen met of door medeweggebruikers zijn geen richting aangeven, verkeersdrukte, beperking van het zicht op obstakels en niet goed opletten.

Het risico op fietsongevallen is verhoogd bij duisternis, mede als gevolg van alcoholgebruik. Hoewel fietsers door wintergladheid kunnen uitglijden is het risico op fietsongevallen zonder motorvoertuig in Nederland niet verhoogd in de winter. Bovendien is het goed mogelijk dat ouderen slechte weersomstandigheden vermijden. Wat betreft drukte op fietspaden blijkt uit onderzoek dat het op specifieke locaties en tijdstippen in grote steden te druk is voor de breedte van het fietspad, maar dat tegelijkertijd sprake is van gedragsaanpassingen. De relatie tussen risico en drukte is nog niet bekend.

## Maatregelen

We zijn nagegaan wat bekend is over de toepassing en effectiviteit van infrastructurele maatregelen, ontwikkelingen en maatregelen aan de fiets, educatie en voorlichting en letselbeschermende maatregelen om het aantal slachtoffers onder oudere fietsers terug te dringen.

### Infrastructurele maatregelen

Om fietsongevallen met motorvoertuigen tegen te gaan is het belangrijk om bij hogere snelheden van motorvoertuigen de fietsers daarvan te scheiden, bijvoorbeeld door middel van fietspaden. Daar waar toch ontmoetingen zijn, is het belangrijk om de snelheid van het gemotoriseerde verkeer te verlagen, bijvoorbeeld door middel van een rotonde of een Zone 30. Van enkele nieuwe maatregelen, zoals de fietsstraat, brede fietsstroken en Shared Space zijn nog geen effecten op ongevallen bekend. Een specifiek type fietsongeval met motorvoertuigen waar oudere fietsers vaker bij betrokken zijn, betreft ongevallen bij links afslaan. Infrastructurele maatregelen om deze ongevallen te voorkomen zijn de aanleg van (brede) fietspaden en rotondes waardoor links afslaan minder complex is. Op kruispunten waar de ruimte voor vrijliggende fietspaden ontbreekt, kan een opgeblazen fietsopstelstrook (OFOS) worden toegepast. Een OFOS maakt het gemakkelijker voor fietsers om links af te slaan.

In richtlijnen worden de volgende maatregelen aanbevolen om fietsongevallen zonder motorvoertuigen tegen te gaan: geen obstakels op en langs het fietspad, visuele geleiding van het wegverloop, voldoende brede fietspaden, een vlakke, stroeve, onbeschadigde en schone verharding, vergevingsgezinde randen en berm en een veilige opeenvolging van elementen in het langspanprofiel. Voor zover bekend zijn er geen evaluatiestudies uitgevoerd op dit terrein.

Om specifiek rekening te houden met de toenemende functiebeperkingen van ouderen, is het belangrijk om een seniorenproof wegontwerp toe te passen. Hiervoor zijn richtlijnen ontwikkeld, maar deze worden in de praktijk nog maar beperkt toegepast.

### **Maatregelen aan de fiets**

Het is belangrijk dat fietsers hun zadel niet te hoog afstellen om de kans op vallen bij op- en afstappen te verkleinen, ze kunnen anti-sliptrappers gebruiken om niet van een trapper af te glijden, een achteruitkijkspiegel op hun stuur monteren om makkelijker achteruit te kunnen kijken om links af te slaan, en een krachtigere koplamp gebruiken om bijvoorbeeld obstakels ruim op tijd te zien. Er zijn verschillende fietsen en systemen in ontwikkeling die het risico op ongevallen bij op- en afstappen beogen te verkleinen. Voorbeelden zijn onder meer de zogeheten 'SOFIETS' met lage zadelhoogte bij lage snelheden en een systeem voor actieve stuurondersteuning dat een fiets ook bij lagere snelheden stabiel moet houden. Kanteldriewielers met twee dicht bij elkaar geplaatste voorwielen kantelen bij het nemen van een bocht in de richting waarin de berijder stuurt (een starre driewieler doet dat niet, waardoor een bestuurder die bijvoorbeeld naar rechts stuurt een groter risico loopt om naar links over te hellen en te vallen). Kanteldriewielers kunnen ook bij stilstand stabiliteit bieden. Dit type driewielers wordt verkocht als motorfiets en is inmiddels ook als fiets verkrijgbaar, maar nog niet in Nederland. Starre fietsdriewielers zijn wel beschikbaar.

### **Educatie en voorlichting**

Wat betreft educatie en voorlichting is het belangrijk om ouderen bewust te maken van hun (on)mogelijkheden bij deelname aan het verkeer en ze te helpen om de juiste keuzen te maken. Het gaat dan bijvoorbeeld om de keuze voor een aan te schaffen vervoermiddel, keuze onder welke omstandigheden wel of niet te fietsen en routekeuze. Het programma 'Doortrappen' beoogt het bereik van interventies voor oudere fietsers te vergroten. 'Doortrappen' zal worden gemonitord maar, net als voor educatie in het algemeen, geldt dat het vrijwel onmogelijk is om het effect op ongevalsrisico te onderzoeken.

### **Letselbeperkende maatregelen**

Door een fietshelm neemt het risico op dodelijk hoofd-/hersenletsel na een ongeval met gemiddeld 71% af. Wanneer alle 70-plussers in Nederland een fietshelm zouden dragen, zou dit leiden tot een reductie van 45 à 50 verkeersdoden per jaar. Daarnaast zijn er verschillende typen airbags; de 'helm-airbag' die hoofd en nek beschermt, 'val-airbags' om tegen heupletsel te beschermen, en airbags in motorvoertuigen die bij een aanrijding de voorruit afdekt. Uit simulatiestudies blijkt dat dit laatste type airbag de impact op het hoofd bij fietsers die op de voorruit belanden met ca. 75% kunnen reduceren.

## **Vervolgonderzoek**

Op basis van de geïdentificeerde kennislücken zijn negen onderwerpen voor vervolgonderzoek gedefinieerd. Binnen deze onderwerpen zijn verschillende vervolgonderzoeken mogelijk.

Ongevalsfactoren en effecten van maatregelen kunnen onderzocht worden op het niveau van ongevallen, slachtoffers en/of risico of op het niveau van gedrag, conflicten of andere zogeheten surrogaatmaten ('surrogate measures'). Onderzoek op het niveau van ongevallen/slachtoffers/risico heeft daarbij de voorkeur, maar de benodigde gegevens zijn in de praktijk niet altijd

beschikbaar. Op het niveau van ongevallen/slachtoffers/risico kan bijvoorbeeld een voor-nastudie worden uitgevoerd om het effect van maatregelen te onderzoeken of een correlatieve analyse om informatie te verkrijgen over de relatie tussen specifieke factoren zoals de breedte van het fietspad en de verkeersveiligheid. Ook kan een dieptestudie worden uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in specifieke ongevalsfactoren en/of ongevalsmechanismen. Op het niveau van surrogaatmaten kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van een fietssimulator, kan natuurlijk fietsgedrag worden geobserveerd met behulp van camera's en meetapparatuur, of kan een experiment worden uitgevoerd waarbij fietsers wordt gevraagd een specifiek parcours af te leggen. Tot slot kan verkeer en gedrag gesimuleerd worden in een verkeerssimulatiemodel.

Tabel 1 geeft een overzicht van de onderwerpen voor vervolgonderzoek en de specifieke onderzoeken waaraan we bij die onderwerpen in eerste instantie denken. Per onderzoek is de maatschappelijke relevantie (MR), de wetenschappelijke meerwaarde (WM) en de haalbaarheid voor SWOV om het onderzoek uit te voeren (H) aangegeven. De scores op de criteria zijn door één persoon gegeven en dus tot op zekere hoogte subjectief. Ook wordt aangegeven welke onderwerpen SWOV van plan is om op te pakken binnen het thema Infrastructuur en Verkeer de komende jaren. Voor een verdere toelichting op de mogelijke en voorgestelde onderzoeken verwijzen we naar *Hoofdstuk 7*.

Tabel 1. Overzicht van de onderwerpen voor vervolgonderzoek

Onderwerp	Onderzoek	MR	WM	H	SWOV
Veiligheid op netwerkniveau	➤ Stroom- en verblijfsfunctie voor fietsverkeer?	+	+	+	2021
	➤ Opstellen indicatoren veilige routekeuze	+	+	+	2022
	➤ Validatie indicatoren veilige routekeuze	+	+	-	-
	➤ Routekeuzegedrag oudere fietsers	+	+	+	?
	➤ Effecten maatregelen op netwerkniveau	+	+	+	?
Functieverlies	➤ Effecten functieverlies op fietsgedrag	+	+	-	-
	➤ Effecten functieverlies op ongevalskans	+	+	-	-
	➤ Compensatiegedrag	0	0	+	-
Op- en afstappen	➤ Analyse ongevalsbeschrijvingen LIS	+	+	?	2021
Elektrische fietsen	➤ Ongevalsrisico elektrische fiets	+	+	?	-
	➤ Verdere ontwikkeling elektrische fiets	+	0	?	-
Bescherming	➤ Biomechanica bij vallen	+	+	-	-
Infrastructuur, ongevallen met motorvoertuig	➤ Voor-nastudie effect fietsstraten	+	+	?	2022/2023?
	➤ Correlatieve analyse	+	+	?	2021/2022?
		0	0	?	2020 e.v.
Infrastructuur, ongevallen zonder motorvoertuig	➤ Ongevallenstudie (voor-na-, case-control-)	+	+	-	-
	➤ Correlatieve analyse	+	+	+	2021?
	➤ Smalle tweerichtingsfietspaden	+	+	+	2021/2022
	➤ Fietsintensiteiten en verkeersveiligheid	+	+	+	2021
	➤ Trottoirbanden/vlakheid	+	0	-	-
	➤ Verhogen probleembewustzijn wegbeheerder	+	0	+	-
Seniorenproof wegontwerp	➤ Toepassing seniorenproof wegontwerp	+	0	+	?
	➤ OFOS (toepassing en effecten)	+	+	?	2022/2023?
Maatregelen aan fiets	➤ Effecten fietsmaatregelen (gedrag + ongevalskans)	+	+	?	-
	➤ Vergroten gebruik aangepaste fietsen	+	-	+	-



## Summary

### Older cyclists; Crashes involving older cyclists and contributory factors

The number of older people is increasing and the share of the very old is also growing, which means the so-called 'double-ageing' process is in full swing. In addition, older people have started cycling more often and cycling longer distances, partly due to the emergence of pedelecs. These developments have increased cycling mobility of older cyclists.

Older cyclists have a higher fatality risk than younger cyclists; the fatality risk of over-80 cyclists is about fifty times higher than that of under-60 cyclists. The growing cycling mobility of older adults has therefore led to an increased number of road deaths and serious road injuries among cyclists, particularly among older cyclists. The fatality risk of cyclists, however, meaning the number of road deaths per bicycle kilometre travelled, shows a downward trend for all age groups (under-60s, 60-69s, 70-79s, and 80 to over-80s).

This report gives an overview of available knowledge about the safety of older cyclists, of factors contributing to older cyclist crashes, and effects of possible measures. We also identify what we do not know yet – the most important knowledge gaps – about this field, which results in a discussion of proposals for follow-up research.

### Safety of older cyclists

Further analysis of crash data shows that:

- A quarter of cyclist fatalities occurs among pedelec riders (data 2018) and the share of pedelec riders among older cyclist fatalities is relatively high.
- Compared to other age groups, older cyclists are often involved in crashes without motor vehicles.
- Almost two thirds (64%) of the registered road deaths occur within the urban area.
- Well over half (55%) of the registered road deaths occur at intersections.
- Brain trauma is the most common injury.
- The share of head injuries decreases as age increases, while the number of hip injuries grows.

## Crash factors

This study examines crash factors related to the cycling task and the required skills, older cyclist behaviour, the bicycle itself, the infrastructure and the other crash factors.

### Cycling task and loss of function

The literature shows that there is a relation between crash involvement and some specific health problems of older people, such as visual field loss and balance and coordination problems. To what extent the number of healthy older cyclists involved in bicycle crashes is higher than the average number has not been sufficiently researched yet. A factor which complicates this research is that older people partly compensate for their loss of function, for example by buying adapted bicycles and/or choosing not to cycle in heavy traffic and darkness. The high fatality risk of older cyclists is probably caused by greater vulnerability in case of crash involvement, rather than by higher crash involvement itself.

Older cyclists are, however, more often than other age groups involved in the following types of crashes, probably (partly) because of a loss of function:

- crashes when mounting or dismounting;
- crashes when colliding with an obstacle or when veering off the road;
- crashes when turning left at priority intersections.

### Behaviour of older cyclists

Regarding behaviour, the literature shows that alcohol consumption is also a relevant crash factor among cyclists, although older cyclists are less often under the influence than younger cyclists. Moreover, older cyclists stop at red lights more often than younger cyclists, although well over 20% of the over-65s fail to do so. An observational study showed that the percentage of wrong-way cyclists on bicycle tracks is 0.5 to 5.2%, most of them being young. It is still unclear what this means for the occurrence of bicycle crashes.

### Bicycle

A bicycle is a balance vehicle and offers relatively little crash protection. Balance problems play a role in 1) falls at low speed, for example when mounting or dismounting, 2) crashes because of slipping or a locking front wheel and 3) crashes caused by disbalance on account of uneven road surfaces or gusts of wind. Older cyclists are particularly more often involved in crashes at low speeds. In addition, balance problems play a role, as well as the required room for manoeuvre to keep one's balance. The latter probably plays a role in crashes in which older cyclists collide with an obstacle or veer off the road and in crashes involving left turns.

The lack of vehicle protection is a bigger problem for older cyclists than for younger cyclists. Their greater vulnerability means that they run a higher risk of serious road injuries and of succumbing to these injuries. Bicycle crashes with a motor vehicle increase the risk of serious injuries because of the differences in mass and speed of the two vehicles. In the same way as for pedestrians, the fatality risk for cyclists is five times higher in crashes with cars driving at a speed of 50 km/h than at a speed of 30km/h. As speeds increase, the fatality risk for cyclists does, however, increase less rapidly than for pedestrians.

Pedelects are very popular among older cyclists. The available literature does not clearly show whether the crash risk for pedelecs is higher. However, most studies show that pedelec crashes are no more serious than ordinary bicycle crashes. Some studies do show that older women are more likely to sustain severe injuries due to crashes on pedelecs than on regular bicycles.

## Infrastructure

Regarding infrastructure, we distinguish between factors playing a role in bicycle crashes with and without motor vehicles. As described above, compared to younger cyclists, older cyclists are less often involved in crashes with motor vehicles. We could therefore hardly find any literature which, for older cyclists, found a relation between infrastructure characteristics and the risk of a bicycle crash with a motor vehicle. Crashes involving left turns are, however, more prevalent among older cyclists. Which infrastructure factors are at play here is not precisely known, but absence of bicycle tracks may be a cause. If these tracks are present, cyclists turning left from a priority road can cross in two stages: first the side road and then the priority road itself.

Compared to younger age groups, older cyclists are more often involved in crashes without motor vehicles, mostly being cyclist-only crashes. Collisions with obstacles such as posts or kerbs are quite common among older cyclists. Infrastructure characteristics contributing to the occurrence of single bicycle crashes in general are: 1) visibility of road alignment, 2) presence and conspicuity of obstacles such as bollards, 3) width of bicycle tracks, 4) evenness and skid resistance of the road surface, and 4) road shoulder quality (transition to road surface, bearing capacity, obstacles such as side slopes). In addition to these individual factors, succession and cohesion of elements in the longitudinal profile may play a role in these crashes, e.g. gradients, bends and intersections.

## Other factors

Other factors that may contribute to (older) cyclist crashes are the behaviour of other road users, lighting conditions, and cyclist density on bicycle tracks. It was studied whether age was relevant to lighting conditions as a contributory factor. In darkness, cyclists run a higher crash risk, but the extent of the risk increase differs only slightly between age groups. Regarding the behaviour of other road users, it is apparent that they often do not give right of way to cyclists. What may possibly be at play here, is that drivers underestimate the speed of cyclists on pedelecs, for example because their pedalling frequency is lower. Other factors that may contribute to crashes with or by other road users are: not indicating direction, traffic density, limited visibility of obstacles and not paying attention.

Cyclist crash risk increases in darkness, also because of concurrent alcohol consumption. In the Netherlands, cyclists may slip because of icy roads in winter, but cyclist crash risk without involvement of a motor vehicle does not increase in winter. Moreover, it is plausible that older people avoid going out in bad weather. Regarding cyclist density on bicycle tracks, research shows that at specific metropolitan locations and times of day the width of the bicycle track is insufficient to easily accommodate all cyclists, but that cycling behaviour is simultaneously adapted. The relation between risk and cyclist density is still unknown.

## Measures

We have also examined what is known about implementation and effectiveness of infrastructural measures, developments regarding and measures for bicycles, information and education interventions, and injury protection measures to reduce the number of casualties among older cyclists.

### Infrastructural measures

To prevent bicycle crashes with motor vehicles, it is important to separate cyclists from high-speed motor vehicles, for example by means of bicycle tracks. Where encounters are unavoidable, motorised traffic speed should be reduced, for example by means of roundabouts or 30 km/h zones. The impacts on crash likelihood of several new measures, such as bicycle streets, wider bicycle lanes and Shared Space are still unknown. A specific type of bicycle crash more prevalent among older cyclists is the left turn crash. Infrastructural measures to prevent

these crashes are the implementation of (wide) bicycle tracks/lanes and roundabouts, which make left turns less complex. At intersections which do not have enough space for bicycle tracks, bike boxes may be implemented. Bike boxes make it easier for cyclists to turn left.

To prevent bicycle crashes without motor vehicles, road safety guidelines recommend the following measures: no obstacles on and along bicycle tracks, visual road alignment, sufficiently wide cycling tracks, and level, skid-resistant, undamaged and clean road surfaces, forgiving kerbs and road shoulders and a safe succession of elements in the longitudinal profile. As far as we know, no evaluation studies have been carried out in this field.

To expressly take into account the growing functional impairments of older people, it is important to apply a seniorproof road design. Guidelines to achieve this have been developed, but are only scantily applied in practice.

### **Bicycle measures**

To reduce falls when mounting or dismounting, it is important that cyclists do not use saddles that are too high; they could also use anti-slip pedals; could fit a rearview mirror onto the handlebars to facilitate checking what is behind them when turning left; and they could use a more powerful front light to notice obstacles in good time. Several bicycles and systems are being developed to reduce crash risk when mounting or dismounting. Examples are the so-called 'SOFIETS' for which saddle height automatically lowers at low speeds and a system for active steering support which also stabilises bicycles at lower speeds. Tilting tricycles have two front wheels positioned close together which tilt to the direction the cyclist is steering towards, which facilitates right or left turns (rigid tricycle wheels do not rotate, which implies that the left- or right-turning tricyclist runs a higher risk of tipping over and taking a fall). Tilting tricycles can also offer stability when standing still. In the Netherlands, this type of tricycle is available in a motorbike version, bicycle versions are, for now, only available abroad. Rigid tricycles, on the other hand, are widely available in the Netherlands.

### **Information and education**

It is important to make older people aware of their (in)abilities to participate in traffic and to help them make the right choices. These may concern the purchase of a vehicle, or the conditions to go cycling or not, and which route to take. The programme called 'Keep pedalling' aims to increase coverage of interventions for older cyclists. 'Keep pedalling' will be monitored but, as goes for education in general, it will almost be impossible to study its crash risk effect.

### **Measures to reduce injuries**

Bicycle helmets reduce the risk of fatal head or brain trauma after a crash by an average of 71%. If all over-70s wore bicycle helmets in the Netherlands, this would lead to an annual reduction of 45 to 50 road deaths. In addition, there are several types of air bags; the 'helmet air bag' which protects the cyclist's head and neck, the 'fall protection air bag' which prevents hip injuries, and windscreen air bags in motor vehicles which cover the windscreen in case of a crash. Simulator studies show that the latter type of air bag may reduce head impact for cyclists colliding with windshields by about 75%.

## **Follow-up research**

Based on the identified knowledge gaps, nine areas for follow-up research have been defined. Within these areas, different follow-up studies are possible.

Crash factors and effects of measures can be studied at the level of crashes, casualties and/or risk, or at the level of behaviour, conflicts or other so-called surrogate measures. Research at the level of crashes/casualties/risk is preferable, but the required data are not always available. At

the level of crashes/casualties/risk, a before-and-after study can be carried out to examine the effect of measures, or a correlational analysis to gather information about the relation between specific factors, such as the width of the bicycle track and road safety. An in-depth study could provide more insight into specific crash factors and/or crash mechanisms. At the level of surrogate measures, a cycling simulator could be used for instance, or natural cycling behaviour could be observed with cameras and measuring equipment, or an experiment could be carried out which requires cyclists to follow a specific track. Finally, traffic and behaviour can be simulated in a traffic simulation model.

Table 1 presents an overview of areas for follow-up research and initial research topics. For each topic, social relevance (SR), scientific surplus value (SSV) and feasibility for SWOV to carry out the study (F) are indicated. The scores of one individual are presented below, which implies they are subjective to a certain extent. The moment in time SWOV intends to address the issues within the theme of Infrastructure and Traffic is indicated where possible. Chapter 7 further explains the possible and proposed studies.

Table 2. Overview of topics for follow-up research.

Area	Research topics	SR	SSV	F	SWOV
Safety at network level	> Flow and residential function for bicycles?	+	+	+	2021
	> Setting indicators for safe route choice	+	+	+	2022
	> Validating indicators for safe route choice	+	+	-	-
	> Route choice behaviour of older cyclists	+	+	+	?
	> Effects of measures at network level	+	+	+	?
Loss of function	> Effects of loss of function on cycling behaviour	+	+	-	-
	> Effects of loss of function on crash risk	+	+	-	-
	> Compensation behaviour	0	0	+	-
Mounting and dismounting	> Analysis crash descriptions Dutch Injury Surveillance System	+	+	?	2021
Pedelecs	> Crash risk pedelecs	+	+	?	-
	> Further development of pedelecs	+	0	?	-
Protection	> Biomechanics when taking a fall	+	+	-	-
Infrastructure, crashes with motor vehicle	> Before-and-after study of effect bicycle streets	+	+	?	2022/2023?
	> Correlational analysis	+	+	?	2021/2022?
		0	0	?	2020 e.v.
Infrastructure, crashes without motor vehicle	> Crash study (before-after, case-control)	+	+	-	-
	> Correlational analysis	+	+	+	2021?
	> Narrow two-way bicycle tracks	+	+	+	2021/2022
	> Cycling intensity and road safety	+	+	+	2021
	> Kerbs/evenness	+	0	-	-
	> Raising road authority problem awareness	+	0	+	-
Seniorproof road design	> Implementing seniorproof road design	+	0	+	?
	> Bike box (implementation and effects)	+	+	?	2022/2023?
Bicycle improvement	> Effects bicycle measures (behaviour + crash risk)	+	+	?	-
	> Expanding usage adapted bicycles	+	-	+	-

## Inhoud

<b>Voorwoord</b>	<b>17</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>18</b>
1.1 Achtergrond	18
1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen	18
1.3 Werkwijze	19
1.4 Leeswijzer	20
<b>2 Gebruik van de fiets onder ouderen</b>	<b>21</b>
2.1 Vergrijzing	21
2.2 Mate van fietsgebruik	23
2.3 Keuze voor een fietstype	23
2.4 Routekeuze	25
2.5 Samenvatting	27
<b>3 Analyse ongevalgegevens</b>	<b>28</b>
3.1 Aantallen slachtoffers en ontwikkeling in de tijd	28
3.1.1 Verkeersdoden	28
3.1.2 Ernstig verkeersgewonden	29
3.2 Mortaliteit en risico	30
3.3 Nadere analyse ongevalgegevens	31
3.4 Letsels	34
3.5 Minder ernstige ongevallen	35
3.6 Samenvatting	36
<b>4 Ongevalsfactoren</b>	<b>38</b>
4.1 Fietstaak en benodigde functies	38
4.1.1 Fietstaak	38
4.1.2 Cognitieve beperkingen	40
4.1.3 Sensorische beperkingen	41
4.1.4 Motorische beperkingen	44
4.1.5 Fysieke kwetsbaarheid	44
4.1.6 Compensatiegedrag	45
4.1.7 Kennishiaten	45
4.2 Gedrag (oudere) fietsers	46
4.2.1 Alcoholgebruik	46
4.2.2 Roodlichtnegatie	46
4.2.3 Tegen richting in fietsen	46
4.2.4 Snelheidskeuze	46
4.2.5 Lichtvoering	47

4.3	De fiets	47
4.3.1	Fiets als balansvoertuig en ongevalsfactor	47
4.3.2	Balansproblemen bij op- en afstappen	48
4.3.3	Balansproblemen bij links afslaan	50
4.3.4	De elektrische fiets	50
4.3.5	Bescherming en letselernt	51
4.3.6	Kennishiaten	52
4.4	Infrastructuur	53
4.4.1	Fietsongevallen met motorvoertuigen	53
4.4.2	Fietsongevallen zonder motorvoertuigen	56
4.5	Overige factoren	61
4.5.1	Lichtomstandigheden	61
4.5.2	Weersomstandigheden	62
4.5.3	Drukke op fietspaden	62
4.5.4	Gedrag medeweggebruikers	62
4.5.5	Kennishiaten	63
4.6	Conclusie	63
<b>5</b>	<b>Mogelijke maatregelen</b>	<b>66</b>
5.1	Infrastructurele maatregelen	66
5.1.1	Maatregelen op netwerkniveau	66
5.1.2	Maatregelen om fietsongevallen met motorvoertuigen tegen te gaan	67
5.1.3	Maatregelen om fietsongevallen zonder motorvoertuigen tegen te gaan	68
5.1.4	Seniorenproof wegontwerp	69
5.2	Maatregelen aan de fiets	69
5.2.1	Aanpassingen aan de fiets om ongevallen met op- en afstappen te voorkomen	69
5.2.2	De driewieler als oplossing voor balansproblemen	70
5.2.3	Ondersteuningssystemen zoals een achteruitkijk-assistent	71
5.2.4	Fietsverlichting	71
5.2.5	Kennishiaten	72
5.3	Educatie en voorlichting	72
5.4	Letselbeperkende maatregelen	73
5.4.1	Fietshelm	73
5.4.2	Airbags	74
5.5	Samenvatting	74
<b>6</b>	<b>Conclusies</b>	<b>76</b>
6.1	Fysieke kwetsbaarheid en gebrek aan bescherming	76
6.2	Balansproblemen	77
6.3	Achteruitgang van functies	79
6.4	Overige ongevalsfactoren	80
6.5	Samenvattend schema	81
<b>7</b>	<b>Mogelijkheden voor vervolgonderzoek</b>	<b>82</b>
7.1	Onderzoeksmethoden	82
7.1.1	Analyses op het niveau van slachtoffers en/of risico	83
7.1.2	Observatie van gedrag en/of optredende conflicten	84
7.2	Onderwerpen voor vervolgonderzoek	85
7.2.1	Veiligheid voor (oudere) fietsers op netwerkniveau	85
7.2.2	Invloed van normaal functieverlies op fietsgedrag en overlijdensrisico	86
7.2.3	Onderzoek naar op- en afstappen	87
7.2.4	Elektrische fietsen	87

7.2.5	Bescherming en letselernst	88
7.2.6	Infrastructuur en fietsongevallen met motorvoertuigen	88
7.2.7	Infrastructuur en fietsongevallen zonder motorvoertuigen	88
7.2.8	Seniorenproof wegontwerp voor fietsers: toepassing en effecten	89
7.2.9	Effecten van maatregelen aan de fiets	90
7.3	Samenvatting en afweging te programmeren onderzoek	90
	<b>Literatuur</b>	<b>93</b>



## Voorwoord

Dit rapport biedt een overzicht van de beschikbare kennis over de veiligheid van oudere fietsers, factoren die een rol spelen bij ongevallen met oudere fietsers en effecten van mogelijke maatregelen. Ook worden kennishiaten en op basis daarvan voorstellen voor vervolgonderzoek besproken.

Aan dit rapport hebben meerdere auteurs bijgedragen, waarbij verschillende auteurs verantwoordelijk zijn voor verschillende hoofdstukken. *Hoofdstuk 2* is grotendeels geschreven door Atze Dijkstra, *Hoofdstuk 3* is grotendeels geschreven door Wendy Weijermars op basis van input van Niels Bos, *Hoofdstukken 4 en 5* zijn geschreven door Paul Schepers, Marjolein Boele-Vos en Atze Dijkstra en *Hoofdstukken 6 en 7* alsmede *Hoofdstuk 1* zijn grotendeels geschreven door Wendy Weijermars

De auteurs willen Ragnhild Davidse en Peter van der Knaap graag bedanken voor hun feedback op en suggesties voor het rapport en Marijke Tros voor de redactie en vormgeving van de korte publieksversie hiervan: *Naar meer veiligheid voor oudere fietsers; Ongevallen, omstandigheden en mogelijke oplossingen* (R-2020-22).

# 1 Inleiding

**Dit rapport geeft een overzicht van de beschikbare kennis over de veiligheid van oudere fietsers en bespreekt mogelijkheden voor vervolgonderzoek. Dit hoofdstuk bespreekt de achtergrond, doelstelling en werkwijze.**

## 1.1 Achtergrond

Er vallen relatief veel verkeersdoden en ernstig verkeersgewonden onder oudere fietsers. In 2018 overleden 118 fietsers van 70 jaar of ouder in het Nederlandse verkeer, dit is ruim de helft van alle fietsdoden. Bijna een derde van alle ernstig gewonde fietsers was 70 jaar of ouder (Weijermars et al., 2019b). Als gevolg van de vergrijzing en een toenemende populariteit van de (elektrische) fiets onder ouderen, zal het aantal verkeersslachtoffers onder (oudere) fietsers de komende jaren naar verwachting nog verder toenemen (Weijermars, Schagen & Aarts, 2018). In het *Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2030* (IenW, 2018) zijn de risicogroep ouderen en de modaliteit tweewielers benoemd als thema's die prioriteit krijgen in het verkeersveiligheidsbeleid.

Om de juiste maatregelen te kunnen nemen, is het belangrijk om inzicht te hebben in de mobiliteit van oudere fietsers en factoren die een rol spelen bij het ontstaan en de afloop van ongevallen waarbij oudere fietsers betrokken zijn. Ook is het belangrijk om informatie te hebben over de effectiviteit van verschillende mogelijke maatregelen om het aantal doden en ernstig gewonden onder oudere fietsers terug te dringen. Daarvoor zijn verschillende maatregelen mogelijk. Gezien de voordelen van fietsgebruik voor gezondheid, milieu en bereikbaarheid, dienen de maatregelen bij voorkeur gericht te zijn op het verlagen van het risico en niet op het terugdringen van de fietsmobiliteit.

Het beperken van het risico kan ook bijdragen aan fietsgebruik omdat onveiligheid een reden kan zijn om te fiets te laten staan. Dat is belangrijk omdat zelfstandige mobiliteit bijdraagt aan de levenskwaliteit en een belangrijke voorwaarde is voor een grotere tevredenheid, een betere sociale integratie, en de gezondheid van ouderen (Hoedemaeker, 2013; The TRACY consortium, 2013). De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) noemt inclusiviteit – volwaardige deelname van iedereen aan het maatschappelijk leven - een belangrijke pijler voor gezonde steden (WHO, 2017).

## 1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen

Dit rapport geeft een overzicht van de beschikbare kennis over de veiligheid van oudere fietsers, factoren die een rol spelen bij het ontstaan en de afloop van ongevallen met oudere fietsers en effecten van mogelijke maatregelen. Ook worden kennishiaten besproken en worden aan de hand daarvan voorstellen gedaan voor vervolgonderzoek.

Meer concreet geeft dit onderzoek antwoord op de volgende onderzoeksvragen:

1. Hoe en wanneer maken ouderen gebruik van een fiets?
2. Hoe is het gesteld met de verkeersveiligheid van oudere fietsers?
3. Welke factoren dragen bij aan het ontstaan en de afloop van ongevallen met oudere fietsers?
4. Welke maatregelen zijn mogelijk en wat weten we van hun effectiviteit?

### 1.3 Werkwijze

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van bestaande kennis. SWOV heeft eerder onderzoek uitgevoerd naar de verkeersveiligheid van oudere fietsers (zie *Tabel 1.1* voor een overzicht) en dit onderzoek is als uitgangspunt genomen en aangevuld met informatie uit recente Nederlandse en buitenlandse literatuur.

Tabel 1.1. Overzicht van gebruikt SWOV-onderzoek en een korte beschrijving van de inhoud.

SWOV-rapport	Beschrijving
<i>Van fietsongeval naar maatregelen: kennis en hiaten (R-2012-8).</i>	Dit betreft een uitgebreide studie naar fietsveiligheid. Deel I geeft inzicht in de omvang en de ontwikkeling van de fietsonveiligheid in Nederland. Deel II beschrijft de kennis uit internationaal wetenschappelijk onderzoek naar oorzaken van deze ongevallen. Deel III inventariseert de effecten van de reeds getroffen maatregelen, en inventariseert de mogelijke kansen en bedreigingen voor fietsveiligheid in de toekomst.
<i>Letselongevallen van fietsende 50-plussers. Hoe ontstaan ze en wat kunnen we eraan doen (R-2014-3 en -3A)</i>	Dit betreft een diepteonderzoek; 41 fietsongevallen zonder motorvoertuigen met fietsende 50-plussers zijn bestudeerd.
<i>Fietsongevallen met 50-plussers in Zeeland: hoe ontstaan ze en welke mogelijkheden zijn er om ze te voorkomen? (R-2014-16A)</i>	Dit betreft een diepteonderzoek; 35 fietsongevallen zonder motorvoertuigen met fietsende 50-plussers zijn bestudeerd.
<i>Gedrag op elektrische en gewone fietsen vergeleken; Een experiment op de openbare weg (R-2014-29)</i>	Een experiment op de openbare weg waarbij het fietsgedrag op elektrische en gewone fietsen voor verschillende leeftijdsgroepen en in verschillende verkeersomstandigheden is onderzocht.
<i>Hoe goed weten oudere fietsers wat ze kunnen? Een veldexperiment met gewone en elektrische fietsen (R-2014-19)</i>	In dit onderzoek is gekeken naar statusonderkenning, risico-onderkenning en kalibratie bij oudere fietsers
<i>Effecten van vergrijzing op verkeersgedrag en mobiliteit (R-2015-16)</i>	Dit betreft een literatuurstudie naar effecten van vergrijzing op mobiliteit en verkeersgedrag van onder andere oudere fietsers. Het onderzoek leidt tot hypothesen die onderzocht kunnen worden met behulp van een micro-simulatiemodel.
<i>Gebruikers van het fietspad in de stad; Aantallen, kenmerken, gedrag en conflicten (R-2015-21)</i>	In deze studie is het gedrag op drukke fietspaden in Den Haag en Amsterdam geobserveerd om te bepalen in hoeverre drukte tot onveiligheid leidt.
<i>Benutting van de CROW-publicatie Seniorenproof wegontwerp (R-2017-9)</i>	In deze studie is aan de hand van interviews en beoordeling van definitieve ontwerpen van gereconstrueerde 50km/uur wegen nagegaan in hoeverre de adviezen uit de CROW-publicatie Seniorenproof wegontwerp worden overgenomen door gemeenten.
<i>Veilige verplaatsingen voor ouderen (R-2017-23)</i>	In dit onderzoek is nagegaan welke kenmerken van het verkeerssysteem in welke mate bijdragen aan de onveiligheid van ouderen in het verkeer. Hierbij zijn met name ritten en routes van oudere fietsers onderzocht
<i>A safer road environment for cyclists</i>	In dit promotieonderzoek zijn enkelvoudige fietsongevallen bestudeerd en is de rol van visuele aspecten bij deze ongevallen onderzocht.

Op gestructureerde wijze is nagegaan welke informatie beschikbaar is voor de verschillende ongevalsfactoren -mensgerelateerde factoren, fietsgerelateerde factoren, infrastructuur-gerelateerde factoren en overige factoren- en mogelijke maatregelen, gericht op infrastructuur, fiets, educatie en voorlichting en letselbeperking. Op basis van de beschikbare informatie uit de literatuur wordt in de eerste plaats een overzicht gegeven van de beschikbare kennis en wordt vervolgens aangegeven welke kennisvelden er zijn.

De bevindingen zijn besproken in een afdelingsoverleg van de afdeling Infrastructuur en Verkeer en tijdens het afdelingsoverleg is gebrainstormd over mogelijk vervolgonderzoek. Op basis van de geïdentificeerde kennisvelden is een lijst gemaakt met mogelijke onderwerpen voor vervolgonderzoek en op basis van de brainstorm en expertise van de projectteamleden is een overzicht gemaakt van relevante onderzoeksmethoden. Per onderwerp voor vervolgonderzoek zijn vervolgens mogelijke vervolgonderzoeken gedefinieerd op basis van de brainstorm met de afdeling en een discussie binnen het projectteam. Voor deze vervolgonderzoeken wordt besproken in hoeverre ze maatschappelijk relevant, wetenschappelijk interessant en haalbaar zijn. Op basis van deze criteria en op basis van de beschikbare expertise binnen SWOV, de al beschikbare gegevens en de onderzoeksmethoden waarmee al ervaring is opgedaan zijn onderwerpen geselecteerd waar SWOV voor de komende jaren vervolgonderzoek wil programmeren.

## 1.4 Leeswijzer

Het volgende hoofdstuk gaat in op fietsgebruik onder ouderen. Vervolgens bespreekt *Hoofdstuk 3* de ontwikkeling in en kenmerken van ernstige ongevallen met fietsers op basis van de beschikbare ongevalgegevens. *Hoofdstuk 4 en 5* gaan vervolgens in op de beschikbare kennis over ongevalsfactoren en maatregelen. *Hoofdstuk 6* bespreekt de conclusies en het laatste hoofdstuk bespreekt de mogelijkheden voor vervolgonderzoek.

## 2 Gebruik van de fiets onder ouderen

**Zowel het aantal ouderen, als het aantal ‘oudere ouderen’ neemt de komende jaren naar verwachting toe. Bovendien fietsen ouderen steeds vaker en steeds langere afstanden, mede als gevolg van de populariteit van de elektrische fiets.**

Dit hoofdstuk bespreekt de ontwikkeling in fietsgebruik onder ouderen. In de eerste plaats worden de vergrijzing en het fietsgebruik onder ouderen in het algemeen besproken en vervolgens wordt verder ingegaan op de keuze voor het type fiets en routekeuze van oudere fietsers. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een samenvatting.

### 2.1 Vergrijzing

In de komende jaren zal de bevolking verder toenemen en zal ook de vergrijzing doorzetten (*Afbeelding 2.1*). In 2030 zal volgens de prognose van het CBS<sup>1</sup> 23% van de bevolking 65 jaar of ouder zijn. Nu, anno 2020 is dat 19%. Binnen de groep 65-plussers stijgt ook het aandeel ‘oudere ouderen’; dit wordt de dubbele vergrijzing genoemd. In 2030 zal naar verwachting 29% van de 65-plussers 80 jaar of ouder zijn; op dit moment is dat 24%.

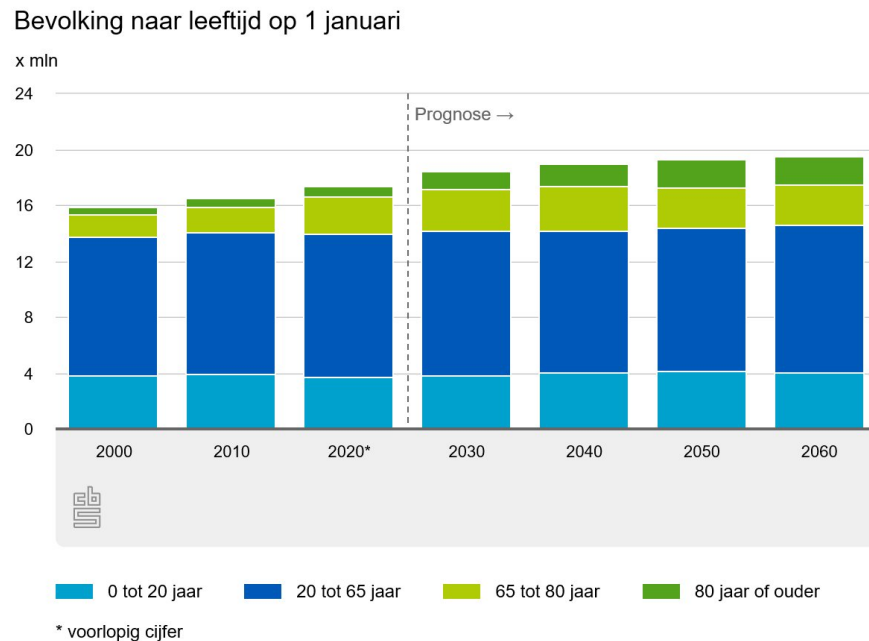
Hoewel ‘de oudere’ niet bestaat door grote onderlinge verschillen in fitheid en beperkingen, heeft met name de 75-plusser gemiddeld gezien een groter risico in het verkeer. Met de ambitie om het verkeer veiliger te maken, stelt de vergrijzende samenleving ons voor een grote opgave. De verschillende onderdelen van het verkeerssysteem zullen moeten zijn afgestemd op de kwetsbare – en over het geheel genomen steeds oudere – groepen verkeersdeelnemers (Aarts & Dijkstra, 2018). Daarbij gaat het niet alleen om technologie om de rijtaak te ondersteunen of de voertuigveiligheid te verhogen, maar ook om de voertuigen (ook fietsen) zelf en om een (fiets)infrastructuur die seniorenproof is. Van dergelijke maatregelen zullen behalve de ouderen ook de overige verkeersdeelnemers wat betreft veiligheid er naar alle waarschijnlijkheid van kunnen profiteren.

Het aandeel ouderen verschilt per regio (zie *Afbeelding 2.2*). In de meest vergrijsde regio’s, leidt de vergrijzing tot bevolkingskrimp. In deze krimpgebieden, met vaak ook een afnemend aantal voorzieningen, zal het openbaar vervoer onder druk komen te staan (Harms, Olde Kalter & Jorritsma, 2010). Een gebrek aan openbaar vervoer zou bij ouderen kunnen leiden tot minder veilige keuze van vervoerswijze. Ook kunnen de ernstiger beperkingen van oudere mensen – met name als gevolg van de ‘dubbele vergrijzing’ – een verstandige en veilige keuze van vervoerswijze bemoeilijken.

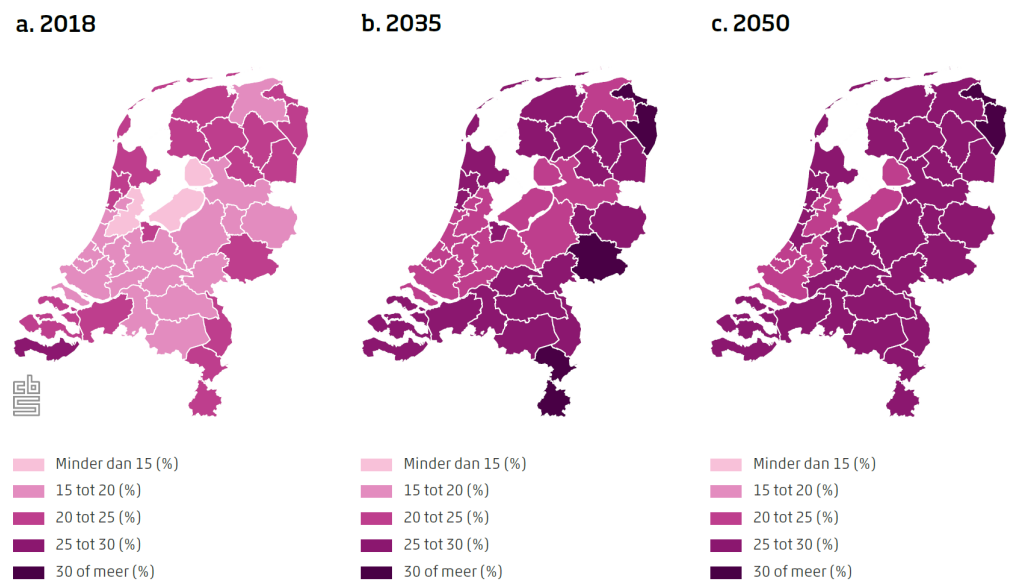


<sup>1</sup> Op basis van gegevens uit <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/51/prognose-19-miljoen-inwoners-in-2039>

Afbeelding 2.1. Ontwikkeling van de bevolkingssomvang voor verschillende leeftijdsgroepen. Bron: CBS



Afbeelding 2.2. Aandeel 65-plussers in 2018, 2035 en 2050, per COROP-gebied. Bron: CBS



In een literatuuronderzoek (Goldenbeld, 2015) is uitgebreid nagegaan wat de vergrijzing kan betekenen voor veilige verplaatsingen in het Nederlandse verkeer. Voor fietsers is gekeken welke effecten van vergrijzing te verwachten zijn op het verkeersgedrag en de mobiliteit. Hierna wordt onder andere geciteerd uit dit literatuuronderzoek.

De groep ‘ouderen’ wordt vaak per studie verschillend gedefinieerd – uiteenlopend van de grote groep 50-plussers tot aan de veel kleinere groep van 85-plussers. Bij een beschrijving van onderzoeksresultaten wordt waar mogelijk en relevant de specifieke leeftijdscategorie aangegeven. Daarbij is te bedenken dat ouderen – ook binnen dezelfde leeftijdscategorie – geen homogene groep vormen. Wat betreft verkeers- en mobiliteitsgedrag bestaan er zeer grote verschillen tussen ouderen in wat ze willen, in wat ze fysiek en mentaal kunnen, en in wat ze feitelijk doen.

## 2.2 Mate van fietsgebruik

Het fietsgebruik (alle leeftijdsgroepen samen) is de afgelopen jaren duidelijk toegenomen. Gemeten in afgelegde kilometers gaat het in de periode 2005-2017 om een stijging van 12% (Harms & Kansen, 2018). Deze paragraaf gaat verder in op de ontwikkeling van het fietsgebruik onder ouderen.

De vergrijzing van de bevolking is van grote invloed op het fietsgebruik (Harms, 2013). Een groot deel van de groei van het fietsgebruik blijkt voor rekening te komen van de babyboomers, geboren in het decennium na de Tweede Wereldoorlog. Meer fietsgebruik door ouderen is deels het effect van hun toenemende aantallen (meer oudere fietsers). Maar daarnaast speelt ook gedragsverandering een rol; ouderen fietsen vaker en verder (meer fietskilometers per oudere fietser). Babyboomers gebruiken de fiets vooral vaker en verder voor sociaal-recreatieve doeleinden en maken daarbij ook steeds meer gebruik van de elektrische fiets. Grofweg de helft van de groei van het fietsgebruik voor vrijetijdsdoeleinden komt voor rekening van de 60-plussers. Enerzijds omdat hun gezondheidssituatie gemiddeld genomen is verbeterd, anderzijds omdat de beschikbaarheid van een elektrische fiets het fietsgebruik onder senioren heeft bevorderd (KiM, 2017).

Volgens Harms (2013) is het groeiende fietsgebruik hoofdzakelijk een stedelijk fenomeen. De toenemende drukte aldaar is in veel gevallen rechtstreeks te herleiden tot een groei van de stedelijke bevolking (de zogenoemde 'reurbanisatie'): meer mensen die in (groot)stedelijke gebieden wonen, genereren tezamen meer fietsverplaatsingen. Bovendien is in steden het groeiend fietsgebruik vaak geconcentreerd op bepaalde plekken, bepaalde routes en bepaalde tijden. Harms (2013) noemt Amsterdam als voorbeeld: het fietsgebruik in Amsterdam groeide de laatste decennia met 40%, maar vooral in het centrum en de wijken direct daar omheen. De sterkste groei deed zich voor op bepaalde routes, met name die van en naar stationsgebieden.

Op het platteland wordt juist minder gefietst (Harms, 2013). Dat komt vooral door bevolkingskrimp: minder mensen vertaalt zich in minder mobiliteit, waaronder het gebruik van de fiets. In sommige perifere gebieden lijkt ook de schaalvergroting van voorzieningen en de daardoor optredende verschraving van voorzieningen op korte afstand een rol te spelen: plattelandsbewoners die steeds grotere afstanden moeten overbruggen om in hun dagelijkse behoeften (bijvoorbeeld supermarkt, scholen, pinautomaten) te voorzien, kiezen noodgedwongen vaker voor de auto.

## 2.3 Keuze voor een fietstype

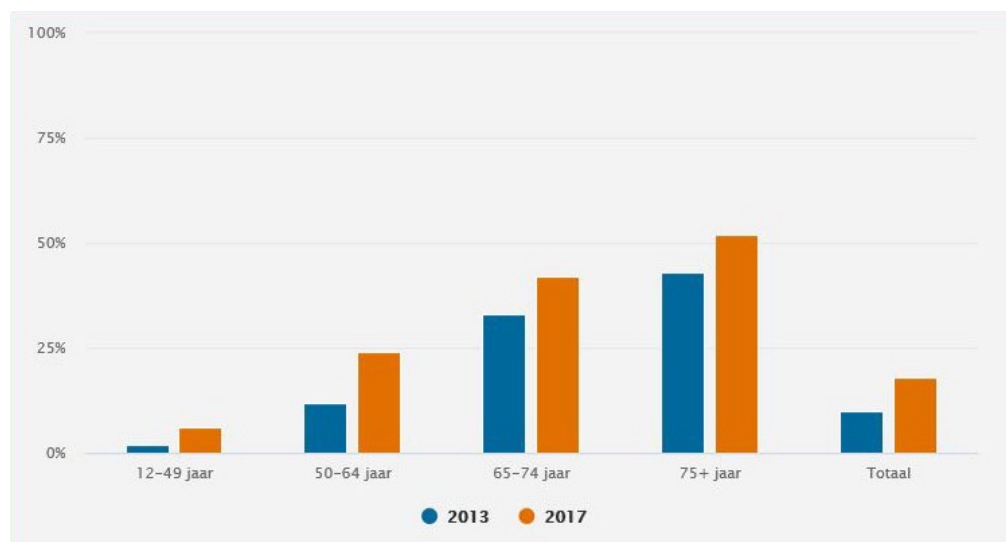
Volgens het CBS waren er in 2014 naar schatting 1,4 miljoen elektrische fietsen in Nederland. Volgens cijfers van BOVAG-RAI (2020) (*Kerncijfers tweewielers 2020*) zijn er in 2019 1.007.000 nieuwe fietsen verkocht, waarvan 423.000 elektrische fietsen en 3.869 speed-pedelecs. Ruim 40% van de nieuw aangeschafte fietsen is dus een elektrische fiets.

In 2015 werd volgens de Nationale Fietstelweek 17% van de gereden fietsafstand op een elektrische fiets afgelegd. In dit experiment, georganiseerd door de Fietsersbond, hebben 56.000 fietsers een app op hun mobiele telefoon geïnstalleerd waarmee hun verplaatsingen op de fiets gedurende een week zijn geregistreerd. Het grote aantal deelnemers betekent overigens niet automatisch een representatieve steekproef.

Volgens het Onderzoek Verplaatsingen in Nederland (OVIN) van het CBS werd in 2017 18% van alle fietskilometers op een elektrische fiets afgelegd (CBS, OViN, 2013-2017). In het OViN wordt aan een representatieve steekproef Nederlanders gevraagd om hun verplaatsingen gedurende één dag bij te houden.

Zoals ook *Afbeeldingen 2.3 en 2.4* laten zien, sloeg de elektrische fiets als eerste aan bij oudere fietsers en is deze nog steeds heel populair bij senioren. Van alle fietskilometers van ouderen van 65 tot 75 jaar werd in 2014 34% afgelegd op de elektrische fiets. Voor fietsers van 75 jaar en ouder was dit zelfs 45%. Jongere fietsers legden in 2014 gemiddeld tussen de 3% (volwassenen tot 50 jaar) en 17% (50 tot 65 jaar) van de fietsafstand af op de elektrische fiets (Schaap et al., 2015).

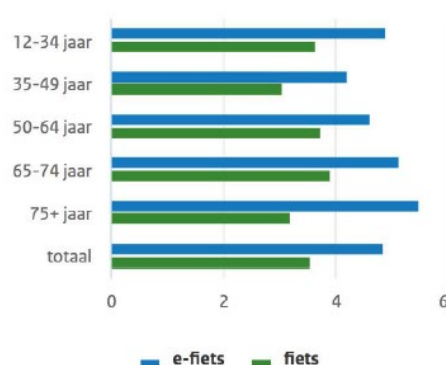
*Afbeelding 2.3. Aandeel van de e-fiets in de totaal per fiets afgelegde afstand naar leeftijd. Bron: <https://www.kimnet.nl/mobiliteitsbeeld/mobiliteitsbeeld-2019#/rapport/1.3.3>, op basis van CBS, OVIN (2013-2017)*



Bij alle leeftijdsgroepen is de afgelegde afstand per verplaatsing op een elektrische fiets groter dan op een gewone fiets; zie *Afbeelding 2.4* (KiM, 2017). Bij de leeftijdsgroep 75+ wordt er meer afstand op elektrische fietsen afgelegd dan bij andere leeftijdsgroepen. De verschillen in gemiddelde ritsnelheid tussen berijders van elektrische fietsen en trapfietsen die worden gerapporteerd in verplaatsingsonderzoeken zijn gering (KiM, 2017). Volgens observatie- en experimentele studies ligt de kruissnelheid van berijders van elektrische fietsen 1 tot 4 km/uur hoger dan van berijders van gewone fietsen (Langford, Chen & Cherry, 2015; Van Boggelen, Van Oijen & Lankhuijzen, 2013); Vlakveld et al., 2015).

*Afbeelding 2.4. Afstand per verplaatsing in kilometers (links) en gemiddelde snelheid in kilometers per uur (rechts) voor de e-fiets en de 'gewone' fiets per leeftijdsgroep, 2016. Bron: KiM, 2018.*

**Afstand per verplaatsing in kilometers voor de e-fiets en de 'gewone' fiets per leeftijdsgroep, 2016**



**Gemiddelde snelheid in kilometers per uur voor de e-fiets en de 'gewone' fiets per leeftijdsgroep, 2016**





## 2.4 Routekeuze

Verkeersdeelnemers kiezen hun route van A naar B op grond van verschillende afwegingen, zoals afstand en reistijd, maar ook comfort en veiligheid. Bij die keuze kunnen kenmerken meespelen zoals de drukte op de route, het aantal verkeerslichten, de complexiteit van de kruispunten, de aanwezigheid van een fietspad, het type wegdek of de plaats van brom- en snorfietzers op de weg (Bovy & Den Adel, 1984; Goldenbeld, 2015; Joolink, 2016; Van Overdijk, 2016).

Wanneer we willen dat zo veilig mogelijke verkeersroutes worden gebruikt, dan zijn er twee manieren om dat te bereiken. De eerste is om ervoor te zorgen dat elke route die een verkeersdeelnemer om wat voor reden dan ook zal kiezen, veilig is opgebouwd en ingericht. De tweede manier is om ervoor te zorgen dat bepaalde doelgroepen verkeersdeelnemers – in dit geval oudere fietsers – die routes kiezen die voor hen veilig zijn gemaakt, met andere woorden: door hen naar veilige routes te ‘sturen’.

Voor beide manieren moeten we het volgende weten:

- Hoe kiezen oudere fietsers hun route? Welke routekenmerken vinden zij belangrijk: wat zijn hun *routevoorkeuren*?
- Wat zijn *veilige routekenmerken* voor oudere fietsers, gezien hun eigenschappen en daarmee kenmerken van hun verkeersgedrag?

### Routevoorkeuren

De kennis over fietsroutes in het algemeen en over de routevoorkeuren van oudere fietsers is op dit moment beperkt. Over het geheel genomen lijken jonge fietsers meer voorkeur te hebben voor ‘efficiëntie’, door factoren als reistijd, afstand en vertraging belangrijk te vinden voor de keuze van hun route (Bovy & Den Adel, 1984). Oudere fietsers lijken meer belang te hechten aan ‘comfort’, door naast reistijd ook de snelheid van het autoverkeer, de aanwezigheid van fietspaden en verkeersdrukke belangrijk te vinden (Joolink, 2016; Van Overdijk, 2016). Per studie verschilt de leeftijdsgrens van deze ‘oudere’ groep, variërend van ouder dan 36 tot ouder dan 50 jaar, en zijn verschillende bevragingmethoden gebruikt.

Dijkstra (2017) heeft een groot aantal fietsroutes in het dagelijkse verkeer in de provincie Noord-Brabant geanalyseerd. Van 2077 fietsers waren gegevens beschikbaar van fietsritten uit 2015 die zijn vastgelegd met een app via de gps op hun smartphone. Dit waren woon-werkverplaatsingen, maar ook alle andere ritten die voor recreatie en andere doeleinden zijn gefietst. In totaal zijn ruim 250.000 fietsritten geanalyseerd; uiteraard zijn dat niet allemaal verschillende routes (zie het voorbeeld in *Afbeelding 2.5*). Ongeveer 24% van de deelnemers was ouder dan 55 jaar, de gemiddelde leeftijd van die groep was 60 jaar en de oudste van hen was 69.

*Afbeelding 2.5. Gebruikte fietsroutes op een deel van het fietsnetwerk van Breda. Elke fietsrit is een blauwe lijn: een veel gebruikte route bevat dus veel blauwe lijnen.*



Van de drie onderscheiden leeftijdsgroepen fietsten de ouderen (55-70 jaar) de meeste ritten per persoon. De jongste groep (20-40 jaar) maakte per persoon de minste fietsritten. De gemiddelde routelengte en gemiddelde snelheid verschilden nauwelijks tussen de leeftijdsklassen. Uit de analyse blijkt verder dat oudere fietsers een voorkeur hebben voor wegvakken met een wegdek van asfalt, wegvakken buiten de bebouwde kom en wegvakken zonder fysieke rijrichtingscheiding voor autoverkeer. Dit laatste kan er mee te maken hebben dat op dit soort wegen vaak minder autoverkeer is dan op wegen met rijrichtingscheiding, maar over de verkeersintensiteiten zelf had SWOV geen gegevens.

### **Veilige routekenmerken – microsimulatie**

Het is nog niet onderzocht in hoeverre de routevoorkeuren van ouderen ‘vanzelf’ ook veilig zijn. Dit willen we niet alleen weten voor de routevoorkeuren die gebleken zijn uit het onderzoek tot nu toe, maar vooral ook voor die uit toekomstig onderzoek. De kennis hierover is nog steeds beperkt en vooral fietsers rond 75 jaar en ouder zijn tot dusver nauwelijks in verplaatsings- en routeonderzoek vertegenwoordigd. Dit terwijl in die levensfase de functiebeperkingen versneld toenemen.

De veiligheid van (voorkeurs)routes zijn voor automobilisten bepaald aan de hand van veiligheids-criteria zoals opbouw van de route, reistijd en kruispunt dichtheid (Dijkstra, 2011). Voor fietsers zijn ook andere criteria belangrijk, zoals bewegwijzering en inrichting van fietspad en kruispunten (Dijkstra, 2017). Welke routecriteria voor fietsers van belang zijn is nog niet in grootschalig onderzoek vastgesteld. Ook is niet bekend welke criteria dan veiligheidseffecten hebben.

Een andere mogelijkheid is het gebruik van microsimulatiemodellen. Hiermee kunnen de verkeersafwikkeling en onderlinge conflicten van verkeersdeelnemers op bepaalde routes worden nagebootst. Het model heeft dan als input de kenmerken van de voorkeursroute (fietsvoorzieningen, hoeveelheid autoverkeer en dergelijke) en kenmerkende eigenschappen van – in dit geval – oudere fietsers (aandeel elektrische fietsen, lengte van de remweg en dergelijke). In het ideale geval laat het microsimulatiemodel dus zien waar, hoeveel en welke soort conflicten zullen ontstaan tussen motorvoertuigen en fietsen.

Andersom kan met microsimulatiemodellen worden onderzocht welke routekenmerken veilig zijn voor oudere fietsers. Bestaan er veiliger kenmerken dan de kenmerken van hun voorkeur? Dit zou kunnen worden bestudeerd door van (bestaande of denkbeeldige) fietsroutes met ouderen bepaalde routekenmerken te variëren en het effect op de veiligheid – de gesimuleerde conflicten – te bekijken. Op deze manier kunnen ook effecten van infrastructurele aanpassingen worden verkend.

Een van de voorwaarden voor het gebruik van microsimulatiemodellen is wel dat de juiste kenmerkende eigenschappen van oudere fietsers zijn gekozen en dat deze goed zijn vertaald in het model (naar gemiddelde rijnsnelheid, reactietijd en dergelijke). Dit dient verder onderzocht te worden. Ook moet verder worden onderzocht hoe gevoelig het model is voor veranderingen in het aandeel ouderen (Dijkstra, 2017). Tot slot zou gevalideerd moeten worden in hoeverre de kans op ongevallen met oudere fietsers voldoende samenhangt met de conflicten die het microsimulatiemodel voorspelt.

Uiteindelijk zal een overzicht van veilige routekenmerken voor ouderen kunnen helpen bij de opbouw en inrichting van veiliger routes. Met kennis van routevoorkeuren kan ook de daadwerkelijke keuze van veilige routes worden beïnvloed.

## 2.5 Samenvatting

De Nederlandse bevolking vergrijsd in toenemende mate. Het aandeel oudere verkeersdeelnemers neemt toe, ook onder fietsers. De groep 60-plussers neemt de helft van het recreatief fietsgebruik voor zijn rekening, veelal gebruik makend van de elektrische fiets.

Ruim 40% van de nieuw aangeschafte fietsen is een elektrische fiets. 18% van de afgelegde fietskilometers vindt plaats per elektrische fiets. De afgelegde afstand per verplaatsing met een elektrische fiets is bij alle leeftijdsgroepen groter dan op een trapfiets. Bij de groep 75+ is de afgelegde afstand op de elektrische fiets het grootst.

Jongere fietsers hebben bij hun routekeuze aandacht voor reistijd, afstand en vertraging. Oudere fietsers hechten belang aan reistijd, hoeveelheid en snelheid van autoverkeer en aan de aanwezigheid van fietspaden. Een veiligheidsscore van fietsroutes, bestaande uit kenmerken die gerelateerd zijn aan fietsongevallen, is nog in ontwikkeling.

## 3 Analyse ongevallengegevens

In 2019 vielen er 203 verkeersdoden en in 2018 vielen er ongeveer 13.900 ernstig verkeersgewonden onder fietsers in het Nederlandse verkeer. Ruim de helft van de verkeersdoden en bijna een derde van de ernstig verkeersgewonden onder fietsers is 70 jaar of ouder. Dit hoofdstuk bespreekt de ontwikkeling in de verkeersveiligheid van oudere fietsers.

Dit hoofdstuk biedt een overzicht van het aantal verkeersdoden en ernstig verkeersgewonden onder oudere fietsers, de ontwikkeling in de tijd en – voor zover mogelijk op basis van de beschikbare databronnen - de kenmerken van ongevallen waarbij oudere fietsers betrokken zijn. Tot slot wordt besproken wat er bekend is over de kans op ongevallen inclusief ongevallen met alleen materiële schade.

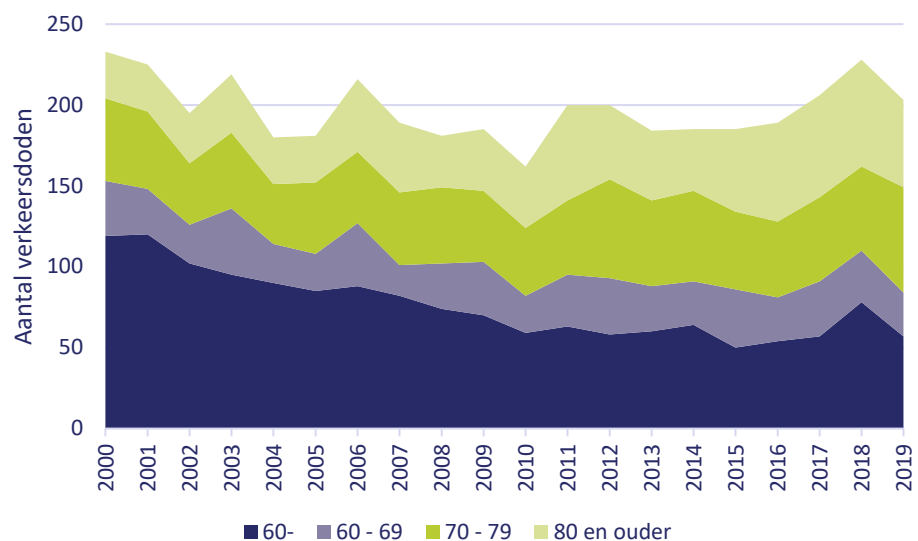
### 3.1 Aantallen slachtoffers en ontwikkeling in de tijd

Deze paragraaf bespreekt de ontwikkeling in het aantal verkeersdoden en het aantal ernstig verkeersgewonden onder verschillende leeftijdsgroepen fietsers.

#### 3.1.1 Verkeersdoden

Afbeelding 3.1 laat de ontwikkeling in het aantal verkeersdoden onder fietsers zien, met daarbij onderscheid in verschillende leeftijdsgroepen. Het totale aantal verkeersdoden onder fietsers lijkt tot ongeveer 2010 te dalen en daarna te stijgen. In 2019 vielen 203 verkeersdoden onder fietsers, dit is 31% van het totale aantal verkeersdoden.

Afbeelding 3.1  
Aantal verkeersdoden onder fietsers, uitgesplitst naar fietsers van 60 jaar en jonger, 60-69 jaar, 70-79 jaar en 80 jaar of ouder.  
Bron: CBS  
<https://theseus.swov.nl/singel/?appid=5dbac35a-5fbd-401f-b711-682176941688&sheet=Zjpe mJ&opt=currsel%2Cctxmenu &select=Vervoerswijze,Fiets>



De afbeelding laat ook zien dat het aantal fietsdoden met name is toegenomen onder 80-plussers; in 2000 vielen er 29 verkeersdoden onder fietsers van 80 jaar of ouder, in 2019 waren dit er 54. Ook onder 70- t/m 79-jarige fietsers neemt het aantal verkeersdoden iets toe in de periode 2000-2019, maar minder sterk dan onder 80-plussers; in 2000 vielen er 51 verkeersdoden onder 70- t/m 79-jarige fietsers, in 2019 waren dat er 65. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat het aantal verkeersdoden onder 70-79-jarigen in 2019 relatief sterk is toegenomen, terwijl in de meeste andere leeftijdsgroepen juist minder verkeersdoden onder fietsers vielen dan in 2018. Het aantal verkeersdoden onder 60 tot 69 jarige fietsers is min of meer constant, terwijl het aantal verkeersdoden onder fietsers jonger dan 60 is afgenomen tussen 2000 en 2010, daarna een aantal jaren redelijk constant is en vervolgens de laatste jaren lijkt toe te nemen.

Wanneer we kijken naar de aandelen van de verschillende leeftijdsgroepen in het totale aantal fietsdoden, dan zien we dat het aandeel 80-plussers is toegenomen van 12% in 2000 tot 27% in 2019 en het aandeel 70- t/m 79-jarigen van 22% in 2000 tot 32% in 2019. Het aandeel 0- t/m 59-jarigen is daarentegen fors afgenomen; in 2000 was ongeveer de helft van de verkeersdoden onder fietsers jonger dan 60, in 2019 was dat minder dan een derde (28%). Meer dan twee derde (72%) van de verkeersdoden onder fietsers is dus 60 jaar of ouder en meer dan de helft (59%) is ouder dan 70 jaar.

### 3.1.2 Ernstig verkeersgewonden

Een ernstig verkeersgewonde is in Nederland vooralsnog gedefinieerd als een verkeersslachtoffer dat is opgenomen in het ziekenhuis met een letselernst MAIS2 of hoger, en dat niet binnen 30 dagen overleden is aan de gevolgen van het ongeval. SWOV stelt het aantal ernstig verkeersgewonden ieder jaar vast door de politieregistratie (BRON) en ziekenhuisgegevens (LBZ) te combineren. In 2019 is een aantal wijzigingen in de methode doorgevoerd die invloed hebben op het vastgestelde aantal ernstig verkeersgewonden en is voor de periode 2014-2018 een nieuwe reeks bepaald. Vergelijkingen met eerdere jaren kunnen als gevolg van de 'methodebreuk' niet op een zinvolle manier gemaakt worden. Daarnaast kan het aantal ernstig verkeersgewonden de laatste jaren niet meer uitgesplitst worden naar vervoerswijze en leeftijd, omdat er onvoldoende ernstig verkeersgewonden geregistreerd worden in de politieregistratie. Daarom beperken we ons hier grotendeels tot ontwikkelingen in aandelen in het totale aantal in de LBZ geregistreerde ernstig verkeersgewonden.

Op basis van de Monitor Verkeersveiligheid en het totale aantal ernstig verkeersgewonden kan wel iets gezegd worden over de ontwikkeling in het totale aantal ernstig verkeersgewonde fietsers over de langere termijn. Op basis van aantallen bepaald met de oude methode werd in de Monitor Verkeersveiligheid van 2018 (Weijermars et al., 2018a) geconstateerd dat het aandeel fietsers in het aantal in het LBZ geregistreerde ernstig verkeersgewonden is toegenomen en dat ook het aantal ernstig verkeersgewonden is toegenomen in de periode 2008-2017. Daaruit kan afgeleid worden dat het aantal ernstig gewonde fietsers een stijgende trend laat zien.

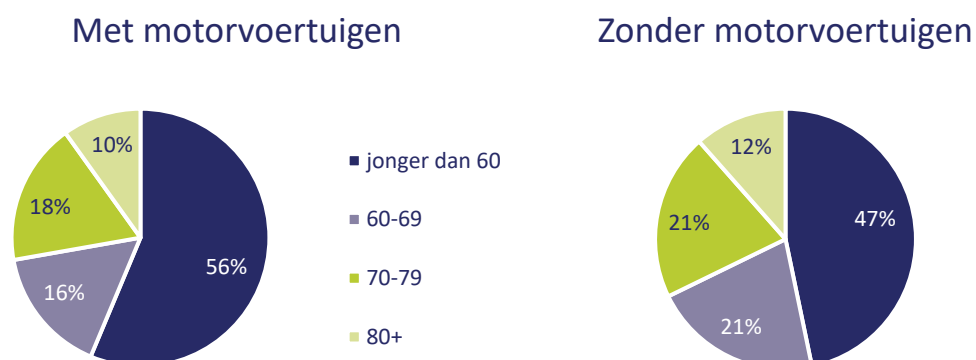
In 2018 was bijna twee derde (64%) van alle in de LBZ geregistreerde ernstig verkeersgewonden een fietser. Wanneer we dit aandeel toepassen op het totale aantal ernstig verkeersgewonden (21.700 in 2018), leidt dat tot ongeveer 13.900 ernstig gewonde fietsers in 2018.

Het merendeel van de fietsers raakt gewond bij een ongeval waarbij geen gemotoriseerd verkeer betrokken is; 80% van de in het LBZ geregistreerde ernstig gewonde fietsers in 2018 raakte gewond bij een ongeval zonder gemotoriseerd verkeer. Dit zijn ongevallen waarbij een fietser ten val komt, tegen een obstakel botst of in botsing komt met een andere fietser of voetganger.

*Afbeelding 3.2* geeft een verdere onderverdeling van in de LBZ geregistreerde ernstig verkeersgewonden bij fietsongevallen met en zonder motorvoertuigen naar leeftijd. Bij ongevallen zonder motorvoertuigen is het aandeel 60-plussers hoger dan bij ongevallen met motorvoertuigen; 44%

van de ernstig verkeersgewonden bij fietsongevallen met motorvoertuigen is 60 jaar of ouder, ten opzichte van 53% van de ernstig verkeersgewonden bij fietsongevallen zonder motorvoertuigen. Het aandeel 70-plussers is respectievelijk 28% voor fietsongevallen mét motorvoertuigen en 32% voor fietsongevallen zonder motorvoertuigen. Het aandeel 60- en 70-plussers in het aantal ernstig gewonde fietsers is lager dan het aandeel 60- en 70-plussers onder de fietsdoden (51% van de ernstig gewonde fietsers was 60 jaar of ouder en 31% was 70 jaar of ouder). Dit komt doordat ouderen relatief kwetsbaar zijn en dus een hogere kans hebben om te overlijden bij soortgelijke verwondingen.

Afbeelding 3.2  
Verdeling van ernstig verkeersgewonde fietsers over verschillende leeftijdsgroepen (2018).  
Bron: LBZ.

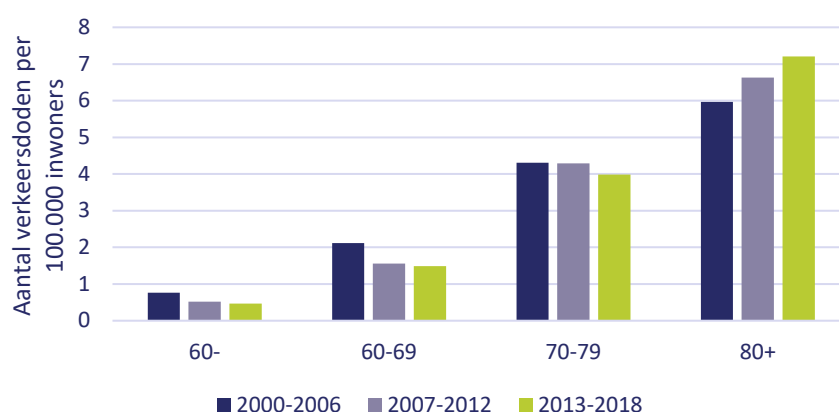


## 3.2 Mortaliteit en risico

Het aantal verkeersdoden wordt in belangrijke mate bepaald door het aantal inwoners en de verplaatsingen die deze inwoners maken. Des te meer ouderen, en des te grotere afstanden deze ouderen fietsen, des te meer slachtoffers er onder ouderen te verwachten zijn.

De mortaliteit is het aantal verkeersdoden per 100.000 inwoners. Afbeelding 3.3 toont de mortaliteit voor verschillende groepen fietsers in de perioden 2000-2006, 2007-2012 en 2013-2018. Hierbij is eerst de mortaliteit per jaar bepaald, door het aantal verkeersdoden per jaar te delen door het aantal inwoners op 1 januari van dat jaar. Vervolgens is de mortaliteit over een aantal jaren gemiddeld.

Afbeelding 3.3  
Aantal verkeersdoden onder fietsers per 100.000 inwoners voor verschillende leeftijdsgroepen. Bron: CBS.



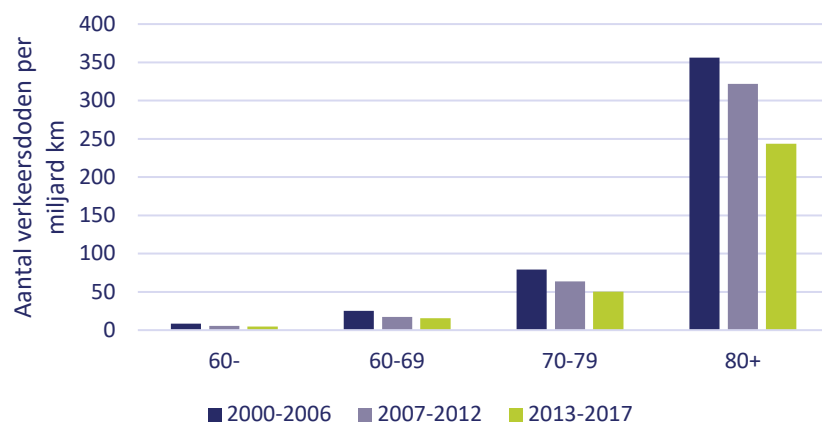
De afbeelding laat zien dat het gemiddelde aantal verkeersdoden per 100.000 inwoners toeneemt bij een toenemende leeftijd. Onder fietsers van 59 jaar en jonger, viel in de periode 2013-2018 jaarlijks gemiddeld 0,5 verkeersdode per 100.000 inwoners, onder 60-69-jarigen was dat 1,5 verkeersdoden, onder 70-79-jarigen 4,0 verkeersdoden en onder 80-plussers 7,2 verkeersdoden per 100.000 inwoners per jaar. De mortaliteit door fietsongevallen van 80-

plussers is dus ruim 15 keer zo hoog als de mortaliteit van inwoners jonger dan 60 jaar. De afbeelding laat ook zien dat de mortaliteit onder fietsers van 80 jaar en ouder is toegenomen, terwijl die onder andere leeftijdsgroepen is afgenomen.

Het overlijdensrisico is het aantal verkeersdoden per afgelegde afstand. Aangezien er in 2018 een methodewijziging heeft plaatsgevonden in het bepalen van de mobiliteitsgegevens (het nieuwe onderzoek heet Onderweg in Nederland ODiN) en het nog niet duidelijk is hoe deze methodewijziging de resultaten beïnvloedt, hebben we het risico bepaald voor de periode 2000-2017 (op basis van het Onderzoek Verplaatsingen in Nederland, OViN).

Afbeelding 3.4 laat zien dat het overlijdensrisico nog sterker toeneemt met leeftijd dan de mortaliteit. Onder fietsers jonger dan 60 jaar, vallen in de periode 2013-2017 gemiddeld ongeveer 5 verkeersdoden per miljard gefietste kilometers, terwijl dit voor 60-69-jarigen, 70-79-jarigen en 80-plussers oploopt tot respectievelijk 16, 50 en 244 verkeersdoden per miljard gefietste kilometers. Het risico voor 80-plussers is dus ongeveer 50 keer zo hoog als het risico van fietsers jonger dan 60 jaar. De afbeelding laat zien dat het risico voor 80-plussers wel fors gedaald is in de periode 2000-2017. Hieruit kan worden afgeleid dat de mortaliteit van 80-plussers (afbeelding 3.3) is toegenomen doordat 80-plussers meer zijn gaan fietsen.

Afbeelding 3.4  
Aantal verkeersdoden onder  
fietsers per miljard fietskm  
voor verschillende  
leeftijdsgroepen.  
Bron: CBS/IenW.



### 3.3 Nadere analyse ongevalgegevens

Het aantal verkeersdoden onder fietsers kan verder uitgesplitst worden naar geslacht en naar een combinatie van leeftijd en geslacht. Twee derde van alle verkeersdoden onder fietsers in de periode 2016-2019 was man. de verdere uitsplitsing naar een combinatie van leeftijd en geslacht levert geen duidelijk patroon op wat betreft de verdeling over mannen en vrouwen voor de verschillende leeftijdsgroepen. Die verdeling lijkt van jaar tot jaar te verschillen.

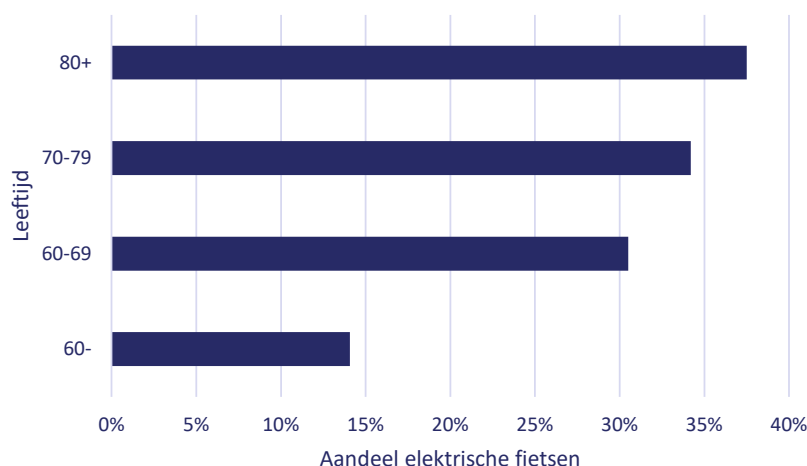
Het CBS maakt in de ongevalgegevens onderscheid tussen gewone fietsen en elektrische fietsen<sup>2</sup>. In 2018 reed 25% van de verkeersdoden onder fietsers op een elektrische fiets, in 2019 was dat zelfs 32%. Het aandeel slachtoffers dat op de elektrische fiets reed, is voor oudere fietsslachtoffers hoger dan gemiddeld en lijkt toe te nemen bij een toenemende leeftijd. Afbeelding 3.5 geeft het aandeel elektrische fietsen voor verschillende leeftijdsgroepen voor het totale aantal verkeersdoden onder fietsers in 2018 en 2019. Van alle verkeersdoden onder fietsende 80-plussers in 2018 en 2019 reed 38% op een elektrische fiets, van de 60-minners was dat 14%.



<sup>2</sup> Indien het fietstype niet gespecificeerd is, wordt verondersteld dat het een gewone fiets is. Het aandeel elektrische fietsen wordt waarschijnlijk dus onderschat.

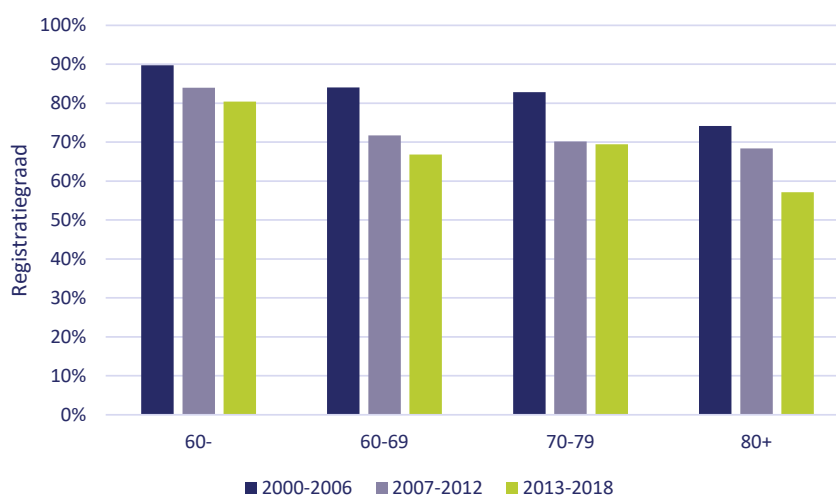
Verdere analyses zijn alleen mogelijk op door de politie geregistreerde verkeersdoden. Daarbij moeten we ons realiseren dat niet alle verkeersdoden (als zodanig) worden geregistreerd in BRON en dat de registratiegraad verschilt tussen verschillende groepen fietsslachtoffers. Bijvoorbeeld, Schepers et al. (2017b) schatten op basis van de doodsoorzakenstatistiek van het CBS dat de politie ongeveer een derde deel van alle doden door fietsongevallen zonder een motorvoertuig registreerde maar wel bijna alle doden door fietsongevallen met een motorvoertuig.

Afbeelding 3.5  
Aandeel verkeersdoden onder fietsers dat op een elektrische fiets reed (2018-2019).  
Bron: CBS.



Van alle verkeersdoden onder fietsers in de periode 2013-2018 werd 69% geregistreerd in BRON. Afbeelding 3.6 laat de ontwikkeling in registratiegraad voor verschillende leeftijdsgroepen verkeersdoden onder fietsers zien. De registratiegraad lijkt af te nemen met een toenemende leeftijd van het slachtoffer en was in de periode 2013-2018 lager dan in de perioden ervoor. Dat de registratiegraad afneemt naarmate de leeftijd toeneemt is mogelijk te verklaren doordat oudere fietsers vaker om het leven komen bij een fietsongeval zonder motorvoertuig (Schepers et al., 2017b).

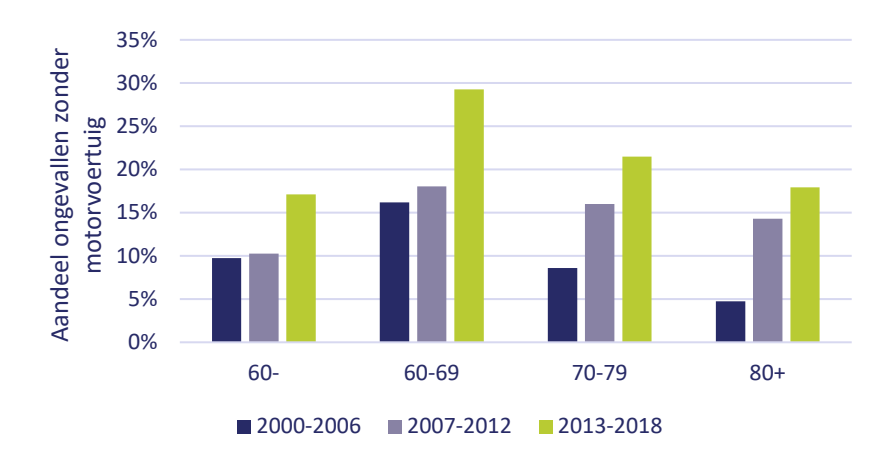
Afbeelding 3.6  
Registratiegraad voor verkeersdoden onder verschillende groepen fietsers (2000-2018).  
Bronnen: IenW, CBS, bewerking SWOV.



Volgens BRON viel in de periode 2013-2018 ongeveer 20% van de verkeersdoden onder fietsers bij ongevallen zonder motorvoertuig. Wanneer we de verschillende leeftijdsgroepen met elkaar vergelijken (Afbeelding 3.7), blijkt dat het aandeel slachtoffers bij ongevallen zonder motorvoertuig voor 60-plussers hoger is dan gemiddeld. Het aandeel is het hoogst voor 60-69 jarige fietsdoden. Bovendien neemt het aandeel (geregistreerde) slachtoffers bij ongevallen zonder motorvoertuigen toe in de tijd.

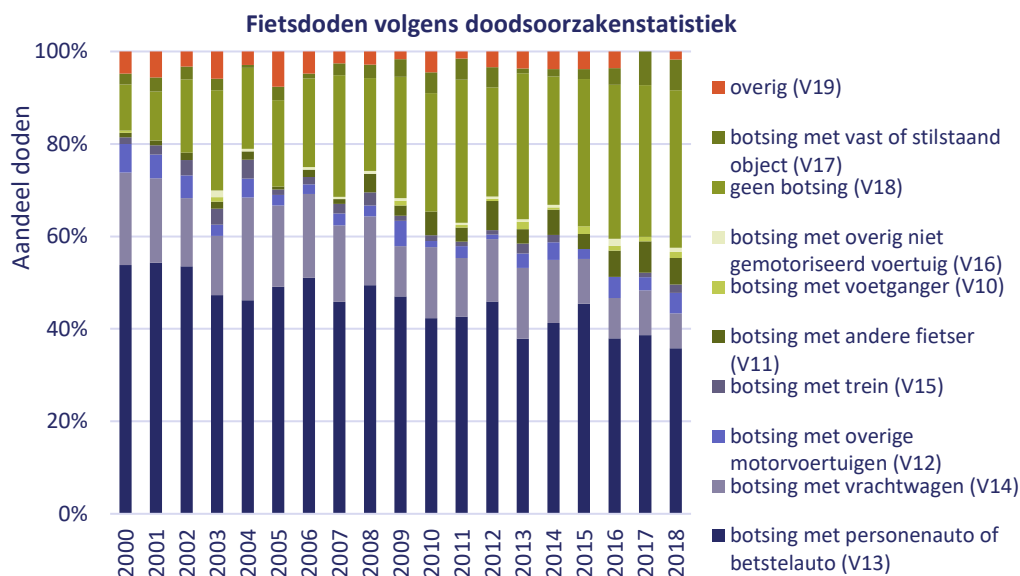


Afbeelding 3.7  
Aandeel verkeersdoden onder fietsers bij ongevallen zonder motorvoertuig volgens BRON voor verschillende leeftijdsgroepen en verschillende jaren.  
Bron: IenW.



Aangezien ongevallen zonder motorvoertuigen minder goed geregistreerd worden dan ongevallen met motorvoertuigen (Bos, Houwing & Stipdonk, 2016), is het werkelijke aandeel zeer waarschijnlijk aanzienlijk hoger dan *Afbeelding 3.7* suggereert. CBS schat het werkelijk aantal verkeersdoden met gegevens van de politie, rechtbankverslagen en de eigen doodsoorzakenstatistiek. *Afbeelding 3.8* toont de onderverdeling van soorten fietsongevallen volgens de doodsoorzakenstatistiek. In de balkjes hebben fietsongevallen met motorvoertuigen een blauwe tint en fietsongevallen zonder motorvoertuigen een groene tint. Het aandeel doden bij ongevallen zonder motorvoertuig is de loop van de jaren gestegen en betrof in 2018 bijna de helft. Een onderzoek van Schepers et al. (2017b) op basis van de doodsoorzakenstatistiek toonde dat deze stijging zich het sterkst voordoet onder oudere fietsers. Dit stemt overeen met het beeld dat hierboven op basis van BRON is gepresenteerd maar volgens de doodsoorzakenstatistiek is het aandeel ongevallen zonder motorvoertuig hoger.

Afbeelding 3.8  
Ontwikkeling in het aantal verkeersdoden onder fietsers voor verschillende typen ongevallen volgens de CBS doodsoorzakenstatistiek (CBS, 2020).



Nadere analyse naar tegenpartij (in BRON) laat zien dat ongeveer twee derde van de geregistreerde verkeersdoden bij fietsongevallen zonder motorvoertuigen valt bij enkelvoudige fietsongevallen en ongeveer een derde bij fiets-fiets ongevallen. Wat betreft fietsslachtoffers bij ongevallen met motorvoertuigen, vallen de meeste verkeersdoden bij fiets-auto-ongevallen (57% van de geregistreerde fietsdoden bij ongevallen met motorvoertuigen en 45% van alle geregistreerde verkeersdoden onder alle fietsers in de periode 2013-2018) en fiets-bestel/vrachtauto ongevallen (28% van de geregistreerde fietsdoden bij ongevallen met motorvoertuigen en 23% van alle

verkeersdoden onder fietsers in de periode 2013-2018). Er zijn geen duidelijke verschillen tussen verschillende leeftijdsgroepen waarneembaar.

Het merendeel van de geregistreerde verkeersdoden onder fietsers valt binnen de bebouwde kom; in de periode 2013-2018 viel 64% van de geregistreerde verkeersdoden onder fietsers binnen de bebouwde kom. De verhouding binnen vs. buiten de bebouwde kom is vergelijkbaar voor de verschillende leeftijdsgroepen. Nadere analyse naar wegtype laat zien dat ruim driekwart (76%) van de geregistreerde fietsdoden binnen de bebouwde kom valt op 50km/uur wegen en dat buiten de bebouwde kom de meeste fietsdoden vallen op 60km/uur wegen (43% van de slachtoffers buiten de bebouwde kom waarvoor de snelheidslimiet werd geregistreerd) en 80km/uur wegen (45%). Nadere analyse naar kruispunt vs. wegvak laat zien dat ruim de helft (55%) van de geregistreerde fietsdoden valt op kruispunten. Het aandeel kruispunten is binnen de bebouwde kom iets hoger dan buiten de bebouwde kom (59% vs. 51%). Onder 80-plussers lijkt het aandeel fietsdoden op kruispunten iets hoger dan onder andere leeftijdsgroepen; 63% van de geregistreerde verkeersdoden onder fietsende 80-plussers in de periode 2013-2018 viel op kruispunten. Uitsplitsing naar ongevallen met en zonder motorvoertuigen laat zien dat fietsdoden bij ongevallen met motorvoertuigen vaker op kruispunten dan op wegvakken vallen (63% in de periode 2013-2018), terwijl fietsdoden bij ongevallen zonder motorvoertuigen vaker op wegvakken (78% in de periode 2013-2018) dan op kruispunten vallen.

### 3.4 Letsels

De politie registreert geen informatie over letsels van de slachtoffers. Deze informatie wordt in het ziekenhuis wel geregistreerd en is beschikbaar in het bestand van de Landelijke Basisregistratie Ziekenhuiszorg (LBZ). SWOV heeft de LBZ-bestanden tot en met 2014 binnen SWOV beschikbaar. De bestanden van de jaren erna moeten in de CBS omgeving geanalyseerd worden en dit is bewerkelijker. De analyses in deze paragraaf beperken zich daarom tot gegevens tot en met 2014.

Weijermars et al. (2019a) hebben letsels vergeleken voor verschillende groepen verkeersdoden die in het ziekenhuis zijn overleden. Zij constateren dat twee derde van de fietsers die in het ziekenhuis zijn overleden, traumatisch hersenletsel als hoofddiagnose<sup>3</sup> had. Fietsslachtoffers bij ongevallen met motorvoertuigen hebben vaker traumatisch hersenletsel dan fietsslachtoffers bij ongevallen zonder motorvoertuigen; 80% van de fietsdoden bij ongevallen mét motorvoertuigen in de periode 2010-2014 had traumatisch hersenletsel als hoofddiagnose, ten opzichte van 54% van de fietsdoden bij ongevallen zonder motorvoertuigen. Wat verder opvalt is dat heupletsel relatief vaak voorkomt bij slachtoffers van fietsongevallen zonder motorvoertuigen die in het ziekenhuis overlijden; 14% van deze slachtoffers (2010-2014) had heupletsel als hoofddiagnose, ten opzichte van 5% van alle in het ziekenhuis overleden verkeersdoden.

Voor het huidige onderzoek hebben we de gegevens die Weijermars et al. (2019a) hebben gebruikt, verder uitgesplitst naar leeftijd. Om voldoende grote aantallen te houden, hebben we gebruik gemaakt van de LBZ-bestanden 2000 t/m 2014. Uit deze analyse blijkt dat het aandeel hoofdletsel afneemt bij toenemende leeftijd, terwijl het aandeel heupletsel toeneemt. Zie *Tabel 3.1* voor meer informatie.



3 De hoofddiagnose is het belangrijkste letsel dat de aanleiding vormde om de patiënt op te nemen

Tabel 3.1. Aandeel Traumatisch hersenletsel (TBI) en heupletsel als hoofddiagnose onder verschillende groepen fietsslachtoffers die in het ziekenhuis overlijden (2000-2014).

Leeftijd	% TBI, fiets met motorvoertuig	% TBI, fiets zonder motorvoertuig	% heup, fiets zonder motorvoertuig
0-59	81%	72%	3%
60-69	79%	65%	7%
70-79	73%	50%	22%
80+	65%	37%	34%

Weijermars, Bos en Stipdonk (2016) hebben letselpatronen vergeleken voor verschillende groepen ernstig verkeersgewonden. Ook bij ernstig verkeersgewonde fietsers komt hoofdletsel vaak voor en ook daar zien we relatief vaak heupletsel bij slachtoffers van fietsongevallen zonder motorvoertuigen en een lager aandeel hoofdletsel en een hoger aandeel heupletsel bij oudere fietsslachtoffers. Onderstaande tabel geeft de resultaten voor een aanvullende analyse die we voor dit rapport gemaakt hebben. Vergeleken met de slachtoffers die in het ziekenhuis zijn overleden, is het percentage hoofdletsel duidelijk lager en is het percentage heupletsel iets hoger.

Tabel 3.2. Aandeel Traumatisch hersenletsel (TBI) en heupletsel als hoofddiagnose onder verschillende groepen ernstig verkeersgewonde fietsslachtoffers (MAIS2+) (2010-2014).

Leeftijd	% TBI, fiets met motorvoertuig	% TBI, fiets zonder motorvoertuig	% heup, fiets met motorvoertuig	% heup, fiets zonder motorvoertuig
0-59	40%	26%	2%	6%
60-69	33%	20%	7%	19%
70-79	39%	17%	8%	32%
80+	38%	18%	10%	42%

### 3.5 Minder ernstige ongevallen

De voorgaande paragrafen behandelden de frequentie en het risico op dodelijke en ernstige fietsongevallen. Daar zijn de meest betrouwbare bronnen voor beschikbaar. Het hogere risico op dodelijke en ernstige ongevallen onder oudere fietsers kan het gevolg zijn van zowel een hogere ongevalskans als een ernstigere afloop als ouderen bij een ongeval betrokken raken. Om die factoren te onderscheiden is er behoefte aan een beeld van het risico op ongevallen inclusief ongevallen met uitsluitend materiële schade. Dat ongevallen vaker dodelijk dan ernstig aflopen toont dat een ernstigere afloop een rol speelt maar betekent nog niet dat ouderen ook een hogere ongevalskans hebben. Dat kan alleen worden onderzocht door te kijken of ouderen vaker bij ongevallen zonder letsel betrokken zijn.

In een aantal internationale studies is het aantal fietsongevallen per gereden fietskilometer vergeleken tussen leeftijdsgroepen, inclusief ongevallen met uitsluitend materiële schade. In een prospectieve Australische studie onder ruim 2000 fietsers vergeleken Poulos et al. (2015) fietsers van 60 jaar en ouder met fietsers van 25 t/m 59 jaar. Als ze controleerden voor fietsgebruik en andere mogelijke versturende variabelen zoals geslacht en fietservaring, bleek dat ouderen een significant lager risico op ongevallen hadden. Ouderen rapporteerden juist vaker letselongevallen maar de aantallen letselongevallen waren te klein om een statistisch significant verband aan te tonen. Fyhri, Johansson en Bjørnskau (2019) bundelden drie Noorse vragenlijstonderzoeken. De gemiddelde leeftijd varieerde tussen de drie datasets van 47 t/m 51 jaar. Leeftijd wordt vaak als categorische variabele met een aantal leeftijdsgroepen in analyses opgenomen. Fyhri, Johansson en Bjørnskau (2019) namen leeftijd als continue variabele mee in een analyse van het ongevalsrisico waarbij naast gefietste afstand ook werd gecorrigeerd voor geslacht en type fiets (elektrische

fiets of gewone fiets). Het verband met leeftijd was significant negatief wat suggereert dat oudere fietsers per gereden fietskilometer minder ongevallen rapporteren dan jongere fietsers.

Een goede registratie van die ongevallen ontbreekt in Nederland, maar t/m 2011 werd wel tweejaarlijks het grootschalige vragenlijstonderzoek PROV (Periodiek Regionaal Onderzoek Verkeersveiligheid) uitgevoerd onder mensen van 15 jaar en ouder. Om de twee jaar vulden ruim 10.000 Nederlanders deze vragenlijst in. Naast vragen over gedrag bevatte dit onderzoek ook vragen over ongevalsbetrokkenheid en fietsgebruik tijdens het jaar er voor (Duijm et al., 2012). Fietsers van 50 t/m 64 jaar en 65+'s rapporteerden in het PROV gemiddeld over 1999 t/m 2011 13 respectievelijk 14 fietsongevallen per miljoen fietskilometer. Fietsers van 15 t/m 17 jaar hadden het hoogste ongevalsrisico met 38 fietsongevallen per miljoen fietskilometer. Andere leeftijdsgroepen zaten hier tussenin.

Goldenbeld, Houtenbos en Ehlers (2010) voerden een vragenlijstonderzoek uit onder 2500 fietsers. Fietsers van 12 t/m 17 jaar rapporteerden over het voorafgaande jaar 0,72 fietsongevallen per persoon. Bij 18-34-jarigen is dat 0,31; bij 35-49-jarigen 0,19 bij en bij 50+'ers 0,22. Het hoge aantal ongevallen per persoon onder 12-17-jarigen is waarschijnlijk te verklaren door hun hoge fietsgebruik. Volgens het Onderzoek Verplaatsingsgedrag fietsten 12-17-jarigen in 2010 in vergelijking met 18-34-jarigen een 2,5 maal zo grote afstand (SWOV, 2020). De verschillen in fietsgebruik tussen de andere drie groepen die worden beschreven door Goldenbeld, Houtenbos en Ehlers (2010) zijn daarentegen klein.

Het bovenbeschreven onderzoek naar ongevalsrisico kent een aantal onzekerheden. Geen van de beschreven onderzoeken richtte zich specifiek op hogere leeftijdsgroepen zoals 75-plussers. Daarnaast kunnen de resultaten worden beïnvloed doordat het om zelf-gerapporteerd gedrag gaat. Het is niet uit te sluiten dat ouderen vaker ongevallen vergeten te rapporteren of de jaarlijks gefietste afstand overschatten. Daarom kunnen we, ondanks statistisch significante verschillen tussen leeftijdsgroepen in de beschreven studies, niet concluderen dat ouderen een lager ongevalsrisico hebben. Wel kan voorzichtig de conclusie worden getrokken dat het sterk verhoogde risico op ernstige en dodelijke ongevallen onder ouderen in sterkere mate het gevolg is van een ernstigere afloop van ongevallen dan een hogere kans op ongevallen.

## 3.6 Samenvatting

Het aantal verkeersdoden onder fietsers lijkt sinds 2010 toe te nemen, terwijl het aantal verkeersgewonden al langer een stijgende trend laat zien. De toename in het aantal verkeersdoden onder fietsers is het sterkst terug te zien onder 80-plussers. In 2018 was 29% van de verkeersdoden onder fietsers 80 jaar of ouder. Deze oudere fietsers reden relatief vaak op een elektrische fiets; van alle verkeersdoden onder fietsende 80-plussers in 2018 en 2019 reed 38% op een elektrische fiets, van de 60-minners was dat 14%.

Oudere fietsers hebben een hogere mortaliteit en een hoger overlijdensrisico dan jongere fietsers; de mortaliteit van 80-plussers is ruim 15 keer zo hoog als die van fietsers jonger dan 60 jaar, en het overlijdensrisico is zelfs zo'n 50 keer zo hoog. De toename in het aantal verkeersdoden onder fietsende 80-plussers wordt veroorzaakt doordat er door de vergrijzing meer ouderen zijn en doordat zij meer zijn gaan fietsen. Het overlijdensrisico laat namelijk een dalende trend zien voor deze groep.

Nadere analyse van ongevalgegevens laat zien dat oudere fietsers relatief vaak betrokken zijn bij ongevallen zonder motorvoertuigen. Bovendien neemt het aandeel (geregistreerde) slachtoffers bij ongevallen zonder motorvoertuigen toe in de tijd. Wat betreft de ongevalslocatie, valt bijna twee derde (64%) van de geregistreerde verkeersdoden onder fietsers binnen de bebouwde kom. De meeste geregistreerde fietsdoden vallen op 50km/uur wegen, 60km/uur

wegen en 80 km/uur wegen. Nadere analyse naar kruispunt vs. wegvak laat zien dat ruim de helft (55%) van de geregistreerde fietsdoden valt op kruispunten. Onder 80-plussers lijkt het aandeel fietsdoden op kruispunten iets hoger dan onder andere leeftijdsgroepen. Traumatisch hersenletsel is het meest voorkomende letsel bij ernstig gewonde fietsers en fietsers die in het ziekenhuis overlijden en komt vaker voor bij slachtoffers van ongevallen met motorvoertuigen dan bij slachtoffers van ongevallen zonder motorvoertuigen. Het aandeel hoofdletsel neemt wel af bij toenemende leeftijd, terwijl het aandeel heupletsel toeneemt.

Studies gericht op minder ernstige ongevallen suggereren niet dat ouderen een verhoogd risico op deze ongevallen hebben. Dat oudere fietsers per afgelegde afstand meer ernstige en dodelijke ongevallen hebben wordt blijkaar met name veroorzaakt doordat ze ernstiger letsel oplopen als ze bij een ongeval betrokken zijn.

## 4 Ongevalsfactoren

Dit hoofdstuk geeft informatie over factoren die volgens de literatuur een rol spelen bij het ontstaan en de afloop van ongevallen met oudere fietsers. Daarbij wordt onderscheid gemaakt naar factoren gerelateerd aan de oudere fietser zelf, de fiets, de infrastructuur en overige relevante factoren.

### 4.1 Fietstaak en benodigde functies

Fietsen is een complexe activiteit die sensorische, cognitieve en motorische vaardigheden vereist (Wierda & Brookhuis, 1991). Met het ouder worden, worden deze vaardigheden, o.a. het gezichts-, gehoor- en reactievermogen, minder. Meestal zijn de functiebeperkingen onderdeel van het natuurlijke verouderingsproces, soms is het gekoppeld aan typische ouderdomsziekten zoals oogandoeningen als staar of de ziekte van Alzheimer. Daarnaast neemt het risico op fysieke kwetsbaarheid toe. Tot nu toe hebben studies die de functionele beperkingen van ouderen in relatie tot het verkeer hebben bestudeerd zich met name gericht op gemotoriseerd verkeer. Deze studies laten zien dat functiebeperkingen de autorijtaak uitdagender kunnen maken (Zie bijv. Boot, Stothart & Charness, 2014; Davidse, 2007). In hoeverre dit ook voor de fietstaak geldt, is nog niet duidelijk (Reurings et al., 2012). In tegenstelling tot het autorijden, worden aan het fietsen geen eisen voor lichamelijke en geestelijke gezondheid gesteld. Hoewel er in het afgelopen decennium meer onderzoek naar fietsveiligheid is verricht, is er nog weinig bekend over hoe deze 'normale veroudering' het fietsen beïnvloedt en of en hoe sterk dit het aantal verkeersongevallen beïnvloedt.

Deze paragraaf bespreekt de fietstaak en de functies die nodig zijn om de fietstaak veilig uit te voeren en gaat vervolgens in op de functiebeperkingen die bij het ouder worden optreden en competenties (bijvoorbeeld gevaarherkenning en zelfinzicht) van ouderen die mogelijk effect hebben op de fietstaak.

Bij het lezen van deze paragrafen moet in het achterhoofd worden gehouden, dat individuele verschillen in gezondheid, beperkingen en fysieke activiteiten groot zijn in de populatie van ouderen (Raz et al., 2010). Dit betekent dat niet iedereen even snel of in hetzelfde tempo veroudert (Rantanen et al., 2012). Bovendien kunnen functiebeperkingen door ouderen worden gecompenseerd (zie ook *Paragraaf 4.1.6*), door bijvoorbeeld het vermijden van complexe verkeerssituaties, of door meer tijd te nemen bij het oversteken (Oxley et al., 2004).

#### 4.1.1 Fietstaak

De fietstaak kan, net als andere verkeerstakingen, worden ingedeeld in drie niveaus (Michon, 1971; 1985): het strategische, tactische en operationele niveau. De drie niveaus verlopen hiërarchisch, waarbij het strategische niveau het hoogste niveau en het operationele het laagste niveau is.

Het strategisch niveau is de **planningsfase**. Hier bepaalt de fietser onder andere of hij gaat fietsen of niet, welke route er genomen wordt en of er risico's te verwachten zijn onderweg. Voor deze fase zijn met name cognitieve functies nodig, zoals het plannen en inschatten van risico's. Omdat

deze planning voorafgaand aan het fietsen wordt gedaan, kan de fietser hiervoor ruim de tijd nemen.

Op het tactische niveau gaat het om de **beslissingen** die tijdens het fietsen genomen worden. Dit zijn manoeuvres, zoals de keuze om al dan niet over te steken, het vermijden van obstakels, het inschatten van de snelheid van ander verkeer, maar ook het bepalen van de eigen fietssnelheid. Voor deze beslissingen zijn zowel cognitieve, als sensorische en motorische functies nodig. Deze beslissingsfase kan risicovol zijn omdat de fietser niet altijd de hele verkeerssituatie kan overzien en er maar weinig tijd is om deze beslissingen te nemen en - goed - uit te voeren (Michon, 1971).

Of een fietser succesvol is in het uitvoeren van de manoeuvre hangt voor een groot deel samen met de **uitvoering** van de fietstaak die op het operationele niveau plaatsvindt. Ook speelt de ervaring van de fietser een grote rol bij de uitvoering (Cain, Ashton-Miller & Perkins, 2016). Voor dit niveau zijn voertuigvaardigheden nodig om de fiets te kunnen hanteren. Dit zijn vaardigheden als evenwicht, koers en snelheid houden, sturen en versnellingen gebruiken. Voor de uitvoering van de fietstaak zijn net als bij beslissingen op het tactische niveau cognitieve, sensorische en motorische functies nodig. Dit soort handelingen gebeurt in milliseconden en ervaring speelt hierbij een grote rol (Wierda & Brookhuis, 1991).

Op hogere taakniveaus kunnen verkeersdeelnemers compenseren voor functiebeperkingen die van invloed zijn op de lagere taakniveaus. Zo kun je op strategisch niveau kiezen voor een tijdstip waarop het minder druk is, en op het tactisch niveau voor een grotere volgfafstand, zodat je op operationeel niveau meer tijd hebt om te reageren (zie ook *Paragraaf 4.1.6*).

In *Tabel 4.1* is schematisch weergegeven welke functies benodigd zijn om de verschillende niveaus van de fietstaak goed uit te kunnen voeren. In de hierna volgende paragrafen gaan we in op de verschillende functiebeperkingen die optreden bij het ouder worden en relevant zijn voor de fietstaak. In de laatste paragraaf (*Paragraaf 4.1.6*) bespreken we het compensatiegedrag van oudere fietsers.

*Tabel 4.1. Schematische weergave van de fietstaak en de benodigde functies*

Benodigde functies	Elementen van de fietstaak		
	Strategisch (plannen)	Tactisch (beslissen)	Operationeel (uitvoeren)
<b>Cognitief</b>			
> Executieve functies	✓	✓	✓
> Reactievermogen			
> Verwerkingssnelheid			
<b>Sensorisch</b>			
> Gezichtsvermogen		✓	✓
> Gehoor			
> Evenwicht			
<b>Motorisch</b>			
> Spierkracht			✓
> Spiermassa			
> Flexibiliteit			

#### 4.1.2 Cognitieve beperkingen

Cognitieve vaardigheden zijn van belang voor een veilige verkeersdeelname. Niet alle cognitieve vaardigheden zijn even gevoelig voor veroudering. Over het algemeen wordt aangenomen dat de afname van de mentale snelheid (speed of processing) een belangrijke factor is in het cognitieve verouderingsproces (Salthouse, 1996). Ouderen zouden over het algemeen meer tijd nodig hebben voor dezelfde taak als jongeren, al is dat niet voor alle ouderen het geval. Een belangrijke taak in het verkeer is het verwerken van visuele informatie. De snelheid waarmee visuele informatie wordt verwerkt is belangrijk in het verkeer, vooral om tijdig de juiste beslissingen te kunnen nemen. De snelheid waarmee visuele aandacht wordt verwerkt, lijkt dan ook een voorspeller te zijn voor betrokkenheid bij vallen tijdens het lopen (Owsley & McGwin, 2004) en ongevallen bij automobilisten (Owsley, 2016). Bij een grote groep ouderen (20-30%) is dit proces vertraagd, ook al zijn er geen beperkingen in het gezichtsvermogen en cognitieve vaardigheden (zoals besproken in Owsley, 2016).

Daarnaast worden de executieve vaardigheden, ook wel cognitieve controle, minder (Band & Ridderinkhof, 2010). Cognitieve controle maakt het mogelijk om flexibel te handelen in een veranderende omgeving, zoals het verkeer. Cognitieve controle is nodig om een aantal mentale processen te regelen, zoals het coördineren van waarneming en motoriek. Ook wordt het plannen en stoppen van acties geregeld, zoals het onverwacht moeten stoppen voor een ambulance in een voorrangssituatie. Daarnaast zorgt cognitieve controle ervoor dat relevante informatie beschikbaar is door het activeren van het werkgeheugen. Cognitieve controle is gevoelig voor veroudering (Band & Ridderinkhof, 2010) en heeft onder andere gevolgen voor verkeersdeelname. Ouderen hebben bijvoorbeeld moeite met het gelijktijdig verwerken van veel informatie en oudere automobilisten compenseren in moeilijke verkeerssituaties door langzamer te gaan autorijden (Lansdown, Brook-Carter & Kersloot, 2004). Ook fietsers moeten in complexe situaties, zoals bij links afslaan, tegelijkertijd meerdere handelingen verrichten: over de schouder kijken of er achteropkomend verkeer is, in de rijrichting kijken voor tegemoetkomend verkeer, snelheid minderen en koers houden (zie ook *Paragraaf 4.3.3*). Links afslaan is een complexe taak en oudere automobilisten lopen hierbij tegen de grenzen van hun kunnen aan (Davidse, 2007). Ook voor fietsers is deze taak mentaal belastend (Vlakveld et al., 2015). In een experiment met fietsers in twee leeftijdsgroepen (30-45-jarigen en 65+) reageerden alle fietsers in complexe situaties (links afslaan) langzamer op een extra mentale taak (reageren op een lampje) dan in eenvoudige situaties (recht door rijden). Ouderen waren over het algemeen langzamer in hun reacties dan de jongere leeftijdsgroep. Dit resultaat wijst er op dat fietsen ouderen meer belast dan jongeren en dat zij het moeilijk vinden om hun aandacht te verdelen. Overigens is dit een algemeen aspect dat bij het ouder worden moeilijker wordt. Onderzoek naar oudere verkeersdeelnemers laat zien dat oudere verkeersdeelnemers er bij gebaat zijn complexe taken na elkaar uit te voeren in plaats van tegelijkertijd, zoals het oversteken in twee fasen (Davidse, 2002). Ook kan het vereenvoudigen van de taak helpen, zoals het rijden in een automaat in plaats van een handgeschakelde auto (Piersma & De Waard, 2013).

Naast de normale cognitieve veroudering neemt de kans op dementie sterk toe met de leeftijd. Voor automobilisten met dementie zijn eisen gesteld in de Regeling eisen geschiktheid 2000: mensen met een lichte vorm van dementie die willen blijven autorijden, moeten een rijgeschiktheidstest doen en mensen in een ver gevorderd stadium van dementie mogen niet meer autorijden. In de rijgeschiktheidstest wordt naast praktische rijgeschiktheid ook naar verkeerswaarneming en verkeersinzicht gekeken. Als automobilisten niet meer aan deze eisen kunnen voldoen, mogen ook zij niet meer autorijden. Aan fietsers worden deze eisen niet gesteld, terwijl voor veilige deelname aan het verkeer -waarneming en verkeersinzicht onverminderd belangrijk blijven. Belangrijk hierbij is wel dat de oudere fietser vooral zichzelf verwondt door een fietsongeval en niet zo zeer andere weggebruikers in gevaar brengen.



### 4.1.3 Sensorische beperkingen

Als fietser is het belangrijk dat je ziet waar je fietst en kunt inschatten hoe ver een andere verkeersdeelnemer van je verwijderd is, hoort waar andere verkeersdeelnemers zich bevinden en je balans houdt als je een plotselinge remactie moet uitvoeren. Met het ouder worden gaan deze sensorische vaardigheden achteruit.

#### Gezichtsvermogen

De normale visuele achteruitgang heeft onder meer invloed op (dynamische) gezichtsscherpte, contrastgevoeligheid, visuele veld, zien met weinig licht en aanpassen aan veranderende lichtcondities (zie bijvoorbeeld Jackson & Owsley, 2003; Johnsen & Funk, 2019; Shinar & Schieber, 1991; Wood, 2002). Daarnaast neemt de kans op oogaandoeningen, zoals staar en glaucoom toe. De visuele achteruitgang wordt bij een aantal aandoeningen alleen veroorzaakt door de veroudering van het oog zelf - de pupillen worden kleiner en de lens vertroebelt waardoor er minder licht in het oog komt - en vaak ook door neurale processen die worden beïnvloed door het verouderingsproces (Owsley, 2016; Shinar & Schieber, 1991). In tegenstelling tot automobilisten, waar bijvoorbeeld minimale vereisten aan het gezichtsvermogen worden gesteld, zijn er geen vereisten voor fietsers. Er is maar weinig onderzoek gedaan naar het gezichtsvermogen van oudere fietsers en de relatie tot ongevallen. Wel is er onderzoek gedaan naar fietsers met een visuele beperking en hoe zij zich staande houden in het verkeer (o.a. Jelijs et al., 2019; zie de uitgebreidere beschrijving later in deze paragraaf).

Door veroudering van de ooglens wordt het moeilijker het oog scherp te stellen, dit gebeurt overigens al vanaf het veertigste levensjaar. Gezichtsscherpte speelt hooguit een kleine rol bij het ontstaan van ongevallen bij automobilisten (zie voor een overzicht o.a. Vlakveld & Davidse, 2011; Wood, 2002). Daarentegen is het vermogen om contouren en patronen van bewegende voorwerpen in detail te kunnen onderscheiden (dynamische gezichtsscherpte) mogelijk een betere voorspeller voor ongevallen bij automobilisten (Shinar & Schieber, 1991; Wood, 2002). Ook hebben ouderen meer moeite om beweging waar te nemen (Shinar & Schieber, 1991). Hoewel er geen onderzoek bekend is naar de invloed van deze verouderingsprocessen op de fietstaak, ligt het voor de hand dat het waarnemen van beweging belangrijk is voor bijvoorbeeld het inschatten van de snelheid van ander verkeer en de beslissing om al dan niet over te steken.

Bijna alle ouderen hebben in meer of mindere mate moeite om contrast te zien (Owsley, 2016). Dit kan een probleem vormen voor dynamische taken zoals fietsen. Jezelf blijven oriënteren en balanceren vergt perifeer zicht dat verslechtert door een verminderd contrastvermogen (Schieber, Schlorholtz & McCall, 2008). Ouderen hebben bij duisternis dan ook meer moeite met de stuurtaak dan jongeren (Owens & Tyrrell, 1999). *Paragraaf 4.4.2* beschrijft een experiment van Fabriek, De Waard en Schepers (2012) waarin het contrastvermogen van fietsers met brillen werd verminderd. De uitvoering van de fietstaak bleek daardoor te verslechteren. Afgezien van deze studie is er nog weinig experimenteel onderzoek naar de fietstaak uitgevoerd. Het zien van contrasten is ook belangrijk voor het ontdekken, onderscheiden, herkennen en identificeren van voorwerpen en situaties (Owsley, 2016). Bij verminderde contrastgevoeligheid is het bijvoorbeeld moeilijker een paaltje op het fietspad te onderscheiden als het wegdek dezelfde kleur heeft of het onderscheid te maken tussen het fietspad en de berm als de kantmarkering onvoldoende contrastrijk is (SWOV, 2015), zie ook *Paragraaf 4.4* over infrastructuur.

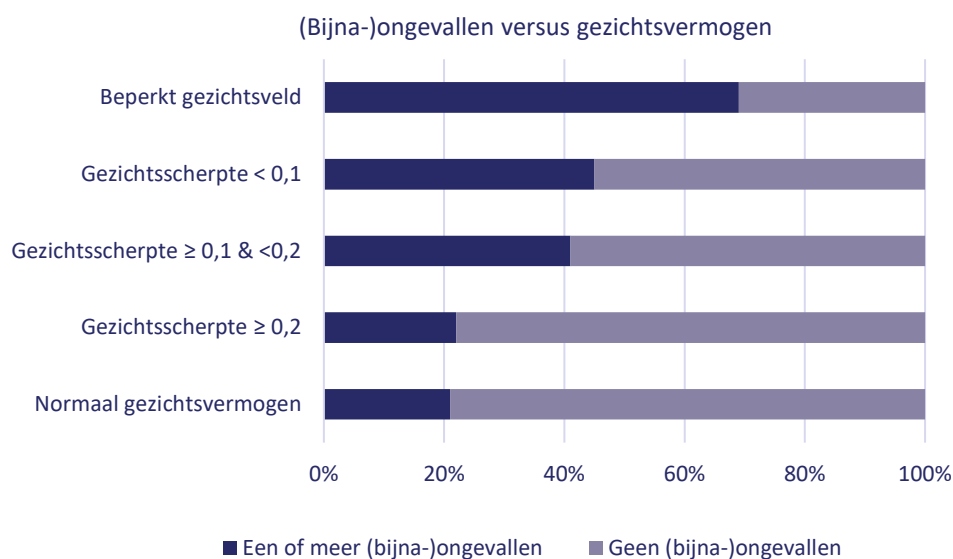
Ook hebben ouderen vaak moeite om in het donker of met slechte of veranderende lichtcondities scherp te zien (zoals besproken in Owsley, 2016). Zij zijn bijvoorbeeld gedurende een minuut of langer vrijwel blind als zij van buiten (zonnig) naar binnen gaan. Deze langzame licht-donker adaptatie kan het risico op valongevallen bij lopen verhogen (McMurdo & Gaskell, 1991). Hoewel ouderen niet graag in het donker fietsen (SWOV, 2013), zijn er ook bij daglicht situaties waar fietsers vanuit het daglicht in het donker terecht komen, zoals bij fietstunnels, als ze uit een bos een open gebied inrijden, of door schaduwwerking. Langzamere licht-donker

adaptatie kan problemen geven bij het omgaan met obstakels en koershouden bij duisternis (zie ook *Paragraaf 4.4.2*).

Naast de normale achteruitgang van het gezichtsvermogen bij gezonde ouderen, neemt met het ouder worden ook de prevalentie van gezichtsproblemen toe. Het wordt nog moeilijker om contrasten te zien bij ouderdomsgerelateerde staar (Owsley, 2016). Staar ontstaat gradueel doordat de lens van het oog steeds troebeler wordt. Door staar kunnen behalve contrastgevoeligheid ook andere gezichtsbeperkingen ontstaan, zoals verminderde gezichtsscherpte en last van fel licht in het donker. Niet alleen verhoogt de verminderde contrastgevoeligheid bij oudere automobilisten het risico op ongevallen. Het zorgt ook voor een minder stabiele lichaamshouding dat tot valongevallen bij ouderen kan leiden (Owsley, 2016; Tournier, Dommes & Cavallo, 2016). Of dit ook van invloed is op balans houden op de fiets is niet bekend. In *Paragraaf 4.3.1*, *4.3.2* en *4.3.3* wordt nader ingegaan op de balansproblemen die ouderen ervaren op de fiets.

De problemen van slechtzienden bij het fietsen zijn verder onderzocht door Jelijs et al. (2019). Een groep van 219 slechtzienden werd vergeleken met 109 mensen zonder gezichtsproblemen. De *Regeling eisen geschiktheid 2000* vereist dat automobilisten, desgewenst met bril of contactlenzen, een gezichtsscherpte hebben van minimaal 0,5 (bij een normaal gezichtsvermogen is dat 1 en bij blindheid minder dan 0,05) en een horizontaal gezichtsveld van minimaal 120 graden (bij rechtoetkijken tot minimaal 60 graden rechts en links kunnen waarnemen). Dergelijke regels gelden niet voor fietsers. Mobiliteitsadviseurs bij hulporganisaties zoals Visio en Bartiméus hanteren volgens Jelijs et al. (2019) een minimale gezichtsscherpte van 0,1 en een horizontaal gezichtsveld van minimaal 60 graden als informele richtlijn voor zelfstandig fietsen. Het gezichtsveld is het beeld dat bekeken kan worden zonder hoofd en ogen te bewegen. Bij gezonde mensen is dat rond de 180 graden. Zoals weergegeven in *Afbeelding 4.1* rapporteerden fietsers met een beperkt gezichtsveld de meeste ongevallen en bijna-ongevallen. Fietsers met een gezichtsscherpte onder de 0,2 rapporteerden meer ongevallen maar dat verschil was niet statistisch significant. Deze uitkomsten lijken aan te sluiten op de eerdere bevinding dat het vermogen om globale contrasten in het perifere gezichtsveld te kunnen waarnemen belangrijker is dan gezichtsscherpte. Fietsers met diverse soorten gezichtsproblemen geven volgens Jelijs et al. (2019) aan de meeste visuele problemen te ervaren met licht-donker adaptatie, het waarnemen van obstakels en slecht zichtbare andere verkeersdeelnemers. Het oversteken van kruispunten zonder verkeerslichten en het overzien van verkeerssituaties is eveneens moeilijker voor slechtzienden.

*Afbeelding 4.1*  
Zelfgerapporteerde ongevallen en bijna-ongevallen in de afgelopen drie maanden (Jelijs et al., 2019).



Voor een beter inzicht in het fietsgedrag van slechtzienden voerden Jelijs et al. (2020) een experiment uit met drie ongeveer even grote groepen fietsers van 50 jaar en ouder met (N=31):

1. een normaal gezichtsvermogen
2. een verminderde gezichtsscherpte
3. een beperkt gezichtsveld

De drie groepen hadden een vergelijkbare verdeling over leeftijd, geslacht en hoeveelheid fietsgebruik. Tijdens het experiment fietsten de deelnemers een 7,5 km lange route over verschillende typen infrastructuur, onder meer een 2,2 m breed eenrichtingsfietspad en een 2,8 m breed tweerichtingsfietspad. Het snelheidsgedrag en de laterale positie verschilden nauwelijks tussen de drie groepen. De spreiding in het gedrag was bij slechtzienden wel groter. Enkele slechtzienden fietsten op een grotere afstand tot de rand van het fietspad en maakten ook andere fouten zoals geen voorrang verlenen. Een van de aanbevelingen voor vervolgonderzoek van Jelijs et al. (2020) is daarom om te onderzoeken in hoeverre de laterale positie een indicator is voor onveilig gedrag in het algemeen. Daarnaast bevelen ze aan om slechtziende fietsers met natuurlijk fietsen tijdens hun dagelijks fietsgebruik te observeren en om het effect van lichtomstandigheden verder te onderzoeken.

### **Gehoorvermogen**

Naast gezichtsvermogen is het gehoor ook een sensorische functie die minder wordt bij het ouder worden én belangrijk is voor fietsers. Het oor (schelp en binnenoer) vangt geluiden op, die in de hersenen worden verwerkt. Het gehoor geeft informatie over de omgeving en helpt ons ook te lokaliseren waar we zijn in de ruimte (Campos, Ramkhalawansingh & Pichora-Fuller, 2018). Het gehoor werkt samen met andere sensorische vaardigheden (o.a. zicht, evenwichtsorgaan) om het lichaam in balans te houden (Campos, Ramkhalawansingh & Pichora-Fuller, 2018). Er is weinig onderzoek naar gehoorverlies en de gevolgen voor mobiliteit en verkeersveiligheid van ouderen. Campos en collega's (2018) constateren in een recente review naar de effecten van het horen op o.a. veroudering en mobiliteit, dat ouderen met gehoorverlies vaker vallen en langzamer lopen. Ook bespreken zij het effect van gehoorverlies op het autorijden en vinden dat gehoorverlies bijdraagt aan o.a. botsingen. Een mogelijke verklaring voor dit negatieve effect is dat mensen met gehoorproblemen minder goed verkeersgerelateerde geluiden horen, zoals toeteren, en daarop dan ook niet adequaat reageren. Een andere verklaring is dat door het gehoorverlies luisteren meer moeite kost dat ten koste gaat van het cognitief vermogen om andere taken (zoals aandacht) goed uit te kunnen voeren.

Er is weinig kennis over de invloed van gehoorverlies op het ongevalsrisico van oudere fietsers. Het enige bij ons bekende onderzoek is het onderzoek van Stelling-Konczak en anderen (2016). Een goed gehoor is cruciaal als de fietser besluit in te halen en wil weten of er achter hem nog een andere verkeersdeelnemer is, die gehinderd kan worden door de manoeuvre. Dit speelt vooral een rol als door verminderde flexibiliteit de nek wat minder goed gedraaid kan worden (*Paragraaf 4.1.4*). Ook is het belangrijk om te weten of er een auto nadert als je op een kruising links af wil slaan. Stelling-Konczak en collega's (2016) hebben in een laboratorium onderzocht hoe fietsers conventionele en elektrische auto's op hun gehoor lokaliseren. Deelnemers aan het onderzoek kregen geluiden van naderende en wegrijdende auto's met drie verschillende rijnsnelheden te horen en moesten binnen 8 seconden de locatie en bewegingsrichting van de auto aangeven. Over het algemeen werden de geluiden goed gelokaliseerd. Echter ouderen presteerden op deze taak slechter dan de jongere leeftijdsgroepen. Bij ruim 40% van de ouderen was vooraf gehoorverlies geconstateerd. Hoewel alle ouderen zonder gehoorverlies de locatie van de voertuigen goed konden inschatten, deed slechts een gedeelte van de slechthorenden het minder goed. Met andere woorden, sommige ouderen waren ondanks hun gehoorverlies goed in het lokaliseren.

### Evenwicht

Zoals we zullen bespreken in *Paragraaf 4.2* blijft een fiets bij hogere snelheden grotendeels uit zichzelf in balans. Bij lagere snelheden en bij op- en afstappen moet de fietser zelf de fiets in balans houden om een val te voorkomen. Voor ouderen kan dat lastig zijn omdat ze meer moeite hebben om hun lichaam rechtop en in balans te houden (Oxley et al., 2004). Bij een goed evenwicht werken het evenwichtssysteem (vestibulaire systeem), het gezichtsvermogen en proprioceptie (zintuig voor motoriek en balans) samen. Echter, bij het ouder worden werken deze systemen minder goed en/of langzamer samen (Eikema et al., 2012), waardoor ouderen sneller kunnen vallen. Hoe goed fietsers zijn in het houden van balans heeft mogelijk ook te maken met ervaring (Cain, Ashton-Miller & Perkins, 2016) en leeftijd (Kováčsová et al., 2016), zie ook *Paragraaf 4.3.3*.

#### 4.1.4 Motorische beperkingen

Ouder worden gaat vaak gepaard met het krijgen van fysieke beperkingen. Deze beperkingen uiteten zich onder andere in verminderde spierkracht en flexibiliteit. Minder spierkracht en flexibiliteit kunnen de fietstaak beïnvloeden en geven onder meer problemen bij balans houden bij het op- en afstappen (*Paragraaf 4.3.2*) en links afslaan (*Paragraaf 4.3.3*) doordat de snelheid bij deze manoeuvres over het algemeen laag is.

Vanaf het zestigste levensjaar zet een gestage daling van de spierkracht in die veroorzaakt wordt door verlies van spiermassa (Sarcopenie; Vandervoort, 2002). In een studie naar valongevallen bij lopen, bleek spierkracht een goede voorspeller te zijn voor de kans op vallen nadat iemand uit evenwicht is gebracht (Pijnappels et al., 2008). Mensen met een grotere spierkracht bleken beter in balans te kunnen blijven. In een dieptestudie naar fietsongevallen van 50-plussers zonder betrokkenheid van motorvoertuigen is voor het eerst gekeken of er een relatie is tussen spierkracht en het fietsongeval. Hoewel een aantal 50-plussers minder spierkracht dan de norm hadden, kon er op basis van de resultaten niet worden geconcludeerd dat de afgenomen spierkracht een grotere rol speelde bij het ontstaan van de ongevallen (Davidse et al., 2014a). Ter vergelijking, ouderen die bij het lopen binnenshuis vallen hebben een slechtere gezondheid dan een gemiddelde oudere, maar ouderen die buitenshuis vallen zijn ongeveer even gezond als hun leeftijdsgenoten (Schepers et al., 2017a). Veel ouderen met ernstige gezondheidsproblemen vermijden buitenshuis lopen. Mogelijk geldt dat ook voor fietsen.

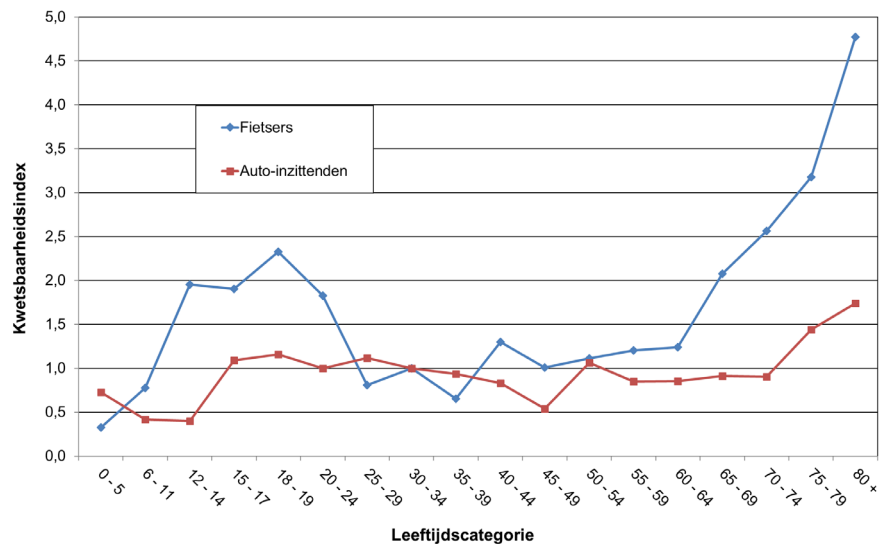
De afname in flexibiliteit uit zich onder meer in een verminderde nekrotatie (Davidse, 2007) waardoor het over de schouder kijken naar achteropkomend verkeer lastig wordt. Ook lijkt flexibiliteit een rol te spelen bij op- en afstappen (Dubbeldam et al., 2017a).

#### 4.1.5 Fysieke kwetsbaarheid

Een fiets biedt geen bescherming en bij een val van de fiets of in een botsing met een motorvoertuig raken ouderen al snel ernstig gewond (*Paragraaf 3.1*). Fysieke kwetsbaarheid wordt onder andere veroorzaakt door de normale veroudering van het lichaam, maar kan worden verergerd door diverse ziekten en aandoeningen zoals botontkalking (en bijbehorende medicatie), en een ongezonde levensstijl, bijvoorbeeld weinig beweging (Oxley et al., 2004).

Als ouderen betrokken raken bij een verkeersongeval is de afloop vaker ernstig of dodelijk dan bij jongeren. *Afbeelding 4.2* illustreert dat dit bij oudere fietsers nog sterker het geval is dan bij oudere automobilisten.

Afbeelding 4.2  
 Kwetsbaarheidsindex: het  
 aantal doden gedeeld door  
 het aantal ernstig  
 verkeersgewonden per  
 leeftijdsgroep voor fietsers  
 en auto-inzittenden over de  
 jaren 2007-2009, waarbij de  
 verhouding van zowel 30-34  
 jarige fietsers als 30-34  
 jarige auto-inzittenden op 1  
 is gesteld. Bron: Reurings  
 e.a., 2012



Door lichamelijke veroudering, herstelt het lichaam van oudere verkeersdeelnemers langzamer en/of minder goed van verwondingen dan bij jongeren. Over het algemeen zullen ouderen eerder komen te overlijden dan jongeren bij verwondingen met vergelijkbare letselernst (Horan & Clague, 1999). Ouderen overlijden vaker door complicaties in het ziekenhuis. Het aandeel slachtoffers dat in het ziekenhuis overlijdt is hoger voor ouderen (Weijermars et al., 2019a). Herstel van letsel kan ook worden bemoeilijkt door aandoeningen, zoals hoge bloeddruk, hartklachten en diabetes (o.a. Kirshenbom et al., 2017). Ook kan medicijngebruik het letsel en of het herstel beïnvloeden. Een recent onderzoek naar het effect van anticoagulantia (antistollingsmiddelen) op de gevolgen van hersenletsel na een val door ouderen, liet zien dat ouderen die deze antistollingsmiddelen gebruiken een verhoogde kans op overlijden of ernstig letsel hadden (Hecht et al., 2020).

#### 4.1.6 Compensatiegedrag

Van oudere automobilisten is bekend dat zij compenseren voor hun eventuele tekortkomingen. Oudere automobilisten compenseren op strategisch en tactisch niveau voor problemen die zich het sterkste voordoen op operationeel niveau (Brouwer, 2005; De Raedt & Ponjaert-Kristoffersen, 2000). Voorbeelden daarvan zijn het vermijden van verplaatsingen tijdens drukte en bij duisternis vanwege problemen tijdens het autorijden door een verminderd reactievermogen en gezichtsvermogen. Oudere fietsers compenseren ook op deze manier. Echter compenseren voor een beperkt gezichtsveld kan alleen zolang er geen sprake is van beperkte flexibiliteit van de nek en/of het lichaam. Verder passen ouderen bijvoorbeeld hun route of vertrektijdstip aan om drukte of complexe verkeerssituaties te vermijden (CROW-Fietsberaad, 2017; SWOV, 2013; Vedel, Jacobsen & Skov-Petersen, 2017), zie ook *Paragraaf 2.4*. Echter, tijdens het fietsen kan maar tot op een zeker niveau worden gecompenseerd door langzamer fietsen. Langzamer fietsen geeft meer tijd om overzicht over een verkeerssituatie te krijgen maar bij lage snelheden wordt een fiets minder stabiel (*Paragraaf 4.3.1*). Toch is dat wat ouderen doen als de fietstaak te complex wordt (De Groot-Mesken, Vissers & Duivenvoorden, 2015; Vlakveld et al., 2015).

#### 4.1.7 Kennishiaten

Tot nu toe hebben studies die de functiebeperkingen van ouderen in relatie tot het verkeer hebben bestudeerd zich met name gericht op de oudere automobilist. In deze paragraaf hebben we beschreven dat het aannemelijk is dat deze functiebeperkingen ook de uitvoering van de fietstaak kunnen verslechteren, waarschijnlijk vooral op operationeel niveau. Ouderen hebben vaker problemen zoals slechtziendheid en evenwichtsproblemen. Bij deze specifieke problemen is een relatie gevonden met betrokkenheid bij enkelvoudige fietsongevallen. Voor de normale achteruitgang van functies bij een stijgende leeftijd is er nog weinig inzicht in de mate waarin het fietsgedrag en bijgevolg het ongevalsrisico worden beïnvloed. Een van de redenen waarom we

nog geen harde conclusies kunnen trekken, is dat fietsers, net als andere verkeersdeelnemers, compenseren voor functiebeperkingen, bijvoorbeeld door fietsen tijdens drukte of duisternis te vermijden. Daarnaast lijken ze ten opzichte van jongere leeftijdsgroepen hun snelheid te verminderen, maar dat zou juist problemen kunnen geven bij het balanceren. In *Paragrafen 4.3* en *4.4* bespreken we in hoeverre ouderen vaker betrokken zijn bij specifieke typen ongevallen die gerelateerd zouden kunnen worden aan functiebeperkingen.

## 4.2 Gedrag (oudere) fietsers

Fietsongevallen kunnen ontstaan door - bewust of onbewust - gevaarlijk fietsgedrag. Van de volgende gedragingen is in het algemeen bekend, dat ze de verkeersveiligheid beïnvloeden (Weijermars et al., 2014): vermoeidheid, het gebruik van alcohol, drugs of geneesmiddelen, onaangepaste snelheid, afleiding, emotie en agressie, gevaarlijk volggedrag en roodlichtnegatie. Deze paragraaf bespreekt, voor zover bekend, de rol van het gedrag van (oudere) fietsers bij ongevallen.

### 4.2.1 Alcoholgebruik

Net als bij automobilisten lijkt ook bij fietsers alcoholgebruik bij te dragen aan het ontstaan van ongevallen en de ernst van de afloop (Olkkonen & Honkanen, 1990). Afgelopen decennia steeg het aandeel ernstig gewonde jonge (15-29 jaar) fietsers onder invloed bij ongevallen zonder motorvoertuig in weekendnachten tot ca. 50%. Straatmetingen tijdens uitgaansavonden in Den Haag en Groningen wezen uit dat 62% van de fietsers onder invloed was van alcohol en 42% zelfs een bloedalcoholgehalte boven de wettelijke limiet had (De Waard et al., 2016). Uit onderzoek onder fietsslachtoffers die op een SEH afdeling behandeld zijn behandeld, blijkt dat het aandeel van de slachtoffers onder invloed het hoogste is onder 18- t/m 24-jarigen (32%) en het laagste bij slachtoffers t/m 17 jaar en ouder dan 65 jaar (2% respectievelijk 4%). Rijden onder invloed lijkt dan ook minder een probleem bij oudere fietsers (Valkenberg et al., 2017).

### 4.2.2 Roodlichtnegatie

Volgens een Nederlandse observatiestudie naar roodlichtnegatie door fietsers reed ruim 20% van de 65-plussers door het rode licht (Van der Meel, 2013). Ook buitenlands observatieonderzoek naar roodlichtnegatie onder fietsers laat zien dat oudere fietsers door het rode licht rijden (Schleinitz et al., 2019; Wu, Yao & Zhang, 2012). Hoewel ouderen volgens de studie van Van der Meel (2013) over het algemeen minder vaak door het rode licht rijden dan jongere fietsers, neemt met deze overtreding het aantal mogelijke conflicten met ander verkeer toe en is het aannemelijk dat met roodlichtnegatie het risico op een ongeval toeneemt (SWOV, 2017).

### 4.2.3 Tegen richting in fietsen

Ook als fietsers tegen de richting in fietsen wordt het aantal mogelijke conflicten met ander verkeer verhoogd. Uit observatieonderzoek op het (brom-/ )fietspad komt naar voren dat het percentage spookfietsers heel klein is (0,5 – 5,2%) en dat door het overgrote deel van de gebruikers in de juiste richting wordt gereden (De Groot-Mesken, Vissers & Duivenvoorden, 2015). In dit onderzoek is geen onderscheid naar leeftijd gemaakt. In een observatieonderzoek van Rijkswaterstaat is dat wel gedaan en bleek dat jongeren iets vaker tegen de rijrichting in rijden dan 25-60-jarigen en ouderen. Ouderen rijden ongeveer net zo vaak tegen de richting in als 25-60-jarigen (Methorst & Schepers, 2015).

### 4.2.4 Snelheidskeuze

Snelheid is in het verkeer een belangrijke factor in ongevallen: hoe hoger de snelheid, hoe minder tijd een fietser heeft om te reageren op situaties die zich voor kunnen doen. In *Paragraaf 4.3.4* worden de snelheidsverschillen tussen gewone en elektrische fietsen besproken. Oudere fietsers lijken de ondersteuning door de elektrische fiets met name te gebruiken om sneller te

fietsen (Boele-Vos, Commandeur & Twisk, 2017; Schleinitz et al., 2017). Het is nog onduidelijk wat dit betekent voor het ontstaan van fietsongevallen.

#### 4.2.5 Lichtvoering

Naar schatting verlaagt het voeren van fietsverlichting de kans op een ongeval met een motorvoertuig bij duisternis met ongeveer 17%. Rijkswaterstaat laat periodiek straatmetingen verrichten naar de lichtvoering van fietsers om de ontwikkeling te monitoren. Bij de laatste meting in de winter van 2017/2018 voerde 84% van de fietsers van 50 jaar en ouder voor- en achterlicht. Dit was meer dan fietsers van middelbare leeftijd (73%) en aanzienlijk meer dan fietsers onder de 18 jaar (54%) (Scheepers, Nägele & Mak, 2019).

### 4.3 De fiets

Deze paragraaf bespreekt factoren in relatie tot de fiets die kunnen bijdragen aan het ontstaan en de afloop van ongevallen. *Paragraaf 4.3.1* beschrijft de fiets als balansvoertuig en hoe balansproblemen kunnen bijdragen aan het ontstaan van ongevallen. Aangezien ouderen vaak vallen bij op- en afstappen gaat *Paragraaf 4.3.2* in op balansproblemen bij het op- en afstappen. Balansproblemen bij links afslaan komen aan bod in *Paragraaf 4.3.3*. *Paragraaf 4.3.4* bespreekt wat bekend is over de veiligheid van elektrische fietsen vergeleken met gewone fietsen. *Paragraaf 4.3.5* beschrijft het ontbreken van bescherming en andere voertuigkenmerken in relatie tot de letselerst van ongevallen. Tot slot bespreken we kennishiaten die met bovengenoemde onderwerpen verband houden (*Paragraaf 4.3.6*).

#### 4.3.1 Fiets als balansvoertuig en ongevalsfactor

Een fiets (op twee wielen) is een balansvoertuig dat zonder actie van de berijder bij lage snelheid omvalt. Een fietser balanceert door te sturen in de richting van de val. Bij lage snelheden kost dit veel moeite en gebruiken fietsers ook buitenwaartse knie- en bovenlichaambewegingen om in balans te blijven (Moore et al., 2011; Schwab, Meijaard & Kooijman, 2012). Bij een matige tot hoge snelheid, en op een vlakke verharding, gaat dit stuurproces nagenoeg vanzelf en is de fiets 'zelf-stabiel' (Kooijman et al., 2011). Bij de meeste fietsen is dat bij ca. 15 km/uur het geval (Moore et al., 2011). De slingerbeweging of 'vetergang' vergt bij een snelheid van 18 km/uur een breedte van ca. 40 cm, wat fietsers met stuurbewegingen tot ca. 20 cm kunnen beperken (Godthelp & Wouters, 1980; Meijaard et al., 2007; Van den Ouden, 2011). In het 'natuurlijk fietsen' onderzoek is fietsgedrag in de dagelijkse praktijk geobserveerd met geïnstrumenteerde fietsen. Afgaande op de standaarddeviatie van de laterale positie varieert de vetergang tussen verschillende type fietsen en condities tussen de 25 en 50 cm (Westerhuis & De Waard, 2014). Zijwind, oneffenheden in de verharding, achterom kijken om links af te slaan en gedwongen lage snelheden verstoren de balans en vergroten de benodigde manoeuvreerruimte. Lage snelheden vergroten de vetergang het meeste, tot wel 80 cm volgens Godthelp en Wouters (1980). Voor de breedte die fietsers zelf innemen en deze vetergang is volgens de onderzoekers een ruimte van circa 1 m nodig en 1,25 m bij kruispunten vanwege de lage snelheden (Godthelp & Wouters, 1980). Voor het bepalen van de minimale breedte van fietspaden dient daarbij ook rekening gehouden te worden met naast elkaar rijden, inhalen en passeren. Bij bochten is extra manoeuvreerruimte nodig om te kunnen sturen. Als een fietser na een bocht naar rechts weer rechtdoor wil fietsen moet hij eerst extra naar rechts sturen zodat de fiets daarna naar links valt. Door dit 'tegensturen' en vanwege de verandering van het wegverloop is de vetergang in bochten twee tot drie maal zo groot (Godthelp & Wouters, 1980; Kooijman & Schwab, 2013).

Volgens een observatiestudie met geïnstrumenteerde fietsen hebben fietsers van 50 jaar en ouder geen grotere vetergang dan fietsers van 25 t/m 45 jaar (een zelfde gemiddelde standaard deviatie van de laterale positie; Westerhuis & De Waard, 2014). Onder de fietsers van 50 jaar en ouder was de gemiddelde leeftijd 67 jaar onder gebruikers van elektrische fietsen en 63 jaar onder gebruikers van gewone fietsen. Experimenteel onderzoek suggereert dat oudere fietsers

gemiddeld niet anders sturen dan jongeren maar dat de variatie tussen ouderen groter is en dat ze soms abrupter sturen (een zelfde gemiddelde maar een grotere maximale rolhoek en centripetale versnelling; Van den Ouden, 2011). In een laboratoriumexperiment moesten fietsers hun balans herstellen na een duw tegen hun achterwiel. Oudere fietsers (54 t/m 62 jaar) bleken daarbij meer kniewegingen te gebruiken dan jonge fietsers (20 t/m 30 jaar oud) (Bulsink et al., 2016).

De kenmerken van de fiets als balansvoertuig kunnen op de volgende manier bijdragen aan enkelvoudige fietsongevallen (Davidse et al., 2014b; Schepers & Klein Wolt, 2012; Twisk, Platteel & Lovegrove, 2017):

- Een val bij lage snelheid, bijvoorbeeld bij op- of afstappen, omdat de fiets daarbij instabiel is en veel inspanning van de fietser nodig is om in balans te blijven.
- Het wegglijden van met name het voorwiel of het blokkeren van het voorwiel (bijvoorbeeld doordat er een tak tussen de spaken komt) waardoor het balansmechanisme wordt verstoord en een val onvermijdelijk is.
- Het balansmechanisme kan ook worden verstoord door oneffenheden in de wegverharding (of berm), een windvlaag, etc. Als een fietser van de verharding afraakt, speelt de rand van de verharding en vlakheid van de berm een rol.

Aan deze driedeling kunnen botsingen met obstakels worden toegevoegd maar dat is niet specifiek voor de fiets en kan ook bij een drie- of vierwielig voertuig tot verlies van controle leiden. Vallen bij lage snelheid en botsingen met obstakels komen vaker voor bij ouderen dan bij jongere fietsers (Schepers & Klein Wolt, 2012; Valkenberg et al., 2017). Om die reden gaat de volgende paragraaf verder in op balansproblemen bij op- en afstappen. Ongevallen met obstakels komen aan bod in *Paragraaf 4.4.2*.

### 4.3.2 Balansproblemen bij op- en afstappen

Het op- en afstappen werd voor het eerst bestudeerd onder fietsslachtoffers die op een Spoedeisende Hulpafdeling van een ziekenhuis waren behandeld in 2008 (Ormel, Klein Wolt & Den Hertog, 2008). De elektrische fiets werd toen nog weinig gebruikt. Ouderen bleken vaker betrokken te zijn bij ongevallen bij op- en afstappen. Daarbij werd echter nog geen onderscheid gemaakt tussen opstap-ongevallen en afstap-ongevallen. Latere vergelijkbare studies kunnen wel helpen om dat onderscheid te maken. In een studie van Kruijer et al. (2013) onder fietsslachtoffers die op een Spoedeisende Hulpafdeling van een ziekenhuis waren behandeld, werd gevonden dat van alle fietsslachtoffers van 65 jaar en ouder, 13% viel bij het afstappen en 9% bij het opstappen. Slachtoffers in jongere leeftijdsgroepen zijn aanzienlijk minder vaak betrokken bij ongevallen bij op- en afstappen, bijvoorbeeld in de leeftijdsgroep van 25 t/m 49 jaar 3% respectievelijk 4%. Het grotere aandeel ongevallen bij afstappen betekent niet dat afstappen het gevaarlijkste is omdat een deel van de afstapongevallen bij een noodstop kan hebben plaatsgevonden (Dubbeldam et al., 2017b). Andere studies onder fietsslachtoffers maken geen onderscheid tussen opstappen en afstappen (zie bijvoorbeeld Valkenberg et al., 2017).

### Tactieken voor op- en afstappen

De tactieken om op- en af te stappen verschillen tussen leeftijdsgroepen en tussen mannen en vrouwen. In een veldexperiment met 13 jongere (18 t/m 40 jaar) en 33 oudere fietsers (65 t/m 90 jaar) is een categorisering van op- en afstaptactieken afgeleid (Dubbeldam et al., 2017b). Jongeren en mannen gaan vaker eerst op hun zadel zitten om daarna vanuit stilstand weg te fietsen (zie links in *Afbeelding 4.3*). Ze stappen af in omgekeerde volgorde: door sterk te remmen, tot stilstand te komen en dan van de fiets af te stappen. Oudere fietsers en vrouwen zetten vaker een voet op het pedaal om met hun andere been steppend op gang te komen en dan pas hun andere been door het frame of over het zadel te bewegen om te gaan zitten (zie rechts in *Afbeelding 4.3*). Deze groep stapt vaker af door eerst licht te remmen, een been door het frame of over het zadel te bewegen en dan pas geheel tot stilstand te komen om af te stappen. Het



komt ook vaker voor dat ze tot stilstand komen met twee voeten aan weerszijden van de fiets op de grond, waarna ze verder afstappen. De ouderen die op de laatst beschreven manier afstappen, rapporteerden vaker een enkelvoudig fietsongeval in de afgelopen 2 jaar.

Met traagheidsensoren werden in hetzelfde experiment bewegingen geregistreerd (Dubbeldam et al., 2017b). De kinematische gegevens suggereren dat ouderen en vrouwen vaker schokkerig sturen tijdens op- en afstappen (hogere maximale stuurhoek en stuurhoekversnelling). Het versnellen tijdens het opstapproces gaat trager bij ouderen met een enkelvoudig fietsongeval (ouderen die aangaven dat ze afgelopen 2 jaar ernstig letsel opliepen door de val werden overigens uitgesloten van deelname aan de studie). Tijdens het opstappen wordt er meer gestuurd en is de benodigde ruimte om te manoeuvreren groter dan tijdens het afstappen, wat volgens Dubbeldam et al. (2017b) suggereert dat het risico om te vallen bij opstappen groter is dan bij afstappen. Ouderen doen er gemiddeld een seconde langer over dan jongeren om af te stappen.

Keuzes voor op- en afstaptactieken kunnen mogelijk worden verklaard door de fysieke capaciteiten om vanuit stilstand te versnellen en om op of van het zadel af te stappen. Daarbij spelen de hoogtes van pedalen en het zadel, in verhouding tot lichaamslengte, flexibiliteit en kracht een rol. Het lijkt voor vrouwen moeilijker om beide benen op de grond te zetten terwijl ze op hun zadel zitten wat van invloed kan zijn op hun op- en afstaptactiek. Het kan ook een reden zijn waarom mannen vaker hun voeten aan de grond houden als ze tussentijds stoppen terwijl vrouwen in dat geval vaker afstappen en dan weer opstappen (Dubbeldam et al., 2017b). Het is ook mogelijk dat verschillende generaties op een verschillende manier hebben leren fietsen.

Afbeelding 4.3  
Voorbeelden van  
veelgebruikte  
opstaptactieken.

Eerst op het zadel en dan wegrijden



Stappend wegrijden



## De elektrische fiets in relatie tot op- en afstappen

De elektrische fiets heeft als mogelijk nadeel dat fietsers sneller vallen bij het op- en afstappen door het grote gewicht. Een mogelijk voordeel is dat fietsers door de trapondersteuning eerder een snelheid kunnen bereiken waarbij de fiets stabiel is. Gebruikers van elektrische fietsen vallen vaker bij het op- en afstappen dan gebruikers van andere fietsen, maar dat verschil valt weg als voor leeftijd en geslacht wordt gecorrigeerd. Deze uitkomsten werden gevonden in onderzoek onder fietsslachtoffers die op een Spoedeisende Hulpafdeling zijn behandeld (Kruijer et al., 2013; Valkenberg et al., 2017). Twisk, Platteel en Lovegrove (2017) hebben een experiment uitgevoerd met 28 fietsers van middelbare leeftijd (30 t/m 45 jaar) en 29 oudere fietsers (65 t/m 79 jaar) om meer inzicht te krijgen in problemen bij het opstappen in relatie tot het type fiets. Ze keken naar de eerste 'opstapfase' totdat fietsers zitten en met constante snelheid trappen bij ca. 6 km/uur (opstappen in deze fase werd ook bestudeerd in de eerderbeschreven studie van Dubbeldam et al., 2017b) en de tweede fase totdat fietsers een snelheid bereiken van ca. 12 km/uur waarbij de fiets grotendeels zelf-stabiel is. Ze lieten proefpersonen opstappen op een

gewone stadsfiets van 16 kg en een elektrische fiets van 27 kg. Om de relatie met spierkracht te onderzoeken werd vooraf de handknijpkracht van de deelnemers gemeten. Vanwege de grote rol van snelheid in de stabiliteit, keken ze hoe lang de uitvoering van beide fasen duurde. Uit het experiment kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Op een elektrische fiets duurt het langer om vanuit stilstand een snelheid van 6 km/uur te bereiken (fase 1) maar korter om daarna tot 12 km/uur te versnellen (fase 2).
- Het uitvoeren van beide fasen kost ouderen en vrouwen meer tijd. Meer spierkracht gaat samen met een snellere uitvoering van de eerste fase.
- Vooral oudere vrouwen komen steppend op gang waarna ze hun andere voet door het frame bewegen om daarna met beide benen te gaan trappen.

Voor het experiment was een elektrische fiets met trapkrachtsensoren geselecteerd die goed uit consumententesten was gekomen, maar blijkbaar hielp deze niet om sneller op gang te komen (Twisk, Platteel & Lovegrove, 2017).

### 4.3.3 Balansproblemen bij links afslaan

Naarmate fietsers ouder worden, hebben ze meer moeite om over hun schouder te kijken voordat ze links afslaan. Ze stappen vaker af, in plaats van rijdend links over hun schouder te kijken om voor te sorteren en links af te slaan (Bernhoft & Carstensen, 2008; Hagemeister & Tegen-Klebingat, 2011). Afstappen en daarna weer opstappen kan de kans op enkelvoudige fietsongevallen vergroten omdat ouderen vaker vallen bij het op- en afstappen.

Over je schouder kijken, richting aangeven met de linker hand en daarna rechtdoor fietsen, was een van de drie taken in een experiment van Kováčsová et al. (2016) met 31 oudere fietsers (65 jaar en ouder) en 30 fietsers van middelbare leeftijd (30 t/m 45 jaar). De twee andere taken betroffen met lage snelheid van 7 km/uur fietsen en vanuit stilstand versnellen tot 16 km/uur. Daarbij werden de gemiddelde stuurhoek en rolhoek (hoek van het frame ten opzichte van recht) gemeten. Afgaande op deze waarden is het stuurgedrag van oudere fietsers minder stabiel dan bij de groep van middelbare leeftijd tijdens fietsen met een lage snelheid en links afslaan. De gemiddelde stuurhoek is bij beide groepen het grootste bij het optrekken vanuit stilstand, maar vooral bij ouderen is deze groter bij de verrichtingen die bij het links afslaan horen dan bij fietsen met een lage snelheid. De gemiddelde rolhoek is bij ouderen tijdens het over de schouder kijken en de hand uitsteken zelfs net zo groot als bij optrekken vanuit stilstand. De uitkomsten ondersteunen de hypothese van Godthelp en Wouters (1980) dat links afslaan een verstoring is waarvoor extra manoeuvreer ruimte nodig is, met name voor ouderen.

### 4.3.4 De elektrische fiets

De elektrische fiets heeft het fietsgebruik onder ouderen bevorderd, zie *Paragraaf 2.3*. Onderzoek naar de rol die de elektrische fiets zou kunnen spelen bij ongevallen met op- en afstappen is beschreven in *Paragraaf 4.3.2*. Deze paragraaf beschrijft andere studies waarin de veiligheid van elektrische fietsen is vergeleken met gewone fietsen.

Vlakveld et al. (2015) vergeleken het snelheidsgedrag en de taakbelasting in een veldexperiment met 29 fietsers van 30 t/m 45 jaar en 29 fietsers van 65 t/m 79 jaar (taakbelasting werd bij 21 van de 29 deelnemers gemeten). Ze fietsten een parcours van 3,5 km op een gewone fiets en een elektrische fiets. Voor een vergelijking tussen eenvoudige en complexe situaties werd gekeken naar een recht stuk fietspad en links afslaan op een kruispunt. Dat links afslaan complexer was bleek uit de hogere gemeten taakbelasting bij het uitvoeren van die taak. De taakbelasting verschilde niet tussen gewone en elektrische fietsen. Beide leeftijdsgroepen reden bij beide taken sneller op de elektrische fiets dan op de gewone fiets, maar de snelheidstoename was groter tijdens het rijden op een recht stuk fietspad (3,6 km/uur sneller) dan tijdens links afslaan (1,7 km/uur sneller). Hoewel de snelheidstoename bij links afslaan kleiner was dan tijdens het rijden op een recht stuk fietspad, zou dit het risico kunnen verhogen (Vlakveld et al., 2015). Vergelijkbare verschillen in gemiddelde snelheden van 1 t/m 4 km/uur tussen gewone en

elektrische fietsen zijn ook gevonden in andere studies (CROW-Fietsberaad, 2013; CROW-Fietsberaad, 2018; Schleinitz et al., 2017).

In de meeste Europese studies waarin naar letselernt is gekeken, is gevonden dat ongevallen met elektrische fietsen gemiddeld even ernstig aflopen als ongevallen op andere fietsen (Fyhri, Johansson & Bjørnskau, 2019; Schepers et al., 2014; Valkenberg et al., 2017; Weber, Scaramuzza & Schmitt, 2014; Weiss et al., 2018). Een uitzondering is een studie van Poos et al. (2017) onder fietsslachtoffers die van juli 2014 t/m mei 2016 werden behandeld op de Spoedeisende Hulpafdeling (SEH) van het Universitair Medisch Centrum Groningen. Op basis van leeftijd, geslacht en aanwezigheid van comorbiditeit werd een groep van 92 slachtoffers op een elektrische fiets gematcht met 92 slachtoffers op een gewone fiets (volgens de 'propensity score matching' methode). Slachtoffers op de elektrische fiets liepen ernstiger letsel op, bijvoorbeeld vaker ernstig hoofdletsel.

In een beperkter aantal studies is gekeken naar het aantal ongevallen per afgelegde afstand. Het gaat om vragenlijststudies waarbij slachtoffers worden vergeleken met fietsers die in een zelfde onderzoeksperiode geen ongeval hebben gehad. Schepers et al. (2014) vergeleek slachtoffers die na een fietsongeval op een SEH afdeling van een ziekenhuis waren behandeld met een controle-groep zonder ongeval en controleerde voor de frequentie van het fietsgebruik. Volgens deze studie hebben gebruikers van elektrische fietsen een grotere kans om na een ongeval op een SEH afdeling behandeld te worden. Valkenberg et al. (2017) pasten dezelfde onderzoeksopzet toe en controleerden ook voor de afgelegde afstand. In deze studie werd geen verschil gevonden tussen gebruikers van elektrische fietsen en gewone fietsen. Het onderzoek is herhaald met dezelfde data en met een uitsplitsing naar leeftijd en geslacht. Opnieuw werd geen verschil gevonden met uitzondering van één groep. Vrouwen van 60 jaar en ouder hebben per afgelegde afstand vaker ongevallen waarna behandeling op een SEH-afdeling nodig is op een elektrische fiets dan op een gewone fiets. Volgens deze studie is dit ook de enige groep die op een elektrische fiets vaker ernstig letsel oploopt na een ongeval (Schepers et al., 2020). Fyhri, Johansson en Bjørnskau (2019) voerden een groot vragenlijstsonderzoek uit in Noorwegen onder 7752 fietsers. Volgens deze studie hebben vrouwen een hoger risico op een ongeval op een elektrische fiets maar is er bij mannen geen verschil met fietsers op een gewone fiets. In Nederland heeft CROW-Fietsberaad (2013) gegevens over slachtoffers die na een fietsongeval op een SEH afdeling van een ziekenhuis waren behandeld, gecombineerd met een geschatte afgelegde afstand op basis van de boordcomputers van ruim 150.000 gebruikers van elektrische fietsen. Volgens die studie zouden alleen oudere vrouwen op een elektrische fiets een hoger ongevalsrisico hebben dan op een gewone fiets.

#### 4.3.5 Bescherming en letselernt

Afgezien van eventuele persoonlijke beschermingsmiddelen zoals een fietshelm (SWOV, 2019b) zijn fietsers bij een ongeval onbeschermd. Vooral bij dodelijke en ernstige fietsongevallen met motorvoertuigen lopen fietsers vaak traumatisch hersenletsel op, zie *Paragraaf 3.4*. Bij een fietsongeval met een motorvoertuig wordt de kans op ernstig letsel vergroot door het massa- en snelheidsverschil (SWOV, 2019a). Uit dieptestudies die zijn verwerkt in de Duitse GIDAS-database blijkt dat bij botsnelheden van 30 km/uur of hoger de kans op een dodelijke afloop bij voetgangers sterk toeneemt (Rosen, Stigson & Sander, 2011). De dynamica bij een botsing verschilt tussen fietsers en voetgangers. Fietsers raken bij een aanrijding, gezien vanaf de voorkant van een auto, verder naar achteren de motorkap of voorruit, in vergelijking met een voetganger (Maki et al., 2003). Uit dieptestudies in Japan en China blijkt dat de kans om te overlijden bij een ongeval met een motorvoertuig, gegeven een bepaalde impactsnelheid, grotendeels vergelijkbaar is tussen fietsers en voetgangers (Maki et al., 2003; Nie, Li & Yang, 2015). Nie, Li en Yang (2015) hebben op basis van een selectie van dieptestudies van fietsongevallen ook simulaties uitgevoerd. Ze concluderen voor zowel fietsers als voetgangers, net als Rosen, Stigson and Sander (2011) voor alleen voetgangers, dat het risico om te overlijden bij een impactsnelheid van 50 km/uur ongeveer vijf keer zo hoog is als bij 30 km/uur. Echter, de impactsnelheid bij een aanrijding

waarbij de helft van de voetgangers overlijdt, ligt met ca. 65 km/uur iets lager dan de impactsnelheid waarbij de helft van de fietsers overlijdt, namelijk 68 km/uur. Peng et al. (2012) maakten gebruik van dieptestudies die zijn verwerkt in de Duitse GIDAS-database en voerden aanvullend simulaties uit op fiets- en voetgangersongevallen met motorvoertuigen die op zoveel mogelijk kenmerken met elkaar overeen kwamen, bijvoorbeeld de lengte van het slachtoffer. Ze concluderen dat het risico om te overlijden of ernstig gewond te raken door een aanrijding met een motorvoertuig bij fietsers iets minder snel stijgt dan bij voetgangers naarmate de impactsnelheid toeneemt. De impactsnelheid bij een aanrijding waarbij de helft van de slachtoffers ernstig hoofdletsel oploopt (3 of meer op de Abbreviated Injury Scale) is 54 km/uur bij voetgangers en 59 km/uur bij fietsers. Kim et al. (2007) onderzochten de letselernt van fietsongevallen met motorvoertuigen in de Verenigde Staten. Ze maakten gebruik van de impactsnelheid die door de politie was ingeschat en geregistreerd en kwamen tot vergelijkbare conclusies als bovenbeschreven studies. In een Tweede studie is de relatie tussen de snelheid van motorvoertuigen en letselernt onderzocht door op ongevalslocaties snelheidsmetingen uit te voeren. Op locaties waar hogere snelheden werden gemeten vonden meer ernstige en dodelijke fietsongevallen met motorvoertuigen plaats (Kröyer, 2015). In een aantal studies naar letselernt is gevonden dat ouderen kwetsbaarder zijn dan jongeren in de zin dat ze bij ongevallen eerder ernstig of dodelijk letsel oplopen (Kim et al., 2007; Kröyer, 2015; Oxley et al., 2004).

De fiets zelf kan bijdragen aan letsels doordat onderdelen van de fiets bij een botsing in het lichaam van de fietser worden gedrukt. In de literatuur wordt het ontwerp van het fietsstuur beschreven als factor die een rol speelt in de ernst van de afloop, maar het meeste onderzoek heeft betrekking op kinderen (Cherniawsky et al., 2014; Erez et al., 2001). Delen van het fietsstuur kunnen bij een botsing in het lichaam van het slachtoffer worden gedrukt en zo ernstig letsel veroorzaken, bijvoorbeeld buikletsel.

Om te onderzoeken in hoeverre het ontwerp van een fiets bijdraagt aan de manier waarop een fietser valt, heeft het Zweedse VTI proeven uitgevoerd met gewone fiets, elektrische fiets en een ligfiets (Niska & Wenäll, 2019). De hoofdimpact is met name groot als het voorwiel blokkeert en een fietser over de kop slaat. De auteurs merken op dat de uitkomsten sterk afhankelijk zijn van kleine aanpassingen in de opzet van het experiment en dat grootschaligere experimenten nodig zijn om conclusies te kunnen trekken. Het blijkt in ieder geval niet dat de hoofdimpact sterk verschilt tussen de geteste typen fietsen. Het vermoeden was dat de hoofdimpact lager zou zijn bij de ligfiets, maar als het voorwiel blokkeert maakt het hoofd een nog grotere zwaaibeweging voor het contact met de verharding.

Voor het autoverkeer is fysieke vergevingsgezindheid van de infrastructuur minder belangrijk bij lage snelheden omdat het voertuig de inzittenden beschermt. Bij fietsers is dat nauwelijks het geval en kan een val ook bij lage snelheid tot ernstig letsel leiden (Aarts & Dijkstra, 2018).

#### 4.3.6 Kennishiaten

Aspecten in relatie tot balans die in zie *Paragraaf 4.3.1* zijn besproken, zijn van belang voor de inrichting van infrastructuur en eventuele aanpassingen aan de fiets. Aspecten in relatie tot infrastructuur komen verder aan bod in *Paragraaf 4.4* en aanpassingen aan de fiets in *Paragraaf 5.2*.

Ouderen vallen vaak van hun fiets bij het op- en afstappen, zie *Paragraaf 4.3.2*. Uit experimentele studies met enkele tientallen proefpersonen is gebleken dat ouderen, vooral oudere vrouwen, daarbij andere tactieken gebruiken dan jongeren. Het is nog onbekend in welke mate deze tactieken in de hele populatie van fietsers en bij fietsongevallen worden toegepast. Daarnaast is het de vraag in hoeverre ongevallen ontstaan door die tactieken of door andere factoren. Bijvoorbeeld, in een dieptestudie van SWOV werden 5 ongevallen tijdens op- en afstappen in meer detail bestudeerd (Davidse et al., 2014b) en bleek dat een te hoog afgesteld zadel en hellend wegoppervlak bijdroegen aan een val bij het afstappen. Ook is nog onzeker of vooral het

opstappen of het afstappen het meest risicovol is. Om het begrip van deze ongevallen te vergroten is het nodig om in de toekomst in ongevallenstudies in meer detail naar dit soort factoren te kijken en daarbij onder meer de relatie met op- en afstaptactieken te bestuderen. Ook zou met terugwerkende kracht gekeken kunnen worden naar ongevalsbeschrijvingen van slachtoffers in eerdere studies. Dit geeft een betere basis voor het ontwikkelen van veiligere fietsen.

*Paragraaf 4.3.4* richt zich op de elektrische fiets. De meeste studies suggereren dat ongevallen op elektrische fietsen ongeveer even ernstig aflopen als ongevallen met gewone fietsen, wat in de lijn der verwachting ligt omdat het verschil in rijnsnelheid met 1 tot 4 km/uur beperkt is. Het aantal studies naar risicoverschillen is beperkt en de uitkomsten verschillen. Het is de vraag of dit een belangrijk kennishiaat is omdat de elektrische fiets nog steeds in ontwikkeling is. De afgelopen jaren lijkt bijvoorbeeld het gewicht van nieuwe elektrische fietsen te zijn afgenomen en worden vaker middenmotoren in plaats van voorwielmotoren toegepast, wat de gewichtsverdeling van de fiets ten goede komt (CROW-Fietsberaad, 2013; Elektrische fietser, 2020; Stella, 2018; Tweewieler, 2014). Los van de vraag hoe de veiligheid van elektrische fietsen zich in de huidige situatie laat vergelijken met een klassieke stadfiets, kan in toekomstig onderzoek gezocht worden naar mogelijkheden om de veiligheid van elektrische fietsen te vergroten. *Paragraaf 5.2* gaat daar verder op in. Daarbij gaat *Paragraaf 5.2.3* in op de vraag hoe de in *Paragraaf 4.3.3* beschreven problemen met links afslaan bestreden kunnen worden.

Uit *Paragraaf 4.3.5* over bescherming en letselernt blijkt dat er al veel onderzoek is naar letselernt van fietsongevallen met motorvoertuigen in relatie tot snelheids- en massaverschillen. Er is nog relatief weinig onderzoek gedaan naar de (bio)mechanica bij een val van de fiets. Valproeven met een dummy op het zadel in Zweden suggereren dat vooralsnog grootschalig en kostbaar onderzoek nodig zou zijn om het inzicht op dit terrein te vergroten.

## 4.4 Infrastructuur

### 4.4.1 Fietsongevallen met motorvoertuigen

In het vorige hoofdstuk hebben we geconstateerd dat het merendeel van de (geregistreerde) verkeersdoden onder fietsers valt bij ongevallen met motorvoertuigen. Daarbij moet wel opgemerkt worden dat het aandeel slachtoffers bij ongevallen met motorvoertuigen voor ouderen lager is dan voor jongeren. Ook moet opgemerkt worden dat het meeste (recentere) onderzoek dat beschikbaar is over infrastructurele factoren die een rol spelen bij fietsongevallen met motorvoertuigen niet specifiek gericht is op oudere fietsers, maar op fietsers in het algemeen. Deze literatuur wordt eerst besproken, en vervolgens wordt (oudere) literatuur besproken die zich specifiek richt op oudere fietsers.

Ongevallen tussen fietsers en motorvoertuigen vinden logischerwijs plaats op locaties waar zij elkaar ontmoeten: op kruispunten, bij oversteekvoorzieningen en op wegvakken van wegen zonder vrijliggende fietsvoorziening. *Tabel 4.2* laat zien dat de ongevalslocatie duidelijk verschilt per type tegenpartij. De informatie in deze tabel is afkomstig van een enquête onder slachtoffers van fietsongevallen (Reurings et al., 2012). Dit betreft alle gradaties van letselernt. Aanrijdingen tussen een fiets en motorvoertuig vinden in een derde van de gevallen plaats op een voorrangskruispunt, terwijl aanrijdingen tussen twee fietsers daar nauwelijks voorkomen. Driekwart van deze ongevallen vindt plaats op een recht doorgaand weggedeelte.

Tabel 4.2. Aandeel fietsongevallen per tegenpartij naar plaats van de weg. Bron: Reurings et al. (2012)

Plaats op de weg	Motorvoertuig (117)*	Fiets (143)	Brom-/snorfiets (23)	Totaal (282)
Een rechtdoorgaand weggedeelte	29%	74%	72%	56%
Een bocht	9%	16%	16%	13%
Een kruispunt met verkeerslichten	9%	2%	0%	5%
Een voorrangskruispunt	30%	1%	6%	13%
Een gelijkwaardig kruispunt	17%	5%	0%	9%
Een rotonde met fietsers in de voorrang	3%	0%	6%	2%
Een rotonde met fietsers uit de voorrang	2%	1%	0%	1%
Totaal	100%	100%	100%	100%

\* Tussen haakjes staat het aantal respondenten per botspartner dat deze vraag beantwoord heeft.

Ook de analyses in *Hoofdstuk 3* lieten zien dat de ongevalslocatie verschilt tussen ongevallen met en ongevallen zonder motorvoertuigen. Van alle verkeersdoden onder fietsers bij ongevallen met motorvoertuigen in de periode 2013-2018, viel 63% op een kruispunt en 37% op een wegvak. Bij ongevallen zonder motorvoertuig was dit respectievelijk 22% en 78%.

Het feit dat aanrijdingen tussen een fiets en motorvoertuig relatief vaak op kruispunten plaatsvinden zou erop kunnen duiden dat fietsers niet altijd voorrang krijgen van motorvoertuigen. Dit komt overeen met een andere bevinding uit de enquête die wordt aangehaald door Reurings et al. (2012), namelijk dat de respondenten vaak aangaven dat het ongeval te wijten was aan onoplettendheid van de tegenpartij. Het kan natuurlijk ook zijn dat de fietsers voorrang genomen hebben terwijl ze feitelijk geen voorrang hadden.

Berends en Stipdonk (2009) vonden dat in Zones 30 automobilisten bij ongevallen op gelijkwaardige kruispunten zich beter aan de voorrangsregels hadden gehouden dan op voorrangskruispunten; fietsers bij ongevallen op alle typen kruispunten hadden zich even goed of even slecht aan de voorrangsregels gehouden.

Uit BRON (zie ook Methorst et al., 2010) kan afgeleid worden dat bij een botsing tussen een fietser en een motorvoertuig de fietser over het algemeen in de flank wordt geraakt door de voorkant van de auto. Daarbij wordt de linkerkant van de fietser vaker geraakt dan de rechterkant, waaruit afgeleid kan worden dat van rechts komende fietsers vaker in de ongevallenstatistieken voorkomen dan fietsers die van links komen. Deze conclusie werd al eerder getrokken door Van Kampen en Schoon (2002), maar dan voor ziekenhuisgewonden, volgens de oude definitie. Ook uit studies van Räsänen en Summala (1998) en Schepers Schepers et al. (2011) komt dit naar voren.

Door Schepers en Voorham (2010) wordt op basis van BRON het vermoeden geuit dat 65% van de fietsongevallen waarbij een aanrijding met een motorvoertuig heeft plaatsgevonden zogeheten oversteekongevallen zijn. Bij een oversteekongeval met fietser is de aard van het ongeval een zogeheten 'flankongeval'. De eerste conclusie die Schepers en Voorham (2010)

trekken is dat minder dan de helft van de voorrangsongevallen met fietsers op voorrangskruispunten van gebiedsontsluitingswegen, ongevallen zijn met een fietser die dwars een verkeersader oversteekt (de zogeheten dwarsongevallen). Dit was anders dan werd verwacht, namelijk dat voorrangsongevallen met fietsers juist dergelijke ongevallen zouden zijn. Gebleken is dat bij meer dan de helft van de ongevallen de fietser juist langs een verkeersader fietst en een zijweg (erftoegangsweg) van deze verkeersader oversteekt (de zogeheten langsongevallen). Bij deze botsingen komt het motorvoertuig uit de zijweg.

Er zijn een paar (oudere) studies die specifiek naar oudere fietsers hebben gekeken of verschillende leeftijdsgroepen met elkaar hebben vergeleken. Goldenbeld (1992) bestudeerde processen-verbaal van ongevallen met oudere fietsers. Bij het merendeel van deze ongevallen sloeg de oudere fietser links af op een kruispunt of stak de oudere fietser een kruispunt over. Oudere fietsers waren relatief vaker slachtoffer van ongevallen op door borden geregelde (T-)kruispunten dan jongere fietsers. Daarnaast worden oudere fietsers relatief vaak aangereden door achteropkomend snelverkeer. In een eerdere studie van Wouters, Welleman en Van Kampen (1987) werden dezelfde ongevalstypen aangetroffen. Onder fietsers van 75 jaar en ouder bleek 29% links af te slaan terwijl slechts 3% rechts af sloeg. Onder fietsers van 25 t/m 44 jaar waren deze percentages 12% respectievelijk 3%. In een Finse studie bepaalden Leden en Johansson (2010) het aandeel van de dodelijke fietsongevallen waarbij een fietser links af sloeg. Bij fietsers van 65 jaar en ouder was dat 22%. Onder fietsers t/m 17 jaar en van 17 t/m 64 jaar was dat 14% respectievelijk 8%.

Mesken en Davidse (2001) bestudeerden gedetailleerde ongevallencijfers van onder andere fietsongevallen. Daaruit blijkt dat destijds (jaren '90) ongevallen met oudere fietsers in vergelijking met de andere leeftijdsgroepen relatief vaak het gevolg zijn van geen voorrang of doorgang verlenen; zie *Tabel 4.3*. Kijken we naar cijfers uit 2008 (waarin de toedracht voor het laatst goed werd geregistreerd) dan blijkt dit niet meer te gelden voor de oudere fietsers. Het betreft hier ongevallen waarbij een fiets botste met een andere verkeersdeelnemer (*Tabel 4.4*). Of infrastructuur hier een expliciete rol speelde is met dit soort ongevallencijfers niet te zeggen.

*Tabel 4.3. Hoofdtoedracht bij ongevallen met fietsers in de provincie Drenthe naar leeftijd, periode 1994-1998 (Bron: Mesken & Davidse, 2001).*

Hoofdtoedracht		Leeftijdscategorie								
		0-17	18-24	25-29	30-39	40-49	50-59	60-64	65-74	75+
Gedragsfout	n	108	30	16	25	32	26	17	31	18
	%	25,2	25,0	29,6	23,6	28,3	23,6	29,8	23,5	15,9
Voorrang/doorgang	n	279	67	34	74	67	71	38	86	87
	%	65,0	55,8	63,0	69,8	59,3	64,6	66,7	65,2	77,0
Tekens/licht negeren	n	19	9	1	2	2	3	0	2	6
	%	4,4	7,5	1,9	1,9	1,8	2,7	0,0	1,5	5,3
Alcohol/medicijnen	n	0	1	0	0	0	1	0	1	0
	%	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,8	0,0
Slaap/ziekte	n	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	%	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0
Externe oorzaken	n	21	8	2	5	9	7	1	9	2
	%	4,9	6,7	3,7	4,7	8,0	6,4	1,8	6,8	1,8
Geen toedracht	n	0	3	0	0	2	1	0	0	0
	%	0,0	2,5	0,0	0,0	1,8	0,9	0,0	0,0	0,0

Tabel 4.4. Hoofdtoedracht bij ongevallen met fietsers naar leeftijd, 2008. (Bron: BRON)

Toedracht	0 - 11	12 - 17	18 - 24	25 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 74	75+	Onbekend	Totalen
gedragsfout	31	98	53	24	57	82	109	123	77	1	655
voorrang/doorgang	65	248	120	54	118	166	202	290	178	1	1442
teken/licht negeren	7	28	15	7	11	13	11	14	9	0	115
alcohol/medicijnen											
slaap/ziekte	0	0	0	0	3	3	2	3	1	0	12
externe oorzaken	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
onbekend	8	25	22	14	21	31	45	52	36	0	254
<b>Totalen</b>	<b>111</b>	<b>399</b>	<b>211</b>	<b>99</b>	<b>210</b>	<b>295</b>	<b>370</b>	<b>482</b>	<b>301</b>	<b>2</b>	<b>2480</b>

Toedracht	0 - 11	12 - 17	18 - 24	25 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 74	75+	Onbekend	Totalen
gedragsfout	27,9	24,6	25,1	24,2	27,1	27,8	29,5	25,5	25,6	50,0	26,4
voorrang/doorgang	58,6	62,2	56,9	54,5	56,2	56,3	54,6	60,2	59,1	50,0	58,1
teken/licht negeren	6,3	7,0	7,1	7,1	5,2	4,4	3,0	2,9	3,0	0,0	4,6
alcohol/medicijnen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
slaap/ziekte	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,0	0,5	0,6	0,3	0,0	0,5
externe oorzaken	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1
onbekend	7,2	6,3	10,4	14,1	10,0	10,5	12,2	10,8	12,0	0,0	10,2
<b>Totalen</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Het enige type fietsongeval met motorvoertuigen dat vaker voor komt bij oudere dan bij jongere fietsers betreft een ongeval bij links afslaan. Zoals ook aan het begin van deze paragraaf is opgemerkt, zijn de meeste (recentere) studies niet specifiek gericht op oudere fietsers.

#### Kennishiaten betreffen:

- > inzicht in typen fietsongevallen met motorvoertuigen die relatief vaak optreden bij oudere fietsers,
- > infrastructurele elementen die expliciet een rol spelen bij ongevallen met oudere fietsers.

#### 4.4.2 Fietsongevallen zonder motorvoertuigen

Ongeveer 80% van de ernstig verkeersgewonde fietsers en naar schatting bijna de helft van de fietsdoden valt bij ongevallen zonder motorvoertuig. Bovendien zijn oudere fietsers relatief vaak betrokken bij deze ongevallen. Deze paragraaf bespreekt welke infrastructurele factoren een rol spelen bij deze ongevallen.

De paragraaf begint met de resultaten van onderzoek waarin fietsongevallen zonder motorvoertuigen ingedeeld zijn in categorieën en onderzoek naar achterliggende oorzaken voor de verschillende categorieën. Daarbij is onder meer de laterale positie van fietsers (in de dwarsrichting) als ongevalsfactor naar voren gekomen. Daarom worden vervolgens de resultaten beschreven van onderzoek naar de laterale positie van fietsers. Daarna wordt onderzoek beschreven naar de rol van zichtbaarheid van het wegverloop en obstakels bij fietsongevallen zonder motorvoertuigen.

#### Ongevalsecategorïen

Van alle fietsslachtoffers die op de Spoedeisende Hulpafdeling van een ziekenhuis zijn behandeld na een ongeval zonder motorvoertuig, is circa 89% slachtoffer van een enkelvoudig fietsongeval. Een kleiner aandeel van circa 11% is slachtoffer van een botsing met een andere fietser of voetganger (Van der Does et al., 2019).

Schepers en Klein Wolt (2012) hebben enkelvoudige fietsongevallen geclassificeerd op basis van *ongevalsmechanismen* volgens de ongevalsbeschrijvingen van fietsslachtoffers die op de Spoedeisende Hulpafdeling van een ziekenhuis waren behandeld. Met *mechanisme* doelen we op de manier waarop het ongeval ontstond en niet op de *achterliggende oorzaken* (zie volgende paragraaf). Ongeveer de helft van de enkelvoudige fietsongevallen was gerelateerd aan infrastructuur. Deze 350 ongevallen betroffen (aandeel in de 350 ongevallen inclusief overlap tussen de categorieën):

1. ongevallen met een obstakel (wegmeubilair) botsen (22%);
2. van de weg afrijden of tegen een trottoirband botsen (41%);



3. slippen door glad wegdek (34%);
4. uit balans raken en vallen door kuilen of hobbels in het wegdek (13%).

Bij de eerste twee typen is sprake van een koersfout terwijl de laatste twee gebeuren onder directe invloed van de toestand van de verharding. Recent is in een Finse studie dezelfde categorisering toegepast en werd gevonden dat 63% van de enkelvoudige fietsongevallen aan infrastructuur was gerelateerd (Utriainen, 2020). Een hoger percentage dan in Nederland is te verklaren doordat in Finland meer fietsers uitglijden door wintergladheid.

### Achterliggende oorzaken

Davidse et al. (2014b) hebben 41 fietsongevallen zonder motorvoertuig bestudeerd om *achterliggende oorzaken* te bepalen. Daarnaast werden 35 ongevallen in Zeeland onderzocht (Davidse et al., 2014c). Het ging om ongevallen met fietsers van 50 jaar of ouder. In de studie werden de volgende subtypen onderscheiden waarvan het *ongevalsmechanisme* volgens de bovenbeschreven classificatie van Schepers en Klein Wolt (2012) infrastructuur-gerelateerd is:

- Fietser raakt uit koers en botst tegen trottoirband of belandt in berm
- Fietser wordt verrast door wegmeubilair op de rijbaan
- Afgeleide fietser raakt uit koers en botst met tegenligger of valt in berm

De achterliggende oorzaken van deze ongevallen zijn volgens Davidse et al. (2014b):

- Mensgerelateerd: afleiding, onder invloed van alcohol, positie voertuig (te dicht bij de kant of de as van de weg), medische conditie (reactievermogen of gezichtsvermogen).
- Infrastructuur: discontinuïteit wegverloop en opeenvolging van elementen in het langspanprofiel, fietsvoorziening te smal en/of te weinig ruimte naast paaltje, kwaliteit berm (aansluiting verharding, draagkracht berm, obstakels zoals taluds in berm), straatverlichting ontbreekt of was niet ingeschakeld, plaatsing van en onvoldoende opvallendheid van obstakels (paaltje of geleider voor wegversmalling).

Een ongevalsfactor op het snijvlak van mens en infrastructuur is de laterale positie (ten opzichte van de rand van het fietspad). Onder invloed van bovengenoemde factoren kan een fietser te dicht bij de rand rijden en daardoor in de berm raken. Uit het onderzoek van Davidse et al. (2014b) blijkt overigens ook dat een andere weggebruiker regelmatig een rol speelde bij een enkelvoudig fietsongeval, bijvoorbeeld bij het op- en afstappen, of als fietsers elkaars gedrag niet goed inschatten bij het inhalen.

De bovenbeschreven subtypen uit Davidse et al. (2014b); Davidse et al. (2014c) zijn vrijwel rechtstreeks te relateren aan ongevalsmechanismen zoals beschreven in de vorige paragraaf. Bij sommige ongevallen binnen andere subtypen speelde infrastructuur ook mee als achterliggende oorzaak, bijvoorbeeld:

- Fietser raakt uit balans bij het afstappen: het slachtoffer stapt af op een hellend of anderszins ongelijk wegdek.
- Fietser heeft geen oog voor de complexiteit van de verkeerssituatie: een fietser belandt in een verkeerssituatie die afwijkt van de norm, bijvoorbeeld wegwerkzaamheden waar de te volgen route niet duidelijk is of lastige manoeuvres gemaakt moeten worden zoals scherpe bochten.
- Botsing in zichtbeperkende omstandigheden: een fietser rijdt dicht bij de as van de weg terwijl zijn zicht belemmerd wordt door het verloop van de weg en/of de aanwezigheid van een tunnel, heg of geparkeerd voertuig waarna hij met een tegenligger botst.
- Valpartij in een groep wielrenners: een fietser die voorop rijdt valt over een oneffenheid waardoor achterliggers ook ten val komen.
- Afslaande fietser komt in botsing met achteropkomend verkeer: een fietser haalt een fietser in die links af slaat, bijvoorbeeld op een kruispunt waar de weginrichting de indruk wekt dat de voorrangsweg naar links afbuigt.

Naast de al eerder genoemde achterliggende oorzaken op infrastructuurgebied werden bij deze ongevallen ook gevonden: een niet-conform de normen vormgeven situatie, wegwerkzaamheden, kruispuntinrichting en kenmerken van het verticaal en horizontaal alignement. Bij het verticaal alignement ging het bijvoorbeeld om een helling die problemen gaf bij afstappen terwijl het horizontaal alignement door bijvoorbeeld bochten aan zichtbeperkingen kan bijdragen. Bij bovenbeschreven subtypen speelden naast infrastructuur- en mensfactoren ook voertuigfactoren een rol, bijvoorbeeld een te hoog afgesteld zadel of defecte remmen.

### **Onvoldoende breedte van fietspaden als achterliggende oorzaak**

De minimum breedtes voor fietspaden zoals geformuleerd in CROW richtlijnen (CROW, 2016) zijn onder meer gebaseerd op kennis over de maatvoering en vetergang van fietsers, zie *Paragraaf 4.3.1*. Pas vrij recent zijn er, bijvoorbeeld in dieptestudies Davidse et al. (2014b), indicaties gevonden dat onvoldoende breedte daadwerkelijk een rol speelt bij fietsongevallen. Voor zover bekend was Hoogendoorn (2017) de eerste die in een kwantitatief onderzoek een relatie vond tussen de breedte en de kans op fietsongevallen zonder motorvoertuigen. In zijn onderzoek keek hij naar de verhardingsbreedte van fietspaden en de ruimte tussen paaltjes. De studie was gebaseerd op een vragenlijstonderzoek onder slachtoffers die na een fietsongeval op een SEH afdeling waren behandeld. Ze rapporteerden naast de ongevalslocatie ook de daaraan voorafgaande route. Op die route werd een controlelocatie gekozen. De kenmerken van ongevalslocaties en controlelocaties werden vergeleken. Als de ruimte tussen paaltjes of breedte van de verharding onder het minimum volgens de *Ontwerpwijzer Fietsverkeer* (CROW, 2016) lag, was de kans op een fietsongeval zonder motorvoertuig groter. Daarbij ging Hoogendoorn (2017) uit van het minimum bij de laagste categorie die voor de intensiteit van het fietsverkeer werd genoemd in de *Ontwerpwijzer Fietsverkeer*.

### **Onderzoek naar laterale positie op het fietspad**

Te dicht bij de rand van de weg of het fietspad rijden, is ook een van de ongevalsfactoren voor fietsongevallen zonder motorvoertuigen (Davidse et al., 2014b). Deze laterale positie hing samen met een te smalle fietsvoorziening. In een aantal observatiestudies is onderzocht hoe infrastructuurkenmerken samenhangen met de laterale positie (in de dwarsrichting) van fietsers.

TNO voerde in 2012 gedragsobservaties uit op 5 fietspaden met een breedte tussen 1,75 m en 2,80 m (De Goede, Obdeijn & Van der Horst, 2013). Naarmate het fietspad breder is, rijden fietsers op een grotere afstand tot de rand van het fietspad. Een geringe breedte (1,75 m) zorgt voor minder uitwijkmogelijkheden waardoor er op smalle fietspaden vaker flankconflicten ontstaan bij inhaalmanoeuvres.

Janssen (2017) observeerde in 2017 het gedrag op 12 fietspaden. Uit de resultaten blijkt dat fietsers meer afstand bewaren ten opzichte van verticale dan ten opzichte van schuine en vlakke trottoirbanden. Bij een 'vlakke trottoirband' was er alleen een visueel onderscheid tussen het fietspad en het naastgelegen voetpad. In de *Ontwerpwijzer Fietsverkeer* (CROW, 2016) wordt in dit verband gesproken van 'obstakelvrees': fietsers houden meer afstand tot obstakels die bij een botsing tot letsel en/of een val kunnen leiden. Obstakelvrees blijkt ook uit een onderzoek met 'natuurlijk fietsen' (Westerhuis & De Waard, 2016). Deelnemers reden een week op hun eigen fiets die werd geïnstrumenteerd met een camera met GPS sensor. Die registreerde de locatie en snelheid. Ongeveer een op de vijf fietsers reed eenmaal per week de berm in terwijl niemand met een trottoirband botste. Een deel van de fietsers stuurt ook om putdeksels en markeringen heen.

Westerhuis et al. (2017) hebben in twee experimenten onderzocht in hoeverre 'obstakelvrees' gebruikt zou kunnen worden door met illusies van obstakels de laterale positie te beïnvloeden. Een virtueel object zou ervoor kunnen zorgen dat fietsers verder van de rand rijden zonder een reëel gevaar te creëren. Met 'anamorfose' werd op de bermverharding, 20 cm buiten het

fietspad, een object getekend dat door passerende fietsers als driedimensionaal obstakel waargenomen kan worden. In het eerste experiment werd met videobeelden de laterale positie bepaald van 1150 fietsers tijdens het passeren van vier virtuele obstakels en een controlelocatie. In het tweede experiment reden 32 fietsers van 50 jaar en ouder met een geïnstrumenteerde fiets langs 15 virtuele obstakels en een controlelocatie. Uit de resultaten blijkt dat de virtuele objecten nauwelijks effect hadden op de laterale positie en andere gedragsmaten zoals fietssnelheid. Mogelijk waren de virtuele obstakels onvoldoende zichtbaar.

Het project *Het vergevingsgezinde Fietspad* won in 2013 de prijsvraag van het ministerie van I&M voor het meest innovatieve onderzoeksvoorstel om de fietsveiligheid van oudere fietsers te verbeteren (Broer, 2016). In dit project is geëxperimenteerd met kantmarkering en verharde stroken als overgang tussen de verharding van het fietspad en de berm. Westerhuis et al. (2020) beschrijven twee experimenten met fietsers van 50 jaar en ouder om het effect van deze toepassingen op het fietsgedrag op fietspaden te onderzoeken:

- Experiment 1 met 32 deelnemers: vergelijking van twee soorten kantmarkering en drie soorten 0,5 m brede verharde bermstroken met twee controlelocaties. De kantmarkering betrof een continue witte kantlijn en een schuine witte trottoirband. De bermstrook betrof een kunstgrasstrook met grijs en groen kunstgras en een betonstrook met streetprint.
- Experiment 2 met 30 deelnemers: vergelijking van drie soorten kantmarkering en een 0,3 m brede randstrook op de bestaande verharding (reflecterende steenslag; 'Luxovit') met één controlelocatie. De kantmarkering betrof onderbroken belijning op 5 cm respectievelijk 15 cm van de berm en een continue belijning op 15 cm van de berm.

Uit de resultaten blijkt dat fietsers bij toepassing van bermstroken minder afstand aanhouden tot de rand van het fietspad (11-15 cm verschil). Bij het eerste experiment werd de bermstrook naast de bestaande verharding aangebracht waardoor fietsers inclusief de bermstrook meer afstand bewaren tot de berm (50 cm minus 11-15 cm). Er van uitgaand dat de bermstrook veilig bereden kan worden, zou dat de veiligheid kunnen vergroten. De reflecterende randstrook uit het tweede experiment werd op de bestaande verharding aangebracht waardoor het fietspad als het ware visueel versmald werd. Fietsers hielden na het aanbrengen van deze 30 cm brede randstrook meer afstand (ca. 8 cm extra) tot de rand van de verharding. De resultaten voor kantmarkering en de witte trottoirband zijn inconsistent: een grotere afstand tot de berm in het eerste experiment en, afhankelijk van de omgeving waar de kantmarkering werd toegepast, geen verschil of een kleinere afstand in het tweede experiment. Het is dus mogelijk dat locatiekenmerken meespeelden in het effect van de kantmarkering.

Binnen het project *Het vergevingsgezinde Fietspad* is eveneens een aantal gedragsobservaties uitgevoerd binnen stage- en afstudeeropdrachten. Deze zijn samengevat door Van der Linde (2019) die concludeert dat kantmarkering ervoor zorgt dat de gemiddelde laterale positie meer richting de wegas verschuift. Deze verschuiving naar de wegas zou bij duisternis enkele centimeters minder zijn. In het project werd gewaarschuwd dat fietsers op drukke, smalle tweerichtingsfietspaden door kantmarkering vaker dicht bij de as of op de verkeerde weghelft zouden kunnen fietsen waardoor frontale botsingen met tegenliggers zouden kunnen ontstaan (Broer, 2016; Van der Linde, 2019). De fietspaden die binnen 'Het vergevingsgezinde fietspad' werden onderzocht waren breder dan 2,5 m (Van der Linde, 2019).

Naast iemand anders fietsen of iemand passeren heeft invloed op de laterale positie van fietsers. Uit het eerdergenoemde onderzoek met 'natuurlijk fietsen' blijkt dat iemand die alleen fietst meer afstand tot de rand van het fietspad houdt dan de rechter fietser van een fietskoppel. De rechter fietser compenseert door minder te slingeren (Westerhuis & De Waard, 2014). Bij het bovenbeschreven onderzoek naar virtuele obstakels werd geregistreerd of er op het 3 m brede tweerichtingsfietspad een tegenligger passeerde (Westerhuis et al., 2017). Zonder tegenligger varieerde de afstand tot de berm van 63 tot 70 cm. Tijdens het passeren was dat 43 tot 49 cm.

## Zichtbaarheid en gezichtsvermogen als factor bij ongevallen

Naarmate mensen ouder worden verslechtert hun gezichtsvermogen, zie *Paragraaf 4.1.2*. Daardoor zouden ze meer last kunnen krijgen van een slechte zichtbaarheid van infrastructuur. Schepers en Den Brinker (2011) hebben de rol van zichtbaarheid bij enkelvoudige fietsongevallen onderzocht. Het ging om fietsongevallen van slachtoffers waarvan het letsel was behandeld op de SEH afdeling van een ziekenhuis. Van de 734 enkelvoudige fietsongevallen werden er 180 aangemerkt als mogelijk gerelateerd aan de zichtbaarheid van obstakels en/of het wegverloop, namelijk tegen een obstakel zoals een paaltje botsen of van de weg afraken en tegen een trottoirband botsen of in de berm ten val komen. In vergelijking met andere enkelvoudige fietsongevallen gebeuren deze ongevallen significant vaker met oudere fietsers en vaker in het donker, maar dat laatste verschil was net niet statistisch significant. Een selectie van 21 ongevalslocaties in deze groep werd verder bestudeerd onder vergelijkbare lichtomstandigheden als tijdens het ongeval. De obstakels en het wegverloop bleken slecht zichtbaar waarbij zichtbaarheid werd gedefinieerd als waarneembaarheid met perifeer zicht (zichtbaarheid buiten het centrale gezichtsveld waarop het oog gefocust is). Perifeer zicht is bijvoorbeeld nodig om tijdens het inhalen en passeren tegelijkertijd de andere fietser en de rand van de verharding waar te nemen en om een obstakel tijdig op te merken als een fietser er nog niet naar kijkt.

Zichtbaarheid van obstakels en het wegverloop zou voor fietsers extra belangrijk kunnen zijn omdat veel slechtzienenden met hun visuele beperking toch fietsen (Fabriek, De Waard & Schepers, 2012; Jelijns et al., 2019). Uit een enquêteonderzoek van Fabriek, De Waard en Schepers (2012) onder slechtzienende fietsers blijkt dat ze situaties met slecht zichtbare infrastructuur vermijden. Ondanks die aanpassingen betrof bijna twee derde deel van de door hen gerapporteerde enkelvoudige fietsongevallen een botsing met een trottoirband, obstakel of val na in de berm te zijn geraakt. Het tweede deel van dezelfde studie betrof een experiment op een afgesloten parkeerterrein met 28 deelnemers van 34 jaar en ouder. De deelnemers fietsten over een parcours met verschillende soorten kantmarkering en obstakels waarbij een bril de contrastgevoeligheid tijdens het experiment verminderde (gesimuleerde slechtzienendheid). In de condities met een heldere belijning en trottoirbanden, en paaltjes met een hoog contrast, werd het fietsgedrag als meer stabiel beoordeeld door de onderzoekers. De deelnemers waardeerden hoge contrasten als het meest veilig. Bij het passeren van het parcoursdeel met heldere kantmarkering lag de snelheid hoger dan bij markering met een laag contrast.

## Kennishiaten

In vrijwel alle studies over fietsongevallen zonder motorvoertuigen worden ongevalsoorzaken afgeleid van informatie over individuele ongevallen. Er zijn nog nauwelijks voor-nastudies waarbij de rol van infrastructuurkenmerken wordt bepaald door het aantal fietsongevallen zonder motorvoertuigen voor en na de introductie van een maatregel wordt vergeleken. Correlatieve studies met een vergelijking van wegvakken zijn ook zeldzaam. Wijlhuizen et al. (2016); Wijlhuizen et al. (2017) hebben in Amsterdam een correlatie gevonden tussen verkeersongevallen (waaronder fietsongevallen) en twee samengestelde scores voor de kwaliteit van fietsinfrastructuur. De eerste score betreft het 'Lengte-/hoogteprofiel' met 11 kenmerken waaronder zicht op kruispunten, de aanwezigheid van tramrails en scherpe bochten. De tweede score betreft 'Obstakels fietsinfrastructuur'. Deze score heeft betrekking op obstakels zoals paaltjes op fietsen en palen, bomen en geparkeerde voertuigen langs fietspaden. 'Kwaliteit van de fietsinfrastructuur' is gebaseerd op 5 kenmerken waaronder de breedte van een fietspad en de kwaliteit van de verharding. Deze variabele was wel gerelateerd aan verkeersongevallen maar was niet statistisch significant in een multivariate analyse. Deze studie geeft een indicatie dat een aantal kenmerken samenhangt met fietsongevallen maar het is onzeker hoe effectief specifieke maatregelen ter preventie van fietsongevallen zonder motorvoertuigen zijn. Om meer evaluaties en kwantitatieve studies te kunnen uitvoeren zijn meer gegevens nodig dan er nu beschikbaar zijn. Voor evaluatiestudies zou bekend moeten zijn waar welke maatregelen zijn genomen. Daarnaast zouden de locaties van fietsongevallen zonder motorvoertuig bekend moeten zijn.

Een kennisvraag die is opgekomen binnen het project *Het vergevingsgezinde Fietspad* is de mate waarin kantmarkering de veiligheid van fietsers op smalle tweerichtingsfietspaden (inclusief solitaire fietspaden) kan vergroten. Door een beperktere breedte houden fietsers waarschijnlijk minder afstand tot de berm waardoor de kans op bermongevallen kan worden vergroot. Juist op smalle fietspaden zou kantmarkering dit risico kunnen beperken. Echter, binnen het project *Het vergevingsgezinde Fietspad* is de vraag gesteld of kantmarkering op smalle tweerichtingsfietspaden wenselijk is omdat dit het risico op frontale ongevallen zou kunnen vergroten. Fietsers rijden door kantmarkering dichter op de as of de verkeerde weghelft. Er is in het project geen onderzoek gedaan naar de laterale positie van fietsers op fietspaden met een breedte onder de 2,5 m. Afgezet tegen de maatvoering volgens de *Ontwerpwijzer Fietsverkeer* (CROW, 2016) is deze breedte ongeveer gelijk aan de minimumbreedte voor een rustig vrijliggend tweerichtingsfietspad (2,5 m) en meer dan de minimumbreedte voor een rustig solitair fietspad (1,5 m) (solitaire fietspaden zijn toegankelijk in twee richtingen). In het project *Het vergevingsgezinde Fietspad* is kennis over laterale positie tijdens fietsen zonder interacties op fietspaden van ruim 2,5 m breed als uitgangspunt genomen om risico's bij passeer- en inhaalmanoeuvres in te schatten op fietspaden die smaller zijn dan 2,5. Er is nog weinig kennis over de laterale positie van fietsers op smalle fietspaden. De laterale positie is inmiddels in veel studies gemeten. In een vervolgonderzoek zouden de resultaten systematisch samengebracht kunnen worden en worden uitgebreid naar smallere fietspaden. Als de linkerhelft van het fietspad als gevarenzone zou worden gedefinieerd, kan met dit onderzoek de vraag worden beantwoord vanaf welke breedte fietsers daar vaak bewegen. Met Human Factors kennis over bijvoorbeeld waarneming bij beweging (zie bijvoorbeeld de theorie van focal-ambient vision in Schepers & Den Brinker, 2011) kunnen verdere hypothesen worden geformuleerd over de mogelijke rol van kantmarkering als fietsers naast iemand rijden of iemand passeren.

Onderzoek naar oorzaken van enkelvoudige fietsongevallen suggereert dat verticale trottoirbanden en verhardingsranden zorgen dat fietsers vallen als ze van de verharding afraken. Minder hoge en schuinere randen verkleinen de kans dat een fietser uit balans raakt en valt. Het is echter onzeker hoe hoog en hoe schuin de randen maximaal mogen zijn om de kans op een val fors te verkleinen. Onderzoek hiernaar is in het verleden overwogen maar testen met proefpersonen stuiten tot op heden op ethische bezwaren. Ook bij onvlakheid van de verharding en scheuren is nog onduidelijk welke verstoringen fietsers veilig kunnen opvangen zonder uit balans te raken. Bij onderzoek naar trottoirbanden tussen het fietspad en het trottoir zouden ook de veiligheid van en toegankelijkheid voor voetgangers betrokken kunnen worden.

## 4.5 Overige factoren

### 4.5.1 Lichtomstandigheden

Twisk en Reurings (2013) hebben het risico van ernstige fietsongevallen (ziekenhuisopname met een letselerst van MAIS2 of hoger) gerelateerd aan lichtomstandigheden waarbij ze gebruik maakten van ziekenhuisgegevens en mobiliteitsgegevens van 1993 t/m 2008. Zowel fietsongevallen met motorvoertuigen als fietsongevallen zonder motorvoertuigen gebeuren vaker bij duisternis. In de vroege ochtend is het risico sterker verhoogd dan in de avond. Vooral bij fietsongevallen zonder motorvoertuigen lijkt het verhoogde risico bij duisternis mede veroorzaakt te worden door rijden onder invloed van alcohol zijn (5% van het totaal aantal slachtoffers bij deze ongevallen en 16% tot 19% bij duisternis), zie ook *Paragraaf 4.5.4* voor de relatie met alcohol. De mate waarin het risico is verhoogd verschilt weinig tussen leeftijdsgroepen.

#### 4.5.2 Weersomstandigheden

Volgens een literatuurstudie van Theofilatos en Yannis (2014) zijn er weinig wetenschappelijke studies naar de relatie tussen weersomstandigheden en het risico op fietsongevallen. De uitkomsten van een klein aantal studies naar deze relatie zijn inconsistent (Asgarzadeh et al., 2018; Kim et al., 2007). Enkelvoudige fietsongevallen kunnen mede worden veroorzaakt door wintergladheid waardoor fietsers kunnen uitglijden. Afgaande op vragenlijststudies onder fietserslachtoffers die op een SEH afdeling zijn behandeld gaat het om enkele procenten van alle enkelvoudige fietsongevallen (Schepers, 2008; Valkenberg et al., 2017). Uit een analyse van Reurings et al. (2012) blijkt dat het aantal fietsongevallen zonder motorvoertuigen per afgelegde afstand niet hoger ligt in de winter, ook niet tijdens winters met veel sneeuwval. In de Scandinavische landen zoals Zweden zijn winters kouder en is wintergladheid een belangrijkere oorzaak dan in Nederland (Thulin & Niska, 2009; Utriainen, 2020). Het is goed mogelijk dat ouderen slechte weersomstandigheden vermijden (zie *Paragraaf 4.1.6*).

#### 4.5.3 Drukke op fietspaden

Drukke wordt vooral in grote steden als probleem ervaren en het komt voor dat fietsers daarop hun route of vertrektijdstip aanpassen of de fiets laten staan (CROW-Fietsberaad, 2017; Vedel, Jacobsen & Skov-Petersen, 2017). Uit een observatieonderzoek van SWOV blijkt dat de variëteit aan gebruikers van het fietspad groot is (De Groot-Mesken, Vissers & Duivenvoorden, 2015). De snorfiets is sneller en breder dan de standaardfiets en haalt vaker in. Gebruikers van traditionele stadsfietsen vormen ongeveer 90% van de fietspadgebruikers. Het aantal elektrische fietsen neemt toe maar die verschillen qua snelheid minder van traditionele stadsfietsen. Door het hoge aandeel van traditionele stadsfietsen zijn die bepalend voor het gedrag op fietspaden als het druk is. Daardoor is de snelheidsvariatie op drukke locaties kleiner dan op rustige locaties (De Groot-Mesken, Vissers & Duivenvoorden, 2015) en rijden op drukke eenrichtingsfietspaden minder fietsers clandestien tegen de richting in (Methorst & Schepers, 2015). De Groot-Mesken, Vissers en Duivenvoorden (2015) concluderen dat het op specifieke locaties en tijdstippen in grote steden te druk is voor de breedte van het fietspad maar ongevallenstudies naar de relatie tussen drukke en veiligheid op fietspaden zijn nog niet beschikbaar. Het is de vraag in hoeverre de eerder genoemde gedragsaanpassingen compenseren voor de kleinere ruimte om te manoeuvreren als het drukker is.

#### 4.5.4 Gedrag medeweggebruikers

Een Duitse *naturalistic cycling* studie (Schleinitz et al., 2015) heeft onderzocht welke kritische fietssituaties er zijn met verschillende medeweggebruikers (gemotoriseerd, fiets, voetganger, etc.) en soorten infrastructuur (rijbaan, fietspad, etc.). De onderzoekers hebben geen verschillen tussen de leeftijdsgroepen gevonden met betrekking tot kritische fietssituaties en suggereren dat oudere fietsers (65 jaar en ouder) geen hoger ongevalsrisico lopen dan de jongere leeftijdsgroepen. Echter, oudere fietsers zijn wel kwetsbaarder in een conflict (*Paragraaf 4.1.5*). Verder vonden de onderzoekers dat het aandeel incidenten met motorvoertuigen lager was dan het aandeel conflicten met voetgangers en fietsers. Het meest voorkomende conflict met de medeweggebruikers ontstond als de medeweggebruikers geen voorrang verleenden aan de fietsers; en dit was vaak een motorvoertuig.

Conflicten waarbij geen voorrang wordt verleend, kunnen ontstaan als de automobilist de snelheid van de fietser onderschat en denkt nog voor de fietser langs te gaan. Deze conflictsituatie is onderzocht in een experimentele studie (Petzoldt et al., 2017). Automobilisten zaten in een stilstaande auto en moesten inschatten of zij nog voor een naderende fietser op een klassieke of een elektrische fiets links af konden slaan. Automobilisten accepteerden kleinere tijdsintervallen om nog voor de naderende fietser af te slaan naar mate de fietser sneller reed en als zij op een elektrische fiets reden. Een mogelijke verklaring voor dit effect is dat fietsers op een elektrische fiets vergeleken met een gewone fiets een lagere trapfrequentie hebben en minder inspanning

hoeven te leveren. Vooral oudere automobilisten bleken minder goed in het inschatten van de snelheid van fietsers op een elektrische fiets.

Zoals eerder aangegeven, zijn oudere fietsers vaker slachtoffer van ongevallen zonder motorvoertuigen en raken daarbij ernstig gewond. In een dieptestudie naar fietsongevallen van 50-plussers zonder betrokkenheid van motorvoertuigen speelde in bijna de helft van alle ongevallen het gedrag van de medeweggebruiker een rol (Davidse et al., 2014a). In deze studie leidde dit niet altijd tot een botsing, maar het gedrag van de medeweggebruiker dwong de 50-plus fietser tot handelen. Dit leidde (in)direct tot een val. De botsingen met de medeweggebruiker ontstonden omdat de fietsers elkaar pas op het laatste moment konden zien vanwege een (tijdelijk of permanent) obstakel. Daarnaast bleken verkeersdrukte en geen richting aangeven een rol te spelen.

In een vragenlijststudie (Valkenberg et al., 2017) onder fietsslachtoffers die op een SEH afdeling zijn behandeld, gaf ruim een derde van de ondervraagden (alle leeftijden) aan dat het ongeval was ontstaan door het gedrag van een andere verkeersdeelnemer die niet goed oplette of geen voorrang gaf.

#### 4.5.5 Kennishiaten

De huidige minimale breedtes van fietspaden in ontwerprichtlijnen zijn gebaseerd op gedragsonderzoek (zie *Paragraaf 4.3.1*) waarmee de manoeuvreerruimte (vetergang plus de ruimte die ze met hun voertuig innemen) is ingeschat die fietsers en bromfietsers nodig hebben om naast elkaar te fietsen, in te halen en te passeren (snorfietsers zijn niet onderscheiden in de overwegingen). Er is ingeschat hoeveel ruimte nodig is om dit veilig en comfortabel te kunnen doen (CROW, 1993), maar dat is niet gevalideerd met ongevallenstudies. CROW-Fietsberaad heeft recent aanvullend onderzoek laten uitvoeren waarbij de fietspadbreedte en intensiteit van het fiets-, snorfiets- en bromfietsverkeer zijn gerelateerd aan de beleving van fietsers (Godefrooij & Hulshof, 2018). Sinds de laatste actualisatie van de *Ontwerpwijzer Fietsverkeer* (CROW, 2016) is er door Hoogendoorn (2017) voor het eerst een ongevallenstudie naar de effecten van breedte op fietsongevallen uitgevoerd. Hij concludeerde dat de kans op fietsongevallen groter is op fietspaden die smaller zijn dan de minimumbreedte in de bij de laagste intensiteitscategorie. Hij ging dus overal van de minimale breedte uit en hield geen rekening met de intensiteit. Er is nog geen ongevallenstudie waarin, net als in het belevingsonderzoek van Godefrooij en Hulshof (2018), rekening wordt gehouden met zowel de breedte als de intensiteit. Daardoor is het voorsnog ook moeilijk om hardere conclusies te trekken over de vraag of drukte op fietspaden en het gebruik van fietspaden door verschillende soorten fietsers tot meer fietsongevallen leidt. Bij SWOV loopt ten tijde van het schrijven van dit rapport een afstudeeronderzoek waarin, rekening houdend met de intensiteit van het fietsverkeer, onderzocht wordt hoe de verhardingsbreedte samenhangt met de kans op fietsongevallen. Daarin wordt ook de breedte van de obstakelvrije zone langs het fietspad onderzocht. In het onderzoek wordt gebruik gemaakt van ambulancegegevens over ongevallen in Amsterdam. Daarin zijn ook enkelvoudige fietsongevallen geregistreerd. Daarnaast loopt er op het moment een promotieonderzoek binnen SWOV waarin onder andere gekeken wordt naar de relatie tussen fietsvolumes en de verkeersveiligheid.

## 4.6 Conclusie

Dit hoofdstuk beschrijft literatuur over factoren die een rol kunnen spelen bij ongevallen met oudere fietsers. Hieruit kunnen we de volgende conclusies trekken:

- Bij het ouder worden verslechteren sensorische (gezichtsvermogen, gehoor en evenwicht), cognitieve en motorische functies. Naast de normale achteruitgang van functies hebben ouderen vaker gezondheidsproblemen zoals slechtziendheid en evenwichtsproblemen.
- Er is een relatie gevonden tussen ongevalsbetrokkenheid en enkele specifieke gezondheidsproblemen zoals een beperkt gezichtsveld, evenwichts- en coördinatie-

problemen. In hoeverre gezonde ouderen vaker bij fietsongevallen betrokken zijn is nog onvoldoende onderzocht. Ouderen kunnen een deel van de achteruitgang van functies compenseren, bijvoorbeeld door fietsen bij drukte en duisternis te.

- De volgende soorten fietsongevallen blijken vaker bij ouderen voor te komen:
  - Enkelvoudige fietsongevallen:
    - Vallen bij op- en afstappen

Bij een matige tot hoge snelheid blijft een fiets nagenoeg vanzelf stabiel maar bij lage snelheden moeten fietsers zelf met stuur en lichaamsbewegingen balans houden. Daarvoor zijn sensorische en motorische functies van belang, bijvoorbeeld evenwicht, kracht en flexibiliteit. Mogelijk verklaart de achteruitgang van deze functies dat ouderen vaker vallen bij op- en afstappen. Ouderen, vooral oudere vrouwen, blijken ook anders op- en af te stappen dan jongere fietsers. Ze sturen vaker schokkerig en het kost ze meer tijd om vaart te maken. Naast functiebeperkingen zouden ook factoren zoals de zadelhoogte een rol kunnen spelen.
    - Tegen een obstakel zoals een paaltje botsen of van de weg afraken en tegen een trottoirband botsen of in de berm ten val komen

Met het ouder worden verslechteren sensorische functies zoals het vermogen om contrasten waar te nemen, bijvoorbeeld in de periferie om tijdens het passeren van een andere fietser de rand van het fietspad te onderscheiden en om een paaltje op te merken. Mogelijk verklaart dit waarom ouderen vaker bij deze ongevallen betrokken zijn. Daarnaast vergt het balanceren van een fiets ruimte in de breedte, ook wel de 'vetergang'. Ouderen hebben bij normale snelheden geen grotere vetergang, maar bij lagere snelheden lijkt dat wel het geval te zijn.
  - Ongevallen met motorvoertuigen: links afslaan op voorrangskruispunten

Links afslaan is voor fietsers een complexe manoeuvre, zowel qua interactie met ander verkeer als qua balanstak. Door achteruitgang van cognitieve vermogens is het voor ouderen moeilijker om snel informatie te verwerken om verkeer uit meerdere richtingen te kunnen herkennen en interpreteren. Oudere fietsers hebben meer moeite om over hun schouder te kijken terwijl hun gehoor ook verslechtert waardoor ze daar minder goed op kunnen afgaan. Als ouderen over hun schouder kijken gebruiken ze meer manoeuvreerruimte en ze stappen ook vaker af bij deze manoeuvre.
- Ouderen fietsen vaker op een elektrische fiets. Volgens de meeste Europese studies loopt een ongeval op een elektrische fiets even ernstig af als ongeval op een ander type fiets. Dit sluit aan op de bevinding dat de gemiddelde rijnsnelheid op een elektrische fiets slechts 1 tot 4 km/uur hoger ligt dan op een gewone fiets. Of de kans op een ongeval groter is op een elektrische fiets is onzeker. Slechts enkele studies hebben het risico bestudeerd en de uitkomsten van die studies zijn inconsistent. In een experiment is gevonden dat het op een elektrische fiets langer duurt om vanuit stilstand een snelheid van 6 km/uur te bereiken. Samen met het grotere gewicht van een elektrische fiets zou dat mogelijk kunnen bijdragen aan een groter risico om te vallen bij op- en afstappen.
- Bijna twee derde van de fietsongevallen met motorvoertuigen vindt plaats op kruispunten. Dit zijn vaak zogeheten flankongevallen, waarbij de fietser aangereden wordt door een auto uit de zijrichting. De linkerflank van de fietser wordt vaker geraakt dan de rechterflank en bij meer dan de helft van de flankongevallen op voorrangskruispunten rijdt de fietsers op de verkeersader en wordt deze aangereden door motorvoertuigen uit de zijweg.
- Het vorige punt geldt voor fietsers in het algemeen. Oudere fietsers zijn vaker betrokken bij ongevallen bij links afslaan. Welke infrastructuurfactoren hierbij een rol spelen is niet precies bekend maar dat kan bijvoorbeeld de afwezigheid van vrijliggende fietspaden zijn. Als die wel aanwezig zijn kan een fietser die vanaf een voorrangsweg links afslaat in twee fasen eerst de zijweg oversteken en daarna de voorrangsweg zelf.



- > Onderzoek naar de relatie tussen infrastructuur en enkelvoudige fietsongevallen suggereert dat de zichtbaarheid van het wegverloop en obstakels zoals paaltjes kunnen bijdragen aan het ontstaan van enkelvoudige ongevallen met oudere fietsers. Andere infrastructuurfactoren die kunnen bijdragen aan dit soort ongevallen zijn de breedte van fietspaden en de kwaliteit van bermen (aansluiting verharding, draagkracht berm, obstakels zoals taluds in berm). Die factoren zijn gerelateerd aan fietsongevallen zonder motorvoertuigen in het algemeen en niet specifiek aan ongevallen met oudere fietsers.
- > Er is onderzoek verricht naar de laterale positie van fietsers op het fietspad omdat te dicht bij de rand fietsen bijdraagt aan ongevallen zonder motorvoertuigen. Fietsers houden een grotere afstand tot de rand naarmate het fietspad breder is, als ze langs een verticale in plaats van een schuine trottoirband fietsen en mogelijk ook als het fietspad kantmarkering heeft. Ze houden minder afstand tot de berm als deze is voorzien van een makkelijk overrijdbare bermstrook naast de verharding.

## 5 Mogelijke maatregelen

**Door middel van infrastructurele maatregelen, maatregelen aan de fiets, educatie en voorlichting en letselbeperkende maatregelen kan de veiligheid van oudere fietsers worden verbeterd. Dit hoofdstuk behandelt mogelijke maatregelen en voor zover bekend ook de effectiviteit van deze maatregelen.**

Dit hoofdstuk geeft informatie over mogelijke maatregelen en de effecten van deze maatregelen, voor zover die onderzocht zijn. Handhaving komt niet aan bod, aangezien dit minder relevant is specifiek voor oudere fietsers. Zij houden zich in het algemeen beter aan de regels dan jongere fietsers. Zo werd in het vorige hoofdstuk geconstateerd dat oudere fietsers minder vaak het rode licht negeren dan jongere fietsers en voeren oudere fietsers vaker voor- en achterlicht dan jongere fietsers; bij de straatmeting van Rijkswaterstaat in de winter van 2017/2018 bleek het aandeel van alle passerende fietsers dat voor- en achterlicht voerde varieerde van 54% onder fietsers tot 18 jaar en 84% onder fietsers van 50 jaar en ouder (Rijkswaterstaat, 2019)

### 5.1 Infrastructurele maatregelen

Deze paragraaf bespreekt achtereenvolgens maatregelen op netwerkniveau om de veiligheid van oudere fietsers te verbeteren, maatregelen om ongevallen met gemotoriseerd verkeer tegen te gaan, maatregelen om ongevallen zonder motorvoertuigen tegen te gaan en seniorenproof wegontwerp.

#### 5.1.1 Maatregelen op netwerkniveau

De verkeersinfrastructuur kan beter worden toegesneden op de capaciteiten van ouderen. Te denken valt aan het aanpassen van onoverzichtelijke kruispunten, het aanpassen van maximumsnelheden op verschillende wegvakken, het verbeteren van de zichtbaarheid van markering en route-informatie. Vanwege het toenemend aantal (elektrische) fietsers is het des te belangrijker om de fietsinfrastructuur ook op netwerkniveau seniorenproof te maken (zie ook *Paragraaf 5.1.4* voor seniorenproof wegontwerp).

Op termijn zijn er wellicht ook mogelijkheden om via verkeersmanagement het verkeer op de vergrijzing voor te bereiden. Veranderingen in de verkeersafwikkeling als gevolg van een hoger aandeel ouderen in het verkeer op bepaalde locaties of tijdstippen, kunnen in de toekomst onderzocht worden via regionale dynamische verkeersmodellen (Friso & De Kruijf, 2010; Van Hoeven & Nijhout (2013). De methode voor toepassing van dergelijke dynamische modellen is verder ontwikkeld en de ervaringen tonen aan dat voorspellingen over de verkeersontwikkeling steeds betrouwbaarder worden (Van Velzen et al., 2017). Met microsimulatie kan de verkeersveiligheid van fietsroutes worden bestudeerd, uitgaande van kenmerken van de route en van het verkeersgedrag van oudere verkeersdeelnemers (zie ook *Hoofdstuk 2*).

## 5.1.2 Maatregelen om fietsongevallen met motorvoertuigen tegen te gaan

Kennis over maatregelen die het aantal fietsongevallen doet verminderen is in zijn algemeenheid ook toepasbaar voor oudere fietsers. Specifiek voor oudere fietsers zijn in de literatuur maatregelen gesuggereerd die het links afslaan ondersteunen. Goldenbeld (1992) noemt bijvoorbeeld de aanleg van vrijliggende fietspaden zodat fietsers in twee fasen links af kunnen slaan, bijvoorbeeld vanaf een voorrangsweg eerst de zijweg oversteken en dan de voorrangsweg. Daarnaast noemt hij de aanleg van rotondes. Beide maatregelen verbeteren niet alleen de verkeersveiligheid van oudere fietsers maar ook van fietsers in andere leeftijdsgroepen. Een overzicht van maatregelen die de verkeersveiligheid in het algemeen verbeteren staat in *Tabel 5.1*. Voor zover bekend zijn in de genoemde studies de effecten voor ouderen nooit expliciet onderzocht.

*Tabel 5.1. Overzicht van infrastructurele maatregelen die invloed hebben op letselongevallen (bibeko/bubeko = binnen/buiten de bebouwde kom; do = doden; zhs = ziekenhuisgewonden). (Bron: Wijnen, Mesken & Vis, 2010)*

Maatregel	Bronnen	Effectschatting		Omvang doelgroep
		Alle slachtoffers	Fietsers	
DV herinrichten Zone 30	Elvik (2001)	25%	Niet onderscheiden	-
	Vis & Kaal (1993)	22%	Niet onderscheiden	-
	AVV (2005)	43% (do) 60% (zhg)	Niet onderscheiden	-
	Steenart, Overkamp & Kranenburg (2004)	33%	Niet onderscheiden	-
Sober herinrichten Zone 30	Schoon (2000)	15%	Niet onderscheiden	-
Aanleg van fietspaden (GOW bibeko)	Welleman & Dijkstra (1988)	24%	24%	18,5%
Aanleg fietsroutenetwerk (diverse maatregelen)	AGV (1995)	10% (risico)	10% (effect op risico)	ca. 10%
Aanleg van fietspaden (GOW bubeko)	Welleman & Dijkstra (1988)	25%	25%	9%
Aanleg van parallelwegen (GOW bibeko)	Goudappel Coffeng (2001)	18%	Niet onderscheiden	-
Aanleg van parallelwegen (GOW bubeko)	Goudappel Coffeng (2001)	18%	Niet onderscheiden	-
Verbieden van parkeren op en langs de rijbaan	Elvik & Vaa (2004); Wijnen, Mesken & Vis (2010)	12%	Niet onderscheiden	-
DV herinrichten Zone 60 (kruispunten)	Beenker (2004)	47%	32%, niet significant	-
DV herinrichten Zone 60 (wegvakken)	Vis & Kaal (1993)	25%	Niet onderscheiden	-
Sober herinrichten Zone 60 (kruispunten)	Schoon (2000)	15%	Niet onderscheiden	-
Sober herinrichten Zone 60 (wegvakken)	Beenker (2004)	17%	8%, niet significant	-
	AVV (2005)	43% (do) 60% (zhg)	Niet onderscheiden	-
Kruispunten ombouwen tot rotondes (GOW bibeko)	Schoon & Van Minnen (1993)	75%	30% (bibeko+bubeko)	-
	Dijkstra (2005)	75%	60% (incl. bromfiets)	-
Kruispunten ombouwen tot rotondes (GOW bubeko)	Fortuijn (2005)	70%	Niet onderscheiden	-
	Schoon & Van Minnen (1993)	86%	30% (bibeko+bubeko)	-
Kruispunten uitrusten met plateaus (GOW bibeko)	Schoon (2000)	20%	Niet onderscheiden	-
	Van der Dussen (2002)	80%	Niet significant	-
Kruispunten uitrusten met plateaus (GOW bubeko)	Fortuijn (2005)	30%	Niet onderscheiden	-
Kruispunten inrichten als uitritconstructie	Van Minnen & Catshoek (1997)	22%	Niet onderscheiden	-

De genoemde maatregelen in *Tabel 5.1* zijn allemaal in Nederland toegepast. De evaluatiestudies zijn eveneens in Nederland uitgevoerd. Uitzondering hierop zijn meta-analyses van Elvik (2001) en Elvik en Vaa (2004). In die meta-analyses is gebruik gemaakt van studies uit diverse landen.

Alle genoemde maatregelen zijn in de afgelopen decennia op grote schaal in Nederland toegepast.

Van de genoemde maatregelen zijn de grootste effecten bereikt met:

- > Fietspaden
- > Parallelwegen
- > Parkeren langs rijbanen van gebiedsontsluitingswegen niet toestaan
- > Zones 30 en zone 60
- > Rotondes

In het afgelopen decennium zijn er enkele nieuwe maatregelen genomen, met name fietsstraten en brede fietsstroken, waarvan echter nog geen effecten zijn vastgesteld in ongevallenstudies. Ook over de maatregel Shared Space zijn nog geen ongevalseffecten bekend (Aarts & Dijkstra, 2018).

In Duurzaam Veilig zijn de genoemde maatregelen geïntegreerd: gebieden met snelheidsreductie en hoofdwegen met fietsvoorzieningen. In de ontwerprichtlijnen (ASVV, Handboek Wegontwerp) zijn de genoemde maatregelen opgenomen.

### 5.1.3 Maatregelen om fietsongevallen zonder motorvoertuigen tegen te gaan

Het *Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2008-2020* (VenW, 2008) vroeg voor het eerst nadrukkelijk aandacht voor enkelvoudige fietsongevallen. Het plan leidde tot extra onderzoek (zie *Paragraaf 4.4.2*) en in 2011 *Fietsberaadpublicatie 19* (CROW-Fietsberaad, 2011) met in deel 19a aanbevelingen voor wegbeheerders ter preventie van deze ongevallen. De inzichten zijn later verwerkt in de *Ontwerpwijzer Fietsverkeer* (CROW, 2016). Als ontwerpprincipes voor fietspaden zijn de aanbevelingen als volgt samen te vatten (zie bijvoorbeeld CROW-Fietsberaad, 2011; CROW-Fietsberaad, 2018; CROW, 2016; Wijnhuizen et al., 2016):

- > Er zijn in principe geen obstakels op en langs het fietspad
- > Het wegverloop is visueel geleid, bijvoorbeeld met kantmarkering
- > Fietspaden zijn voldoende breed
- > De verharding van het fietspad is vlak, stroef, heel en schoon
- > Fietspaden hebben vergevingsgezinde randen en bermen
- > Er is een veilige opeenvolging van elementen in het langspoor, bijvoorbeeld bochten of kruispunten die volgen op een helling en daardoor een groter risico vormen.

De aanbevelingen voor infrastructuur zijn afgeleid van kennis over (oorzaken van) fietsongevallen zonder motorvoertuigen. Er zijn nauwelijks kwantitatieve studies en evaluatiestudies uitgevoerd op dit terrein. Dat onderzoek is nodig om meer inzicht te krijgen in de effectiviteit van de aanbevelingen die de afgelopen jaren in richtlijnen zijn geformuleerd.

Mulder en Louwerse (2019) hebben in opdracht van CROW-Fietsberaad met interviews onderzocht in hoeverre gemeenten inzicht hebben in enkelvoudige fietsongevallen en maatregelen nemen. Veel gemeenten hebben afgelopen jaren hoofd fietsroutes opgenomen in het gladheidsbestrijdingsprogramma, paaltjes verwijderd en/of beter ingeleid en aandacht besteed aan de breedte van fietspaden. Voor andere aspecten is er nog weinig aandacht. Diverse gemeenten zeggen dat enkelvoudige fietsongevallen geen prioriteit hebben of dat de gemeente zo klein is dat het (bijna) niet voorkomt. De onderzoekers concluderen dat gemeenten in het algemeen nog weinig inzicht hebben in enkelvoudige fietsongevallen op hun areaal. Een beleidsmatige kennisvraag is dan ook hoe het bewustzijn van het probleem van fietsongevallen zonder motorvoertuigen kan worden vergroot zodat het beter in beleid kan worden verankerd.

#### 5.1.4 Seniorenproof wegontwerp

De publicatie *Seniorenproof wegontwerp* (CROW, 2011) bevat een hoofdstuk gericht op ontwerp voor oudere fietsers. In dit hoofdstuk wordt gesteld dat ouderen een groter profiel van vrije ruimte nodig hebben waardoor voldoende breedte voor hen een extra aandachtspunt is. In relatie tot oversteekplaatsen wordt toegelicht dat oudere fietsers problemen hebben met links afslaan op voorrangskruispunten. Een oversteek mét verkeerslichten heeft voor veel senioren de voorkeur, liefst met een regeling zonder deelconflicten. Voor oversteekplaatsen zonder verkeerslichten worden ook enkele aanbevelingen gedaan zoals de toepassing van een middengeleider om het mogelijk te maken om in twee fasen over te steken en niet tegelijk op verkeer in twee richtingen te hoeven letten. De fietser kan zich daar opstellen voor links af te slaan. Op kruisingsvlakken waar voldoende ruimte is, worden vrijliggende fietspaden aanbevolen. Een fietser die naar links afslaat steekt eerst rechtdoor de dwarsstraat over en slaat daarna links af. Een opgeblazen fietsopstelstrook (OFOS) maakt links afslaan makkelijker op kruispunten waar de ruimte voor vrijliggende fietspaden ontbreekt. Een fietser hoeft dan niet al fietsend achterom te kijken om te zien of er veilig overgestoken kan worden. De OFOS lijkt nog maar beperkt te worden toegepast in de praktijk en het effect op ongevallen is nog niet onderzocht.

Bax et al. (2017) hebben de toepassing van *Seniorenproof wegontwerp* onderzocht met interviews en beoordeling van ontwerpen van gereconstrueerde 50 km/uur-wegen. De benutting van deze publicatie blijkt beperkt en lager dan die van de *Ontwerpwijzer Fietsverkeer* (CROW, 2016). Een mogelijke verklaring is dat *Seniorenproof wegontwerp* een verbijzondering is van algemenere richtlijnen zoals de *Ontwerpwijzer Fietsverkeer*. Ruimtegebrek is soms een reden waardoor van richtlijnen zoals minimale breedtes afgeweken wordt.

Ten tijde van het schrijven van *Seniorenproof wegontwerp* (CROW, 2011) waren de infrastructuur-oplossingen ter voorkoming van fietsongevallen zonder motorvoertuigen nog in ontwikkeling. Het Platform Blijf Veilig Mobiel (2012) bracht om die reden in 2012 de publicatie *Senioren-proof Wegontwerp voor Fietsers* uit. Daarin lag het accent op aanbevelingen gericht op enkelvoudige fietsongevallen zoals beschreven in *Paragraaf 5.1.3*.

## 5.2 Maatregelen aan de fiets

### 5.2.1 Aanpassingen aan de fiets om ongevallen met op- en afstappen te voorkomen

Maatregelen ter voorkoming van ongevallen met op- en afstappen zonder aanpassing van het ontwerp van de fiets zijn het goed, vooral niet te hoog, afstellen van het zadel. Anti-slip trappers zouden kunnen helpen om te voorkomen dat iemands voet van de trapper glijdt (Fietsersbond, 2020a). De 'SOFIETS' is een prototype fiets waarin enkele verbeteringen zijn doorgevoerd om het risico van vallen bij op- en afstappen te verkleinen (Dubbeldam et al., 2017a):

- Met kleinere wielen en aanpassingen aan het frame is de fiets bij lagere snelheden makkelijker in balans te houden.
- De zadelhoogte wordt automatisch verlaagd bij lage snelheden zodat het mogelijk is om beide voeten op de grond te plaatsen bij stilstand.
- De fiets heeft een lage frame instap om bij op- en afstappen makkelijk de voet tussen het frame door naar de andere kant te plaatsen.
- De fiets geeft extra trapondersteuning bij het wegfietsen waardoor het mogelijk is om bij een lage zadelstand met gebogen knieën weg te fietsen.

Negen oudere fietsers (65 t/m 80 jaar) hebben een aantal fietstaken uitgevoerd op de SOFIETS en een normale stadsfiets, bijvoorbeeld op- en afstappen (Dubbeldam et al., 2017a). Op de SOFIETS kost het op- en afstappen minder tijd. Met beide voeten aan de grond en extra trapondersteuning gebruiken fietsers bij het wegrijden minder laterale ruimte en zijn er minder abrupte stuurbewegingen (kleinere maximale stuurhoeken en minder slingeren). Bij het ontwijken van

obstakels bewogen fietsers hun knieën en bovenlichaam minder (Dubbeldam et al., 2017a). De fiets is nog niet op de markt. Het effect in de praktijk is dan ook nog niet onderzocht waardoor we nog niet weten hoeveel ongevallen met deze oplossing zouden kunnen worden bespaard.

Onderzoekers van de TU Delft wonnen in 2016 de Nationale Sportinnovator Prijs (ZonMw, 2016) met een concept voor actieve stuurondersteuning. Inmiddels is samen met een fabrikant een prototype ontwikkeld. Een motor in de stuurkolom ondersteunt het sturen op het moment dat de fietser dreigt om te vallen. Met dit systeem kan de fiets boven een snelheid van 4 km/h stabiel worden gehouden (TU Delft, 2019) terwijl een fiets pas vanaf ongeveer 15 km/uur 'zelf-stabiel' is (zie *Paragraaf 4.3.1*). Dit systeem zou bijvoorbeeld kunnen helpen om ongevallen bij het op- en afstappen te voorkomen.

In 1985 won het fietsontwerp 'Tavara' de prijsvraag "Fiets Veilig" die was uitgeschreven door het ministerie van Economische Zaken. Net als de SOFIETS heeft deze een lage frame instap en kleinere wielen. Het belangrijkste verschil met normale stadsfietsen en de SOFIETS is dat het zadel achter de trapas is gepositioneerd waardoor de berijder licht naar voren trapt. Bij een ligfiets is deze aanpassing nog verder doorgevoerd. Fietsers kunnen daardoor te allen tijde beide voeten geheel op de grond plaatsen terwijl ze toch met gestrekte benen kunnen trappen. Dat laatste is niet mogelijk als het zadel bij een normale stadsfiets laag ingesteld wordt. Inmiddels zijn de opvolgers van dit model als elektrische fiets met starthulp verkrijgbaar. De starthulp kan tot 5 km/uur versnellen zonder dat de berijder trapt (Van Raam, 2020). Voor zover bekend zijn er geen evaluatiestudies uitgevoerd.

## 5.2.2 De driewieler als oplossing voor balansproblemen

Een van de manieren om de stabiliteit van een fiets te verbeteren is een ontwerp met drie in plaats van twee wielen. Op basis van de Wet maatschappelijke ondersteuning (Wmo) bieden gemeenten als individuele vervoersvoorziening onder meer driewielers aan (SGBO, 2012), met name aan mensen met problemen om hun evenwicht te bewaren (Fietsersbond, 2020b). Ook bij het opstappen kan de fiets niet omvallen. Echter, een starre driewieler kan afhankelijk van de spoorbreedte (afstand tussen de wielen op dezelfde as), de hoogte van het zwaartepunt en verkanting van de weg (dwarshelling) kantelen (Sindha, Chakraborty & Chakravarty, 2018). Scootmobielen zijn vaak als starre driewieler uitgevoerd. Uit diepteonderzoek naar de oorzaken van ongevallen met scootmobielen blijkt dat ze kantelen door bijvoorbeeld uitwijkmanoeuvres, krappe bogen en een botsing met een trottoirband (Davidse et al., 2018).

Om het risico van kantelongevallen te verkleinen, is bij motorfietsen ingezet op de ontwikkeling van kanteldriewielers die, ook met een smalle spoorbreedte, kunnen hellen in een bocht en zo de centrifugaalkracht kunnen opvangen. Om het voertuig naar de binnenzijde van een bocht te laten hellen, zijn verschillende technieken mogelijk (Robertson, Darling & Plummer, 2014). Bij op- en afstappen zou het voertuig zich zoveel mogelijk moeten gedragen als een starre driewieler omdat het voertuig zonder extra voorzieningen zou hellen door te sturen. Sindha, Chakraborty en Chakravarty (2018) beschrijven daarvoor een aantal technische mogelijkheden. Op de markt voor motorfietsen zijn inmiddels enkele kanteldriewielers commercieel verkrijgbaar. Voor zover bekend zijn er in Nederland nog geen modellen als fiets te koop. Het Italiaanse bedrijf TRIS (2020) biedt een kanteldriewieler aan met een spoorbreedte van iets minder dan een halve meter en een systeem waarmee bij een kruispunt gestopt kan worden zonder voeten aan de grond te hoeven houden.

Een (kantel)driewieler zou kunnen helpen bij ongevallen waarbij verlies van balans een rol speelt, bijvoorbeeld bij het op- en afstappen door de lage snelheid, bij links afslaan en bij gladheid doordat dan een voorwiel kan wegslijpen. In hoeverre dit het geval is en in welke mate extra spoorbreedte voor extra problemen zorgt is nog niet onderzocht.

### 5.2.3 Ondersteuningssystemen zoals een achteruitkijk-assistent

Over de schouder kijken en met één hand richting aangeven voordat men links afslaat kan bij ouderen de balans verstoren, zie *Paragraaf 4.3.1*. In plaats daarvan eerst afstappen en dan opstappen is geen verbetering omdat de fiets juist daarbij instabiel is, zie *Paragraaf 4.3.2*. Afgaan op gehoor is voor ouderen geen goede compensatiestrategie omdat hun gehoor en het vermogen om geluiden te lokaliseren verslechteren (o.a. Stelling-Kończak et al., 2016). De opkomst van stillere elektrische voertuigen vergroot dat probleem. Een oplossing die hiervoor beschikbaar is, is een achteruitkijkspiegel. Kritiek daarop was onder meer dat de spiegels trilden als over slecht wegdek werd gereden. Volgens de Fietzersbond heeft de verplichting van achteruitkijkspiegels op speed-pedelecs geleid tot een aanbod van kwalitatief betere achteruitkijkspiegels (Fietzersbond, 2020c). Onderzoek naar de effectiviteit bij fietsers is voor zover bekend nog niet beschikbaar.

Door Engbers et al. (2016) is een achteruitkijkassistent voorgesteld. Dit ondersteunende systeem zou ook kunnen waarschuwen voor bijvoorbeeld achterliggers die gaan inhalen om schrikreacties te voorkomen. Engbers et al. (2016) hebben een prototype achteruitkijkassistent met visuele en haptische waarschuwingssignalen getest in een laboratoriumomgeving, namelijk met LED-lampjes en met trillingen op het stuur. Oudere fietsers van 64 t/m 78 jaar namen deel aan het experiment. Het systeem zorgde niet voor een hogere taakbelasting en gebruikers waren tevreden over het gebruik, met name het trilsignaal. Ze waren minder tevreden over het visuele signaal. Een extra nadeel van dat signaal is mogelijke concurrentie met de rest van de fietstaak die voor het grootste deel visueel is. Voor de ontwikkeling van een prototype kozen Engbers et al. (2018) dan ook voor haptische signalen. Het prototype is ook voorzien van een vooruitkijk-assistent. Een groep van 20 oudere fietsers van 65 t/m 82 jaar heeft het prototype getest in een veldexperiment. Ze reden over een parcours waarbij ze een versmalling van het fietspad passeerden en werden ingehaald door een andere fietser. Ook in dit veldexperiment zorgde het systeem niet voor een hogere taakbelasting en waren de deelnemers tevreden over het gebruik. Vooral over de achteruitkijkassistent waren de deelnemers tevreden. De uitkomsten van deze experimenten suggereren dat er een behoefte is, maar er zijn nog geen volwassen waarschuwingssystemen voor fietsers ontwikkeld die veilig op straat gebruikt kunnen worden.

Bovengenoemde systemen helpen om oudere fietsers zelf te waarschuwen. Ondersteunende systemen zouden ook kunnen helpen bij de interactie met andere weggebruikers. Hiervoor ontwikkelde Engbers (2019) een 'fietslichtcommunicatiesysteem' met richtingaanwijzer, remlicht en een indicatie van verhoging en verlaging van de fietssnelheid. Het systeem is getest in een veldexperiment met 20 jongere fietsers (gemiddeld 20 jaar) en 21 oudere fietsers (gemiddeld 70 jaar). Ze fietsten achter iemand met het systeem, haalden een fietser in en schatten de snelheid van iemand die in hun richting fietste met het systeem. De richtingaanwijzer en het remlicht werden positief gewaardeerd door de gebruikers, met name door de oudere gebruikers. De indicatie van de fietssnelheid was moeilijk te interpreteren en werd minder gewaardeerd. Zeker voor elektrische fietsen is het dankzij hun accu haalbaar om een remlicht en richtingaanwijzers toe te passen. Voor speed-pedelecs is een remlicht zelfs verplicht en op de snorfiets mag het worden toegepast. Richtingaanwijzers zijn op speed-pedelecs en snorfietsen toegestaan. De *Regeling Voertuigen* staat dit echter nog niet toe voor de fiets.

### 5.2.4 Fietsverlichting

De overgrote meerderheid van de ouderen, bijna 85% voert voor- en achterlicht bij duisternis. Het zal niet makkelijk zijn om dit percentage substantieel te laten stijgen maar er is mogelijk ook nog veiligheidswinst te behalen door fietsverlichting met een betere kwaliteit te promoten bij ouderen omdat hun gezichtsvermogen vermindert. Volgens Schepers, Nägele en Mak (2019) vermindert fietsverlichting de kans op ongevallen met motorvoertuigen omdat fietsers beter zichtbaar zijn maar is er nog geen onderzoek naar het effect op de kans op enkelvoudige

fietsongevallen. Volgens de Fietsersbond (2020a) zijn er inmiddels koplampen beschikbaar die voldoende licht geven om bijvoorbeeld obstakels ruim op tijd te zien en te ontwijken.

### 5.2.5 Kennishiaten

Er is nog weinig onderzoek naar de effecten van aanpassingen aan de fiets om balansproblemen te beperken. Met experimenteel onderzoek kan de effectiviteit van aanpassingen worden onderzocht, vergelijkbaar met het onderzoek naar het prototype van de SOFIETS dat is beschreven in *Paragraaf 5.2.1*. Dit onderzoek naar de veiligheid bij op- en afstappen zou uitgebreid kunnen worden naar de veiligheid bij op- en afstappen met modellen die al op de markt zijn zoals de lage instapfiets met het zadel achter de trapas (Van Raam, 2020) en de kanteldriewieler (TRIS, 2020). Het is bovendien de vraag hoe stabiel deze fietsen zijn bij andere situaties waarin balansproblemen ontstaan, bijvoorbeeld bij een glad wegdek.

Voor de ontwikkeling van waarschuwingssystemen zullen detectiesystemen zich nog verder moeten ontwikkelen. Richtingaanwijzers en remlichten zijn haalbaar op kortere termijn. De vraag is hoe andere weggebruikers deze systemen ervaren, hoe ze er op straat (zonder voorkennis) op korte en langere termijn op reageren, en in hoeverre deze systemen de veiligheid bij links afslaan bevorderen. Hier zou verder onderzoek naar kunnen worden verricht.

Naast bovenbeschreven inhoudelijke kennisvragen, is het de vraag in hoeverre het gebruik van aangepaste fietsen zou kunnen worden vergroot. Aanpassingen aan de fiets zouden veel ouderen kunnen helpen maar veel fietsers zijn zich niet bewust van het risico om ernstig gewond te raken bij fietsongevallen zonder motorvoertuigen (Schepers et al., 2020).

## 5.3 Educatie en voorlichting

Naar analogie van een conceptueel model van Hatakka et al. (1999), 'Goals for Driver Education', kunnen leerdoelen van educatie en voorlichting worden geclassificeerd naar de taakniveaus die ook zijn beschreven in *Paragraaf 4.1.1*: operationeel niveau, tactisch niveau en strategisch niveau. Hatakka et al. (1999) hebben daar het 'lifestyle-niveau' aan toegevoegd. Beslissingen op dat niveau in relatie tot verkeer zijn bijvoorbeeld het al dan niet aanschaffen van een auto en het kiezen van een woning dichtbij een station om makkelijk met de trein te kunnen reizen. Voor een schets van educatie-interventies anno 2015 maakte Rijkswaterstaat (2016) onderscheid in interventies op operationeel/tactisch niveau en strategische/lifestyle niveau. Een deel deze activiteiten vonden destijds plaats in het kader van het *Blijf Veilig Mobiel*-programma met onder andere diverse brochures zoals de 'Keuzewijzer fiets' (VVN, 2020). Interventies op operationeel/tactisch niveau zijn bijvoorbeeld trainingen voor het oprispen van regelkennis, het testen van de gezichtsscherpte en voertuigbeheersing. Interventies op het strategische en lifestyle niveau beogen ouderen bewust te maken van hun (on)mogelijkheden bij deelname aan het verkeer en ze te helpen om de juiste keuzen te maken, bijvoorbeeld de aanschaf van vervoersmiddelen, keuze van vervoerswijze, routekeuze en afstemming van de eigen vaardigheden op de omstandigheden bij verplaatsingen.

Volgens Hatakka et al. (1999) zijn interventies die zich beperken tot het operationele en tactische niveau maar beperkt effectief en is het beter om op meerdere niveaus te richten. Kennis van verkeersregels, gezichtsscherpte en reactievermogen (gerelateerd aan vaardigheden op operationeel en tactisch niveau) hangen namelijk nauwelijks samen met ongevalsrisico (Brouwer, 2005; Owsley & McGwin Jr, 2010; Zeedyk et al., 2001). In de eerder genoemde inventarisatie van educatie-interventies door Rijkswaterstaat (2016) is ook naar interventies voor fietsveiligheid gekeken. Anno 2015 waren die hoofdzakelijk op tactisch/operationeel niveau gericht, bijvoorbeeld voorlichting over verkeersregels en het aanleren van vaardigheden. Een beperkter aantal richtte zich op advies en ondersteuning bij de keuze van de juiste elektrische of driewiel-fiets. Het aandeel van de ouderen dat met trainingen en voorlichtingsdagen wordt bereikt is klein.



Later is het programma Doortrappen gestart. Dit programma beoogt het bereik van interventies voor oudere fietsers te vergroten door ze via andere kanalen te laten benaderen, liefst via bestaande sociale contexten zoals buurthuizen (Ideate, 2016). De website van Doortrappen biedt informatie zoals de 'Keuzewijzer fiets' waarmee op basis van antwoorden op een vragenlijst de meeste geschikte fiets gezocht kan worden (Doortrappen, 2020).

*Paragraaf 2.4* beschreef dat oudere fietsers belang hechten aan reistijd, hoeveelheid en snelheid van autoverkeer en aan aanwezigheid van fietspaden. Nieuwe interventies voor oudere fietsers zouden zich daarom kunnen richten op infrastructuur en routekeuze. Een voorbeeld is de interventie 'Relaxte Routes' (Broer, 2020). Enerzijds wordt met de doelgroep van ouderen gezocht naar routes waar het relatief 'relaxed' fietsen is. Anderzijds krijgen wegbeheerders aanbevelingen om routes meer 'seniorenproof' te maken en wordt met de oudere fietsers besproken hoe uitdagende verkeerssituaties het beste gepasseerd kunnen worden. Dit zou een kansrijke interventie op strategisch niveau kunnen zijn, maar ook voor deze interventie geldt dat hij nog niet is geëvalueerd.

In het rapport *Doortrappen* heeft het Mulier Instituut voor de komende jaren de monitoring en evaluatie van het programma uitgewerkt en zijn interventies, doelen en indicatoren beschreven (Balk, Van Lindert & Collard, 2020). Er zullen interviews worden verricht met initiatiefnemers van provincies en vervoerregio's en coördinatoren bij gemeenten. Deelnemende ouderen zal worden gevraagd naar bewustwording en gedragsverandering. Volgens Balk, Van Lindert en Collard (2020) is het bereik van het programma Doortrappen niet groot genoeg om het effect op ongevallen te kunnen evalueren. Voor verkeerseducatie geldt in het algemeen dat het aantal deelnemers te klein is en ongevallen te zeldzaam zijn om op ongevalsrisico te kunnen evalueren (Mesken, 2011). Om die reden wordt vaak geëvalueerd in hoeverre doelen ten aanzien van gedrag zijn behaald maar ook het aantal studies waarin dat op een methodologisch goede manier is gedaan, is beperkt. Bijvoorbeeld, volgens Duperrex, Bunn en Roberts (2002) voldeden maar 15 van de 674 evaluatiestudies van educatieprogramma's voor voetgangerveiligheid aan de door hen geformuleerde methodologische eisen. Ook naar de effecten van verkeerseducatie op het gedrag en ongevalsrisico van fietsers is weinig onderzoek gedaan, en de onderzoeken die zijn uitgevoerd, gaan vooral over jongere fietsers en/of suggereren dat de effecten gering zijn (Reurings et al., 2012; Twisk et al., 2014).

## 5.4 Letselbeperkende maatregelen

### 5.4.1 Fietshelm

Fietsers kunnen een fietshelm dragen om zichzelf bij een val van de fiets tegen hoofd- en hersenletsel te beschermen. De bescherming van de fietshelm is onderzocht in een groot aantal studies dat is samengevat in meta-analyses (zie bijvoorbeeld Høye, 2018; Olivier & Creighton, 2017). Door een fietshelm neemt het risico op ernstig hoofd-/hersenletsel na een botsing of val met gemiddeld 60% af en het risico op dodelijk hoofd-/hersenletsel met gemiddeld 71% (SWOV, 2019b). Gebaseerd op de effectiviteit van de fietshelm in deze meta-analyses, heeft SWOV een schatting gemaakt van een potentiële reductie van het aantal fietserslachtoffers in Nederland als alle fietsers een helm zouden dragen. Dit komt neer op een besparing van 45-50 verkeersdoden en 900 ernstig verkeersgewonden onder 70-plussers (Weijermars et al., 2018b). Uit een berekening van het RIVM blijkt dat een verplichting om een fietshelm te dragen kosteneffectief zou zijn voor fietsers van 65 jaar en ouder omdat zij een hoog risico lopen op ernstig of dodelijk letsel door een fietsongeval (Reuvers et al., 2020).

## 5.4.2 Airbags

Europese regelgeving zoals Richtlijn 2003/102/EG betreffende de bescherming van voetgangers is er met name op gericht om het letsel van voetgangers bij ongevallen met personenauto's te beperken, bijvoorbeeld met eisen aan de bumper en motorkap. Het is niet vanzelfsprekend dat deze eisen het letsel van fietsers bij ongevallen met personenauto's in dezelfde mate beperken. Fietsers raken met hun hoofd een auto bij een aanrijding verder naar achteren, namelijk op de bovenkant van de voorruit, de stijlen naast de voorruit of het dak. Voetgangers belanden met hun hoofd vaker op de motorkap of onderkant van de voorruit (Maki et al., 2003; Rodarius, Mordaka & Versmissen, 2008), zie ook *Paragraaf 4.3.5*.

Airbags worden van oudsher in zwaardere gemotoriseerde voertuigen toegepast om inzittenden te beschermen. Er zijn inmiddels airbags ontwikkeld om voetgangers en fietsers te beschermen tegen de impact met de motorkap en voorruit van een auto. Uit simulatiestudies van TNO blijkt dat de impact op het hoofd bij fietsers die op de voorruit belanden met circa 75% gereduceerd kan worden met airbags die bij een aanrijding de voorruit afdekken (Rodarius, Mordaka & Versmissen, 2008).

Autoliv (2020) heeft een airbag voor gemotoriseerde tweewielers ontwikkeld die het hoofd en bovenlichaam van de berijder kan beschermen bij een aanrijding. Hövding (2020) levert een 'helm-airbag' die eruit ziet als een sjaal die zichzelf bij een ongeval uitklapt om hoofd en nek te beschermen. Inmiddels zijn er ook vergelijkbare 'val-airbags' om tegen heupletsel te beschermen (WOLK, 2020). Voor zover bekend is de effectiviteit nog niet specifiek onderzocht voor fietsongevallen. Airbags kunnen dus ook gebruikt worden in lichte gemotoriseerde voertuigen of zonder dat ze zijn verwerkt in een voertuig.

## 5.5 Samenvatting

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van infrastructurele maatregelen, ontwikkelingen met betrekking tot de fiets, educatie en voorlichting en letselbeschermende maatregelen die genomen (kunnen) worden om het aantal slachtoffers onder oudere fietsers terug te dringen.

### Infrastructurele maatregelen

Om fietsongevallen met motorvoertuigen tegen te gaan is het belangrijk om fietsers bij hogere snelheden van motorvoertuigen te scheiden van het gemotoriseerd verkeer en om daar waar ontmoetingen plaatsvinden de snelheid van het gemotoriseerde verkeer te verlagen. Dit uitgangspunt leidt tot de volgende meest effectieve maatregelen: fietspaden en parallelwegen, parkeren langs rijbanen van gebiedsontsluitingswegen niet toestaan, Zone 30 en Zone 60 en rotondes. Van deze maatregelen is de effectiviteit onderzocht in ongevallenstudies. Van enkele nieuwe maatregelen, zoals de fietsstraat, brede fietsstroken en Shared Space zijn nog geen ongevalseffecten bekend.

Om fietsongevallen zonder motorvoertuigen tegen te gaan, worden de volgende aanbevelingen gedaan in richtlijnen: geen obstakels op en langs het fietspad, visuele geleiding van het wegverloop, fietspaden zijn voldoende breed, een vlakke, stroeve, hele en schone verharding, vergevingsgezinde randen en bermen en een veilige opeenvolging van elementen in het langprofiel. Deze aanbevelingen zijn afgeleid van kennis over (oorzaken van) fietsongevallen zonder motorvoertuigen. Er zijn nauwelijks kwantitatieve studies en evaluatiestudies uitgevoerd op dit terrein.

Om specifiek rekening te houden met de toenemende functiebeperkingen van ouderen, is het belangrijk om een seniorenproof wegontwerp toe te passen. Hiervoor zijn richtlijnen ontwikkeld, die in de praktijk nog maar beperkt worden toegepast.

### **Maatregelen aan de fiets**

Het is belangrijk dat fietsers hun zadel niet te hoog afstellen om de kans op vallen bij op- en afstappen te verkleinen, ze kunnen anti-slip trappers gebruiken om niet van een trapper af te glijden, een achteruitkijkspiegel op hun stuur monteren om makkelijker achteruit te kunnen kijken om links af te slaan en een krachtigere koplamp gebruiken om bijvoorbeeld obstakels ruim op tijd te zien.

Er zijn ook verschillende fietsen en systemen in ontwikkeling die het risico op ongevallen bij op- en afstappen beogen te verkleinen. Eerste testen met de zogeheten 'SOFIETS' laten positieve effecten op het 'balansgedrag' zien. Met een lagere zadelhoogte bij lage snelheden is het op- en afstappen makkelijker. De TU Delft werkt aan een systeem voor actieve stuurondersteuning dat een fiets ook bij lagere snelheden stabiel moet houden. Een andere manier om de stabiliteit van de fiets te verbeteren is een ontwerp met drie in plaats van twee wielen, al moet daarbij wel opgemerkt worden dat ook een (starre) driewieler kan kantelen. Om het risico op kantelongevallen te verkleinen is bij motorfietsen ingezet op de ontwikkeling van kanteldriewielers. Dit zou ook voor fietsen een veelbelovende ontwikkeling kunnen zijn.

### **Educatie en voorlichting**

Wat betreft educatie en voorlichting aan oudere fietsers, is het belangrijk om interventies óók te richten op strategisch/lifestyle niveau en ouderen bewust te maken van hun (on)mogelijkheden bij deelname aan het verkeer en ze te helpen om de juiste keuzen te maken, bijvoorbeeld met betrekking tot het aan te schaffen vervoermiddel en de afstemming van de eigen vaardigheden op de omstandigheden bij verplaatsingen.

Het programma Doortrappen beoogt het bereik van interventies voor oudere fietsers te vergroten. Ook voor Doortrappen geldt echter, net als voor educatie in het algemeen, dat het niet mogelijk is om het effect op ongevalsrisico te onderzoeken.

### **Letselbeperkende maatregelen**

De belangrijkste letselbeperkende maatregelen voor fietsers zijn de fietshelm en verschillende typen airbags. Door een fietshelm neemt het risico op dodelijk hoofd-/hersenletsel na een ongeval met gemiddeld 71% af. Wanneer alle 70-plussers een fietshelm zouden dragen, zou dit leiden tot een reductie van 45 à 50 verkeersdoden en 900 ernstig verkeersgewonden.

Wat betreft airbags kan onderscheid gemaakt worden tussen airbags die op het lichaam gedragen worden -een 'helm-airbag' die hoofd en nek beschermt en 'val-airbags' om tegen heupletsel te beschermen- en airbags in motorvoertuigen die bij een aanrijding de voorruit afdekken. Uit simulatiestudies blijkt dat de impact op het hoofd bij fietsers die op de voorruit belanden met ca. 75% gereduceerd kan worden door deze airbags.

## 6 Conclusies

**Dit rapport geeft een overzicht van de beschikbare kennis over de veiligheid van oudere fietsers, factoren die een rol spelen bij ongevallen met oudere fietsers en effecten van mogelijke maatregelen. Dit hoofdstuk bespreekt de conclusies.**

Het aantal ouderen neemt toe en binnen de groep ouderen neemt ook het aandeel oudere ouderen toe, de zogenoemde 'dubbele vergrijzing'. Ouderen zijn meer en verder gaan fietsen, mede dankzij de opkomst van de elektrische fiets. Deze ontwikkelingen hebben geleid tot een toename in fietsmobiliteit van oudere fietsers. Aangezien oudere fietsers een hoger overlijdensrisico hebben dan jongere fietsers -het overlijdensrisico van 80-plussers is ongeveer 50 keer zo hoog als dat van fietsers jonger dan 60 jaar- heeft deze toename in fietsmobiliteit een ongunstig effect op het aantal fietsslachtoffers. De overlijdensrisico's voor de verschillende leeftijdsgroepen (60-, 60-69, 70-79 en 80+) laten wel een dalende trend zien.

Dit rapport biedt een overzicht van de beschikbare kennis over factoren die een rol *kunnen* spelen bij ongevallen en/of ernstig letsel bij oudere fietsers en maatregelen die genomen kunnen worden om de veiligheid van oudere fietsers te vergroten. Niet voor alle factoren is in de literatuur daadwerkelijk evidentie gevonden dat zij het ongevalsrisico of letselrisico aantoonbaar verhogen en niet voor alle maatregelen is bekend of zij effectief zijn.

Bij het bespreken van de ongevalsfactoren in *Hoofdstuk 4* is onderscheid gemaakt tussen factoren gerelateerd aan de oudere fietser zelf, de fiets, de infrastructuur, andere weggebruikers en omstandigheden. Bij het bespreken van de maatregelen in *Hoofdstuk 5* is onderscheid gemaakt tussen infrastructurele maatregelen, maatregelen aan het voertuig en educatie en voorlichting. In dit hoofdstuk is voor een andere opzet gekozen: de belangrijkste ongevalsfactoren worden samengevat en besproken en per ongevalsfactor worden mogelijke maatregelen gepresenteerd. Voor de referenties verwijzen we naar *Hoofdstukken 4 en 5*.

### 6.1 Fysieke kwetsbaarheid en gebrek aan bescherming

Mede als gevolg van een verminderde spierkracht en flexibiliteit, zijn ouderen kwetsbaarder dan jongeren; zij hebben een grotere kans om ernstig gewond te raken bij een verkeersongeval en een grotere kans om te overlijden aan de verwondingen. Daarbij biedt de fiets als voertuig weinig bescherming bij een ongeval.

Fietsers kunnen een fietshelm dragen om zichzelf bij een val van de fiets tegen hoofd- en hersenletsel te beschermen. Door een fietshelm neemt het risico op ernstig hoofd-/hersenletsel na een botsing of val met gemiddeld 60% af en het risico op dodelijk hoofd-/hersenletsel met gemiddeld 71%. Wanneer alle 70-plussers een fietshelm zouden dragen, zou dit leiden tot een reductie van 45 a 50 verkeersdoden en 900 ernstig verkeersgewonden. Een andere mogelijke maatregel is een airbag die gedragen kan worden op het lichaam. Hövding levert een 'helm-airbag' die eruit ziet als een sjaal die zichzelf bij een ongeval uitklapt om hoofd en nek te

beschermen en daarnaast bestaan er vergelijkbare 'val-airbags' om tegen heupletsel te beschermen.

Bij een fietsongeval met een motorvoertuig wordt de kans op ernstig letsel vergroot door het massa- en snelheidsverschil tussen de voertuigen. Net als voor voetgangers, is ook voor fietsers het overlijdensrisico bij een botsnelheid van 50 km/uur ongeveer vijf keer zo hoog is als bij 30 km/uur. Het overlijdensrisico neemt voor fietsers wel iets minder snel toe dan voor voetgangers bij toename van de snelheid. Een Duurzaam Veilig wegontwerp kan veel ongevallen tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer voorkomen. Dat houdt in dat menging van fietsers en gemotoriseerd verkeer alleen veilig is bij snelheden lager of gelijk 30 km/h. Bij hogere snelheden van motorvoertuigen dienen fietsers door middel van fietspaden gescheiden te worden van het gemotoriseerd verkeer en daar waar toch ontmoetingen kunnen plaatsvinden, zoals op kruispunten en oversteekvoorzieningen, dienen de snelheden van motorvoertuigen verlaagd te worden, bijvoorbeeld middels kruispuntplateaus. Een maatregel om de kans op letsel bij fietsers te verkleinen is een airbag in een motorvoertuig die bij een aanrijding de voorruit afdekt. Uit simulatiestudies blijkt dat de impact op het hoofd bij fietsers die op de voorruit belanden met ca. 75% gereduceerd kan worden door deze airbags.

Bijna de helft van de fietsdoden<sup>4</sup> en 80% van de ernstig verkeersgewonde fietsers valt bij ongevallen zonder motorvoertuig. Ook bij deze ongevallen speelt fysieke kwetsbaarheid in combinatie met gebrek aan bescherming een rol; doordat de fiets geen bescherming biedt, kan een val of botsing met een obstakel ook bij lage snelheid tot ernstig letsel leiden. Ouderen hebben vanwege hun fysieke kwetsbaarheid een grotere kans op ernstig of dodelijk letsel dan jongeren en daardoor vallen er relatief veel oudere slachtoffers bij fietsongevallen zonder motorvoertuig. Omdat de fiets, in tegenstelling tot bijvoorbeeld de auto, geen bescherming biedt, is een fysiek vergevingsgezinde fietsinfrastructuur (o.a. vrij van obstakels, veilige bermen) ook bij lagere snelheden belangrijk.

## 6.2 Balansproblemen

Aangezien een fiets doorgaans twee wielen heeft, valt deze bij lage snelheid om zonder actie van de berijder. Balansproblemen kunnen op de volgende wijzen bijdragen aan enkelvoudige fietsongevallen:

- Een val bij lage snelheid, bijvoorbeeld bij op- of afstappen.
- Het wegglijden van met name het voorwiel of het blokkeren van het voorwiel waardoor het balansmechanisme wordt verstoord en een val onvermijdelijk is.
- Verstoring van het balansmechanisme door oneffenheden in de wegverharding (of berm), een windvlaag, etc.

Met name ongevallen bij lagere snelheid (inclusief ongevallen bij op- en afstappen) komen vaker voor bij oudere fietsers dan bij jongere fietsers. Hierbij spelen achteruitgang in sensorische en motorische functies als kracht, evenwicht en flexibiliteit waarschijnlijk een rol. Daarnaast blijken met name oudere vrouwen anders op- en af te stappen dan jongere fietsers. Ze sturen vaker schokkerig bij lagere snelheden en het kost ze meer tijd om vaart te maken. Ongevallen bij afstappen komen vaker voor dan bij opstappen, maar welke factoren dit verschil verklaren is nog onbekend.



<sup>4</sup> Dit betreft een schatting op basis van de doodsoorzakenstatistiek. Van alle in BRON geregistreerde verkeersdoden onder fietsers, valt ongeveer 20% bij een ongeval zonder motorvoertuig. Dit is echter een onderschatting, omdat fietsongevallen zonder motorvoertuig minder goed geregistreerd worden door de politie dan fietsongevallen met motorvoertuig.

Mogelijk is het risico bij op- en afstappen iets hoger op een elektrische fiets dan op een gewone fiets. Elektrische fietsen zijn namelijk zwaarder dan gewone fietsen en experimenteel onderzoek heeft laten zien dat het op een elektrische fiets langer duurt om vanuit stilstand een snelheid van 6 km/uur te bereiken. Dit hangt af van de technische kenmerken van de fiets. Er zijn inmiddels elektrische fietsen met een 'starthulp' op de markt om dit probleem te verkleinen. Er is geen hard bewijs gevonden in ongevallestudies dat het risico bij op en afstappen daadwerkelijk hoger is voor elektrische fietsen. In het algemeen is het op basis van de literatuur niet duidelijk of de kans op een ongeval groter is op een elektrische fiets. Volgens de meeste studies zijn ongevallen met elektrische fietsen niet ernstiger dan ongevallen met gewone fietsen. Wel zijn er indicaties dat oudere vrouwen op een elektrische fiets vaker ernstig gewond raken dan op een gewone fiets.

Ook bij andere typen ongevallen die relatief vaak voorkomen bij oudere fietsers speelt balans mogelijk een rol:

- Het lijkt erop dat oudere fietsers bij lagere snelheden een grotere vetergang hebben en dit speelt mogelijk een rol bij botsingen tegen obstakels of ongevallen waarbij fietsers van de weg afraken.
- Ouderen gebruiken meer manoeuvreerruimte als ze over hun schouder kijken en stappen ook vaker af bij deze manoeuvre en dit speelt mogelijk een rol bij het relatief hoge aantal ongevallen bij links afslaan.

Wat betreft maatregelen, is het belangrijk dat fietsers hun zadel niet te hoog afstellen om de kans op vallen bij op- en afstappen te verkleinen, ze kunnen anti-sliptrappers gebruiken om niet van een trapper af te glijden, een achteruitkijkspiegel op hun stuur monteren om makkelijker achteruit te kunnen kijken om links af te slaan en een krachtigere koplamp gebruiken om bijvoorbeeld obstakels ruim op tijd te zien. Daarnaast zijn verschillende fietsen en systemen in ontwikkeling die het risico op ongevallen bij op- en afstappen beogen te verkleinen. Eerste testen met de zogeheten 'SOFIETS' laten positieve effecten op het 'balansgedrag' zien. Met een lagere zadelhoogte bij lage snelheden is het op- en afstappen makkelijker. Ook andere kenmerken van het frame kunnen aangepast worden om ervoor te zorgen dat fietsers makkelijker met hun voeten bij de grond kunnen. De TU Delft werkt aan een systeem voor actieve stuurondersteuning dat een fiets ook bij lagere snelheden stabiel moet houden. Een andere manier om de stabiliteit van de fiets te verbeteren is een ontwerp met drie in plaats van twee wielen. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat ook een (starre) driewieler kan kantelen, zoals onderzoek naar ongevallen met scootmobielen, die meestal zijn uitgevoerd als starre driewielers, heeft laten zijn. Om het risico op kantelongevallen te verkleinen is bij motorfietsen ingezet op de ontwikkeling van kanteldriewielers. Dit zou ook voor fietsen een veelbelovende ontwikkeling kunnen zijn om ongevallen waarbij balansproblemen een rol spelen, tegen te gaan. In het buitenland zijn al fietsen als kanteldriewieler beschikbaar.

Daarnaast is het belangrijk om de infrastructuur zo in te richten dat enkelvoudige fietsongevallen zoveel mogelijk voorkomen worden. Specifiek met betrekking tot de balans is daarbij van belang dat fietsinfrastructuur voldoende breed is, er geen oneffenheden in de verharding zijn, het fietspad niet glad is door bijvoorbeeld sneeuw, ijs of bladeren en er geen obstakels zijn op of langs het fietspad. Specifiek voor oudere fietsers geldt dat een voldoende breed fietspad en voldoende manoeuvreerruimte extra belangrijk zijn door de grotere vetergang bij lagere snelheden.

## 6.3 Achteruitgang van functies

Bij het ouder worden verslechteren sensorische (gezichtsvermogen, gehoor en evenwicht), cognitieve en motorische functies en wordt de kans op gezondheidsproblemen zoals slechtziendheid groter. Van sommige gezondheidsproblemen, zoals een beperkt gezichtsveld, evenwichts- en coördinatieproblemen, is bekend dat zij tot een hogere ongevalsbetrokkenheid leiden. In hoeverre gezonde ouderen vaker bij fietsongevallen betrokken zijn is nog onvoldoende onderzocht. In de statistieken zien we meer ernstige ongevallen bij ouderen maar waarschijnlijk is hun grotere kwetsbaarheid –en dus ernstiger letsel als ze bij een ongeval betrokken zijn– een belangrijker verklaring dan een hogere ongevalsbetrokkenheid.

Soorten fietsongevallen die relatief vaak bij ouderen voorkomen en waarbij achteruitgang van sensorische, cognitieve en motorische functies mogelijk een rol speelt zijn:

- Ongevallen waarbij een fietser tegen een obstakel botst of van de weg afraakt; Bij deze ongevallen speelt achteruitgang van sensorische functies mogelijk een rol, bijvoorbeeld wat betreft het tijdig waarnemen van contrast. Ook afname van motorische functies en reactievermogen kan een rol spelen; ouderen zijn wellicht minder goed in staat om een obstakel op het laatste moment te ontwijken.
- Ongevallen bij het links afslaan; Bij deze ongevallen speelt mogelijk een rol dat ouderen meer moeite hebben met het snel verwerken van informatie, het over hun schouder kijken en minder goed horen.

Ouderen kunnen een deel van de achteruitgang van functies compenseren, bijvoorbeeld door bepaalde locaties en fietsen bij drukte en duisternis te vermijden, een aangepaste fiets aan te schaffen (bijvoorbeeld met een lage instap) of niet door rood te rijden. Het programma Doortrappen van IenW probeert ouderen hierbij te ondersteunen en geeft onder andere tips om veilig te blijven fietsen, oefeningen om fietsfit te blijven en een keuzewijzer fiets. Daarnaast kan een veilige inrichting van de infrastructuur ervoor zorgen dat achteruitgang van functies minder snel tot ongevallen leidt en zijn ook aanpassingen aan de fiets mogelijk.

Infrastructuur speelt een belangrijke rol bij ongeveer de helft van de enkelvoudige fietsongevallen. Voor het voorkomen van deze ongevallen zijn de volgende kenmerken van belang:

- Er zijn in principe geen obstakels op en langs het fietspad
- Het wegverloop is visueel geleid
- Fietspaden zijn voldoende breed
- De verharding van het fietspad is vlak, stroef, heel en schoon
- Fietspaden hebben vergevingsgezinde randen en berm
- Er is een veilige opeenvolging van elementen in het langprofiel, bijvoorbeeld hellingen, bochten en kruispunten.

Specifiek voor ouderen is het daarbij van belang dat de infrastructuur seniorenproof is ingericht, zowel op specifieke locaties als op netwerkniveau. Richtlijnen voor seniorenproof wegontwerp geven bijvoorbeeld aan dat voldoende breedte voor oudere fietsers een extra aandachtspunt is. Ook wordt in deze richtlijnen aandacht besteed aan het voorkomen van ongevallen met links afslaan. Op netwerkniveau kan bijvoorbeeld ook gedacht worden aan route-informatie en aan het aanpassen van onoverzichtelijke kruispunten op routes die veel door oudere fietsers worden gebruikt. De richtlijnen voor seniorenproof wegontwerp blijken in de praktijk maar beperkt te worden toegepast.

Hulpmiddelen aan de fiets die ouderen kunnen ondersteunen, onder andere bij het links afslaan, zijn de achteruitkijkspiegel en de meer geavanceerde achteruitkijk-assistent, waarvan op dit moment alleen nog een prototype beschikbaar is. Mogelijke hulpmiddelen ter ondersteuning van communicatie met andere weggebruikers zijn remlichten en richtingaanwijzers. De infrastructuur kan zo worden ingericht dat ouderen meer tijd krijgen bij het links afslaan, bijvoorbeeld door

toepassing van vrijliggende fietspaden en rotondes. Als er vrijliggende fietspaden aanwezig zijn kunnen fietsers die vanaf een voorrangsweg links afslaan dat in twee fasen doen: eerst de zijstraat oversteken en daarna de voorrangsweg. Een opgeblazen fietsopstelstrook (OFOS) kan helpen op kruispunten waar de ruimte voor vrijliggende fietspaden ontbreekt.

## 6.4 Overige ongevalsfactoren

Andere ongevalsfactoren die een rol kunnen spelen bij ongevallen met oudere fietsers en fietsers in het algemeen zijn het gedrag van de fietsers en medeweggebruikers, lichtomstandigheden en drukte op fietspaden.

Wat betreft de rol van het gedrag van oudere fietsers, is informatie beschikbaar over alcoholgebruik, roodlichtnegatie, tegen de richting in fietsen en snelheidskeuze. Alcoholgebruik blijkt ook bij fietsers een relevante ongevalsfactor te zijn, al moet daarbij wel opgemerkt worden dat oudere fietsers minder vaak onder invloed van alcohol fietsen dan jongere fietsers. Ook roodlichtnegatie gebeurt minder vaak door ouderen dan door jongeren, maar uit een Nederlandse observatiestudie bleek dat ook van de 65-plussers nog ruim 20% door het rode licht reed. Tegen de richting in fietsen komt heel weinig voor -uit observatieonderzoek bleek dat het percentage spookrijders op fietspaden 0,5% tot 5,2% bedroeg- en gebeurt iets vaker door jongeren (< 25 jaar). Wat betreft snelheidskeuze is relevant dat oudere fietsers de ondersteuning door de elektrische fiets lijken te gebruiken om sneller te fietsen. Het is nog onduidelijk wat dit betekent voor het ontstaan van fietsongevallen.

Met betrekking tot het gedrag van medeweggebruikers is bekend dat dit een rol speelt bij een aanzienlijk deel van de fietsongevallen met en zonder motorvoertuigen. Medeweggebruikers blijken vaak geen voorrang te verlenen aan de fietser. Wat hierbij mogelijk een rol speelt is dat automobilisten de snelheid van, met name oudere elektrische, fietsers onderschatten. De verschillen tussen elektrische fietsers en andere fietsers zijn overigens kleiner dan de verschillen tussen fietsers en snorfietsers. Andere factoren die een rol kunnen spelen bij ongevallen met of door medeweggebruikers zijn geen richting aangeven, verkeersdrukte, beperking van het zicht op obstakels en niet goed opletten.

Wat betreft lichtomstandigheden is bekend dat het risico op een ernstig fietsongeval hoger is bij duisternis en met name in de vroege ochtend verhoogd is. Hierbij speelt alcoholgebruik waarschijnlijk ook een rol. De uitkomsten van onderzoek naar de relatie met weersomstandigheden zijn inconsistent. Wat betreft drukte op fietspaden blijkt uit onderzoek dat het op specifieke locaties en tijdstippen in grote steden te druk is voor de breedte van het fietspad, maar dat tegelijkertijd sprake is van gedragsaanpassingen, waardoor de variatie in snelheid afneemt en er minder vaak tegen de richting in wordt gefietst. De relatie tussen risico en drukte is nog niet bekend. Op dit moment vindt binnen SWOV een promotieonderzoek plaats waarin onder andere wordt gekeken naar de relatie tussen fietsvolumes en verkeersveiligheid.



## 6.5 Samenvattend schema

De belangrijkste factoren die leiden tot een hoog risico op ernstig of dodelijk letsel door fietsongevallen voor oudere fietsers zijn samengevat in *Afbeelding 6.1*.

Als gevolg van achteruitgang in cognitieve, sensorische en motorische functies, nemen vaardigheden van oudere fietsers af. Als gevolg hiervan hebben oudere fietsers meer kans op specifieke typen ongevallen, namelijk ongevallen tijdens het op- en afstappen, andere typen enkelvoudige fietsongevallen zoals botsingen met obstakels, van de weg afraken en ongevallen bij het links afslaan. Oudere fietsers compenseren echter ook voor deze functiebeperkingen, bijvoorbeeld door een aangepaste fiets aan te schaffen, minder gunstige omstandigheden zoals duisternis en drukte te vermijden, langzamer te fietsen en zich goed aan de regels te houden. Dankzij dit compensatiegedrag lijkt de ongevalskans van oudere fietsers hooguit licht verhoogd. Door hun fysieke kwetsbaarheid hebben oudere fietsers echter wel een duidelijk hogere overlijdenskans dan jongere fietsers als ze bij een ongeval betrokken raken. Dat er per afgelegde afstand veel doden onder oudere fietsers vallen heeft dan ook vooral te maken met de fysieke kwetsbaarheid van ouderen in combinatie met het gebrek aan bescherming als fietser.



*Afbeelding 6.1*. Schematische samenvatting van de belangrijkste ongevals- en letselfactoren van oudere fietsers.

## 7 Mogelijkheden voor vervolgonderzoek

In *Hoofdstuk 4 en 5* is een aantal kennishiaten besproken. Dit hoofdstuk bespreekt welk vervolgonderzoek mogelijk en wenselijk is om deze kennishiaten op te vullen.

Dit hoofdstuk bespreekt mogelijk vervolgonderzoek. In de eerste plaats wordt een overzicht gegeven van onderzoeksmethoden die gebruikt kunnen worden voor vervolgonderzoek op het gebied van verkeersveiligheid van (oudere) fietsers. Vervolgens worden, op basis van de in *Hoofdstuk 4 en 5* geïdentificeerde kennishiaten, mogelijkheden voor vervolgonderzoek besproken. Per onderwerp worden mogelijke onderzoeken beschreven en wordt ingegaan op de haalbaarheid, maatschappelijke relevantie en wetenschappelijke meerwaarde. De laatste paragraaf vat de mogelijke onderzoeken samen en bespreekt welke onderzoeken SWOV van plan is om de komende jaren uit te voeren op dit terrein.

### 7.1 Onderzoeksmethoden

Invloed van ongevalsfactoren en effectiviteit van maatregelen kunnen op verschillende niveaus onderzocht worden. *Tabel 7.1* geeft een overzicht van de verschillende niveaus en de beschikbare methoden per niveau die relevant zijn voor onderzoek op de onderwerpen die in de vorige paragraaf genoemd zijn.

*Tabel 7.1. Overzicht van de niveaus van onderzoek en mogelijke methoden*

Niveau waarop onderzoek plaatsvindt	Onderzoeksmethode
Ongevallen/slachtoffers/risico	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Voor-nastudie (met controlegroep)</li> <li>&gt; Case-controlstudie</li> <li>&gt; Correlatieel onderzoek naar relatie tussen wegkenmerken en ongevallen</li> <li>&gt; Uitgebreide analyse van ongevallen: dieptestudie, analyse processen-verbaal</li> <li>&gt; Onderzoek op basis van zelfgerapporteerde ongevallen</li> <li>&gt; Longitudinaal onderzoek, bijvoorbeeld een cohortstudie</li> </ul>
Gedrag/conflicten	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Gedragsobservatie in het 'gewone' verkeer (bijvoorbeeld middels video en/of naturalistic cycling)</li> <li>&gt; Experiment in het verkeer of op afgesloten terrein</li> <li>&gt; Simulatoronderzoek</li> <li>&gt; Gedragsexperiment met Virtual Reality /videobeelden/foto's</li> <li>&gt; Zelfgerapporteerd gedrag</li> <li>&gt; Simulatie</li> <li>&gt; Longitudinaal onderzoek, bijvoorbeeld een cohortstudie</li> </ul>

### 7.1.1 Analyses op het niveau van slachtoffers en/of risico

Idealiter zou je na willen gaan wat het effect van een ongevalsfactor of maatregel is op het aantal slachtoffers en/of het risico. Vanuit wetenschappelijk oogpunt verdient een voor-nastudie met controlegroep de voorkeur omdat daarmee causale verbanden gevonden kunnen worden. Een maatregel wordt dan ingevoerd op een aantal (het liefst random gekozen) locaties en het aantal slachtoffers (per afgelegde afstand) na invoering van de maatregel wordt vergeleken met het aantal slachtoffers (per afgelegde afstand) voor invoering van de maatregel. Middels een controlegroep kan gecorrigeerd worden voor eventuele andere ontwikkelingen.

In de praktijk is een goede voor-nastudie met controlegroep vaak niet mogelijk. Complicerende factoren voor het uitvoeren van een goede voor-nastudie, zijn:

- Locaties waar de maatregelen worden ingevoerd, worden vaak niet random gekozen, maar bijvoorbeeld omdat ze relatief onveilig zijn.
- Aantallen verkeersdoden zijn (gelukkig) dusdanig laag, dat een zeer grote steekproef nodig is om een effect aan te tonen.
- Het is vaak niet bekend waar en wanneer maatregelen genomen worden en het is dus niet zo eenvoudig om locaties te selecteren.
- Als wel bekend is waar maatregelen genomen zijn is het de vraag of de hoeveelheid fietsverkeer voor- en na invoering bekend is. Zonder die informatie kan niet voor veranderingen in blootstelling aan risico worden gecorrigeerd.
- Fietsongevallen -en dan met name ongevallen zonder motorvoertuig- worden zelden geregistreerd in BRON en daardoor is de locatie van die ongevallen niet bekend en kunnen deze ongevallen niet meegenomen worden in een voor-nastudie. Ambulancegegevens vormen mogelijk een aanvullende bron wat betreft fietsongevallen, al moet hierbij worden opgemerkt dat ook in deze gegevens de exacte ongevalslocatie (nog) niet in alle gevallen beschikbaar is.

Bij correlatieel onderzoek naar de relatie tussen wegkenmerken en risico/ongevallen, hoeven van tevoren geen locaties te worden geselecteerd die in het onderzoek worden meegenomen, maar worden statistische analyses uitgevoerd op beschikbare gegevens. Ook voor dit type onderzoek is een grote steekproef nodig om zinvolle uitspraken te kunnen doen. Bovendien moet opgepast worden dat geen onterechte conclusies worden getrokken uit de gevonden correlaties. Zo is het mogelijk dat de aanwezigheid van een zebepad correleert met het aantal voetganger-ongevallen. Dit wil echter niet zeggen dat het aanleggen van een zebepad leidt tot een toename in het aantal ongevallen. De correlatie wordt namelijk ook beïnvloed door het aantal aanwezige voetgangers dat de straat over wil/moet steken.

Een voorbeeld van een correlatieve onderzoeksopzet is een case-controlstudie. Bij een case-controlstudie, wordt het risico vergeleken tussen twee groepen mensen of locaties, bijvoorbeeld locaties met en zonder ongeval. Er wordt gekeken of een bepaald kenmerk vaker of minder vaak voor komt op de locaties met ongeval (cases) dan waar geen ongeval heeft plaatsgevonden (controle-locaties). Ook bij deze studies spelen de complicerende factoren dat het aantal verkeersdoden laag is en niet alle fietsslachtoffers geregistreerd worden in BRON. Daarnaast verschillen locaties vaak op meer kenmerken van elkaar dan alleen het kenmerk dat onderzocht wordt, bijvoorbeeld de hoeveelheid fietsverkeer. Het is daarom moeilijk om voor alle mogelijk versturende factoren te corrigeren om betrouwbare conclusies te kunnen trekken.

Uitgebreide analyse van (een specifieke groep) ongevallen, bijvoorbeeld door middel van dieptestudie of analyse van processen-verbaal, levert meer inzicht in onderliggende ongevalsfactoren. Zo heeft de SWOV dieptestudie naar fietsongevallen met 50-plussers (Davidse et al., 2014b) meer inzicht opgeleverd in ongevalsfactoren die een rol spelen bij deze ongevallen en typische ongevalsscenario's voor fietsongevallen met 50-plussers. Diepteonderzoek levert veel aanvullende informatie, maar is wel tijdrovend en duur. Bij onderzoek op basis van Processen Verbaal zijn we afhankelijk van de kwaliteit en volledigheid van de registreerde kenmerken en ongevals-

omschrijvingen etc. Dat is vooral bij enkelvoudige fietsongevallen en fiets-fietsongevallen een probleem, omdat de VOA daar minder vaak ter plaatse komt.

Alle bovenstaande onderzoeksmethoden maken gebruik van officiële ongevallenstatistieken, voornamelijk CBS-gegevens, BRON en LBZ en in de toekomst mogelijk ook van ambulancegegevens. Daarnaast kan gebruik gemaakt worden van zelfgerapporteerde ongevallen. Deze bron is met name geschikt om meer te weten te komen over ongevallen die niet goed meegenomen worden in de politieregistratie en is in het verleden bijvoorbeeld gebruikt om aanvullende informatie in te winnen over fietsongevallen zonder motorvoertuigen. Nadeel van deze bron is dat het grotendeels gaat om minder ernstige ongevallen en bij deze ongevallen spelen mogelijk (deels) andere factoren een rol dan bij ernstige ongevallen. Daarnaast kunnen mensen zich niet altijd alle ongevallen juist herinneren en is deze bron dus minder betrouwbaar.

Een ander type onderzoek waarin ook gebruik gemaakt kan worden van ongevalsgegevens is een cohortstudie, een vorm van longitudinaal onderzoek. In een cohortstudie wordt een groep deelnemers gedurende langere tijd gevolgd. In dit geval zou een groep oudere fietsers gedurende langere tijd gevolgd kunnen worden en zou gemonitord kunnen worden hoe hun ongevals-betrokkenheid zich ontwikkelt in de tijd en hoe deze zich verhoudt tot functieverlies en mogelijk ook fietsgedrag en compensatiegedrag. Om zinnige uitspraken te kunnen doen over met name ongevalsbetrokkenheid is wel een zeer grote steekproef nodig en dit onderzoek is dan ook relatief omvangrijk en duur. Dat zou een reden kunnen zijn om dit op te zetten als infrastructuur voor meerdere onderzoeken en om te verkennen of samenwerking mogelijk is met een partij die voor een ander doel een cohort volgt.

### **7.1.2 Observatie van gedrag en/of optredende conflicten**

Veel maatregelen of ongevalsfactoren beïnvloeden de verkeersveiligheid door middel van het gedrag van fietsers. Daarbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan het op- en afstapgedrag, het stuurgedrag, de snelheidskeuze, inhaalgedrag, de laterale positie op het fietspad en de routekeuze, wel of niet fietsen na nuttigen van alcoholische dranken, etc. Het is zinvol om inzicht te hebben in 1) de relatie tussen maatregelen en ongevalsfactoren -zoals kenmerken van de fiets, infrastructuurkenmerken en omgevingsfactoren- en het gedrag van fietsers en 2) de invloed van het gedrag van fietsers op het risico.

Het gedrag van fietsers kan onderzocht worden in het verkeer zelf, bijvoorbeeld door middel van (video)observaties of door middel van 'naturalistic cycling', in een meer experimentele setting (Twisk, Vlakveld & Boele, 2014), en in een fietssimulator. Een voorbeeld van een 'naturalistic cycling' onderzoek, is een onderzoek waarin gedrag van fietsers op elektrische fietsen, speed pedelecs en gewone fietsen met elkaar vergeleken is (Stelling et al., 2017). SWOV heeft in een aantal onderzoeken ook gebruik gemaakt van video-observaties. Zo is in het onderzoek 'Gebruikers van het fietspad in de stad' (De Groot-Mesken, Vissers & Duivenvoorden, 2015) met behulp van video-observaties op acht locaties gekeken naar drukte, snelheidsvariatie en gedrag op het fietspad. Meer recent is middels video-observatie gekeken naar de effecten van infrastructurele aanpassingen op kruispunten op fietsstromen, snelheid en conflicten. Een voorbeeld van een experimentele studie naar fietsgedrag is de studie van Boele-Vos, Commandeur en Twisk (2017) waarin het effect van fysieke inspanning op mentale belasting in relatie tot leeftijd en type fiets is onderzocht. Een ander voorbeeld is een experiment van Twisk, Platteel en Lovegrove (2017) waarin opstappen op een gewone fiets is vergeleken met opstappen op een elektrische fiets.

Methoden zoals 'naturalistic cycling' met geïnstrumenteerde fietsen helpen om gedrag op operationeel niveau en mogelijke conflicten met andere verkeersdeelnemers te bestuderen. Routekeuzegedrag kan ook worden bestudeerd met apps op een telefoon die gebruik maken van GPS. Deze aanpak is ook gebruikt in de fietstelweek. Afhankelijk van de onderzoeksvraag zouden de resultaten van de fietstelweek gebruikt kunnen worden, maar hierbij is bijvoorbeeld niet

bekend van wie de gegevens afkomstig zijn. Daardoor kan bijvoorbeeld niet op gegevens van oudere fietsers worden geselecteerd.

Fietssimulatoren zijn betrekkelijk nieuw. SWOV heeft in 2019 geïnventariseerd welke fiets-simulatoren inmiddels beschikbaar zijn en is tot de conclusie gekomen dat geen enkele simulator in staat lijkt te zijn om de 'echte' fietservaring realistisch te simuleren en dat geen enkele simulator in staat is om lage snelheden in relatie tot het houden van balans realistisch te simuleren. Wel zijn er wereldwijd verschillende simulatoren ontwikkeld en in ontwikkeling die geschikt zijn voor het beantwoorden van specifieke onderzoeksvragen, met name met betrekking tot interactie met ander verkeer.

Wanneer het niet mogelijk is om het daadwerkelijke gedrag te onderzoeken, kan ook gekeken worden naar gedrag dat fietsers zeggen te (zullen) vertonen. In de eerste plaats kan middels een vragenlijst informatie worden verkregen over zelfgerapporteerd gedrag, zoals bijvoorbeeld routekeuze en het gebruik van apparatuur op de fiets. Dit is bijvoorbeeld gedaan in de Interpolis Barometer (Van der Kint en Mons (2019)). Daarnaast kan met behulp van een VR omgeving of animatiefilms, of door weggebruikers foto's voor te leggen, gevraagd worden wat weggebruikers in specifieke situaties zouden doen. Zo hebben Vlakveld en Van der Kint (2018) een online test ontwikkeld met animatiefilms waarin zelfrijdende auto's voorkomen en is fietsers gevraagd wat zij in specifieke conflictsituaties zouden doen. Voor voorbeelden van deze filmpjes zie: [www.swov.nl/interactie-fietsers](http://www.swov.nl/interactie-fietsers).

Tot slot kan gedrag ook worden nagebootst, oftewel gesimuleerd met behulp van simulatie-modellen. Verkeerssimulatiemodellen kunnen gebruikt worden om mobiliteitsgedrag, verkeersgedrag en verkeersafwikkeling na te bootsen. Deze modellen kunnen gebruikt worden om de effecten van verschillende maatregelen of alternatieven op bijvoorbeeld routekeuze en doorstroming te onderzoeken. In een macro- of mesoscopisch model zou gekeken kunnen worden in welke mate fietsers worden blootgesteld aan gemotoriseerd verkeer, in een microscopisch model kunnen met behulp van conflicten -of daaraan gerelateerde maten- verkeersveiligheidseffecten vergeleken worden voor verschillende alternatieven/maatregelen. Voorwaarde voor het gebruik van simulatiemodellen is wel dat (oudere) fietsers en de interactie tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer realistisch meegenomen worden in het simulatiemodel. Ook zou gevalideerd moeten worden in hoeverre de kans op ongevallen met (oudere) fietsers voldoende samenhangt met de mate van blootstelling of gesimuleerde conflicten.

## 7.2 Onderwerpen voor vervolgonderzoek

Deze paragraaf beschrijft mogelijke onderwerpen voor vervolgonderzoek. Hierbij is gebruik gemaakt van de kennishiaten die in *Hoofdstuk 4 en 5* geïdentificeerd zijn. Per onderwerp is uitgewerkt welke vervolgonderzoeken (methoden) mogelijk zijn. Vervolgens wordt beschreven in hoeverre de onderzoeken maatschappelijk relevant, wetenschappelijk interessant en haalbaar zijn.

### 7.2.1 Veiligheid voor (oudere) fietsers op netwerkniveau

In *Hoofdstuk 2* is geconstateerd dat nog niet goed bekend is welke routes het meest veilig zijn voor fietsers in het algemeen en voor oudere fietsers in het bijzonder. Ook is weinig bekend over de daadwerkelijke routekeuze van oudere fietsers en de afwegingen die zij daarbij maken. Er zijn verschillende onderzoeken mogelijk op dit gebied.

Eenzijds zijn nog geen indicatoren beschikbaar om de veiligheid van routes in kaart te brengen; welke kenmerken bepalen of een route veilig is voor fietsers in het algemeen en oudere fietsers in het bijzonder. Op basis van de in dit rapport beschreven kennis zou een eerste voorstel gedaan kunnen worden voor relevante kenmerken en zouden indicatoren ontwikkeld kunnen worden.

Deze zouden stapsgewijs gevalideerd kunnen worden in vervolgonderzoeken, bijvoorbeeld met behulp van (micro)simulatie.

Anderzijds is nog weinig bekend over de routes die oudere fietsers prefereren en factoren die een rol spelen bij de routekeuze van oudere fietsers. Dit zou onderzocht kunnen worden door middel van een vragenlijstonderzoek of door het verzamelen van gegevens over fietsverplaatsingen van oudere fietsers.

Met behulp van een microsimumatiemodel zou vervolgens onderzocht kunnen worden hoe de gekozen routes zich verhouden tot de meest veilige route en zouden maatregelen en hun effecten gesimuleerd kunnen worden. Daarbij zou ook gekeken kunnen worden naar de voor- en nadelen van tweerichtingenfietspaden op specifieke locaties (meer oversteekbewegingen vs. conflicten op het fietspad en fietsverkeer uit onverwachte richting).

Een meer fundamentele vraag die speelt bij fietsveiligheid op netwerkniveau is of ook voor fietsers, zoals voor autoverkeer, een stroomfunctie en een verblijfsfunctie onderscheiden kan worden en of het -voor het verkeerssysteem als geheel- wenselijk is om fietsers zoveel mogelijk gebruik te laten maken van fietspaden langs gebiedsontsluitingswegen of routes door verblijfsgebieden aantrekkelijk te maken.

Het onderwerp is maatschappelijk relevant, wetenschappelijk interessant en verschillende deelonderzoeken zijn haalbaar. Het is naar verwachting echter niet haalbaar om indicatoren voor veilige routes volledig te valideren en te bepalen wat effecten van routekeuze veranderingen zijn op het aantal ongevallen. Het onderzoek met microsimumatiemodellen vergt wel specifieke expertise die SWOV nog maar beperkt in huis heeft, een microsimumatiemodel waarin gedrag realistisch wordt gesimuleerd en is tijdsintensief.

### **7.2.2 Invloed van normaal functieverlies op fietsgedrag en overlijdensrisico**

Bij het ouder worden verslechteren sensorische (gezichtsvermogen, gehoor en evenwicht), cognitieve en motorische functies. Er is nog weinig inzicht in de mate waarin het fietsgedrag en bijgevolg het ongevalsrisico worden beïnvloed door dit functieverlies. Complicerende factor is dat fietsers ook compenseren voor functiebeperkingen en vooralsnog alleen globaal bekend is welke strategieën en tactieken ze hiervoor gebruiken.

Onderzoek naar de invloed van normaal functieverlies op fietsgedrag en ongevalskans is complex. De ene oudere is de andere oudere niet en het proces van functieverlies verschilt per oudere, waarbij ouderen waarschijnlijk ook nog in verschillende mate en op verschillende manieren zullen compenseren voor dit functieverlies. Een geschikte methode om de invloed van functieverlies op fietsgedrag en ongevalsbetrokkenheid te onderzoeken is een cohortstudie, waarbij een (grote) groep fietsers gedurende een lange tijd gevolgd wordt. Voor deze groep fietsers zou regelmatig gemonitord moeten worden in hoeverre zij functieverlies vertonen, hoe dit hun fietsgedrag beïnvloedt, in hoeverre zij compensatiegedrag vertonen en of zij betrokken zijn bij ongevallen. Aangezien er ook nog mensen uit zullen vallen (door overlijden, doordat zij niet meer fietsen, of doordat zij niet meer mee willen doen aan het onderzoek) is een zeer grote steekproef nodig om zinvolle uitspraken te kunnen doen. Dit onderzoek is erg duur en tijdsintensief en zou gedurende een langere periode moeten lopen voordat resultaten beschikbaar komen.

Een minder kostbaar, maar methodisch minder goed alternatief is om voor een steekproef van ouderen eenmalig te onderzoeken in welke mate er sprake is van functieverlies en hun fietsgedrag te onderzoeken.

Voor beide beschreven onderzoeken moet daarbij ook opgemerkt worden dat het ingewikkeld is om het effect van functieverlies op fietsgedrag daadwerkelijk te onderzoeken: experimenteel

onderzoek stuit al snel op ethische bezwaren en fietssimulators zijn nog onvoldoende in staat om fietsgedrag realistisch te simuleren.

Wanneer alleen gekeken wordt naar compensatiegedrag zou ook gebruik gemaakt kunnen worden van een vragenlijststudie onder ouderen, waarin gevraagd wordt naar ervaren functieverlies en compensatiegedrag. De resultaten van een dergelijke vragenlijststudie zouden waardevol kunnen zijn voor educatieprogramma's waarin ingezet wordt op bewustwording van functieverlies en het stimuleren van goede compensatiestrategieën. Deze aanpak is minder geschikt om te onderzoeken hoe de weginfrastructuur en het voertuigontwerp op het functieverlies aangepast zouden kunnen worden. Ook is dit type onderzoek wetenschappelijk minder interessant.

### 7.2.3 Onderzoek naar op- en afstappen

In *Hoofdstuk 4* is geconstateerd dat ongevallen met op- en afstappen relatief vaak voorkomen bij oudere fietsers. Hoewel bekend is dat fietsers vaker vallen bij het afstappen dan bij het opstappen suggereren sommige onderzoekers dat opstappen het gevaarlijkste is. In ongevallenstudies is hier nog nauwelijks aandacht aan besteed en er is nog weinig bekend over wat er precies mis gaat als een (oudere) fietser valt bij het op- of afstappen. Uit experimentele studies is gebleken dat met name oudere vrouwen andere opstaptactieken gebruiken dan jongeren. Het is nog onbekend of deze tactieken een rol spelen bij het ontstaan van ongevallen. Ook de invloed van andere factoren, zoals een hellend wegoppervlak of een te hoog afgesteld zadel, is nog maar beperkt bekend. Meer inzicht in factoren die een rol spelen bij ongevallen bij op- en afstappen, biedt mogelijk aanknopingspunten voor maatregelen om deze ongevallen tegen te gaan.

Nadere analyse van de LIS data en gegevens die in eerder vragenlijstonderzoek zijn verzameld, lijkt een veelbelovende en relatief goedkope manier om meer inzicht te krijgen in ongevallen met op- en afstappen. De LIS bevat ongevalsbeschrijvingen en nadere analyse van deze ongevalsbeschrijvingen biedt wellicht meer informatie. Voor de uitvoerbaarheid zou nog wel ingeschat moeten worden of de ongevalsbeschrijvingen voldoende details bevatten over op- en afstapongevallen.

### 7.2.4 Elektrische fietsen

Onderzoek wijst niet eenduidig uit of het ongevalsrisico op een elektrische fiets hoger is dan op een gewone fiets of niet. Hierbij speelt mogelijk ook een rol dat elektrische fietsen in de afgelopen jaren verder ontwikkeld zijn; zo is het gewicht afgenomen en worden vaker middenmotoren in plaats van voorwielmotoren toegepast. Los van de vraag hoe de veiligheid van elektrische fietsen zich in de huidige situatie laat vergelijken met een klassieke stadsfiets, kan in toekomstig onderzoek gezocht worden naar mogelijkheden om de veiligheid van elektrische fietsen te vergroten.

Bestaande onderzoeken die het ongevalsrisico van elektrische fietsen vergelijken met het ongevalsrisico op gewone fietsen, maken gebruik van een case-controlstudie, waarbij slachtoffers die wel een ongeval hebben gehad, vergeleken worden met fietsers die in dezelfde periode geen ongeval hebben gehad. In sommige studies wordt daarbij ook gecorrigeerd voor fietsgebruik. VeiligheidNL is een dergelijke studie aan het voorbereiden in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Er is op dit moment geen aanvullende studie te bedenken die daarbovenop nog meerwaarde biedt.

Onderzoek gericht op het vergroten van de veiligheid van elektrische fietsen is zeker maatschappelijk relevant en wetenschappelijk interessant, maar ligt buiten de expertise van SWOV en wordt hier daarom verder niet behandeld.

### 7.2.5 Bescherming en letselernt

Er is nog relatief weinig onderzoek gedaan naar de (bio)mechanica bij een val van de fiets. Meer inzicht in de exacte mechanismen biedt wellicht mogelijkheden voor de ontwikkeling van nieuwe beschermingsmaatregelen, zowel op het lichaam als op de fiets, op andere voertuigen waarmee een fietser kan botsen en aan de infrastructuur. Een nieuwe onderzoeksaanpak met valproeven met een dummy op het zadel in Zweden suggereert dat vooralsnog grootschalig en kostbaar onderzoek nodig zou zijn om het inzicht op dit terrein te vergroten. Dit onderzoek ligt niet direct op het terrein van SWOV en wordt hier daarom niet verder besproken.

### 7.2.6 Infrastructuur en fietsongevallen met motorvoertuigen

Met name van nieuwe maatregelen, zoals de fietsstraat, brede fietsstroken en Shared Space, zijn nog geen effecten vastgesteld in ongevallenstudies. Fietsstraten lijken gezien de veelvuldige toepassing de meest relevante nieuwe maatregel om te onderzoeken. Idealiter zou je in dit geval een voor-nastudie met controlegroep willen uitvoeren. Zoals ook in *Paragraaf 7.1* is opgemerkt, is het echter zeer complex om een goede voor-nastudie uit te voeren. Een verdere complicatie in het geval van fietsstraten en Shared Space is dat de inrichting sterk verschilt van geval tot geval, waardoor ook het effect op het aantal ongevallen van geval tot geval kan verschillen.

Een andere mogelijkheid voor vervolgonderzoek is om op basis van beschikbare ongevalldata en data over infrastructuurkenmerken correlatieve analyses uit te voeren om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen specifieke infrastructuurkenmerken en het aantal ongevallen. Voordeel van dit type onderzoek is dat het relatief goedkoop is, omdat de data al is ingewonnen.

In *Hoofdstuk 4* is ook geconstateerd dat niet goed bekend is welke typen fietsongevallen met motorvoertuigen relatief vaak voorkomen bij oudere fietsers, vergeleken met jongere fietsers en welke infrastructuurkenmerken hierbij een rol spelen. Oudere fietsers zijn vaker betrokken bij ongevallen bij links afslaan maar welke infrastructuurfactoren hierbij een rol spelen is niet precies bekend. Om dit verder te kunnen onderzoeken moet voor (bijna) ieder slachtoffer bekend zijn hoe oud ze zijn, wat de exacte ongevalslocatie was en wat het type ongeval was. Bovendien is infrastructurele informatie nodig over de ongevalslocatie. Deze informatie is vooralsnog maar beperkt beschikbaar. Correlatieve analyses op data die is ingewonnen in eerdere projecten lijkt op dit moment het meest haalbaar. De vraag is echter of de data gedetailleerd genoeg zijn om dergelijke analyses uit te voeren. Bovendien kun je je afvragen wat de maatschappelijke meerwaarde is van een onderzoek naar de effecten voor een specifieke groep terwijl ook andere groepen er gebruik van maken. De infrastructuur zou zo ingericht moeten worden dat alle ernstige fietsongevallen (met ouderen én jongeren) met motorvoertuigen zoveel mogelijk voorkomen worden. Daarbij is het uiteraard wel belangrijk om rekening te houden met de achteruitgang in functies van ouderen. Dit kan door middel van een seniorenproof wegontwerp. Dit onderwerp komt verderop aan bod.

### 7.2.7 Infrastructuur en fietsongevallen zonder motorvoertuigen

In vrijwel alle studies over fietsongevallen zonder motorvoertuigen worden ongevalsoorzaken afgeleid van informatie over individuele ongevallen. Er zijn nog nauwelijks studies waarbij het aantal ongevallen wordt vergeleken tussen verschillende groepen locaties of voor en na invoering van een maatregel. Dergelijk onderzoek kan extra inzicht bieden in de rol van verschillende infrastructurele kenmerken en combinaties van kenmerken bij (ernstige) fietsongevallen zonder motorvoertuigen. Voor het uitvoeren van dergelijke evaluaties zijn echter wel betrouwbare gegevens nodig over ongevallen die hebben plaatsgevonden, inclusief de exacte locatie van de ongevallen en over de maatregelen die genomen zijn. Aangezien fietsongevallen zonder motorvoertuigen niet goed geregistreerd worden in BRON is een goede voor-nastudie op basis van deze gegevens (nog) niet mogelijk. Ambulancegegevens vormen in de toekomst wellicht een alternatief.



Een methodologisch minder goed, maar goedkoper alternatief is om gebruik te maken van data die al is ingewonnen voor andere projecten en correlatieve analyses uit te voeren op deze data. Zo is net een afstudeeronderzoek afgerond waarin onderzocht is hoe de verhardingsbreedte samenhangt met de kans op fietsongevallen. Daarin is ook de breedte van de obstakelvrije zone langs het fietspad onderzocht. In het onderzoek is gebruik gemaakt van ambulancegegevens over ongevallen in Amsterdam. De analysemogelijkheden worden uiteraard gelimiteerd door de ingewonnen data.

Een ander onderwerp dat interessant is voor vervolgonderzoek, is de benodigde breedte van fietspaden, in relatie tot gebruik van het fietspad en de effectiviteit van markering bij verschillende breedtes. Met name smalle fietspaden zijn interessant om verder te onderzoeken omdat die (met name buiten de bebouwde kom) veel voorkomen en afgelopen jaren weinig aandacht in onderzoek gekregen hebben. Meer specifiek gaat het bijvoorbeeld om de laterale positie van fietsers op smalle fietspaden, de mate waarin het ongevalsrisico verhoogd is op smalle fietspaden met verschillende intensiteiten en het effect van kantmarkering op smalle tweerichtingsfietspaden. Onderzoek gericht op gedragseffecten lijkt op dit moment het meest haalbaar als eerste stap. Vervolgens zou gekeken kunnen worden naar de link met ongevallen. Op dit moment loopt een afstudeeronderzoek bij SWOV naar fietsgedrag op smalle tweerichtingsfietspaden.

Het is vooralsnog ook moeilijk om hardere conclusies te trekken over de vraag of drukte op fietspaden en het gebruik van fietspaden door verschillende soorten fietsers tot meer fietsongevallen leidt. Op dit moment loopt er een promotieonderzoek binnen SWOV waarin onder andere gekeken wordt naar de relatie tussen fietsvolumes en de verkeersveiligheid.

Onderzoek naar oorzaken van enkelvoudige fietsongevallen suggereert dat verticale trottoirbanden en verhardingsranden zorgen dat fietsers vallen als ze van de verharding afraken. Minder hoge en schuinere randen verkleinen de kans dat een fietser uit balans raakt en valt. Het is echter onzeker hoe hoog en hoe schuin de randen maximaal mogen zijn om de kans op een val fors te verkleinen. Dit geldt ook voor de aansluiting van de verharding op de berm en eventuele alternatieve oplossingen voor trottoirbanden. Onderzoek hiernaar is in het verleden overwogen maar testen met proefpersonen stuiten tot op heden op ethische bezwaren. Ook bij onvlakheid van de verharding en scheuren is nog onduidelijk welke verstoringen fietsers veilig kunnen opvangen zonder uit balans te raken.

Tot slot is in een onderzoek onder wegbeheerders (Mulder en Louwerse, 2019) geconcludeerd dat gemeenten in het algemeen nog weinig inzicht hebben in enkelvoudige fietsongevallen op hun areaal. Een beleidsmatige kennisvraag is dan ook hoe het bewustzijn van het probleem van fietsongevallen zonder motorvoertuigen kan worden vergroot zodat het beter in beleid kan worden verankerd.

## 7.2.8 Seniorenproof wegontwerp voor fietsers: toepassing en effecten

De benutting van de publicatie Seniorenproof wegontwerp blijkt beperkt. Een relevante vraag is hoe de toepassing van seniorenproof wegontwerp kan worden vergroot en welke maatregelen vanuit verkeersveiligheidsoogpunt het belangrijkste zijn om te nemen. Om dit te kunnen bepalen is meer informatie nodig over de effecten van de verschillende concrete maatregelen.

Een van de relevante maatregelen is een opgeblazen fietsopstelstrook (OFOS) die toegepast kan worden op kruispunten waar de ruimte voor vrijliggende fietspaden ontbreekt. Een OFOS maakt het gemakkelijker voor fietsers om links af te slaan, iets waar oudere fietsers problemen mee hebben. Het zou maatschappelijk relevant en wetenschappelijk interessant zijn om een studie uit te voeren naar de toepassing en effecten van de OFOS. In eerste instantie zou nagegaan kunnen worden of het op basis van de beschikbare databronnen mogelijk is om te identificeren waar OFOS'en liggen en zou bij gemeenten nagegaan kunnen worden waarom zij deze wel of niet

toepassen. Ook zou bij ouderen kunnen worden nagegaan of een OFOS voor hen een geschikte oplossing is, of dat zij liever via een voetgangersoversteek het kruispunt oversteken en daarna links afslaan. Vervolgens zou bijvoorbeeld door middel van video-observaties nagegaan kunnen worden wat het effect van een OFOS is op de verkeersafwikkeling (trajectoria, snelheden, conflicten) op een kruispunt.

### 7.2.9 Effecten van maatregelen aan de fiets

Er is nog weinig onderzoek naar de effecten van verschillende fietsgerelateerde maatregelen zoals maatregelen om balansproblemen te verhelpen en waarschuwings- en detectiesystemen. In de meeste gevallen ontbreekt zowel inzicht in het effect op gedragsniveau als het effect op de ongevalskans. Een voorbeeld van een experiment op gedragsniveau is een experiment met de eerder genoemde SOFIETS waarin werd vastgesteld dat de stabiliteit bij opstappen en wegrijden groter was. Voor de meeste andere mogelijk veiligere prototypes en nieuwe modellen fietsen ontbreekt dergelijk onderzoek. Ook zou verder onderzoek gedaan kunnen worden naar verdere toepassing en ontwikkeling van kanteldriewielers.

Tot slot is het de vraag in hoeverre en hoe het gebruik van aangepaste fietsen zou kunnen worden vergroot. Zolang er een stigma aan een veiliger model fiets kleeft is de kans klein dat gezonde ouderen deze zullen kopen. De ervaringen met de elektrische fiets suggereren dat er wel grote veranderingen mogelijk zijn, wellicht vooral als een nieuw type fiets ook extra comfort biedt.

## 7.3 Samenvatting en afweging te programmeren onderzoek

Tabel 7.2 geeft een overzicht van de in de vorige paragraaf geïdentificeerde onderwerpen voor vervolgonderzoek. Per onderwerp wordt ingegaan op mogelijke onderzoeken, de maatschappelijke relevantie (MR), wetenschappelijke meerwaarde (WM) en haalbaarheid (H). De scores op de criteria zijn aangeduid met een +, - en 0 en zijn door één persoon gegeven op basis van de beschrijving in bovenstaande paragrafen en dus tot op zekere hoogte subjectief.

Ook is per onderwerp aangegeven of SWOV van plan is om de komende jaren binnen het thema Infrastructuur en Verkeer vervolgonderzoek uit te voeren op het onderwerp. Deze keuze is in de eerste plaats bepaald aan de hand van de criteria maatschappelijke relevantie, wetenschappelijke meerwaarde en haalbaarheid. Daarnaast is ook gekeken naar de beschikbare expertise binnen SWOV, onderzoekbaarheid (of gebruik gemaakt kan worden van bestaande gegevens en onderzoeksmethoden waarmee we de afgelopen jaren al ervaring hebben opgedaan) en aansluiting bij het thema Infrastructuur en Verkeer. Onder de tabel worden de gemaakte keuzen voor vervolgonderzoek per onderwerp kort toegelicht.

### Veiligheid op netwerkniveau

Binnen het onderzoeksproject stedelijk verkeer en verkeersveiligheid gaat SWOV de komende jaren aan de slag met de veiligheid van fietsers op netwerkniveau. In 2021 wordt als eerste stap onderzocht of voor fietsverkeer ook een stroomfunctie en een verblijfsfunctie onderscheiden kunnen worden. Het idee is om daarna te gaan kijken naar indicatoren voor veilige fietsroutes.

### Functieverlies

Om het effect van functieverlies op fietsgedrag en ongevalsbetrokkenheid goed te onderzoeken, zou het beste een cohortstudie uitgevoerd kunnen worden. Dit is een erg omvangrijk en tijdrovend onderzoek. Daarbij is ook de vraag of het effect op fietsgedrag met experimenten op een ethisch acceptabele manier onderzocht zou kunnen worden. Daarom wordt dit onderzoek op dit moment als onhaalbaar gezien. Het zou wel mogelijk zijn om een vragenlijststudie uit te voeren naar compensatiegedrag. Dit is maatschappelijk echter minder relevant en wetenschappelijk minder interessant. Daarom is besloten om de komende jaren geen onderzoek te programmeren

op dit terrein. Wel wordt binnen een lopend promotieonderzoek gekeken naar de benodigde fietsvaardigheden om ook op oudere leeftijd nog veilig te kunnen fietsen. De nadruk ligt daarbij op de balans.

### Op- en afstappen

Het verder onderzoeken van op- en afstapongevallen op basis van LIS gegevens is aantrekkelijk omdat het maatschappelijk relevant en wetenschappelijk interessant is en het gebruik kan maken van bestaande data en daardoor betrekkelijk goedkoop is. Wel zal eerst nagegaan worden of het daadwerkelijk haalbaar is om de benodigde informatie uit de ongevalsbeschrijvingen te halen.

Tabel 7.2. Overzicht van de onderwerpen voor vervolgonderzoek

Onderwerp	Onderzoek	MR	WM	H	SWOV
Veiligheid op netwerkniveau	➤ Stroom- en verblijfsfunctie voor fietsverkeer?	+	+	+	2021
	➤ Opstellen indicatoren veilige routekeuze	+	+	+	2022
	➤ Validatie indicatoren veilige routekeuze	+	+	-	-
	➤ Routekeuzegedrag oudere fietsers	+	+	+	?
	➤ Effecten maatregelen op netwerkniveau	+	+	+	?
Functieverlies	➤ Effecten functieverlies op fietsgedrag	+	+	-	-
	➤ Effecten functieverlies op ongevalskans	+	+	-	-
	➤ Compensatiegedrag	0	0	+	-
Op- en afstappen	➤ Analyse ongevalsbeschrijvingen LIS	+	+	?	2021
Elektrische fietsen	➤ Ongevalsrisico elektrische fiets	+	+	?	-
	➤ Verdere ontwikkeling elektrische fiets	+	0	?	-
Bescherming	➤ Biomechanica bij vallen	+	+	-	-
Infrastructuur, ongevallen met motorvoertuig	➤ Voor-nastudie effect fietsstraten	+	+	?	2022/2023?
	➤ Correlatieve analyse	+	+	?	2021/2022?
		0	0	?	2020 e.v.
Infrastructuur, ongevallen zonder motorvoertuig	➤ Ongevallenstudie (voor-na-, case-control-)	+	+	-	-
	➤ Correlatieve analyse	+	+	+	2021?
	➤ Smalle tweerichtingsfietspaden	+	+	+	2021/2022
	➤ Fietsintensiteiten en verkeersveiligheid	+	+	+	2021
	➤ Trottoirbanden/vlakheid	+	0	-	-
Seniorenproof wegontwerp	➤ Toepassing seniorenproof wegontwerp	+	0	+	?
	➤ OFOS (toepassing en effecten)	+	+	?	2022/2023?
Maatregelen aan fiets	➤ Effecten fietsmaatregelen (gedrag + ongevalskans)	+	+	?	-
	➤ Vergroten gebruik aangepaste fietsen	+	-	+	-

### Elektrische fietsen

Wat betreft het ongevalsrisico van elektrische fietsen biedt aanvullend onderzoek, naast het onderzoek dat al is uitgevoerd en gepland is door andere partijen, naar onze inschatting geen meerwaarde. Onderzoek gericht op het verder verbeteren van de veiligheid van elektrische fietsen is zeker interessant, maar ligt buiten de expertise van SWOV. Dit geldt ook voor een grootschalig onderzoek naar de biomechanica bij vallen van de fiets met behulp van dummies.

### Infrastructuur en fietsongevallen met motorvoertuigen

Op dit moment voert SWOV een dieptestudie uit naar ernstige fiets-auto-ongevallen op 30km/uur wegen. Wat betreft verder onderzoek naar de relatie tussen infrastructuurkenmerken en fietsongevallen met motorvoertuigen wil SWOV eerst verder verkennen welke aanvullende analyses mogelijk zijn op gegevens die al voor andere projecten zijn ingewonnen. Voordeel van dit type onderzoek is namelijk dat het relatief goedkoop en snel uitgevoerd kan worden. Een

voor-nastudie verdient vanuit methodologisch oogpunt de voorkeur, maar is wel complexer en duurder. SWOV verkent of in 2022 gestart kan worden met een voor-nastudie naar het effect van fietsstraten.

### **Infrastructuur en fietsongevallen zonder motorvoertuigen**

Wat betreft verder onderzoek naar de relatie tussen infrastructuurkenmerken en fietsongevallen zonder motorvoertuigen wil SWOV in de eerste plaats verder verkennen of het mogelijk is correlatieve analyses uit te voeren op reeds ingewonnen data. Waarschijnlijk kunnen niet alle interessante kenmerken onderzocht worden, maar het onderzoek is relatief goedkoop en geeft mogelijk wel inzicht in de relatie tussen een aantal relevante kenmerken en fietsongevallen zonder motorvoertuigen. Een voor-nastudie of case-controlstudie verdient vanuit methodologisch oogpunt weliswaar de voorkeur, maar is niet haalbaar op basis van beschikbare ongevalldata.

Daarnaast is SWOV voornemens om verder onderzoek te doen naar smalle fietspaden. We denken aan een studie naar gedragseffecten van bijvoorbeeld markering met behulp van video-analyse. De precieze vraagstelling hangt ook af van de resultaten van het afstudeeronderzoek dat momenteel plaatsvindt. Binnen een lopend promotieonderzoek wordt daarnaast gekeken naar de relatie tussen fietsvolumes en verkeersveiligheid.

Onderzoek naar specificaties van trottoirbanden, aansluiting van de verharding op de berm en de mate van onvlakheid die nog acceptabel is voor fietsers wordt vooralsnog onhaalbaar verondersteld. Onderzoek naar het vergroten van bewustzijn van het probleem van fietsongevallen zonder motorvoertuigen is wel haalbaar, maar minder interessant voor SWOV en wordt daarom ook niet geprogrammeerd.

### **Seniorenproof wegontwerp voor fietsers: toepassing en effecten**

Wat betreft seniorenproof wegontwerp overwegen we te starten met een onderzoek naar de toepassing en effecten van een specifieke maatregel, namelijk de OFOS. Waarschijnlijk zou in 2022 gestart kunnen worden met een onderzoek hiernaar. Eerst wordt nagegaan of het op basis van beschikbare bronnen mogelijk is om na te gaan waar OFOS zijn toegepast. Vervolgens kan middels video-observatie gekeken worden naar effecten van de OFOS op snelheden, trajectoria en conflicten. Ook kan nagegaan worden waarom gemeenten wel of geen OFOS toepassen en of een OFOS door oudere fietsers als een goede oplossing ervaren wordt. Het precieze onderzoek zal later worden uitgewerkt. Het onderzoek kan later mogelijk worden uitgebreid met andere maatregelen.

### **Effecten van maatregelen aan de fiets**

Met name onderzoek naar verkeersveiligheidseffecten van nieuwe ontwikkelingen op het gebied van de fiets zijn maatschappelijk relevant en wetenschappelijk interessant om te onderzoeken. Dit onderzoek ligt echter niet echt binnen de expertise van SWOV en zou bijvoorbeeld opgepakt kunnen worden door industriële partijen en universiteiten.

## Literatuur

Aarts, L. & Dijkstra, A. (2018). *Achtergronden en uitwerking van de verkeersveiligheidsvisie. De visie Duurzaam Veilig Wegverkeer voor de periode 2018 – 2030 onderbouwd*. R-2018-6B. SWOV, Den Haag.

Asgarzadeh, M., Fischer, D., Verma, S.K., Courtney, T.K., et al. (2018). *The impact of weather, road surface, time-of-day, and light conditions on severity of bicycle-motor vehicle crash injuries*. In: American journal of industrial medicine, vol. 61, nr. 7, p. 556-565.

Autoliv (2020). *Saving More Lives '19; Autoliv Annual Report 2019*. Autoliv, Stockholm.

Balk, L., Van Lindert, C. & Collard, D. (2020). *Doortrappen; Eindrapport vooronderzoek*. Mulier Instituut, Utrecht.

Band, G. & Ridderinkhof, R. (2010). *Cognitieve controle en werkgeheugen*. Geraadpleegd 16-06-2020 op [http://www.canongerontologie.nl/geheugen/cognitieve\\_controle\\_en\\_werkgeheugen](http://www.canongerontologie.nl/geheugen/cognitieve_controle_en_werkgeheugen).

Bax, C.A., Petegem, J.W.H. van, Vissers, L., Davidse, R.J., et al. (2017). *Benutting van de CROW-publicatie Seniorenproof wegontwerp; Kenmerken fietsinfrastructuur in 21 gemeenten*. R-2017-9. SWOV, Den Haag.

Berends, E.M. & Stipdonk, H.L. (2009). *De Veiligheid van Voetgangers en Fietzers op 30km/uur-Erftoegangswegen*. R-2009-6. SWOV, Leidschendam.

Bernhoft, I.M. & Carstensen, G. (2008). *Preferences and behaviour of pedestrians and cyclists by age and gender*. In: Transportation Research Part F, vol. 11, nr. 2, p. 83-95.

Blijf Veilig Mobiel (2012). *Senioren-proof Wegontwerp voor Fietzers*. Gianotten, Woerden.

Boele-Vos, M.J., Commandeur, J.J.F. & Twisk, D.A.M. (2017). *Effect of physical effort on mental workload of cyclists in real traffic in relation to age and use of pedelecs*. In: Accident Analysis & Prevention, vol. 105, p. 84-94.

Boggelen, O. van, Oijen, J. van & Lankhuijzen, R. (2013). *Feiten over de elektrische fiets*. Fietsberaad, Utrecht.

Boot, W.R., Stothart, C. & Charness, N. (2014). *Improving the safety of aging road users: a mini-review*. In: Gerontology, vol. 60, nr. 1, p. 90-96.

Bos, N.M., Houwing, S. & Stipdonk, H.L. (2016). *Ernstig verkeersgewonden 2015; Schatting van het aantal ernstig verkeersgewonden in 2015*. R-2016-13. SWOV, Den Haag.

BOVAG-RAI (2020). *Kerncijfers Tweewielers 2020*. Stichting BOVAG-RAI Mobiliteit, Amsterdam.

Bovy, P.H.L. & Den Adel, D.N. (1984). *Stated preference onderzoek naar routekeuzegedrag: een nieuwe combinatie*. In: Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 1984: mobiliteit in beweging. 29 en 30 november 1984, Den Haag, p. 69-91.

Broer, K. (2016). *Het vergevingsgezinde fietspad: Verbreden werkt altijd*. In: Fietsverkeer, vol. 38, nr. voorjaar 2016, p. 24-27.

Broer, K. (2020). *Relaxte Routes*. Karin Broer. Geraadpleegd 10 juli op <http://www.karinbroer.nl/relaxte-routes/>.

Brouwer, W.H. (2005). *Rijgeschiktheid in de marges van ruimte en tijd*. Inaugurele rede. Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.

Bulsink, V.E., Kiewiet, H., Belt, D. van de, Bonnema, G.M., et al. (2016). *Cycling strategies of young and older cyclists*. In: Human movement science, vol. 46, p. 184-195.

Cain, S.M., Ashton-Miller, J.A. & Perkins, N.C. (2016). *On the skill of balancing while riding a bicycle*. In: PLoS ONE, vol. 11, nr. 2.

Campos, J., Ramkhalawansingh, R. & Pichora-Fuller, M.K. (2018). *Hearing, self-motion perception, mobility, and aging*. In: Hearing Research, vol. 369, p. 42-55.

CBS (2020). *Statline: Overledenen; doodsoorzaak*. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag. Geraadpleegd 6 augustus op <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/7233/table?dl=3D09D>.

Cherniawsky, H., Bratu, I., Rankin, T. & Sevcik, W. (2014). *Serious impact of handlebar injuries*. In: Clinical Pediatrics, vol. 53, nr. 7, p. 672-676.

CROW-Fietsberaad (2011). *Samen Werken aan een Veilige Fietsomgeving*. Fietsberaadpublicatie 19. Fietsberaad, Utrecht.

CROW-Fietsberaad (2013). *Feiten over de Elektrische Fiets*. Fietsberaadpublicatie 24. Fietsberaad, Utrecht.

CROW-Fietsberaad (2017). *Over drukte valt te twisten; Druktebeleving op het fietspad verkennen en onderzoeken*. Fietsberaadpublicatie 30. CROW-Fietsberaad, Utrecht.

CROW-Fietsberaad (2018). *Bouwstenen voor een comfortabel en vergevingsgezind fietspad*. CROW-Fietsberaad, Utrecht.

CROW (1993). *Tekenen voor de Fiets*. CROW-publicatie 74. CROW, Ede.

CROW (2011). *Seniorenproof wegontwerp; Ontwerpsuggesties voor een veiliger infrastructuur binnen de bebouwde kom*. Publicatie 309. CROW, Ede.

CROW (2016). *Ontwerpwijzer fietsverkeer*. CROW-publicatie 351. CROW, Ede.

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

Davidse, R., Duijvenvoorde, K. van, Boele, M.J., Doumen, M.J.A., et al. (2014a). *Fietsongevallen van 50-plussers: karakteristieken en ongevalsscenario's van enkelvoudige ongevallen en*

*botsingen met overig langzaam verkeer; Een dieptestudie naar fietsongevallen met 50-plussers in de regio's Hollands Midden en Haaglanden.* R-2014-3A. SWOV, Den Haag.

Davidse, R., Duijvenvoorde, K. van, Boele, M.J., Doumen, M.J.A., et al. (2014b). *Letselongevallen van Fietsende 50-Plussers: Hoe ontstaan ze en wat kunnen we eraan doen?* R-2014-3. SWOV, Den Haag.

Davidse, R., Duijvenvoorde, K. van, Boele, M.J., Duivenvoorden, C.W.A.E., et al. (2014c). *Fietsongevallen met 50-plussers in Zeeland: hoe ontstaan ze en welke mogelijkheden zijn er om ze te voorkomen? Een dieptestudie naar enkelvoudige ongevallen en botsingen met overig langzaam verkeer waarbij een fietser van 50 jaar of ouder betrokken was.* R-2014-16A. SWOV, Den Haag.

Davidse, R., Duijvenvoorde, K. van, Louwerse, R., Boele-Vos, M., et al. (2018). *Scootmobielongevallen: Hoe ontstaan ze en hoe zijn ze te voorkomen?* R-2018-15. SWOV, Den Haag.

Davidse, R.J. (2007). *Assisting the older driver.* Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen. SWOV-Dissertatiereeks. SWOV, Leidschendam.

Dijkstra, A. (2011). *En route to safer roads; How road structure and road classification can affect road safety.* Proefschrift Universiteit Twente. SWOV-Dissertatiereeks. SWOV, Leidschendam.

Dijkstra, A. (2017). *Veilige verplaatsingen voor ouderen: ritten en routes van oudere fietsers en oudere automobilisten nader onderzocht.* R-2017-23. SWOV, Den Haag.

Does, H. van der, Krul, I., Stam, C. & Nijman, S. (2019). *Verkeersongevallen 2017; Ongevalscijfers.* Rapport 768. VeiligheidNL, Amsterdam.

Doortrappen (2020). *Doortrappen.* Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Twijnstra Guddé. Geraadpleegd 5 juni op <https://doortrappen.nl/>.

Dubbeldam, R., Baten, C., Buurke, J. & Rietman, J. (2017a). *SOFIE, a bicycle that supports older cyclists?* In: Accident Analysis and Prevention, vol. 105, p. 117-123.

Dubbeldam, R., Baten, C., Straathof, P., Buurke, J., et al. (2017b). *The different ways to get on and off a bicycle for young and old.* In: Safety science, vol. 92, p. 318-329.

Duijm, S., Kraker, J. de, Schalkwijk, M., Boekwilt, L., et al. (2012). *PROV 2011; Periodiek Regionaal Onderzoek Verkeersveiligheid.* Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart, Delft.

Duperrex, O., Bunn, F. & Roberts, I. (2002). *Safety education of pedestrians for injury prevention: a systematic review of randomised controlled trials.* In: British Medical Journal, vol. 324, nr. 7346, p. 1129-1131.

Eikema, D.J.A., Hatzitaki, V., Tzouvaras, D. & Papaxanthis, C. (2012). *Age-dependent modulation of sensory reweighting for controlling posture in a dynamic virtual environment.* In: Age, vol. 34, nr. 6, p. 1381-1392.

Elektrische fietser (2020). *Hoeveel weegt een elektrische fiets.* Geraadpleegd 20 mei op <https://elektrischefietser.nl/gewicht/>.

Elvik, R. (2001). *Area-wide urban traffic calming schemes: a meta-analysis of safety effects.* In: Accident Analysis and Prevention, vol. 33, nr. 3, p. 327-336.

Elvik, R. & Vaa, T. (2004). *The Handbook of Road Safety Measures*. ISBN 0-08-044091-6. Elsevier, Amsterdam.

Engbers, C. (2019). *KEEP CYCLING; How Technology can Support Safe and Comfortable Cycling for Older Adults*. Proefschrift Universiteit Twente. Gildeprint Drukkerijen, Enschede.

Engbers, C., Dubbeldam, R., Buurke, J.H., Kamphuis, N., et al. (2018). *A front-and rear-view assistant for older cyclists: evaluations on technical performance, user experience and behaviour*. In: *International Journal of Human Factors and Ergonomics*, vol. 5, nr. 4, p. 257-276.

Engbers, C., Dubbeldam, R., Buurke, J.H., Schaake, L., et al. (2016). *The acceptance of a prototype rear-view assistant for older cyclists: two modalities of warnings compared*. In: *International Journal of Human Factors and Ergonomics*, vol. 4, nr. 3-4, p. 264-281.

Erez, I., Lazar, L., Gutermacher, M. & Katz, S. (2001). *Abdominal injuries caused by bicycle handlebars*. In: *European Journal of Surgery*, vol. 167, nr. 5, p. 331-333.

Fabriek, E., Waard, D. de & Schepers, J.P. (2012). *Improving the visibility of bicycle infrastructure*. In: *International Journal of Human Factors and Ergonomics*, vol. 1, p. 98-115.

Fietsersbond (2020). *Driewiel-fiets*. Fietsersbond, Utrecht. Geraadpleegd 11 mei 2020 op <https://www.fietsersbond.nl/de-fiets/fietssoorten/driewiel-fiets/>.

Fyhri, A., Johansson, O. & Bjørnskau, T. (2019). *Gender differences in accident risk with e-bikes—Survey data from Norway*. In: *Accident Analysis and Prevention*, vol. 132, p. 105248.

Godefrooij, H. & Hulshof, R. (2018). *Capaciteit vrijliggende fietspaden*. Paper gepresenteerd op Nationaal verkeerskundecongres 2018, 31 oktober t/m 1 november, Den Bosch.

Godthelp, J. & Wouters, P.I.J. (1980). *Course holding by cyclists and moped riders*. In: *Applied Ergonomics*, vol. 11, nr. 4, p. 227-235.

Goede, M. de, Obdeijn, C. & Horst, A.R.A. van der (2013). *Conflicten op fietspaden - Fase 2*. R10966. TNO, Soesterberg.

Goldenbeld, C. (1992). *Ongevallen van Oudere Fietsers in 1991*. R-92-71. SWOV, Leidschendam.

Goldenbeld, C. (2015). *Effecten van vergrijzing op verkeersgedrag en mobiliteit: een literatuurstudie*. R-2015-16. SWOV, Den Haag.

Goldenbeld, C., Houtenbos, M. & Ehlers, E. (2010). *Gebruik van draagbare media-apparatuur en mobiele telefoons tijdens het fietsen*. R-2010-5. SWOV, Leidschendam.

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

Groot-Mesken, J. de, Vissers, L. & Duivenvoorden, K. (2015). *Gebruikers van het fietspad in de stad; Aantallen, kenmerken, gedrag en conflicten*. R-2015-21. SWOV, Den Haag.

Hagemeister, C. & Tegen-Klebingat, A. (2011). *Fahrgewohnheiten älterer Radfahrerinnen und Radfahrer*. TÜV Media, Köln.

Harms, L. (2013). *Gedifferentieerd fietsgebruik = gedifferentieerd fietsbeleid*. In: *Verkeerskunde*, vol. 64, nr. 7, p. 28-29.



Harms, L. & Kansen, M. (2018). *Fietsfeiten*. KiM-18-A06 - 978-90-8902-181-6. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid KiM, The Hague.

Harms, L., Olde Kalter, M.-J. & Jorritsma, P. (2010). *Krimp en mobiliteit: gevolgen van demografische veranderingen voor mobiliteit*. KiM-10-R01 - ISBN 978-90-8902-069-7. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid KiM, Den Haag.

Hatakka, M., Keskinen, E., Gregersen, N. & Glad, A. (1999). *Theories and Aims of Educational and Training Measures*. In: Siegrist, S. (red.), *Driver Training, Testing and Licencing*. Swiss Council for Accident Prevention, Bern.

Hecht, J.P., LaDuke, Z.J., Cain-Nielsen, A.H., Hemmila, M.R., et al. (2020). *Effect of Preinjury Oral Anticoagulants on Outcomes Following Traumatic Brain Injury from Falls in Older Adults*. In: *Pharmacotherapy*, vol. 40, nr. 7, p. 604-613.

Hecht, J.P., LaDuke, Z.J., Cain-Nielsen, A.H., Hemmila, M.R., et al. (in press). *Effect of Preinjury Oral Anticoagulants on Outcomes Following Traumatic Brain Injury from Falls in Older Adults*. In: *Pharmacotherapy: The Journal of Human Pharmacology and Drug Therapy*, vol. n/a, nr. n/a.

Hjorthol, R., Engebretsen, Ø. & Uteng, T.P. (2014). *Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2013/14 - nøkkelrapport (TØI rapport 1383/201)*. TØI rapport 1383/2014. TØI Institute of Transport Economics,, Oslo.

Hoedemaeker, M. (2013). *GOAL - Growing Older, stAying mobiLe: transport needs for an ageing society*. Deliverable D7.3: action plan. European Commission, Brussels.

Hoogendoorn, T. (2017). *The contribution of infrastructure characteristics to bicycle crashes without motor vehicles; A quantitative approach using a case-control design*. Master Thesis. Delft University of Technology, Delft.

Horan, M.A. & Clague, J.E. (1999). *Injury in the aging: Recovery and rehabilitation*. In: *British Medical Bulletin*, vol. 55, nr. 4, p. 895-909.

Hövding (2020). *Hövding airbag for urban cyclists*. Geraadpleegd 8 juni op <https://hovding.com/>.

Høye, A. (2018). *Bicycle helmets – To wear or not to wear? A meta-analysis of the effects of bicycle helmets on injuries*. In: *Accident Analysis & Prevention*, vol. 117, p. 85-97.

Ideate (2016). *Zolang ik fiets*. Ideate, Amersfoort.

IenW (2018). *Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2030; Veilig van deur tot deur*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Den Haag.

Jackson, G.R. & Owsley, C. (2003). *Visual dysfunction, neurodegenerative diseases, and aging*. In: *Neurologic Clinics*, vol. 21, nr. 3, p. 709-728.

Janssen, B. (2017). *Verkeersveiligheid van trottoirbanden*. Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving, Utrecht.

Jelijks, B., Heutink, J., Waard, D. de, Brookhuis, K.A., et al. (2019). *Cycling difficulties of visually impaired people*. In: *British Journal of Visual Impairment*, vol. 37, nr. 2, p. 124-139.

- Jelijns, B., Heutink, J., Waard, D. de, Brookhuis, K.A., et al. (2020). *How visually impaired cyclists ride regular and pedal electric bicycles*. In: *Transportation Research Part F*, vol. 69, p. 251-264.
- Johnsen, A. & Funk, W. (2019). *Requirements for assisting senior cyclists - an integrative approach*. In: *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Volume 779, p. 297-307.
- Joolink, H. (2016). *Routekeuze fietsers Enschede; Vergelijking van de routekeuzevoorkeur van fietsers in Enschede, met de afgelegde route*. Afstudeerscriptie Universiteit Twente. Universiteit Enschede, Enschede.
- Kampen, L.T.B. van & Schoon, C.C. (2002). *Tweewielerongevallen: analyse van ongevallen-, letsel- en expositiegegevens voor het bepalen van prioriteiten voor nader onderzoek*. R-2002-5. SWOV, Leidschendam.
- KiM (2017). *Mobiliteitsbeeld 2017*. KiM-17-A12 - ISBN: 978-90-8902-172-4. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid KiM, Den Haag.
- Kim, J.K., Kim, S., Ulfarsson, G.F. & Porrello, L.A. (2007). *Bicyclist injury severities in bicycle-motor vehicle accidents*. In: *Accident Analysis and Prevention*, vol. 39, nr. 2, p. 238-251.
- Kint, S.T. van der & Mons, C. (2019). *Interpolis Barometer 2019 : vragenlijststudie mobiel telefoongebruik in het verkeer*. R-2019-26. SWOV, Den Haag.
- Kirshenbom, D., Ben-Zaken, Z., Albilya, N., Niyibizi, E., et al. (2017). *Older age, comorbid illnesses, and injury severity affect immediate outcome in elderly trauma patients*. In: *Journal of Emergencies, Trauma, and Shock*, vol. 10, nr. 3, p. 146-150.
- Kooijman, J.D., Meijaard, J.P., Papadopoulos, J.M., Ruina, A., et al. (2011). *A bicycle can be self-stable without gyroscopic or caster effects*. In: *Science*, vol. 332, nr. 6027, p. 339-342.
- Kooijman, J.D.G. & Schwab, A.L. (2013). *A review on bicycle and motorcycle rider control with a perspective on handling qualities*. In: *Vehicle System Dynamics*, vol. 51, nr. 11, p. 1722-1764.
- Kovácsová, N., Winter, J.C.F. de, Schwab, A.L., Christoph, M., et al. (2016). *Riding performance on a conventional bicycle and a pedelec in low speed exercises: Objective and subjective evaluation of middle-aged and older persons*. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 42, p. 28-43.
- Kröyer, H.R.G. (2015). *The relation between speed environment, age and injury outcome for bicyclists struck by a motorized vehicle—a comparison with pedestrians*. In: *Accident Analysis and Prevention*, vol. 76, p. 57-63.
- Kruijer, H., Hertog, P. den, Klein Wolt, K., Panneman, M., et al. (2013). *Fietsongevallen in Nederland; Een LIS Vervolgonderzoek naar Ongevallen met Gewone en Elektrische Fietsen*. VeiligheidNL, Amsterdam.
- Langford, B.C., Chen, J. & Cherry, C.R. (2015). *Risky riding: Naturalistic methods comparing safety behavior from conventional bicycle riders and electric bike riders*. In: *Accident Analysis and Prevention*, vol. 82, p. 220-226.
- Lansdown, T.C., Brook-Carter, N. & Kersloot, T. (2004). *Distraction from multiple in-vehicle secondary tasks: vehicle performance and mental workload implications*. In: *Ergonomics*, vol. 47, nr. 1, p. 91-104.

Leden, L. & Johansson, C. (2010). *The safety of elderly bicyclists*. In: World Conference on Transport Research. 11-15 July 2010, Lisbon, Instituto Superior Tecnico, DeCIVIL, p. 1-17.

Linde, M. van der (2019). *Middenstrook op fiets snelwegen: Heeft het potentie?* Stageverslag Universiteit Hasselt. Royal HaskoningDHV, Amersfoort.

Maki, T., Kajzer, J., Mizuno, K. & Sekine, Y. (2003). *Comparative analysis of vehicle–bicyclist and vehicle–pedestrian accidents in Japan*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 35, nr. 6, p. 927-940.

McMurdo, M.E.T. & Gaskell, A. (1991). *Dark adaptation and falls in the elderly*. In: Gerontology, vol. 37, nr. 4, p. 221-224.

Meel, E.M. van der (2013). *Red light running by cyclists: Which factors influence the red light running by cyclists?* Master Thesis. Delft University of Technology, Delft.

Meijaard, J.P., Papadopoulos, J.M., Ruina, A. & Schwab, A.L. (2007). *Linearized dynamics equations for the balance and steer of a bicycle: a benchmark and review*. In: Proceedings of the Royal Society A, vol. 463, nr. 2084, p. 1955-1982

Mesken, J. (2011). *De evaluatie van verkeerseducatieprogramma's; Aanbevelingen voor effectmeting en een voorstel voor een verkort meetinstrument*. R-2011-8. SWOV, Leidschendam.

Mesken, J. & Davidse, R.J. (2001). *De verkeersveiligheid van oudere verkeersdeelnemers in Drenthe*. R-2001-27. SWOV, Leidschendam.

Methorst, R., Essen, M. van, Ormel, W. & Schepers, P. (2010). *Letselongevallen van voetgangers en fietsers; Een verrassend beeld!* Dienst Verkeer en Scheepvaart in samenwerking met Consument en Veiligheid. Rijkswaterstaat, Delft.

Methorst, R. & Schepers, J.P. (2015). *Tweerichtingsfietspaden en spookrijden*. Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving, Delft.

Michon, J.A. (1971). *Psychonomie onderweg (Inaugurale rede Rijksuniversiteit Groningen)*. Wolters-Noordhoff, Groningen.

Michon, J.A. (1985). *A critical view of driver behavior models: What do we know, what should we do?* In: Evans, L. & Schwing, R.C. (red.), Human Behavior and Traffic Safety. Springer, Boston, MA.

Moore, J.K., Kooijman, J.D.G., Schwab, A.L. & Hubbard, M. (2011). *Rider motion identification during normal bicycling by means of principal component analysis*. In: Multibody System Dynamics, vol. 25, nr. 2, p. 225-244.

Mulder, L. & Louwerse, K. (2019). *Enkelvoudige fietsongevallen in Nederlandse gemeenten: kennis en maatregelen*. Publicatienummer 1968. TRIDÉE, Rotterdam.

Nie, J., Li, G. & Yang, J. (2015). *A study of fatality risk and head dynamic response of cyclist and pedestrian based on passenger car accident data analysis and simulations*. In: Traffic Injury Prevention, vol. 16, nr. 1, p. 76-83.

Niska, A. & Wenäll, J. (2019). *Simulated single-bicycle crashes in the VTI crash safety laboratory*. In: Traffic injury prevention, vol. 20, nr. S3, p. S68-S73.

Olivier, J. & Creighton, P. (2017). *Bicycle injuries and helmet use: a systematic review and meta-analysis*. In: International journal of epidemiology, vol. 46, nr. 1, p. 278-292.

Olkkonen, S. & Honkanen, R. (1990). *The role of alcohol in nonfatal bicycle injuries*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 22, nr. 1, p. 89-96.

Ormel, W., Klein Wolt, K. & Hertog, P. den (2008). *Enkelvoudige Fietsongevallen; Een LIS-vervolgonderzoek*. Stichting Consument en Veiligheid, Amsterdam.

Ouden, J.H. van den (2011). *Inventory of bicycle motion for the design of a bicycle simulator*. Delft University of Technology, Delft.

Overdijk, R.P.J. van (2016). *The influence of comfort aspects on route and mode choice decisions of cyclists in the Netherlands : an approach to improve bicycle transportation planning in practice*. Master thesis. Eindhoven University of Technology, Eindhoven.

Owens, D.A. & Tyrrell, R.A. (1999). *Effects of luminance, blur, and age on night time visual guidance: a test of the selective degradation hypothesis*. In: Journal of Experimental Psychology: Applied, vol. 5, nr. 2, p. 115-128.

Owsley, C. (2016). *Vision and Aging*. In: Annual Review of Vision Science, vol. 2, p. 255-271.

Owsley, C. & McGwin, G. (2004). *Association between visual attention and mobility in older adults*. In: Journal of the American Geriatrics Society, vol. 52, nr. 11, p. 1901-1906.

Owsley, C. & McGwin Jr, G. (2010). *Vision and driving*. In: Vision Research, vol. 50, nr. 23, p. 2348-2361.

Oxley, J.A., Corben, B.F., Fildes, B.N., O'Hare, M.A., et al. (2004). *Older vulnerable road users; measures to reduce crash and injury risk*. Monash University Accident Research Centre, Clayton, Victoria, Australia.

Peng, Y., Chen, Y., Yang, J., Otte, D., et al. (2012). *A study of pedestrian and bicyclist exposure to head injury in passenger car collisions based on accident data and simulations*. In: Safety Science, vol. 50, nr. 9, p. 1749-1759.

Petzoldt, T., Schleinitz, K., Krems, J.F. & Gehlert, T. (2017). *Drivers' gap acceptance in front of approaching bicycles – Effects of bicycle speed and bicycle type*. In: Safety Science, vol. 92, p. 283-289.

Piersma, D. & Waard, D. de (2013). *Shifting from manual to automatic gear when growing old: Good advice? Results from a driving simulator study*. In: Waard, D. de, et al. (eds), Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Europe, 2013 Annual Conference: Human Factors: sustainable life and mobility, p. 43-51.

Pijnappels, M., Burg, J.C.E. van der, Reeves, N.D. & Dieën, J.H. van (2008). *Identification of elderly fallers by muscle strength measures*. In: European Journal of Applied Physiology, vol. 102, nr. 5, p. 585-592.

Poos, H.P.A.M., Lefarth, T.L., Harbers, J.S., Wendt, K.W., et al. (2017). *E-bikers raken vaker ernstig gewond na fietsongeval*. In: Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde, vol. 161, p. D1520-D1520.

- Poulos, R., Hatfield, J., Rissel, C., Flack, L., et al. (2015). *An exposure based study of crash and injury rates in a cohort of transport and recreational cyclists in New South Wales, Australia*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 78, p. 29-38.
- Raedt, R. de & Ponjaert-Kristoffersen, I. (2000). *Can strategic and tactical compensation reduce crash risk in older drivers?* In: Age and Ageing, vol. 29, nr. 6, p. 517-521.
- Rantanen, T., Masaki, K., He, Q., Ross, G.W., et al. (2012). *Midlife muscle strength and human longevity up to age 100 years: a 44-year prospective study among a decedent cohort*. In: Age, vol. 34, nr. 3, p. 563-570.
- Räsänen, M. & Summala, H. (1998). *Attention and expectation problems in bicycle-car collisions: an in-depth study*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 30, nr. 5, p. 657-666.
- Raz, N., Ghisletta, P., Rodrigue, K.M., Kennedy, K.M., et al. (2010). *Trajectories of brain aging in middle-aged and older adults: regional and individual differences*. In: Neuroimage, vol. 51, nr. 2, p. 501-511.
- Reurings, M.C.B., Vlakveld, W.P., Twisk, D.A.M., Dijkstra, A., et al. (2012). *Van fietsongeval naar maatregelen: kennis en hiaten; Inventarisatie ten behoeve van de Nationale Onderzoeksagenda Fietsveiligheid (NOaF)*. R-2012-8. SWOV Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid, Den Haag.
- Reuvers, R., Over, E.A., Suijkerbuijk, A.W., Polder, J.J., et al. (2020). *Cost-effectiveness of mandatory bicycle helmet use to prevent traumatic brain injuries and death*. In: BMC Public Health, vol. 20, p. 1-12.
- Rijkswaterstaat (2016). *Verkeersveiligheid ouderen; Interventies voor beperking van verkeersrisico's bij ouderen anno 2015*. Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving, Utrecht.
- Rijkswaterstaat (2019). *Mogelijkheden verbetering campagne fietsverlichting; Evaluatie op basis van monitoringsonderzoek en literatuur*. Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving, Utrecht.
- Robertson, J.W., Darling, J. & Plummer, A.R. (2014). *Combined steering-direct tilt control for the enhancement of narrow tilting vehicle stability*. In: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, vol. 228, nr. 8, p. 847-862.
- Rodarius, C., Mordaka, J. & Versmissen, T. (2008). *Bicycle safety in bicycle to car accidents*. TNO-033-HM-2008-00354. TNO Science and Industry, Delft.
- Rosén, E. & Sander, U. (2009). *Pedestrian fatality risk as a function of car impact speed*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 41, nr. 3, p. 536-542.
- Rosen, E., Stigson, H. & Sander, U. (2011). *Literature review of pedestrian fatality risk as a function of car impact speed*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 43, nr. 1, p. 25-33.
- Salthouse, T.A. (1996). *The processing-speed theory of adult age differences in cognition*. In: Psychological Review, vol. 103, nr. 3, p. 403-428.
- Schaap, N., Harms, L., Kansen, M. & Wüst, H. (2015). *Fietsen en lopen: de smeerolie van onze mobiliteit*. KiM-15-A08 - ISBN 978-90-8902-134-2. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid KiM, Den Haag.

Schepers, J.P. (2008). *De rol van infrastructuur bij enkelvoudige fietsongevallen*. Rijkswaterstaat, Delft.

Schepers, J.P. & Brinker, B.P.L.M. den (2011). *What do cyclists need to see to avoid single-bicycle crashes?* In: *Ergonomics*, vol. 54, nr. 4, p. 315-327.

Schepers, P., Brinker, B. den, Methorst, R. & Helbich, M. (2017a). *Pedestrian falls: A review of the literature and future research directions*. In: *Journal of Safety Research*, vol. 62, p. 227-234.

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

Schepers, P., Geus, B. de, Cauwenberg, J. van, Ampe, T., et al. (2020). *The perception of bicycle crashes with and without motor vehicles: Which crash types do older and middle-aged cyclists fear most?* In: *Transportation Research Part F*, vol. 71, p. 157-167.

Schepers, J.P. & Klein Wolt, K. (2012). *Single-bicycle crash types and characteristics*. In: *Cycling Research International*, vol. 2, p. 119-135.

Schepers, P., Klein Wolt, K., Helbich, M. & Fishman, E. (2020). *Safety of e-bikes compared to conventional bicycles: What role does cyclists' health condition play?* In: *Journal of Transport and Health*, vol. 19, art.nr. 100961.

Schepers, J.P., Kroeze, P.A., Smeets, W. & Wust, J.C. (2011). *Road factors and bicycle-motor vehicle crashes at unsignalized priority intersections*. In: *Accident Analysis and Prevention*, vol. 43, nr. 3, p. 853-861.

Schepers, P., Nägele, R. & Mak, P. (2019). *Mogelijkheden verbetering campagne fietsverlichting; Evaluatie op basis van monitoringsonderzoek en literatuur*. Rijkswaterstaat WVL, Utrecht.

Schepers, P., Stipdonk, H., Methorst, R. & Olivier, J. (2017b). *Bicycle fatalities: trends in crashes with and without motor vehicles in The Netherlands*. In: *Transportation Research Part F*, vol. 46, p. 491-499.

Schepers, J.P. & Voorham, J. (2010). *Oversteekongevallen met Fietsers*. Rijkswaterstaat, Delft.

Schieber, F., Schlorholtz, B. & McCall, R. (2008). *Visual requirements of vehicular guidance*. In: Castro, C. (red.), *Human Factors of Visual and Cognitive Performance in Driving*. CRC Press, Boca Raton.

Schleinitz, K., Petzoldt, T., Franke-Bartholdt, L., Krems, J.F., et al. (2015). *Conflict partners and infrastructure use in safety critical events in cycling – Results from a naturalistic cycling study*. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 31, p. 99-111.

Schleinitz, K., Petzoldt, T., Franke-Bartholdt, L., Krems, J., et al. (2017). *The German Naturalistic Cycling Study – Comparing cycling speed of riders of different e-bikes and conventional bicycles*. In: *Safety Science*, vol. 92, p. 290-297.

Schleinitz, K., Petzoldt, T., Kröling, S., Gehlert, T., et al. (2019). *(E-)Cyclists running the red light – The influence of bicycle type and infrastructure characteristics on red light violations*. In: *Accident Analysis & Prevention*, vol. 122, p. 99-107.

Schwab, A., Meijaard, J. & Kooijman, J. (2012). *Lateral dynamics of a bicycle with a passive rider model: stability and controllability*. In: Vehicle System Dynamics, vol. 50, nr. 8, p. 1209-1224.

SGBO (2012). *Benchmark Wmo 2012; Resultaten over het jaar 2011*. SGBO/BMC, Den Haag.

Shinar, D. & Schieber, F. (1991). *Visual requirements for safety and mobility of older drivers*. In: Human Factors, vol. 33, nr. 5, p. 507-519.

Sindha, J., Chakraborty, B. & Chakravarty, D. (2018). *Automatic stability control of three-wheeler vehicles—recent developments and concerns towards a sustainable technology*. In: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of automobile engineering, vol. 232, nr. 3, p. 418-434.

Stella (2018). *Derde verkochte fietsen is een e-bike*. Stella, Nunspeet. Geraadpleegd 26 mei op <https://www.stella.nl/over-stella/nieuws/derde-verkochte-fietsen-is-een-e-bike/>.

Stelling-Kończak, A., Hagenzieker, M., Commandeur, J.J.F., Agterberg, M.J.H., et al. (2016). *Auditory localisation of conventional and electric cars: Laboratory results and implications for cycling safety*. In: Transportation Research Part F, vol. 41, nr. Part B, p. 227-242.

Stelling, A., Gent, P. van, Groot, J. de, Twisk, D.A.M., et al. (2017). *Naturalistic cycling study among Dutch commuter cyclists : comparing speeds on pedelecs, speed-pedelecs and conventional bikes*. In: International Conference on Road Safety & Simulation (RSS). 17-19 October 2017, The Hague, 6 p.

SWOV (2013). *Hoe gevaarlijk is fietsen in het donker*. SWOV factsheet, juli 2013. SWOV, Leidschendam.

SWOV (2015). *Ouderen in het verkeer*. SWOV factsheet, augustus 2015. SWOV, Den Haag.

SWOV (2017). *Fietsers*. SWOV-factsheet, juni 2017. SWOV, Den Haag.

SWOV (2019a). *Duurzaam veilig wegverkeer*. SWOV-Factsheet, maart 2019. SWOV, Den Haag.

SWOV (2019b). *Fietshelmen*. SWOV-factsheet, juni 2019. SWOV, Den Haag.

SWOV (2020). *QLIK: Mobiliteit - reizigerskilometers*. SWOV, Den Haag. Geraadpleegd op [https://theseus.swov.nl/single/?appid=549aeb93-b57f-4da9-8d02-3ffe5c0b77fd&sheet=2e0c4132-bd20-4c15-b1fc-649a9d87eb12&opt=currsel%2Cctxmenu&select=Vervoerwijze\(1\),Fiets](https://theseus.swov.nl/single/?appid=549aeb93-b57f-4da9-8d02-3ffe5c0b77fd&sheet=2e0c4132-bd20-4c15-b1fc-649a9d87eb12&opt=currsel%2Cctxmenu&select=Vervoerwijze(1),Fiets).

The TRACY consortium (2013). *TRACY - Transport needs for an ageing society. Work package 5: Dissemination*. Deliverable D5.4 Third summary paper (Action Plan). European Commission, Brussels.

Theofilatos, A. & Yannis, G. (2014). *A review of the effect of traffic and weather characteristics on road safety*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 72, p. 244-256.

Thulin, H. & Niska, A. (2009). *TEMA Cykel - skadade cyklister: Analys baserad på sjukvårdsregistrerade skadade i STRADA*. VTI rapport 644. VTI, Linköping.

Tournier, I., Dommes, A. & Cavallo, V. (2016). *Review of safety and mobility issues among older pedestrians*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 91, p. 24-35.

- TRIS (2020). *TRIS bike*. TRIS, Galatina. Geraadpleegd oktober 2020 op <https://www.trisbike.com/>
- TU Delft (2019). *Slimme motor in stuur voorkomt vallen met fiets*. Nieuwsbericht 11 april 2019, Technische Universiteit Delft, Delft. Geraadpleegd oktober 2020 op <https://www.tudelft.nl/2019/tu-delft/slimme-motor-in-stuur-voorkomt-vallen-met-fiets/>
- Tweewieler (2014). *Gazelle: e-bike met voorwielmotor blijft marktleider*. Tweewieler, Doetinchem. op <https://www.tweewieler.nl/fietsen/nieuws/2014/05/gazelle-e-bike-met-voorwielmotor-blijft-marktleider-1018070?>
- Twisk, D., Platteel, S. & Lovegrove, G. (2017). *An experiment on rider stability while mounting: comparing middle-aged and elderly cyclists on pedelecs and conventional bicycles*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 105, p. 109-116.
- Twisk, D., Vlakveld, W. & Boele, M. (2014). *Gedrag op elektrische en gewone fietsen vergeleken; Een experiment op de openbare weg*. R-2014-29. SWOV, Den Haag.
- Twisk, D.A.M., Vlakveld, W.P., Commandeur, J.J.F., Shope, J.T., et al. (2014). *Five road safety education programmes for young adolescent pedestrians and cyclists: A multi-programme evaluation in a field setting*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 66, p. 55-61.
- Twisk, D.A.M. & Reurings, M. (2013). *An epidemiological study of the risk of cycling in the dark: The role of visual perception, conspicuity and alcohol use*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 60, p. 134-140.
- Utriainen, R. (2020). *Characteristics of Commuters' Single-Bicycle Crashes in Insurance Data*. In: Safety, vol. 6, nr. 1, art. 13.
- Valkenberg, H., Nijman, S., Schepers, P., Panneman, M., et al. (2017). *Fietsongevallen in Nederland*. VeiligheidNL, Amsterdam.
- Vandervoort, A.A. (2002). *Aging of the human neuromuscular system*. In: Muscle & Nerve, vol. 25, nr. 1, p. 17-25.
- Van Raam (2020). *Balance lage instap fiets*. Van Raam, Varsseveld. Geraadpleegd 19 mei op <https://www.vanraam.com/nl-nl/advies-inspiratie/nieuws/tavara-balance-veilige-en-comfortabele-lage-instap-fiets>.
- Vedel, S.E., Jacobsen, J.B. & Skov-Petersen, H. (2017). *Bicyclists' preferences for route characteristics and crowding in Copenhagen—A choice experiment study of commuters*. In: Transportation Research Part A, vol. 100, p. 53-64.
- VenW (2008). *Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2008-2020: Van, voor en door iedereen*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- Vlakveld, W.P. & Davidse, R.J. (2011). *Effect van verhoging van de keuringsleeftijd op de verkeersveiligheid*. R-2011-6. SWOV, Leidschendam.
- Vlakveld, W.P. & Kint, S. van der (2018). *Hoe reageren fietsers op zelfrijdende auto's? Gedragsintenties bij ontmoetingen op kruispunten*. R-2018-21. SWOV, Den Haag.
- Vlakveld, W.P., Twisk, D., Christoph, M., Boele, M., et al. (2015). *Speed choice and mental workload of elderly cyclists on e-bikes in simple and complex traffic situations: A field experiment*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 74, p. 97-106.



VVN (2020). *Veilig fietsen, ook als senior*. VVN, Amersfoort. Geraadpleegd 7 augustus op <https://vvn.nl/thuis/senioren-in-het-verkeer/blijf-veilig-mobiel/veilig-fietsen-ook-als-senior>

Waard, D. de, Houwing, S., Lewis-Evans, B., Twisk, D., et al. (2016). *Bicycling under the influence of alcohol*. In: *Transportation Research Part F*, vol. 41, p. 302-308.

Weber, T., Scaramuzza, G. & Schmitt, K. (2014). *Evaluation of e-bike accidents in Switzerland*. In: *Accident Analysis and Prevention*, vol. 73, p. 47-52.

Weijermars, W.A.M., Bos, N.M., Boele-Vos, M.J. & Davidse, R.J. (2019a). *Verkeersdoden in het ziekenhuis. Nadere analyses van ziekenhuisgegevens*. R-2019-28. SWOV, Den Haag.

Weijermars, W., Bos, N. & Stipdonk, H.L. (2016). *Serious road injuries in The Netherlands dissected*. In: *Traffic Injury Prevention*, vol. 17, nr. 1, p. 73-79.

Weijermars, W.A.M., Goede, M. de, Goldenbeld, C., Decae, R.J., et al. (2019b). *Monitor Verkeersveiligheid 2019 – Achtergrondinformatie en onderzoeksverantwoording*. R-2019-22A. SWOV, Den Haag.

Weijermars, W.A.M., Goldenbeld, C., Goede, M. de, Moore, K., et al. (2018a). *Monitor Verkeersveiligheid 2018 – Achtergrondinformatie en onderzoeksverantwoording*. R-2018-16A. SWOV, Den Haag.

Weijermars, W., Schagen, I. van & Aarts, L. (2018). *Verkeersveiligheidsverkenning 2030; Slachtofferprognoses en beschouwing SPV*. R-2018-17. SWOV, Den Haag.

Weijermars, W.A.M., Schagen, I.N.L.G. van, Aarts, L.T., Petegem, J.W.H. van, et al. (2018b). *Hoe verkeersveilig kan Nederland zijn in 2030? Mogelijkheden voor reductie in aantallen verkeersslachtoffers*. R-2018-17B. SWOV, Den Haag.

Weijermars, W.A.M., Stipdonk, H.L., Aarts, L.T., Bos, N.M., et al. (2014). *Verkeersveiligheidsbalans 2000-2012; Oorzaken en gevolgen van verkeersonveiligheid*. R-2014-24. SWOV, Den Haag.

Weiss, R., Juhra, C., Wieskötter, B., Weiss, U., et al. (2018). *Zur Unfallwahrscheinlichkeit von Senioren bei der Nutzung von E-Bikes*. In: *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*, vol. 156, p. 78-84.

Westerhuis, F. & Waard, D. de (2014). *Natuurlijk fietsen*. Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.

Westerhuis, F. & Waard, D. de (2016). *Using commercial GPS action cameras for gathering naturalistic cycling data*. In: *Journal of The Society of Instrument and Control Engineers*, vol. 55, nr. 5, p. 422-430.

Westerhuis, F., Fuermaier, A.B., Brookhuis, K.A. & Waard, D. de (2020). *Cycling on the edge: the effects of edge lines, slanted kerbstones, shoulder, and edge strips on cycling behaviour of cyclists older than 50 years*. In: *Ergonomics*, p. 1-18.

Westerhuis, F.F., Jelijs, L.B., Fuermaier, A.A. & de Waard, D.D. (2017). *Using optical illusions in the shoulder of a cycle path to affect lateral position*. In: *Transportation research part F*, vol. 48, p. 38-51.

WHO (2017). *Save LIVES: a road safety technical package*. ISBN 978-92-4-151170-4. World Health Organization, Geneva.

Wierda, M. & Brookhuis, K.A. (1991). *Analysis of cycling skill: A cognitive approach*. In: Applied Cognitive Psychology, vol. 5, nr. 2, p. 113-122.

Wijlhuizen, G.J., Petegem, J.W.H. van, Goldenbeld, C., Gent, P. van, et al. (2016). *Doorontwikkeling CycleRAP-instrument voor veiligheidsbeoordeling fietsinfrastructuur; Doelmatigheid handmatige intensiteitsmetingen, betrouwbaarheid beoordelingen infrastructuur en validiteit van het CycleRAP-instrument*. R-2016-11. SWOV, Den Haag.

Wijlhuizen, G.J., Petegem, J.W.H. van, Schermers, G., Bruin, J. de, et al. (2017). *Ontwikkeling Netwerk Safety Index gemeente Amsterdam*. R-2017-10. SWOV, Den Haag.

Wijnen, W., Mesken, J. & Vis, M.A. (2010). *Effectiviteit en kosten van verkeersveiligheidsmaatregelen*. R-2010-9. SWOV, Leidschendam.

WOLK (2020). *Heupairbag*. WOLK, Den Haag. Geraadpleegd 8 juni op <https://www.wolkairbag.com/>.

Wood, J.M. (2002). *Aging, driving and vision*. In: Clinical and Experimental Optometry, vol. 85, nr. 4, p. 214-220.

Wouters, P.I.J., Welleman, A.G. & Kampen, L.T.B. van (1987). *Analyse van de verkeersveiligheid van oudere fietsers en voetgangers; Probleemanalyse ter onderbouwing van het Meerjarenplan Verkeersveiligheid (MPV) van de Directie Verkeersveiligheid van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Deel I*. R-87-9. SWOV, Leidschendam.

Wu, C.X., Yao, L. & Zhang, K. (2012). *The red-light running behavior of electric bike riders and cyclists at urban intersections in China: An observational study*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 49, p. 186-192.

Zeedyk, M.S., Wallace, L., Carcary, B., Jones, K., et al. (2001). *Children and road safety: Increasing knowledge does not improve behaviour*. In: British Journal of Educational Psychology, vol. 71, nr. 4, p. 573-594.

ZonMw (2016). *Winnaars Nationale Sportinnovator Prijs 2016 bekend*. ZonMw, Den Haag. op <https://www.zonmw.nl/nl/actueel/nieuws/detail/item/winnaars-nationale-sportinnovator-prijs-2016-bekend/>.

# Ongevallen voorkomen Letsel beperken Levens redden

## **SWOV**

**Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid**

Postbus 93113

2509 AC Den Haag

Bezuidenhoutseweg 62

070 – 317 33 33

info@swov.nl

www.swov.nl

 [@swov\\_nl](#) / [@swov](#)

 [linkedin.com/company/swov](https://www.linkedin.com/company/swov)