

Oversteekongevallen met fietsers

Het effect van infrastructuurkenmerken op
voorrangskruispunten

Datum	januari 2010
Status	Definitief

Oversteekongevallen met fietsers

Het effect van infrastructuurkenmerken op
voorrangskruispunten

Datum	januari 2010
Status	Definitief

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart
Informatie	DVS-loket
Telefoon	088 - 7982 555
E-mail	dvsloket@rws.nl
Auteurs	Schepers, J.P., Voorham, J.
Datum	31 januari 2010
Status	Definitief

Inhoud

Voorwoord 6

1 Inleiding 7

Deel I: literatuurstudie 9

2 Infrastructuurkenmerken en oversteekveiligheid 10

3 Samenvatting en hypothesevorming 47

Deel II, empirisch onderzoek 56

4 Analyse van oversteekongevallen met fietsers 57

5 Analyse van de relatie oversteekongevallen – intensiteiten 68

6 Analyse van de relatie oversteekongevallen – infrastructuurkenmerken 79

Deel III, Vertaling naar de praktijk, conclusies en aanbevelingen 99

7 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen 100

Literatuurlijst 114

Bijlage I Landelijke cijfers oversteekongevallen 118

Bijlage II Fietsongevallen op rotondes 120

Bijlage III Voorbeelden bij codering van infrastructuurkenmerken 122

Bijlage IV Stageverslag 'Bicycle Crossing Study' 132

Voorwoord

Dit onderzoek was niet mogelijk geweest zonder de bijdrage van een groot aantal mensen. Jitske Voorham en Robin Michler hebben in het kader van hun stage bijgedragen aan het onderzoekswerk: het interpreteren van registratieformulieren van ongevallen, het verrichten van tellingen en observaties en het bestuderen van literatuur. Het stageverslag van Robin Michler is opgenomen in Bijlage IV. Aan dit werk heeft ook Henk de Jong (RWS DVS) bijgedragen. Het ongevalonderzoek dat is opgenomen in Hoofdstuk 4 is vrijwel geheel uitgevoerd door Jitske Voorham. Het overgrote deel van het empirische onderzoek naar de relatie tussen infrastructuurkenmerken (zie hoofdstuk 6) en ongevallen is uitgevoerd door Peter Kroeze en Willy Smeets van Bureau Ligtermoet en Partners. Het onderzoek werd begeleid door een klankbordgroep bestaande uit Ragnhild Davidse (SWOV), Otto van Boggelen (KPVV, Fietsberaad), Willem Vermeulen (RWS, DVS), Theo Zeegers (Fietzersbond), Peter Kroeze (Ligtermoet en Partners) en Willy Smeets (Ligtermoet en Partners). De klankbordgroep heeft een belangrijke bijdrage geleverd aan het overwinnen van de methodologische drempels die het onderzoeksteam tegenkwam.

1 Inleiding

Achtergrond

De veiligheid van fietsers is een aandachtsgebied in het Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2008-2020 van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Het aantal ernstige fietsslachtoffers is in de afgelopen jaren minder snel gedaald dan het aantal slachtoffers bij andere vervoerswijzen (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2008). Naar schatting is circa 65% van de fietsongevallen met doden en ziekenhuisgewonden een oversteekongeval. Daarvan vindt ongeveer 80% plaats binnen de bebouwde kom en 20% buiten de bebouwde kom. Bij oversteekongevallen binnen de bebouwde kom waren over 2005 tot en met 2007 jaarlijks gemiddeld 70 doden te betreuren en werden 1.200 mensen in het ziekenhuis opgenomen (zie bijlage 1). Om die reden richt dit onderzoek zich op oversteekongevallen met fietsers binnen de bebouwde kom.

Er zijn handleidingen en richtlijnen beschikbaar voor het ontwerp van kruispunten en oversteekvoorzieningen. In de praktijk is er een grote variatie in vormgeving van kruispunten en oversteekvoorzieningen op wegvakken. Directoraat Generaal Mobiliteit (DGMo) heeft Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart (RWS DVS) gevraagd om een onderzoek te doen naar de consequenties voor de veiligheid van verschillen in vormgeving. De vraag is in hoeverre het aantal oversteekongevallen kan worden gereduceerd door middel van de inrichting van de infrastructuur.

Afbakening

Op verschillende typen kruispunten kunnen de voorrangsregeling, het voorrangsgedrag en de eventueel relevante infrastructuurkenmerken sterk verschillen. Dit onderzoek beperkt zich tot voorrangskruispunten, inclusief kruispunten met een solitair fietspad (zonder verkeersregelinstallatie, maar met een voorrangsregeling). Deze keuze is gebaseerd op een inventarisatie van voorrangsongevallen binnen de bebouwde kom van drie middelgrote tot grote steden op wegen met een maximumsnelheid van 50 tot en met 70 km/uur (zie hoofdstuk 4 voor de details van deze inventarisatie). Zoals is te zien in tabel 1.1 gebeuren de meeste voorrangsongevallen met fietsers op voorrangskruispunten (inclusief kruispunten met een uitritconstructie).

Tabel 1.1 Verdeling van voorrangsongevallen met fietsers over kruispunttypen

Type kruispunt	Aantal ongevallen			Verdeling van de ongevallen		
	Apeldoorn	Delft	Tilburg	Apeldoorn	Delft	Tilburg
Voorrangskruispunt	107	55	151	63%	52%	49%
Kruispunt met een verkeersregelinstallatie	26	25	53	15%	24%	17%
Gelijkwaardig kruispunt	10	15	40	6%	14%	13%
Kruispunt met een solitair fietspad	10	5	26	6%	5%	8%
Rotonde	13	5	12	8%	5%	4%
Anders	5	1	25	3%	1%	8%
Totaal	171	106	307	100%	100%	100%

Er is geen substantieel verschil in letselernst tussen ongevallen op verschillende typen kruispunten, zie tabel 1.2. Het verschil tussen voorrangskruispunten en kruispunten met een verkeersregelinstallatie is klein. Dit speelt dan ook geen rol in de afbakening van dit onderzoek. De letselernst is wel substantieel lager op rotondes. Dat ligt in de lijn der verwachting, maar de schatting is op een klein aantal ongevallen gebaseerd.

Tabel 1.2 Letselernst van ongevallen op verschillende type kruispunten¹

Type kruispunt	Geen of licht letsel	Ziekenhuisopname of overleden	Totaal	Percentage ziekenhuisopname of overleden
Voorrangskruispunt	256	58	314	18%
Kruispunt met een verkeersregelinstallatie	84	21	105	20%
Rotonde	29	1	30	3%
Gelijkwaardig kruispunt	56	9	65	14%
Kruispunt met een solitair fietspad	37	5	42	12%
Anders	19	11	30	37%
Totaal	481	105	586	18%

¹ De verschillen zijn significant ($\chi^2(5, N=586) = 13,6; p = 0,028$)

Deel I: literatuurstudie

2 Infrastructuurkenmerken en oversteekveiligheid

Dit hoofdstuk beschrijft het resultaat van een literatuurstudie naar infrastructuurkenmerken in relatie tot de veiligheid van overstekende fietsers.

2.1 Fietsvoorzieningen langs verkeersaders: fietspaden, fietsstroken of gemengd verkeer

Welleman and Dijkstra (1988) onderzochten de veiligheidseffecten van fietsvoorzieningen langs verkeersaders binnen de bebouwde kom van 14 steden met meer dan 50.000 inwoners. In totaal werden 145 weggedeelten (verkeersader startend bij een kruising met een andere verkeersader en eindigend bij een kruising met een andere verkeersader) onderzocht. Deze weggedeelten werden verdeeld in delen zonder (gemengd verkeer) en met voorziening (fietsstrook of vrijliggend fietspad). In deze wegdelen lagen ruim 700 kruispunten waar de verkeersader kruiste met een erftoegangsweg. De intensiteiten van het gemotoriseerde en (brom)fietsverkeer lagen op de verkeersaders op een vergelijkbaar niveau. Wel lag de gemiddelde etmaalintensiteit van het gemotoriseerde verkeer op aders met fietspaden (12.900) wat hoger dan op aders met gemengd verkeer of een fietsstrook (10.600). Er werd gebruik gemaakt van geregistreerde ongevallen in de periode 1973-1977. Voor verschillende groepen ongevallen werd de bijbehorende intensiteit als correctiemaat gebruikt: voor wegvakken de verkeersprestatie (product van intensiteit en lengte) en voor kruispunten het aantal passages. Met deze correctiematen zijn ongevalquotiënten berekend en vergeleken tussen delen met en zonder voorziening. De verschillen zijn getoetst en weergegeven in tabel 2.1.

Tabel 2.1 Verschillen in ongevalquotiënten voor fietsongevallen langs verkeersaders zonder fietsvoorziening, met fietsstroken en met vrijliggende fietspaden

	gemengd ↔ strook	gemengd ↔ pad	strook ↔ pad
Weggedeelten	< 36%	> 24%	> 59%
Tussengelegen kruispunten	< 29%	=	> 26%
Wegvak (tussen tussengelegen kruispunten)	< 50%	=	> 50%
Begrenzende kruisingen	> 19 %	< 32%	< 50%

Uit het onderzoek blijkt dat weggedeelten het veiligste zijn met vrijliggende fietspaden en het minst veilig met fietsstroken. De kruispunten binnen de weggedeelten met vrijliggende fietspaden langs de verkeersader zijn even veilig als kruispunten met gemengd verkeer en zelfs iets veiliger dan kruispunten met een fietsstrook op de verkeersader. Op de begrenzende kruisingen (kruising met andere verkeersader) zijn de resultaten omgekeerd. Daar is het ongevalquotiënt het hoogst bij vrijliggende fietspaden.

De uitkomsten van veel buitenlandse onderzoeken zijn grotendeels in overeenstemming met de uitkomsten van de studie van Welleman en Dijkstra (1988). In het Handboek verkeersveiligheidsmaatregelen hebben Elvik en Vaa

(2004) studies geïnventariseerd, met name uit Noord-Europese landen en Groot-Brittannië. Gemiddeld (bepaald met een meta-analyse) wordt geen significante verandering gevonden van het aantal oversteekongevallen van fietsers (met letsel) door de aanleg van fietspaden. Ook de aanleg van fietsstroken had gemiddeld geen significant verband met het aantal letselongevallen met fietsers (er is geen onderscheid gerapporteerd naar type ongeval). Elvik en Vaa (2004) noemen daarnaast enkele studies waaruit blijkt dat het fietsgebruik langs verkeersaders toeneemt door de aanleg van fietspaden.

2.2 **Tweerichtingenfietspaden vergeleken met eenrichtingsfietspaden**

In meerdere studies is gevonden dat het risico van oversteekongevallen bij kruispunten hoger is in het geval van een tweerichtingenfietspad langs een gebiedsontsluitingsweg. Meer in het bijzonder kan worden gesteld dat fietsers die links van de weg rijden (tegen de richting van het verkeer in) een verhoogd risico lopen om bij een oversteekongeval betrokken te raken.

2.2.1 *Effect van links van de weg fietsen*

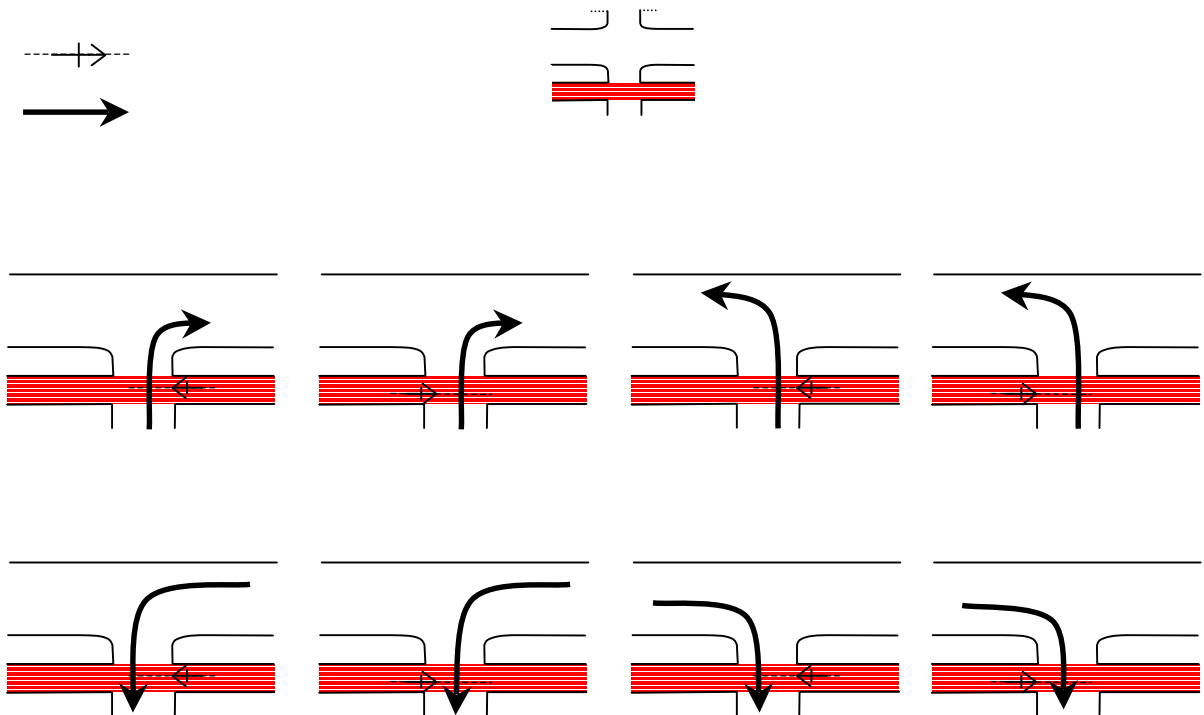
Wachtel en Lewiston (1994) voerden een studie uit naar oversteekongevallen met fietsers op kruispunten van drie verkeersaders in Palo Alto in Californië. Persoonskenmerken van slachtoffers (leeftijd, geslacht), positie op de weg (op het fietspad of op de weg gemengd met ander verkeer) en fietsrichting (met het verkeer mee of tegen het verkeer in) werden vergeleken tussen slachtoffers en fietsers op straat. Voor het laatste werden tellingen uitgevoerd. In totaal gebeurden er circa 100 geregistreerde fietsongevallen op de kruispunten van de verkeersaders (in de periode 1985-1989). Van 89 ongevallen was voldoende informatie beschikbaar voor de analyse. Er werden er bijna 3000 fietsers geteld in mei 1987. De verdeling van het aantal ongevallen en getelde fietsers werd vergeleken met een Chi-kwadraat toets. Het risico van fietsers op fietspaden die tegen de richting van het verkeer inrijden is circa 4,5 maal zo hoog als van fietsers op fietspaden die met de richting van het verkeer meerijden. Een fietser die tegen de richting van het verkeer inrijdt, rijdt gezien vanuit zijn eigen positie aan de linker kant van de weg. Voor fietsers is het in de Verenigde Staten verboden om tegen de richting van het verkeer in te rijden. Er bestaan geen tweerichtingenfietspaden.

De Universiteit van Lund heeft in 1984 de risico's van fietsers op fietspaden tegen de richting van het verkeer in en met de richting van het verkeer mee vergeleken door middel van een conflictobservatie. Het risico (aantal conflicten per oversteekbeweging) voor fietsers op fietspaden links van de weg bleek circa 3,5 maal zo hoog te zijn als voor fietsers rechts van de weg (Rauh, 1990). Recent is een studie uitgevoerd met conflictanalyse in Lund bij rotondes. Daarin werd geconcludeerd dat er veiligheidsproblemen ontstaan wanneer fietsers een fietspad om een rotonde in twee richtingen mogen berijden (Sakshaug, Laureshyn, Svensson, Hydén, 2010).

2.2.2 *Zweedse studie in relatie tot het kijkgedrag van automobilisten*

Summala et al. (1996) voerden een studie uit naar het kijkgedrag van automobilisten bij het naderen van tweerichtingenfietspaden. De kijkstrategie lijkt een belangrijke oorzaak voor het verhoogde risico van fietsers die links van de weg over een tweerichtingenfietspad rijden. Alle oversteekongevallen met fietsers in de langsricting langs verkeersaders in Helsinki (1987-1989) werden geanalyseerd. Deze gebeurden op 25 kruispunten zonder verkeersregelinstallatie (19 met drie

takken, 6 met vier takken). Het meest voorkomende type oversteekongeval was een ongeval waarbij een auto de verkeersader naderde en rechtsaf sloeg (27 van de 39 ongevallen; zie figuur 2.1). Dit type ongeval kwam vaker voor op kruispunten waar het zicht (oprijzicht) beperkt was. Op 12 kruispunten met een beperkt zicht waren 18 van de 21 ongevallen van het dominante type, op kruispunten met een beter zicht 9 van de 18.



Figuur 2.1 Oversteekongevallen met fietsers in de langsrichting in Helsinki (Summala et al., 1996)

De hypothese dat de kijkstrategie een rol speelt bij de ongevallen van rechtsafslaande automobilisten is als volgt onderbouwd. Een bestuurder die rechtsaf slaat kijkt naar links om in te schatten of de weg vrij is. Een bestuurder die linksaf slaat moet zowel naar links als naar rechts kijken om te beoordelen of de weg vrij is. Doordat bij linksaf slaan altijd naar links gekeken wordt is de kans kleiner dat een fietser van links over het hoofd gezien wordt. Summala et al. (1996) hebben het kijkgedrag bestudeerd op 2 T-kruispunten met een beperkt zicht door middel van twee onopvallend opgestelde videocamera's (3 maal 3 uur buiten de spijstijden werd geanalyseerd op de twee kruispunten). Het kijkgedrag werd alleen geanalyseerd bij automobilisten die vrij konden invoegen in de te kruisen straat. Dit betrof 111 automobilisten. Daarvan sloegen er 77 linksaf en 33 rechtsaf. Het kijkgedrag werd afgeleid van de hoofdbewegingen. Oogbewegingen waren niet zichtbaar op de videobeelden. Ook het snelheidsgedrag werd vastgelegd.

De resultaten van het onderzoek zijn in overeenstemming met de hypothese. Bestuurders die linksaf sloegen keken in grote meerderheid naar rechts zodra het zicht in die richting voldoende was (6m respectievelijk 9m voor het te kruisen

fietspad). Automobilisten die rechtsaf sloegen bleven naar links kijken. Slechts enkele keken naar rechts. De gemiddelde snelheid van automobilisten die linksaf en rechtsaf sloegen lag ongeveer gelijk. De automobilisten die rechtsaf sloegen en met een lagere snelheid de kruising naderden keken iets vaker naar rechts, maar dit verschil was niet significant.

Daarnaast is een voor- en nameting verricht na het doorvoeren van maatregelen om het kijkgedrag van automobilisten te verbeteren. Het kijkgedrag van automobilisten die rechtsaf sloegen verbeterde op 4 kruispunten die werden voorzien van snelheidsverlagende maatregelen: drempel, verhoogd aangelegde oversteekvoorziening of een stopbord (bij 3 van de 4 werd de fietsoversteek voorzien van een eigen kleur). Bij een kruispunt waarbij de fietsoversteek alleen werd voorzien van een eigen kleur (zonder snelheidsverlagende maatregel) was er geen effect, hoewel aangetekend moet worden dat het aantal waarnemingen klein was.

2.2.3 Nederlandse studie in relatie tot het kijkgedrag van automobilisten en fietsers

Recent (December 2009/Januari 2010) is door de Rijksuniversiteit Groningen een studie verricht naar het kijkgedrag van automobilisten en fietsers in de stad Groningen. Deze werd uitgevoerd op T-kruisingen waarbij de fietser over een fietspad langs de verkeersader rijdt en de auto uit de zijstraat komt. Er is gekeken naar het kijkgedrag van automobilisten uit de zijstraat omdat de fietser op het fietspad daarbij uit de onverwachte richting kan komen.

De resultaten stemmen overeen met de resultaten van studies naar kijkgedrag in andere landen, met name studies uit Finland. Van de fietsers die langs een verkeersader rijden kijkt bijna driekwart de zijstraat niet in als er een auto nadert. Automobilisten die rechtsaf slaan vanuit de zijstraat kijken minder vaak naar rechts vergeleken bij automobilisten die linksaf slaan. Dit vergroot de kans dat ze een fietser uit de onverwachte richting (een fietser die links van de weg rijdt) missen.

Het kijkgedrag van automobilisten op een kruising met een tweerichtingenfietspad is vergeleken met het kijkgedrag op een kruising met een eenrichtingsfietspad. Bij het rechtsafslaan kijken automobilisten minder vaak naar rechts, maar dit geldt sterker voor een eenrichtingsfietspad dan voor een tweerichtingenfietspad. Dit impliceert dat een fietser die clandestien links van de weg rijdt een nog groter risico loopt dat een fietser die legaal links van de weg rijdt.

In de studie is geëxperimenteerd met een actief waarschuwbord dat kan knipperen wanneer een fietser over het fietspad nadert om het kijkgedrag van automobilisten te verbeteren. Het bord is op twee locaties geplaatst en getest in een passieve en een actieve conditie. In de actieve conditie werden er knipperlampen rondom het bord handmatig geactiveerd als er een auto de kruising naderde. Uit de resultaten blijkt dat het kijkgedrag van automobilisten met door het plaatsen van een actief bord verbeterde. In de conditie zonder bord keek iets meer dan 80% van de automobilisten uit de zijstraat zowel naar links als naar rechts. Bij het plaatsen van een passief bord nam dat nauwelijks toe, maar bij het plaatsen van een actief bord steeg het tot boven de 90%. De trend was duidelijk, maar het aantal waarnemingen was beperkt vanwege het slechts voor een korte duur mogen

plaatsen van het bord. De verschillen bereikten derhalve niet het niveau van statistische significantie.

2.2.4 *Links van de weg fietsen en ongevallen met rechtsafslaande vrachtauto's*

Schoon, Doumen en De Bruin (2008) hebben in een recente studie gevonden dat ongevallen met rechtsafslaande vrachtauto's niet alleen gebeuren als een vrachtauto vanaf een verkeersader rechtsaf slaat en een rechtdoorgaande fietser over het hoofd ziet. Het tweede type betreft een ongeval met een vrachtauto die een fietspad haaks kruist, waarbij de chauffeur een fietser over het hoofd ziet. Deze situatie komt voor op een voorrangskruising en bij het oprijden van een rotonde. Vooral fietsers van rechts vormen een aandachtspunt, omdat zij zich in de dode hoek rechts voor de vrachtauto bevinden.

2.3 **Verhoogd uitgevoerde oversteekvoorziening**

Uit de studie van Summala et al. (1996) is gebleken dat een snelheidsremmende maatregel zoals de verhoogde uitvoering van een fietsoversteek positieve effecten heeft op het kijkgedrag van automobilisten. Het gaat daarbij om automobilisten die de zijweg in- of uitrijden en feitelijk betreft het een snelheidsremmende maatregel voor deze bestuurders. In het vervolg van deze paragraaf komen enkele ongevalstudies aan bod waarin aandacht werd besteed aan een verhoogde oversteekvoorziening. Een oversteekplaats voor fietsers kan worden verhoogd door het op een plateau aan te leggen of door het te combineren met een uitritconstructie (zie figuur 2.2).



Figuur 2.2 Voorbeelden van verhoogd aangelegde fietsoversteekvoorzieningen

2.3.1 *Ongevalstudie 1*

Schnüll et al. (1992) hebben verschillende kenmerken van oversteekvoorzieningen voor fietsers vergeleken, waaronder de uitvoering met alleen een markering of met een verhoogd aangelegde voorziening. Het aantal ongevallen per kruispunttak is ruim de helft lager bij oversteekvoorzieningen aangelegd op een plateau. De studie is in meer detail beschreven in paragraaf 2.4.1. Een opvallende bevinding in de studie is dat voertuigen uit een zijstraat vaak in botsing komen met een fietser links van de weg en dat dit aantal aanzienlijk wordt gereduceerd met een verhoogd aangelegde oversteekvoorziening. Mogelijk hangt dit samen met de verbeterde kijkstrategie zoals beschreven door Summala et al. (1992).

2.3.2 *Ongevalstudie 2*

Een uitvoeringsvorm voor een verhoogde fietsoversteek is een plateau als onderdeel van een uitritconstructie. Het fiets- en voetpad kunnen verhoogd over het plateau worden geleid en het gemotoriseerde verkeer wordt afgeremd. In een publicatie over fietsvoorzieningen refereert het Danish Road Directorate (2000) aan een studie van Herrstedt (1979). Het aantal ongevallen met rechtdoorgaande fietsers op fietspaden daalde met circa de helft na de aanleg van uitritconstructies.

2.3.3 *Voor-na-studie*

Gårder, Leden en Pulkkinen (1998) voerden een voor-na-studie uit om de effecten te evalueren van een verhoogde aanleg van fietsoversteken met 4 tot 12 cm. Daarbij kreeg de verhoogde fietsoversteek tevens een rode kleur ter verhoging van het attentieniveau van naderende automobilisten. Het ging om T-kruisingen. Bij een deel van de onderzochte wegen deelden automobilisten voor de reconstructie de weg met ander verkeer en werd er na de reconstructie een fietspad aangelegd. Bij een ander deel lag vooraf wel een fietspad langs de weg en is alleen de vormgeving van de oversteek veranderd door de oversteek op een plateau aan te leggen.

De onderzoeksaanpak bestond uit de volgende onderdelen:

- Vergelijking van ongevallen voor en na de reconstructie op 44 kruispunten, allen T-kruisingen (in totaal gebeurden er 126 ongevallen in 5 jaar)
- Op 4 kruispunten (2 gereconstrueerde oversteken en 2 controlelocaties) werd het gedrag geobserveerd (snelheidsgedrag van gemotoriseerde voertuigen en fietsers en voorrangsgedrag). Twee weken voor en twee weken na de reconstructie werden de aantallen overstekende fietsers geteld.
- Fietsers werd gevraagd om hun veiligheid in te schatten na de reconstructie in vergelijking met ervoor. Ook onder experts werd een enquête gehouden.

Na de reconstructie steeg het aantal fietsers langs de onderzochte verkeersaders met meer dan 50%. Mogelijk hangt dit samen met de aanleg van fietspaden langs wegen waar fietsers eerder de weg moesten delen met het gemotoriseerde verkeer. Een andere interessante bevinding die los staat van het effect van de maatregel is de samenhang tussen het risico (aantal ongevallen per overgestoken fietser) en de intensiteit van het fietsverkeer. Kruisingen met meer oversteekbewegingen hebben een lager risico. Een toename van het aantal oversteekbewegingen met 50% zou leiden tot een risicoreductie van ongeveer een kwart.

Een interessante bevinding uit de observaties en snelheidsmetingen was dat de snelheid van het gemotoriseerde verkeer dat de zijweg in- of uitreed met circa 40% daalde. De snelheid van het fietsverkeer leek enigszins toe te nemen (behalve op een locatie waar fietsers na de aanpassing een drempel moesten oprijden). Dat zou komen door het toegenomen gevoel van veiligheid. Bij een enquête op straat waren fietsers gemiddeld positiever over hun veiligheid na de introductie van de maatregelen.

De veranderde vormgeving leidde tot een risicodaling van 10% tot 50%. Naast een ongevalanalyse werden de volgende methoden gebruikt om de risicodaling door de veranderde vormgeving te schatten: enquête onder fietsers en experts en conflictanalyse (observatie). Met deze vier methoden (gecombineerd met een bayesiaanse benadering) werd de risicoreductie door de verhoogde ligging van de

fietsoversteek geschat op circa 30%. Het is niet goed mogelijk om de risicoverandering op basis van aantallen ongevallen te schatten. Er werd meer veranderd dan alleen de vormgeving van de oversteek (bijvoorbeeld de aanleg van een fietspad waar eerst geen fietspad lag) en de fietsintensiteiten langs de verkeersaders namen aanzienlijk toe.

2.4 Afstand van een fietspad tot de rijbaan (in- of uitbuigen)

Er is in het verleden discussie geweest over de vraag of een fietspad bij een kruispunt moet worden in- of uitgebogen. In figuur 2.3 is een ter plaatse van het kruispunt uitgebogen fietspad weergegeven. Een belangrijk onderwerp in die discussie is het zicht van andere bestuurders op fietsers. Het voordeel van fietsstroken of een gemengd profiel zou zijn dat rechtsafslaanende automobilisten een beter zicht hebben op rechtdoorgaande fietsers. Anderen benadrukken dat een tussenberm van 1 tot 5m vermeden moet worden vanwege de dode hoek bij vrachtauto's. Bij een tussenruimte van 5m is de rechtsafslaanende (vracht)auto daarentegen op het conflictpunt met de fietser zo ver gedraaid, dat de bestuurder meer rechtstreeks zicht heeft op de fietser. Een fietser heeft bij een tussenruimte van 5m meer tijd om te anticiperen op rechtsafslaanende (vracht)auto's. Een ander aspect in de discussie is de eventuele hinder voor fietsers van wachtende voertuigen op de zijweg.



Figuur 2.3 Voorbeeld van een uitgebogen fietspad (Bron: Deens Ministerie van Verkeer)

2.4.1 Ongevalstudie 1, Duitsland

Schnüll, Lange, Fabian, Kölle, Schütte, Alrutz, Fechtel, Stellmacher-Hein, Brückner en Meyhöfer (1992) hebben verschillende soorten oversteekvoorzieningen voor fietsers onderling vergeleken. Het onderzoeksmateriaal bestond uit 575 kruispunttakken zonder verkeerslichten waarop eind jaren '80 in 3 tot 4 jaar tijd 375 ongevallen met rechtdoorgaande fietsers waren geregistreerd. De belangrijkste kenmerken die werden onderzocht zijn de afstand van het fietspad tot de verkeersader (aanliggend, 2 tot 4m, meer dan 4m), de vormgeving van de oversteek (alleen markering of verhoogd op een plateau) en in beperkte mate de markering.

Methode

De analyses zijn gebaseerd op het aantal oversteekongevallen met rechtdoorgaande fietsers per kruispuntarm, de 'ongevalquote'. Er zijn geen tellingen van het

fietsverkeer verricht. Wel zijn schattingen of eerder uitgevoerde tellingen opgevraagd bij gemeenten. Om te onderzoeken of het aantal oversteekbewegingen van fietsers invloed heeft zijn enkele analyses onderscheiden naar drie intensiteitsklassen van het fietsverkeer (klassen gebaseerd op de schattingen van de gemeenten). Van de 575 onderzochte kruispuntarmen lagen er 125 op een verkeersader met gemengd verkeer of een fietsstrook. In de andere gevallen kruisten fietsers de zijstraat over een fietspad. Daarvan waren er 75 aangelegd op een plateau. Er werden geen tweerichtingenfietspaden onderzocht. In het onderzoek zijn 8 steden betrokken waar voor Duitse begrippen veel wordt gefietst. De leeftijdsverdeling van de fietsslachtoffers van oversteekongevallen verschilt ten opzichte van die in Nederland. Bijna driekwart van de slachtoffers was jonger dan 35 jaar.

Conclusies

De conclusies zijn gebaseerd op de ongevalquote (aantal ongevallen per kruispuntarm). Op basis daarvan trekken Schnüll et al. (1992) de volgende conclusies:

- Ongeacht het aantal passerende fietsers is de quote het laagst bij verkeersaders met gemengd verkeer of fietsstroken (0,06).
- De quote is het hoogst bij fietspaden waarbij de oversteek is gemarkeerd met belijning of een rode kleur (0,26).
- De quote bij fietspaden waarbij de oversteek op een plateau is aangelegd is aanzienlijk lager (0,11).
- De quote neemt enigszins toe bij een grotere afstand tussen een weg en een fietspad met alleen markering (<2m: 0,27; 2-4m: 0,25; >4m: 0,30). Bij fietspaden aangelegd op een plateau is er nauwelijks verschil (<2m: 0,12; 2-4m: 0,10; >4m: 0,10). De veiligheidswinst van een plateau lijkt enigszins toe te nemen naarmate de afstand tussen de weg en het fietspad groter is.
- Er werd onderscheid gemaakt tussen oversteekvoorzieningen met een eenvoudige markering (smalle strepen) en een uitgebreidere markering (tevens een rode kleur). De laatste vorm was iets veiliger, maar het verschil was gering.

Er is ook onderzocht of de aard van de ongevallen verschilt tussen verschillend vormgegeven oversteekvoorzieningen. Als fietsers op een verkeersader met gemengd verkeer of op een fietsstrook rijden is het aantal ongevallen met rechtsafslaande auto's het laagst. De ongevallen gebeuren vaker als fietsers op een fietspad rijden. De afstand van het fietspad tot de verkeersader heeft geen invloed. Bij een afstand van meer dan 4m gebeuren er zelfs iets minder ongevallen met rechtsafslaande voertuigen dan bij een aanliggend fietspad. Ook andere ongevallen met afslaande voertuigen gebeuren minder vaak als het fietspad verder van de weg af ligt. Er gebeuren meer ongevallen met voertuigen uit een zijstraat bij een grotere afstand van het fietspad tot de weg. Dat geldt niet voor fietsers die links van de weg op een fietspad rijden (en die voor automobilisten uit de onverwachte richting komen). Die hebben minder ongevallen naarmate het fietspad verder van de weg af ligt. Voertuigen uit een zijstraat komen vaak in botsing met een fietser die links van de weg rijdt. Dit aantal wordt aanzienlijk gereduceerd met een verhoogd aangelegd fietspad. Het risico van fietsers links van de weg is aanzienlijk. Voor een fietser die rechts van de weg fietst is oversteken over een fietspad op een plateau ongeveer even veilig als oversteken over een fietsstrook.

2.4.2 *Ongevalstudie 2, Denemarken*

In Denemarken is sinds de jaren '90 met name ingezet op het inbuigen van fietspaden. Een fietser die rechtdoor gaat is dan beter zichtbaar voor een automobilist of chauffeur die rechtsaf slaat. Op kruispunten met verkeerslichten wordt dit gerealiseerd door een aanliggend fietspad voor de kruising over te laten gaan in een fietsstrook of door fietsers te mengen met gemotoriseerd verkeer op een voorsorteervak voor rechtsaf. Op voorrangskruispunten is de aanbeveling dat het gemotoriseerde verkeer op een verkeersader op minimaal 20m voor het kruispunt zicht heeft op het fietsverkeer. Een grotere afstand is nodig op neerwaartse hellingen waar het fietsverkeer een hogere snelheid heeft. Een berm tussen het fietspad en de weg moet voorafgaand aan de kruising worden vermeden. Het mengen van fietsers op een voorsorteervak voor rechtsaf wordt op voorrangskruispunten afgeraden. Ook het 5 tot 7m uitbuigen wordt voorgesteld als mogelijkheid voor voorrangskruispunten, maar dan alleen als het fietspad op een plateau wordt aangelegd (Danish Road Directorate, 2000).

In de literatuurstudie is alleen ongevalonderzoek gevonden dat betrekking heeft op de Deense ervaringen bij kruispunten met verkeerslichten. Jensen (2000) beschrijft de ontwikkeling van het aantal fietsongevallen op 11 kruispunten na het doorvoeren van 4 typen maatregelen: een aanliggend fietspad gaat voor het kruispunt over in een smalle fietsstrook, een ribbelmarkering dwingt fietsers op het aanliggende fietspad of de fietsstrook om kort voor de kruising wat dichterbij het gemotoriseerde verkeer te fietsen (en zo de zichtbaarheid te verbeteren), de stoplijnen voor het gemotoriseerde verkeer worden naar achteren geplaatst (zodat de fietsers zich voor de automobilisten opstellen) en de fietsoversteekplaats wordt gemarkeerd. De maatregelen werden doorgevoerd tussen 1991 en 1993. In de periode voor en na de invoering van de maatregelen (maximaal 5 jaar voor of na de invoering) gebeurden er in totaal 87 geregistreerde ongevallen waarbij een (brom)fietser rechtdoor reed vanaf de kruispunttak die werd aangepast. Op basis van de trend in ongevallen op andere kruispunten met verkeerslichten en het aantal ongevallen in de voor-periode werd het verwachte aantal ongevallen in de na-periode geschat. Het aantal ongevallen bleef na de invoering van de maatregelen ongewijzigd. Wel bleek dat binnen deze groep ongevallen het aantal ongevallen waarbij het motorvoertuig rechtsaf sloeg en de (brom)fietser rechtdoor reed met 30% was afgenomen. Jensen (2000) raadt af om het (brom)fietsverkeer te mengen op een voorsorteervak voor rechtsaf. Met name het aantal bromfietsongevallen steeg in het wegvak voorafgaand aan de kruising.

2.4.3 *Ongevallen met rechtsafslaande vrachtwagens, dodehoekongevallen*

De problematiek van de dode hoek is relevant in relatie tot het uitbuigen van fietspaden. Door verder uit te buigen krijgen chauffeurs bij het rechtsaf slaan een beter zicht op fietsers. In deze subparagraaf komen enkele studies over dode hoek ongevallen aan bod. Overigens speelt de dode hoek problematiek niet alleen voor vrachtwagenchauffeurs. In een bestelbus heeft de bestuurder geen direct zicht op fietsers rechtsachter het voertuig. Een deel van de bestelbussen is dermate hoog dat een fietser ook rechts naast de rechtervoor deur zonder spiegels buiten het directe zicht valt. Tenslotte blijkt uit een test van de ANWB (Buma, 2008) dat de raam- en deurstijlen van bepaalde auto's inmiddels dermate groot zijn dat fietsers erdoor kunnen worden afgedekt.

Schoon (2006) heeft enkele jaren geleden een onderzoek verricht naar dode hoek ongevallen waarbij de registratieformulieren en waar mogelijk processen verbaal van 29 ongevallen (4 met doden, 25 met ziekenhuisgewonden) met rechtsafslaannde vrachtauto's werden bestudeerd. De slachtoffers waren 26 fietsers en 3 brom- of snorfietsers. Ook wordt verwezen naar een eerder uitgevoerde processen-verbaalanalyse (De Vries en Van Oirsouw, 2001). De belangrijkste bevindingen uit de ongevallenanalyses zijn:

- Het algemene ongevallenpatroon is dat een rechts afslaannde vrachtauto geen voorrang geeft aan een rechtdoorgaande fietser; de fietser neemt deze voorrang, bewust of onbewust van de aanwezigheid van een vrachtauto.
- Het gaat vooral om rechts afslaannde vrachtauto's die na stilstand optrekken (bijvoorbeeld bij verkeerslichten).
- Het meest voorkomende botspunt van de vrachtauto-fietser is op de hoek aan de rechter voorkant van de vrachtauto.

Interessant is de verdeling van de 29 onderzochte ongevallen naar type wegsituatie, zie tabel 2.3. Uit de tabel volgt dat in driekwart van de ongevallen de plaats van de fietsers op de weg was, min of meer direct naast de vrachtauto (op de rijbaan dan wel fietsstrook op rijbaan).

Tabel 2.3 Locaties van ongevallen met rechtsafslaannde vrachtauto's (Schoon, 2006)

Wegsituatie	Aantal slachtoffers	Verdeling
Rijbaan	12	41%
Fietsstrook op rijbaan	9	31%
Afzonderlijk fietspad	4	14%
Fietsstrook(pad) op rotonde	3	10%
Onbekend	1	3%
Totaal	29	100%

Schoon, Doumen en De Bruin (2008) hebben de beschikbare 53 processen-verbaal van ernstige dodehoekongevallen in 2006 en 2007 bestudeerd, zie tabel 2.4. De meeste ongevallen zijn van het 'klassieke type' waarbij de vrachtauto rechtsaf slaat en de fietser rechtdoor gaat. Daarnaast blijken dodehoekongevallen voor te komen waarbij de vrachtauto uit een zijstraat een voorrangskruispunt nadert of een rotonde wil opdraaien.

Van de 20 vrijliggende fietspaden waar een ongeval gebeurde kon bij 15 aan de hand van foto's en tekeningen de breedte van de tussenberm worden bepaald. Elf fietspaden lagen binnen een meter afstand en vier op maximaal twee meter van de rijbaan. Van de 22 ongevalslocaties geregeld door een verkeersregelininstallatie (VRI) waren er 4 met een aparte groenfase voor de fietser (rechtdoor gaand) en de vrachtauto (rechtsaf slaand). Bij deze vier ongevallen heeft in één geval de chauffeur en in drie andere gevallen de fietser het rode licht genegeerd. Bij de overige 18 ongevallen was óf de VRI afgesteld met gelijktijdige groenfasen (in één geval met voorstart voor de fietser) óf er was maar één verkeerslicht voor zowel rechts afslaannde vrachtauto's als rechtdoor gaande fietsers.

Tabel 2.4 Locaties van ongevallen met rechtsafslaanende vrachtauto's (Schoon, et al., 2008)

Wegsituatie	Vrijliggend fietspad	Fietsstrook	Rijbaan	Totaal
Vrachtauto slaat rechtsaf vanaf:				
Kruispunt met VRI	10	7	5	20 (39%)
Voorrangsweg	6	4	10	20 (39%)
Rotonde	3	3		6 (12%)
Vrachtauto komt uit 'zijstraat' en slaat rechtsaf richting:				
Voorrangskruispunt	3		1	4 (8%)
Rotonde		1		1 (2%)
Totaal	22 (42%)	15 (28%)	16 (30%)	53 (100%)

Het zicht en gedrag van vrachtwagenchauffeurs is vrij uitgebreid behandeld in de literatuur met veel aandacht voor spiegels die het zicht kunnen verbeteren. Eveneens interessant zijn de verklaringen van fietsers zoals beschreven in het rapport van Schoon et al. (2008). Uiteraard waren maar bij een deel van de ongevallen verklaringen beschikbaar. Bij ongevallen waar zowel de fietser als de vrachtauto voor het ongeval stilstond waren 4 verklaringen beschikbaar. Bij vier van de vijf ongevallen concentreerde de fietser zich voornamelijk op het verkeerslicht. Bij het vijfde ongeval stond de fietser stil om de vrachtauto voor te laten gaan. Bij acht ongevallen waarbij zowel de vrachtauto als de fietser voor het ongeval niet stil stonden had de fietser een verklaring afgelegd. Vier fietsers gaven aan dat ze voorrang hadden (ze hadden groen of reden op een voorrangsweg) en dat ze verwachtten dat ze die ook zouden krijgen. Vier andere fietsers gaven aan verrast te zijn door de vrachtauto die er ineens was of ineens het fietspad kruiste.

Op basis van haar onderzoek komt de SWOV tot de volgende aanbevelingen voor de korte termijn (Schoon, et al., 2008):

- Een scheiding van fietsers en vrachtauto's op locaties waar vrachtauto's rechtsaf kunnen slaan. Deze scheiding is te realiseren door vrachtauto's op ruime afstand voor de stopstreep of haaiantanden te laten stoppen, zodat ze direct zicht op fietsers voor hen hebben. Ter ondersteuning van dit rijgedrag voor vrachtautochauffeurs worden de stopstrepen en haaiantanden voor gemotoriseerd verkeer naar achteren verplaatst, op grotere afstand van het kruispunt of de rotonde.
- Voor fietsers dient er een gedragscode te komen. In die code staat dat fietsers zich opstellen direct voor de eigen stopstreep of haaiantanden en als eerste gaan rijden bij groen licht of als de weg vrij is. De stopstreep of haaiantanden voor fietsers liggen dichterbij de kruising dan die voor gemotoriseerd verkeer. Achteropkomende fietsers blijven achter een vrachtauto en stellen zich niet naast de vrachtauto op.

In de recente CROW-publicatie 'LZV's op het onderliggend weggennet' (CROW, 2009) wordt gesteld: 'Hoe verder de afstand van het fietspad tot de weg, hoe lager het risico op een dodehoeksituatie.'

Ook het uitbuigen van vrijliggende fietspaden bij kruispunten is een maatregel om fietsers en vrachtauto's ruimtelijk te scheiden zodat vrachtauto's een beter zicht hebben op de fietsers rechtsvoor zich. Niewöhner, Berg (2004; 2005) hebben een onderzoek uitgevoerd naar ongevallen met rechtsafslaanende vrachtauto's, onder

andere gebaseerd op dieptestudies van ongevallen en simulaties van het gezichtsveld vanuit een vrachtauto. Er worden verschillende aanbevelingen gedaan voor de infrastructuur waaronder het verder uitbuigen van voet- en fietspaden. Daarbij wordt aangetekend dat dit niet altijd mogelijk is vanwege ruimtegebrek. Om die reden wordt voorgesteld om fietsers en het gemotoriseerde verkeer een eigen stoplijn te geven bij verkeerslichten waarbij de stoplijn van fietsers een aantal meter voor die van vrachtauto's ligt. Dit is vergelijkbaar met OFOS, 'Opgeblazen FietsOpstelStrook': een opstelvlak voor fietsers voorzien van fietssymbool en bij voorkeur uitgevoerd in rode kleur. De OFOS wordt gepositioneerd voor de stopstreep van het autoverkeer waardoor fietsers goed zichtbaar zijn en zich makkelijk kunnen opstellen bij rood. Daarnaast wordt aanbevolen om de groenfase van het rechtdoorgaande verkeer te scheiden van het rechtsafslaande verkeer, of in ieder geval de groenfase van rechtdoorgaande fietsers en voetgangers iets te vervroegen.

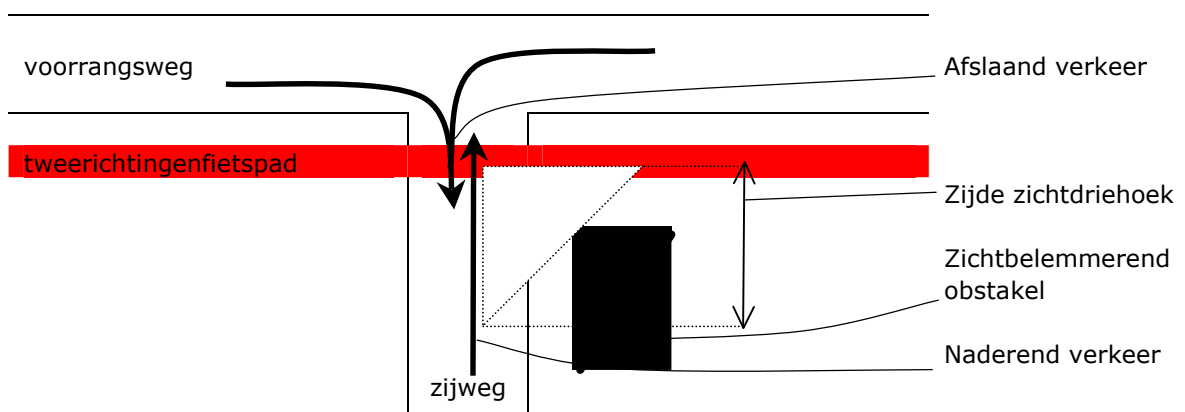
2.5 Zicht

2.5.1 *Ongevalstudie 1, Drietakskruispunt met losliggend fietspad*

Räsänen, Summala en Pasanen (1998) hebben zichtafstanden en oversteekveiligheid onderzocht bij T-kruispunten waar een voorrangsweg een rustigere zijweg (erftoegangsweg) kruist. Hiervoor zijn ongevallen onderzocht waarbij de fietser op een afgescheiden fietspad langs de voorrangsweg rijdt en de auto ofwel uit de zijweg komt of vanaf de voorrangsweg afslaait om de zijweg in te rijden.

Onderzoeksaanpak

Volgens de onderzoekers kunnen obstakels het zicht van bestuurders uit de zijweg op fietsers op het fietspad belemmeren, terwijl auto's die afslaan vanaf de voorrangsweg daar geen last van hebben (er waren blijkbaar geen zichtbelemmerende obstakels in de tussenberm aanwezig). Kruispunten werden ingedeeld op basis van de mate van belemmering van het oprijzichts: het zicht van automobilisten die de voorrangsweg naderen op het verkeer waaraan voorrang verleend moet worden. Als de zijde van de zichtdriehoek korter dan 15m was werd het oprijzichts als beperkt beoordeeld (zie figuur 2.4). Daarbij waren drie typen zichtbeperkingen mogelijk: aan beide zijden van de zijweg, aan de linkerkant van de zijweg en aan de rechterkant.



Figuur 2.4 Zichtbeperking aan de rechterzijde van de zijweg

Resultaten

Bij alle ongevallen reed een fietser over een *tweerichtingenfietspad* langs een verkeersader. Ongevallen gebeurden bij het oversteken van de zijweg waarbij de tegenpartij afsloeg vanaf de verkeersader of uit de zijweg kwam. Bij het oversteken van de zijweg kon het ongeval gebeuren ofwel met een voertuig uit de zijstraat (naderend), of met een voertuig dat afsloeg vanaf de verkeersader (afslaand). De ongevallen op alle kruispunten met dezelfde 'zichtkwaliteit' werden opgeteld. Vervolgens kon de verhouding 'naderend / afslaand' worden vergeleken tussen kruispunten met en zonder zichtbeperking. De verhouding bleek aanzienlijk hoger te liggen bij kruispunten met zichtbeperking. Het risico van oversteekongevallen met rechtdoor gaande fietsers wordt 5 tot 10 keer hoger ingeschat als er sprake is van zichtbeperkingen. Daarbij tekenen de auteurs aan dat er weinig ongevallen plaatsvonden met afslaande voertuigen op kruispunten met zichtbeperking.

Het aantal ongevallen met afslaande voertuigen lag aanzienlijk hoger bij de kruispunten zonder zichtbeperking (21 op de kruispunten zonder zichtbeperking, 2 op de kruispunten met zichtbeperkingen aan beide zijden van de zijweg). Daarom is onderzocht of het gevonden risicoverschil vertekend kan zijn door de intensiteit van het gemotoriseerde verkeer op de verkeersader bij deze kruispunten. Op een drukke verkeersader hebben bestuurders bij linksaf slaan meer aandacht nodig voor tegenliggers. Bij rechtsaf slaan vanaf een drukke verkeersader worden ze wellicht opgejaagd door achterliggers. De verkeersaders zijn verdeeld in aders met 2 en 4 rijstroken en in aders met meer of minder dan 10.000 motorvoertuigen per etmaal. Wederom is de verhouding 'naderend / afslaand' berekend, maar in dit geval alleen voor kruispunten zonder zichtbeperkingen. Tegen de verwachting bleken er naar verhouding minder ongevallen plaats te vinden met afslaande voertuigen op 4-strookswegen en drukke verkeersaders. Met name het aantal stroken had een sterke invloed. Mogelijke verklaringen worden niet genoemd in het onderzoek. Wellicht wordt de taak van het linksaf slaan vergemakkelijkt door een opstelruimte voor linksafslaande voertuigen op 4-strookswegen (zie ook paragraaf 2.7.2).

Discussie

Volgens Räsänen, Summala en Pasanen (1998) lopen fietsers die op een *tweerichtingenfietspad* aan de linkerzijde van de weg rijden een verhoogd risico omdat automobilisten voor het detecteren van gemotoriseerd verkeer niet automatisch naar rechts kijken bij het rechtsaf slaan. Obstakels vergroten het risico nog verder. Ze ontnemen automobilisten de mogelijkheid om fietsers met perifeer zicht te detecteren.

2.5.2 *Ongevalstudie 2, Drietaakskruispunt met gemengd verkeer of fietsstrook*

Henson en Whelan (1992) onderzochten het effect van onder andere zichtbeperkingen op T-kruisingen waarbij een fietser langs de verkeersader reed en werd aangereden door een motorvoertuig uit een zijstraat. De onderzochte verkeersaders betroffen alleen voorrangswegen met gemengd verkeer of een fietsstrook. De reden om het onderzoek te richten op ongevallen met een motorvoertuig uit een zijstraat was dat dit type ongeval het vaakst gebeurde van alle type ongevallen op T-kruisingen. Bij deze ongevallen rijdt de fietser met het verkeer mee en komt dus voor de auto uit de zijstraat uit de verwachte richting.

Onderzoeksaanpak

Het onderzoek werd uitgevoerd in Manchester met geregistreerde ongevallen in 1986 en 1987. Er werden 72 T-kruisingen geselecteerd waarop een ongeval had plaatsgevonden met een fietser langs de verkeersader en een motorvoertuig uit de zijstraat. Als controlelocatie werden 60 T-kruispunten geselecteerd waar een ongeval was gebeurd op een toeleidend wegvak. Het feit dat er in beide gevallen een fietser betrokken was bij een ongeval op de verkeersader zien de auteurs als onderbouwing voor hun uitgangspunt dat de intensiteit van het fietsverkeer op de onderzoeks- en controlekruispunten vergelijkbaar is. Op ieder kruispunt is gedurende 20 minuten buiten de spits het gemotoriseerde verkeer geteld. Het fietsverkeer is niet geteld. De auteurs geven daarvoor geen reden. Mogelijk was de intensiteit van het fietsverkeer te laag om een verantwoorde telling uit te voeren.

Resultaten

Op de controlelocaties werd meer dan twee maal zoveel autoverkeer uit de zijstraat geteld en ook de verkeersaders waren op deze locaties iets drukker. Op de onderzoekskruispunten was de zijweg gemiddeld breder dan op de controlekruispunten (10,2 respectievelijk 8,7m). Het oprijzicht was gemiddeld beter op de onderzoekskruispunten dan op de controlekruispunten. Op 9m voor het kruisingsvlak was het zicht bij 25% van de onderzoekskruispunten minder dan 25m. Bij de controlekruispunten was dat 58%. Het zicht was dus beter op de onderzoekskruispunten met ongevallen. Om te controleren of het verschil wordt verklaard door de intensiteit van het verkeer uit de zijstraat is een aanvullende analyse verricht. Alle kruispunten zijn gesplitst op basis van de intensiteit van het verkeer uit de zijstraat. Voor zowel de kruispunten met een hoge als met een lage intensiteit gold dat er bij de onderzoekskruispunten vaker sprake was van een zichtbeperking. Verder was er bij de controlelocaties vaker sprake van geparkeerde voertuigen langs de verkeersader. Het is mogelijk dat deze een zichtbelemmering vormden, waardoor er minder ongevallen gebeurden met gemotoriseerd verkeer uit de zijstraat. Anderzijds is het mogelijk dat de ongevallen op wegvakken (waarop de controlelocaties zijn geselecteerd) vaker gebeurden door de geparkeerde auto's, bijvoorbeeld botsingen met autoportieren.

Conclusies

Een ruim zicht zou nadelig zijn voor de veiligheid van overstekende fietsers. Ongeacht de intensiteit van de zijstraat is het oprijzicht voor verkeer uit de zijstraat beter op de kruispunten met ongevallen. Een bredere zijstraat kan mogelijk bijdragen aan ongevallen (met fietsers langs de verkeersader en verkeer uit de zijstraat) doordat auto's in de zijstraat zich naast elkaar opstellen. Anderzijds was de intensiteit van de zijstraten hoger bij de ongevals-kruispunten. Dat was mogelijk de aanleiding voor een ruim breedteprofiel.

Discussie

Henson en Whelan (1992) veronderstellen dat de nadelen van een ruim oprijzicht verklaard kunnen worden door risicocompensatie. Wanneer het oprijzicht beperkt is naderen automobilisten de kruising met een lagere snelheid. Bij een ruim zicht zullen ze zich mogelijk beperken tot een minder voorzichtig kijkgedrag waarbij fietsers makkelijker over het hoofd worden gezien of hun snelheid verkeerd wordt ingeschat. Er wordt gesuggereerd dat snelheidsbeperkende maatregelen bij T-kruispunten met een ruim zicht het risico voor fietsers op de verkeersader mogelijk kunnen beperken.

2.6 Kleur en markering van de oversteekplaats

Deze paragraaf gaat over studies waarin de oversteekplaats voorzien is van een kleur of markering. Deze maatregel zou automobilisten attenderen op de mogelijkheid dat er fietsers oversteken.

2.6.1 *Ongevalstudie 1, blauw gekleurde fietsstroken op kruispunten met een VRI*

Jensen (2008) heeft in Kopenhagen de ontwikkeling van het totaal aantal ongevallen op 65 kruispunten met verkeersregelininstallatie geanalyseerd na de aanleg van blauwe fietsstroken op het kruispunt. Het ging om drukke kruispunten met 7.000 tot 65.000 kruisende motorvoertuigen per etmaal. De fietsstrook is circa 2m breed (zie figuur 2.5). De markering beperkt zich tot de blauwe strook en omvat geen blokmarkering zoals in Nederland gebruikelijk is. De maatregel is niet bij alle takken van de kruispunten doorgevoerd. De volgende soorten vormgeving zijn toegepast: een fietsstrook langs één arm van het kruispunt, langs twee armen of langs alle vier de armen. Verder waren er driearmige, vierarmige en enkele vijfarmige kruispunten.



Figuur 2.5 Blauw gemarkeerde oversteek in Kopenhagen

Literatuur

Jensen (2008) beschrijft enkele studies die mogelijk relevant zijn voor deze studie. Nettelblad (1990) voerde een voor-na studie uit. Op 37 kruispunten, deels met en deels zonder verkeerslichten werden in 1985 in Malmö de oversteekvoorzieningen voor tweerichtingenfietspaden blauw geschilderd. Het geregistreerde aantal letselongevallen daalde van 126 naar 119, maar het risico uitgedrukt in aantal oversteekongevallen per overstekende fietser bleef ongewijzigd (12,0 voor; 12,1 na).

Methode

Jensen (2008) berekent het verwachte aantal ongevallen na het aanbrengen van de nieuwe fietsstroken op basis van de algemene ontwikkeling van verkeersongevallen, de veranderingen van verkeersintensiteiten en het aantal ongevallen in de jaren voor de maatregel. Bij de correctie voor slachtofferontwikkeling maakt hij onderscheid in verschillende subgroepen van ongevallen, bijvoorbeeld botsingen tussen voetgangers en gemotoriseerde voertuigen, botsingen tussen (brom)fietsers

en gemotoriseerde voertuigen, botsingen tussen gemotoriseerde voertuigen onderling, enzovoorts.

Resultaten

Volgens Jensen (2008) is de verandering van het aantal ongevallen door de aanleg van blauwe fietsstroken op een kruispunt met verkeerslichten:

- Strook langs één arm: 10% minder ongevallen (niet significant); 19% minder letselongevallen (niet significant)
- Strook langs twee armen: 23% meer ongevallen (niet significant); 48% meer letselongevallen (significant)
- Strook langs vier armen: 60% meer ongevallen (significant); 139% meer letselongevallen (significant)

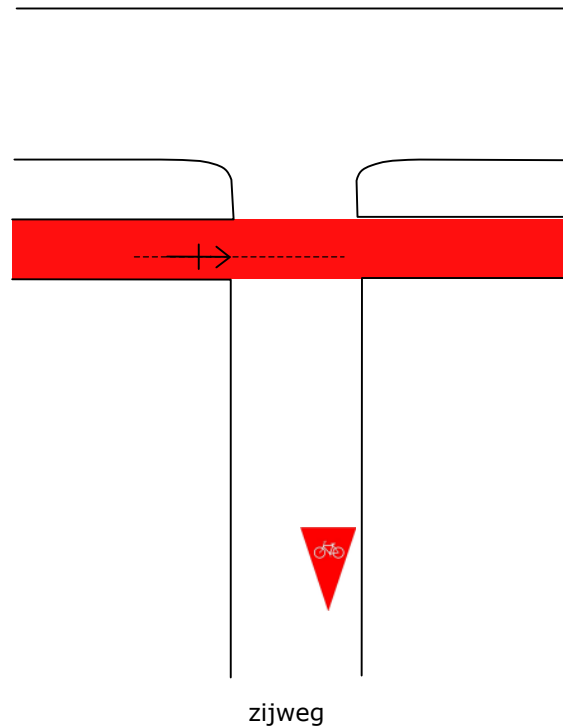
Jensen (2008) geeft aan dat de reductie met een fietsstrook langs één arm met name ongevallen met voetgangers en (brom)fietsers betreft. Deze daling van circa 30% is significant. Bij fietsstroken langs meerdere armen is er bij alle subgroepen een stijging, mogelijk door de toenemende complexiteit voor het gemotoriseerde verkeer.

2.6.2 Ongevalstudie 2

Schnüll et al. (1992) maakten in hun ongevalstudie (zie paragraaf 2.4.1) onderscheid tussen oversteekvoorzieningen met een eenvoudige markering (smalle strepen) en een uitgebreidere markering (blokmarkering en rode kleur). De duidelijke markering was iets veiliger, maar het verschil was gering. Er werden geen oversteekvoorzieningen zonder markering onderzocht.

2.6.3 Gedragsobservatie-studie 1

Räsänen, Summala en Pasanen (1998) hebben onderzocht in hoeverre de oversteekveiligheid van fietsers die de zijweg van een verkeersader oversteken verbeterd kan worden door het fietspad rood te kleuren en door op de zijweg 6m voor het fietspad een waarschuwingsdriehoek op het asfalt te schilderen (zie figuur 2.6).



Figuur 2.6 Een waarschuwingsdriehoek en rood geschilderde fietsoversteek voor verbetering van de veiligheid van fietsers die een zijweg van een verkeersader oversteken

Onderzoeksaanpak

In een deel van Helsinki werd op de zijwegen van 50 kruispunten een waarschuwingsdriehoek (2m breed, 3m lang, 6m vanaf het fietspad) aangebracht met daarin een fiets geschilderd. Bij twee kruispunten werd het effect onderzocht op de naderingssnelheid van auto's uit de zijstraat en het kijkgedrag van rechtsafslaande automobilisten. Op één kruispunt werd ook de naderingssnelheid van fietsers langs de verkeersader onderzocht. Alleen gegevens van fietsers en automobilisten die naderden zonder ander verkeer in de buurt werden geanalyseerd. Het kijkgedrag werd op dezelfde wijze vastgelegd als in de eerder beschreven studie van Summala et al. (1996) (zie paragraaf 2.2). Het onderzoek werd uitgevoerd in drie fasen: vooraf, meting na het aanbrengen van de waarschuwingsdriehoek, meting na het rood schilderen van het fietspad. Op beide locaties en in iedere fase werden videobeelden opgenomen op twee dagen gedurende 3 uur.

Resultaten

Na het aanbrengen van de waarschuwingsdriehoek op het asfalt steeg het aandeel rechtsafslaande automobilisten dat naar rechts keek, de richting waar mogelijk fietsers te verwachten waren. Dit aandeel nam nog wat verder toe nadat het fietspad rood geschilderd werd. Het aantal automobilisten dat naar rechts keek steeg van 9 naar 40%. Volgens de auteurs stijgt bij naderende automobilisten de verwachting dat er een fietser van rechts kan komen. Door de maatregelen daalde de gemiddelde snelheid van automobilisten op 5 tot 10m voor het fietspad en bij het

kruisen van het fietspad met enkele kilometers per uur. De gemiddelde snelheid van fietsers op 5 tot 10m voor het fietspad en bij het kruisen van de zijweg steeg met enkele kilometers per uur.

2.6.4 *Gedragsobservatiestudie 2*

In de eerder in paragraaf 2.2 beschreven studie van Summala et al. (1996) zijn enkele maatregelen vergeleken om het kijkgedrag bij het uit een zijstraat naderen van een tweerichtingenfietspad te verbeteren. Er is een voor- en nameting verricht na het doorvoeren enkele maatregelen waaronder het rood schilderen van het fietspad. Bij een kruispunt waarbij de fietsoversteek alleen werd voorzien van een rode kleur (zonder snelheidsverlagende maatregel) was er geen effect, hoewel aangetekend moet worden dat het aantal waarnemingen klein was.

2.6.5 *Gedragsobservatiestudie 3*

Hunter, Harkey, Stewart en Birk (2000) hebben de toepassing van een blauwe kleur op 10 fietsoversteekplaatsen in Portland (Verenigde Staten) geëvalueerd. Daarbij werd bovendien een nieuw verkeersbord geïntroduceerd om automobilisten te attenderen op de overstekende fietsers. In alle gevallen ging het om oversteekplaatsen waarbij gemotoriseerd verkeer de fietsstrook moest kruisen om op een rechtsafvak of afrit te komen.

Methode

Gedurende 20 uur voor de introductie van de nieuwe markering en gedurende 30 uur erna werd het gedrag van het gemotoriseerde verkeer en het fietsverkeer geobserveerd. Daarbij werd het kijkgedrag van fietsers vastgelegd evenals het voorrangsgedrag. Er werd voor beide partijen ingeschat of er snelheid werd geminderd voor de fietsoversteek. Tenslotte werd beoordeeld of er sprake was van een conflict: een interactie waarbij ten minste één van de partijen plotseling de koers en/of snelheid moest aanpassen.

Resultaten

Bestuurders van gemotoriseerde voertuigen gaven na de toepassing van een blauwe kleur en het nieuwe verkeersbord vaker voorrang aan fietsers (stijging van 72 naar 92%). Automobilisten remden ook vaker af bij het naderen van de fietsoversteek maar deze verandering was niet significant. Bij het naderen van de fietsoversteek remmen fietsers minder vaak af en daarnaast kijken ze minder goed om zich heen. Het aantal fietsers dat het hoofd draaide om het verkeer te scannen daalde van 43 naar 26%. Het aantal conflicten daalde van 8 naar 6. Dit aantal is te klein om statistisch verantwoorde uitspraken te doen.

2.6.6 *Studie voetgangersoversteekongevallen*

Voetgangersoversteekongevallen verschillen van oversteekongevallen met fietsers. Het perspectief van de tegenpartij (bestuurder van een gemotoriseerd voertuig) valt deels samen bij beide type ongevallen omdat onder andere de oversteekplaats herkend moet worden. Om die reden is de beste studie op het terrein van voetgangersoversteekongevallen samengevat. Zegeer, Stewart, Huang en Lagerwey (2001) vergeleken gemarkeerde voetgangersoversteekvoorzieningen met locaties zonder enige markering maar waar wel voetgangers oversteken. De markering betrof onder andere kanalisatiestrepen en zebra's. Alleen locaties zonder verkeerslichten werden onderzocht. Het overgrote deel van de locaties lag op gebiedsontsluitingswegen ('collector roads and arterial roads').

Methode

Zegeer et al. (2001) selecteerden 1000 oversteekvoorzieningen met markering en 1000 locaties zonder markering waar wel voetgangers overstaken: een 'treatment and matched comparison site methodology'. De steekproef was verdeeld over 30 steden. Op kruispunten werd veelal de ongemarkeerde voetgangersoversteek op de tegenovergestelde arm met een gemarkeerde oversteek gekozen. Bij oversteken midden in een wegvak werd veelal een ongemarkeerde oversteek elders op dezelfde verkeersader gekozen. Door de nabijheid van beide typen locaties kon tot op zekere hoogte worden gecontroleerd voor variabelen als intensiteit en gemiddelde snelheden. Ten behoeve van de vergelijkbaarheid van de locaties werden geen oversteekplaatsen bij scholen geselecteerd. Er werden gedetailleerde gegevens verzameld van de locaties (aantal rijstroken dat wordt overgestoken, het voorkomen van en het type middeneiland, verkeersintensiteit van de weg die wordt overgestoken) en op alle locaties werd het aantal overstekende voetgangers een uur lang geteld. Op kruispunten kon het aantal voetgangers tegelijkertijd op beide locaties worden geteld. Van alle locaties werd het aantal ongevallen gedurende 5 jaar bepaald. Het totaal oversteekongevallen met voetgangers op de 2000 locaties was 229.

Resultaten

De belangrijkste bevinding van de studie is dat het effect van markering op het risico van oversteekongevallen met voetgangers afhankelijk is van de verkeersintensiteit van de weg die wordt overgestoken. Bij verkeersintensiteiten tot circa 10.000 motorvoertuigen per etmaal is er geen verschil in risico tussen oversteekplaatsen met of zonder markering. Boven die grens zijn oversteekplaatsen zonder markering veiliger waarbij het verschil toeneemt naarmate de intensiteit toeneemt.

Uit de analyse (binomiale regressie) blijkt dat naast de markering ook andere factoren van invloed zijn op het risico van oversteekongevallen met voetgangers:

- Het aantal rijstroken dat wordt overgestoken: op oversteekplaatsen waar meer dan 2 rijstroken overgestoken moeten worden ligt het risico hoger dan op oversteekplaatsen waar 2 rijstroken overgestoken moeten worden
- Een middeneiland: bij het oversteken van wegen met meer dan 2 rijstroken ligt het risico lager wanneer er een middeneiland beschikbaar is. Een op het wegdek geschilderd middeneiland heeft geen effect.
- Geen effect werd gevonden voor:
 - Het type markering en de kwaliteit van de markering (onderverdeeld in zeer goed, goed, middelmatig of slecht)
- De locatie van de oversteekplaats (onderverdeeld in kruispunten en oversteekplaatsen midden in een wegvak)
- De maximumsnelheid van de weg waar de oversteekplaats ligt (werkelijk gereden snelheden zijn niet gemeten)

Ongevaltype

Uit de ongevalgegevens blijkt dat er bij het oversteken van straten met meer dan 2 rijstroken vaker sprake is van zogenaamde 'multi-threat' ongevallen: een automobilist stopt om de voetganger te laten oversteken en vervolgens wordt de voetganger op een naastgelegen rijstrook aangereden door een auto in dezelfde richting. Beide zien elkaar over het hoofd, mogelijk mede door afdekking. Dit type

ongeval kwam alleen voor op gemarkeerde oversteekplaatsen (18% van de ongevallen op gemarkeerde oversteekplaatsen). Ouderen lopen bij alle typen oversteekongevallen en op alle locaties het grootste risico. De volgende oorzaken worden gesuggereerd: lagere snelheid bij het oversteken, beperkt gehoor en gezichtsvermogen, problemen met het inschatten van afstanden en snelheden, problemen met het inschatten van voertuigen uit verschillende richtingen en problemen om snel te reageren en uit te wijken.

Gedragsobservatie en telling

Zegeer et al. (2001) gaan tevens in op het oversteekgedrag. Van alle getelde voetgangers stak 66% over bij gemarkeerde oversteekplaatsen. Kinderen onder de 12 jaar en 65+'ers staken vaker over bij gemarkeerde oversteekplaatsen. Het percentage ligt bovendien hoger op straten met meer dan 2 rijstroken. Er wordt gerefereerd aan een eerdere gedragsobservatie van Knoblauch, Nitzburg en Seifert (1999). Zij observeerden het gedrag van zowel het gemotoriseerde verkeer als van de voetgangers voor en na het aanbrengen van een gemarkeerde voetgangersoversteekplaats op twee- en driestrookswegen. Bestuurders bleken zowel voor als na het installeren van de markering zelden te stoppen of voorrang te verlenen aan voetgangers. De snelheid van het gemotoriseerde verkeer daalde met 1,6 km/uur. Het scangedrag (kijken of er verkeer aankomt) van voetgangers verbeterde licht na het aanbrengen van de markering.

2.7 Overige infrastructuurkenmerken

Deze paragraaf beschrijft infrastructuurkenmerken die mogelijk een rol spelen bij de oversteekveiligheid van fietsers en waarover weinig bestaand onderzoek is gevonden.

2.7.1 Middeneiland

Volgens de Ontwerpwijzer Fietsverkeer (CROW, 2006) kan de oversteekbaarheid van drukke gebiedsontsluitingswegen worden verbeterd als een middengeleider (>2,5m breed) beschikbaar is. Zonder middengeleider wordt de oversteekbaarheid slecht bij 800 mvt/h. In principe wordt geen middengeleider toegepast op de kruisende erftoegangsweg. Voor de oversteekbaarheid is dit niet nodig en een nadeel is dat een ruimere aansluitingsboog (zie paragraaf 2.7.5) moet worden toegepast om de berijdbaarheid van het vrachtverkeer in stand te houden (Van Boggelen, 2005). Er zijn geen studies gevonden die ingaan op de veiligheidseffecten van middeneilanden voor fietsers. Voor de oversteekveiligheid van voetgangers is in eerder onderzoek een positief effect gevonden.

Onderzoek naar de effecten voor voetgangers

Volgens onderzoek van Zegeer et al. (2001) is de oversteekveiligheid van voetgangers groter wanneer er een middeneiland beschikbaar is en er meer dan 2 rijstroken overgestoken moeten worden. Ook in observatiestudies werden voordelen gevonden. Oxley, Fildes, Ihsen, Charlton en Day (1997) observeerden met video-opnamen het oversteekgedrag van voetgangers. Het oversteekgedrag was veiliger bij oversteekvoorzieningen met een middeneiland. Met een middeneiland was er nauwelijks een verschil tussen leeftijdsgroepen. Bij oversteekvoorzieningen zonder middeneiland namen ouderen meer risico's bij het oversteken dan jongeren.

Inschatting van de effecten voor fietsers

Van Boggelen (2005) beschrijft een aantal functies van middengeleiders voor fietsers. Wanneer de intensiteit van de over te steken weg en de oversteeklengte groter is verbetert een middeneiland de oversteekbaarheid. De oversteek kan worden verdeeld in stappen, waarbij de fietsers bijvoorbeeld in de eerste stap alleen verkeer van links en in een tweede stap alleen verkeer van rechts hoeven in te schatten. Dit verlaagt de complexiteit van de oversteek. Een dieptestudie van oversteekongevallen met fietsers in Finland (zie paragraaf 2.8.1) toont aan dat de complexiteit van het oversteken van een gebiedsontsluitingsweg een rol speelt. Het is daarom aannemelijk dat de oversteekveiligheid van fietsers verbetert door een voldoende brede middengeleider (net als bij voetgangers). Volgens Van Boggelen (2005) kan de middengeleider bovendien het attentieniveau van automobilisten op de gebiedsontsluitingsweg verbeteren en de snelheid verlagen. De ruimte tussen de middengeleiders kan daarnaast een functie vervullen als opstelgelegenheid voor linksafslaande auto's, of door deze ruimte af te sluiten een functie vervullen als rijbaanscheiding ter beperking van het aantal mogelijke manoeuvres.

2.7.2 Voorsorteervakken

Het Handboek Wegontwerp geeft een beschrijving van de veiligheidseffecten van voorsorteervakken. Er worden onderzoeken genoemd, maar zonder referentie. Volgens het Handboek Wegontwerp (CROW, 2002) leidt de toepassing van linksafvakken op de hoofdweg van voorrangskruispunten in het algemeen ten opzichte van kruispunten zonder linksafvakken tot een ongevallenreductie. Het linksafvak voorkomt dat de doorgaande rijstrook wordt geblokkeerd en beperkt de snelheidsverschillen tussen doorgaand en afslaand verkeer. Het onderliggend onderzoek heeft echter alleen betrekking op voorrangskruispunten buiten de bebouwde kom. Binnen de bebouwde kom zijn de veiligheidseffecten niet aangetoond.

Volgens het Handboek Wegontwerp (CROW, 2002) zijn rechtsafvakken bij voorrangskruispunten (zonder verkeerslichten) af te raden. Ze zouden alleen in uitzonderlijke situaties moeten worden toegepast. Rechtsafslaand verkeer kan in veel gevallen met beperkte snelheid doorrijden, waardoor kop-staart-botsingen in de praktijk weinig voorkomen. Bij rechtsafvakken treedt visuele afdekking op van het rechtdoorgaande verkeer in de richting van het kruispunt. Het verkeer op de rijstrook voor rechtdoorgaand verkeer wordt gedurende enige tijd door rechtsafslaand verkeer op het rechtsafvak aan de waarneming van de voorrangsplichtige op de zijweg onttrokken. Dit kan ernstige ongevallen veroorzaken. Evaluatie-onderzoek na verwijdering van rechtsafvakken op hoofdwegen van voorrangskruispunten heeft aangetoond dat zonder rechtsafvak de verkeersveiligheid beter is gewaarborgd.

2.7.3 Oversteeklengte

Volgens het Handboek Wegontwerp (CROW, 2002) kent het standaardontwerp van een voorrangskruispunt maximaal één doorgaande rijstrook per rijrichting en één of meer linksafvakken. Dit beperkt de oversteeklengte.

Henson en Whelan (1992) vergeleken T-kruisingen waarbij een fietser langs de verkeersader werd aangereden door een motorvoertuig uit een zijstraat met T-kruisingen zonder ongevallen (controlegroep). Het aantal ongevallen bleek toe te nemen naarmate de oversteeklengte groter was. Hierbij ging het om de breedte van

zijstraat. Het Handboek Wegontwerp (CROW, 2002) raadt meerdere opstelstroken op zijwegen af, onder andere vanwege het niet of niet tijdig waarnemen van (brom)fietsers langs de hoofdweg van het voorrangskruispunt door bestuurders die op de zijweg een wachtend voertuig passeren.

2.7.4 *Aantal kruispuntarmen*

Volgens het Handboek Wegontwerp (CROW, 2002) blijken driearmige kruispunten in het algemeen veiliger dan vierarmige kruispunten. Dit rechtvaardigt echter geenszins het toepassen van bajonetoplossingen. Een combinatie van twee driearmige kruispunten is in het algemeen onveiliger dan één vierarmig kruispunt. Op een driearmig kruispunt is het aantal mogelijke manoeuvres beperkter.

2.7.5 *Aansluitboog*

Bij kruispunten is de aansluitingsboog de gebogen verbindinglijn tussen de kanten van de verharding van de twee niet in elkaars verlengde liggende verkeersbanen. De toe te passen boogstraal is afhankelijk van de beschikbare verhardingsbreedte en de grootte van eventuele landbouwvoertuigen en vrachtautocombinaties (CROW, 2002). Het Danish Road Directorate (2000) suggereert de toepassing van beperkte kleinere boogstralen om de snelheid van afslaande voertuigen te remmen. Henson en Whelan (1992) vergeleken T-kruisingen waarbij een fietser langs de verkeersader werd aangereden door een motorvoertuig uit een zijstraat met T-kruisingen zonder ongevallen (controlegroep). Ze vonden geen verschil in boogstralen.

2.7.6 *Snelheidsremmers*

In paragraaf 2.3 is de verhoogd aangelegde oversteekplaats besproken. Het ging daarbij om een snelheidsremmer voor het voorrangsplichtige verkeer dat de zijweg van de voorrangsweg in- of uitrijdt. Ook op de hoofdweg kunnen snelheidsverlagende voorzieningen worden ingezet. Naast handhaving noemt het Handboek Wegontwerp (CROW, 2002) plateaus als middel voor snelheidsverlaging.

2.7.7 *Bebording*

Er is nauwelijks specifiek onderzoek gevonden naar de veiligheidseffecten van bebording voor de veiligheid van oversteekvoorzieningen voor fietsers. Om die reden wordt in deze subparagraaf een theorie over de waarneming van verkeersborden in het algemeen beschreven. Waarschijnlijk kan bebording bestuurders van informatie voorzien, aanvullend op de informatie die het wegbeeld als geheel biedt. Zeker wanneer bestuurders een tweerichtingenfietspad kruisen is dat niet onbelangrijk.

In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat de effectiviteit van bebording op zichzelf beperkt is. Charlton (2006) refereert aan experimentele studies waarin de toegevoegde waarde van waarschuwborden in twijfel wordt getrokken. In verschillende studies bleek dat bestuurders zich na het passeren gemiddeld slechts de helft van de borden wisten te herinneren (wat niet automatisch betekent dat ze niet zijn waargenomen). In andere studies waarbij de bestuurder tijdens het rijden rapporteerde wat hij of zij een opvallend bord vond lag het percentage zelfs onder de 20%. De omvang, het contrast, de omgeving (visueel druk of rustig) en retroreflectieve eigenschappen bepalen de opvallendheid van borden. Uiteraard zijn er verschillen tussen borden. Uit experimenten uitgevoerd door Charlton (2006)

bleek bijvoorbeeld dat knipperende borden (betekenis 'u nadert een school waar kinderen kunnen oversteken') opvallender waren dan traditionele borden.

Fisher (1992) merkt op dat borden het attentieniveau in bepaalde gevallen kunnen verhogen zonder dat ze bewust door bestuurders worden waargenomen. Volgens Charlton (2007) kan bebording op zichzelf, zonder bijvoorbeeld een goede bebakening, deze rol maar beperkt vervullen. Informatie werkt het beste als bestuurders er de betekenis uit kunnen afleiden zonder een bewust denkproces. Uit de aanwezigheid van een plateau of middeneiland kan een bestuurder automatisch, zonder er bewust over na te denken, afleiden dat er een kruispunt volgt. Veel borden hebben pas het bedoelde effect als een bestuurder er direct zijn of haar blik op richt en bedenkt wat het bord in kwestie betekent. In hoeverre borden het attentieniveau verhogen zoals Fisher (1992) veronderstelt zal vermoedelijk mede afhangen van de opvallendheid van een bord. Uit Charlton's (2006) experiment bleek dat een knipperend bord opvallender was. Het zal waarschijnlijk ook een sterker attentieverhogend effect hebben.

Specifiek in relatie tot het oversteken bij fietsers zijn twee studies gevonden. Brouwer en Brouwer (2001) hebben via foto-onderzoek aannemelijk gemaakt dat verkeersdeelnemers, zowel automobilisten als fietsers, bij het naderen van een fietsoversteek gelegen naast de rotonderijbaan de voorrangsregeling vooral afleiden uit de aanwezige verkeerstekens en dan met name de haaiantanden. Dit sluit aan op de theorieën over waarneming van verkeersborden zoals met name beschreven door Charlton (2006; 2007). Summala et al. (1996) heeft in een experiment (zie paragraaf 2.2.2) met een beperkt aantal waarnemingen gevonden dat een stopbord het kijkgedrag bij het passeren van een tweerichtingenfietspad kan verbeteren. Bestuurders kijken vaker naar rechts, de richting waar fietsers links van de weg vandaan kunnen komen. Dit komt waarschijnlijk omdat bestuurders stoppen voor het stopbord en meer tijd hebben om te kijken.

2.8 Overige relevante onderzoeken

De onderzoeken die eerder in dit hoofdstuk zijn behandeld richten zich op specifieke infrastructuurkenmerken. Daarnaast zijn er gedrags- en ongevalonderzoeken uitgevoerd die direct of indirect een relatie hebben met oversteekveiligheid en infrastructuur. Die onderzoeken kunnen helpen bij het denken over infrastructuurkenmerken en worden daarom in deze paragraaf beschreven.

2.8.1 *Dieptestudie oversteekongevallen met fietsers in Finland*

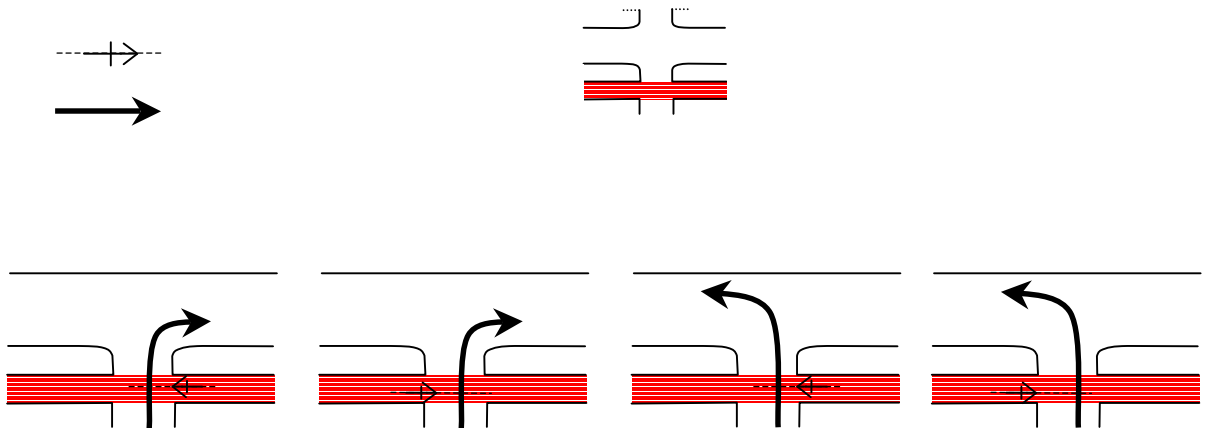
Räsänen en Summala (1998) voerden een dieptestudie uit naar 188 oversteekongevallen met fietsers in 4 Finse steden tussen 1990 en 1994. Deze studie levert kennis van oversteekongevallen en toont aanzienlijke verschillen tussen langsongevallen (een fietser rijdt langs een verkeersader en steekt een zijstraat over) en dwarsongevallen (een fietser steekt een verkeersader over).

Onderzoeksaanpak

Door vergelijking met geregistreerde ongevallen door de politie en door verzekeringsmaatschappijen werd vastgesteld dat de bestudeerde typen ongevallen representatief waren voor botsingen tussen fietsers en gemotoriseerde voertuigen. De ongevallen werden bestudeerd door een multidisciplinair onderzoekteam bestaande uit een agent, een voertuigdeskundige, een verkeerskundige en een arts. Het team werd geïnformeerd door de politie en ging vervolgens zo snel mogelijk naar de plaats van het ongeval. Er werd gewerkt met checklisten en de betrokkenen werden geïnterviewd. Daarbij werd het slachtoffer verzekerd dat het onderzoek los stond van het politieonderzoek. De arts beoordeelde de fysieke en mentale toestand en capaciteiten van de betrokkenen (Räsänen, Summala, 1998).

Type ongevallen

Van de 188 oversteekongevallen gebeurden er 97 op kruisingen met fietspaden. Die ongevallen worden hieronder beschreven. Bij bijna tweederde van de ongevallen rijdt de fietser langs de verkeersader (61 van de 97) en wordt aangereden door een voertuig uit een zijstraat (30 ongevallen) of door een voertuig dat afslaat (31 ongevallen). Bij deze ongevallen rijdt de fietser in meer dan de helft van de gevallen links van weg (36 van de 61 ongevallen). Bij de overige ongevallen rijdt de automobilist rechtdoor en steekt de fietser de verkeersader over (36 van de 97). Bij de bovenbeschreven soorten ongevallen was de letselernst vergelijkbaar. Het type ongeval waarbij een auto uit een zijstraat een voorrangsweg nadert om rechtsaf te slaan en daarbij een fietser van rechts over het hoofd ziet komt het meest voor (19 van de 97). Het type waarbij de auto linksaf slaat en een fietser van rechts over het hoofd wordt gezien gebeurt significant minder vaak (2 van de 97). Dit zou samenhangen met de kijkstrategie van bestuurders die bij het rechtsaf slaan vooral kijken naar gemotoriseerde voertuigen van links op de voorrangsweg. Een probleem met het richten van de aandacht speelt mogelijk ook bij bestuurders die uit een zijstraat naderen en voorrang moeten verlenen aan een fietser van links. Met fietsers van links waren er 7 ongevallen waarbij de bestuurder linksaf sloeg en 2 ongevallen waarbij deze rechtsaf sloeg. Een automobilist die rechtsaf slaat hoeft alleen naar gemotoriseerd verkeer van links te kijken en zal de fietser van links daardoor mogelijk makkelijker opmerken. Een automobilist die linksaf slaat moet zowel naar links als naar rechts kijken.



Figuur 2.6 Type ongevallen waarbij een auto uit een zijstraat een voorrangsweg nadert

Het richten van de aandacht en verwachtingen van fietsers

Om het richten van de aandacht verder te bestuderen is onderzocht in hoeverre beide botspartners voor het ongeval iets gedaan hebben om het ongeval te voorkomen. Dit werd bepaald op basis van het gestructureerde interview met de botspartners dat onderdeel uitmaakte van de dieptestudie. In 37% van de ongevallen realiseerde noch de fietser noch de tegenpartij zich op tijd dat het mis zou gaan. Bij de overige ongevallen deden de fietser (24%), de tegenpartij (27%) of beiden (12%) iets om het ongeval te voorkomen. De acties om het ongeval te voorkomen zijn per type ongeval bestudeerd:

- I. Gemotoriseerd voertuig uit zijstraat of uitrit; fietser langs voorrangsweg:
Bij dit type ongeval deed de fietser in de helft van de gevallen iets om een botsing te voorkomen, de tegenpartij slechts in enkele gevallen. Interessant binnen deze groep is het meest voorkomende scenario waarbij de automobilist rechtsaf slaat en de fietser van rechts vanaf het fietspad komt. Een verdere analyse bij de 19 ongevallen leerde dat slechts 2 automobilisten voor het ongeval de fietser hadden opgemerkt terwijl 13 fietsers de automobilist hadden opgemerkt. Daarvan dachten 12 tot kort voor het ongeval dat de automobilist voorrang zou gaan verlenen. Dit bevestigt de hypothese dat automobilisten bij dit type ongeval de fietser over het hoofd zien.
- II. Gemotoriseerd voertuig en fietser langs voorrangsweg, tegenpartij slaat af:
Bij dit type ongeval is er qua reactie geen noemenswaardig verschil tussen de overstekende fietser en de tegenpartij. Opvallend is dat de partijen in 19 van de 31 gevallen in tegenovergestelde richting reden. In die gevallen kunnen ze elkaar beter zien dan wanneer beide in dezelfde richting rijden. Dan moet een automobilist over de schouder kijken om fietsers op een naastgelegen fietspad te kunnen zien. Een gedetailleerde analyse bevestigt dat het bij de tegenovergestelde richting voor de automobilist makkelijker is om de fietser op te merken. Bij de tegenovergestelde richting probeerde de automobilist in 10 van de 19 gevallen op het laatste moment de fietser te ontwijken. Als de partijen in dezelfde richting reden was dat in slechts 3 van de 12 gevallen. Het grotere aantal ongevallen in de tegenovergestelde richting heeft mogelijk te maken met de verwachtingen van fietsers. In 10 van de 19 gevallen namen de fietsers aan de automobilist voorrang zou gaan verlenen.
- III. Gemotoriseerd voertuig rechtdoor, fietser steekt voorrangsweg over:
Bij dit type ongeval deed de tegenpartij in ongeveer tweederde van de gevallen iets om het ongeval te voorkomen, de fietser slechts in enkele

gevallen. In de meeste gevallen was de automobilist de kruising al overgestoken en hoefde hij of zij geen kruisende voertuigen meer te detecteren. Er zijn twee subgroepen met verschillen in reacties van het gemotoriseerde verkeer op de voorrangsweg. Als de fietser van links naar rechts oversteekt heeft automobilist meer tijd dan wanneer de fietser van rechts naar links oversteekt. In het eerste geval deed de automobilist dan ook het vaakst iets om een botsing te voorkomen.

Kenmerken van slachtoffers onder fietsers

Räsänen en Summala (1998) hebben de kenmerken van slachtoffers onder fietsers onderzocht. Er bleek een opvallend verschil in rijbewijsbezit te bestaan tussen slachtoffers van verschillende typen ongevallen. Fietsers boven de 18 jaar met een rijbewijs bleken vaker betrokken bij ongevallen waar ze duidelijk voorrang hadden (type I: gemotoriseerd voertuig uit een zijstraat of uitritconstructie). Ze waren juist minder vaak betrokken bij type III waarbij ze voorrang moesten verlenen (voorrangsweg in de dwarsrichting oversteken). Het aandeel rijbewijsbezitters onder de slachtoffers van ongeval type II (gemotoriseerd verkeer slaat af) ligt er tussenin. Bij de fietsslachtoffers van ongeval type I geldt verder dat ze vaker dagelijks gebruik maken van de oversteekplaats waar het ongeval gebeurde: 13 van de 14 fietsers met een rijbewijs fietste dagelijks op de plaats van het ongeval. Bij type II en III waren de fietsers in meerderheid geen dagelijkse gebruikers van de oversteekplaats. Verder blijkt dat fietsers onder de 18 jaar minder vaak betrokken zijn bij ongeval type I en vaker bij ongeval type III.

Discussie

Räsänen en Summala (1998) concluderen uit de studie dat twee factoren een belangrijke rol spelen bij oversteekongevallen:

1. Een verkeerd gerichte aandacht, met name door kijkstrategieën van bestuurders van gemotoriseerde voertuigen. Die kunnen een fietser uit een onverwachte richting over het hoofd zien of te laat opmerken waardoor er te weinig tijd is om adequaat te reageren. Tweerichtingenfietspaden dragen bij aan dit probleem.
2. Misplaatste verwachtingen van fietsers. Veel fietsers bleken er te lang vanuit te gaan dat ze voorrang krijgen.

Een interessante bevinding bij ongevallen met gemotoriseerd verkeer uit een zijstraat en fietsers langs een verkeersader is de grote betrokkenheid van fietsers die zelf in het bezit zijn van een rijbewijs en die dagelijks langs de plaats van het ongeval fietsen. Het ging hierbij vaak om relatief rustige zijstraten. Een combinatie van deze factoren heeft mogelijk geleid tot een routine waarbij fietsers onvoldoende letten op het verkeer uit de zijstraat. Ze weten dat ze voorrang hebben en ontmoeten in het algemeen geen verkeer uit de zijstraat. Het oversteken van een voorrangsweg in de dwarsrichting is waarschijnlijk complexer en meer belastend voor fietsers. Hiermee hangt mogelijk samen dat er vaker fietsers onder 18 jaar bij deze ongevallen betrokken zijn.

2.8.2 *Looked-but-failed-to-see-errors*

Een studie van Herslund en Jørgensen (2003) is van belang in verband met het kijkgedrag van automobilisten en het uitbuigen van fietspaden. Zij suggereren dat ervaren automobilisten die uit een zijstraat een voorrangsweg of rotonde naderen een kijkstrategie hebben ontwikkeld die is gefocust op de plaats op de weg waar gemotoriseerd verkeer rijdt. Fietsers op een fietspad kunnen daardoor over het hoofd gezien worden terwijl ze zichtbaar zijn in het blikveld van een automobilist en uit de verwachte richting komen. Deze ongevallen worden 'looked-but-failed-to-see-accidents' genoemd. De term 'looked-but-failed-to-see-errors' wordt gebruikt wanneer een bestuurder een andere weggebruiker die duidelijk zichtbaar is in de kijkrichting van de bestuurder toch over het hoofd ziet.

Interviews van slachtoffers bij bijna-ongevallen

Herslund en Jørgensen (2003) deden een oproep in enkele kranten in Kopenhagen met de vraag om te reageren als mensen betrokken waren bij een bijna-ongeval waarbij sprake was van een 'looked-but-failed-to-see-errors': iemand over het hoofd zien die voorafgaand aan het bijna-ongeval goed zichtbaar was. Er meldden zich 10 automobilisten. De situaties en bijna-ongevallen zijn als volgt beschreven:

- Vier maal naderde een automobilist een rotonde en zag daarbij een fietser van links over het hoofd. De automobilisten beschreven de volgende ervaring. Ik naderde langzaam de rotonde en schrok toen een fietser recht voor de auto verscheen (2 maal). Toen ik mijn hoofd naar links draaide zag ik dat een fietser bijna tegen de linkerzijde van de auto botste (2 maal).
- Vier maal naderde een automobilist een T-kruising vanuit de zijstraat en zag daarbij een fietser van links over het hoofd (twee sloegen rechtsaf; twee linksaf). De automobilisten gaven aan dat ze naar links en naar rechts keken, dat er enkele auto's passeerden en dat de weg vervolgens vrij was (geen fietsers en auto's op de voorrangsweg). Ze reden weg of stonden op het punt om weg te rijden toen ze plotseling een beweging links van de auto opmerkten. Ze draaiden hun hoofd naar links en zagen een fietser die bijna tegen de linkerzijde van de auto botste.
- Twee vonden plaats op een vierarmig kruispunt. In één geval naderde de automobilist de kruising en zag een fietser van links op het fietspad voor de kruising over het hoofd. Hij zag geen ander verkeer, reed weg en zag plotseling een fietser voor zijn auto. Die kon nog net voldoende uitwijken om een botsing te voorkomen. In het andere geval was de automobilist de kruising al overgestoken en zag een fietser van rechts op het fietspad na de kruising over het hoofd. Toen hij over het fietspad reed hoorde hij een klap aan de rechterkant van de auto. Daar bleek de fietser tegen de auto gebotst te zijn.

Bij alle 10 de ongevallen reed de fietser op een fietspad aan de rechterkant van de weg en kwam dus voor de automobilist uit de verwachte richting. Een gemeenschappelijk kenmerk van de bijna-ongevallen is dat de automobilisten in richting van de fietser hadden moeten kijken om te na te gaan of er auto's aankwamen waaraan voorrang verleend had moeten worden. Ondanks dat merkten ze de fietsers pas op het laatste moment op. Alle ongevallen gebeurden bij daglicht onder goede zichtomstandigheden en op plaatsen zonder zichtbelemmerende obstakels. De geïnterviewde automobilisten waren ervaren (7 jaar rijervaring of meer en meer dan 10.000 autokilometers per jaar), verklaarden niet vermoeid te

zijn geweest ten tijde van het bijna ongeval en wisten dat ze op de betreffende locatie voorrang moesten verlenen aan een fietser. De automobilisten noemden geen problemen die het bijna-ongeval kunnen verklaren en verklaarden dat ze er zeker van waren dat ze hadden gekeken of er fietsers aankwamen. Doordat de fietsers fysiek zichtbaar waren in het blikveld van de automobilisten en toch over het hoofd werden gezien suggereren Herslund en en Jørgensen (2003) dat het probleem te maken kan hebben met de kijkstrategie (zoekstrategie om ander verkeer te detecteren) en/of de verwerking van de visuele informatie.

Observatie van voorrangsgedrag

Herslund en Jørgensen (2003) hebben het voorrangsgedrag geobserveerd van automobilisten die een voorrangsweg of rotonde naderen. Daarmee kunnen mogelijke hypothesen over de looked-but-failed-to-see-errors worden getoetst.

Het invoegen tussen het verkeer op een voorrangsweg kan worden bestudeerd aan de hand van de hiaatacceptatie of 'GAP acceptance'. Studies gericht op hiaatacceptatie worden eveneens toegepast om de capaciteit van voorrangskruispunten te bepalen. Met videobeelden wordt geobserveerd:

- Wanneer een voertuig arriveert bij de markering of stoplijn waar voorrang verleend moet worden.
- Als op de voorrangsweg een voertuig nadert wordt bepaald hoeveel seconden het duurt voordat het eerste voertuig waaraan voorrang verleend moet worden op het conflictgebied arriveert (het hiaat).
- Tenslotte wordt geregistreerd of voorrang wordt verleend aan het eerste voertuig op de voorrangsweg (het hiaat wordt verworpen) of niet (het hiaat wordt geaccepteerd).

De hiaattijden kunnen worden gebruikt om het voorrangsgedrag bij de voorrangverlening aan verschillende typen voertuigen te bestuderen. Voor de vergelijking kan gebruik worden gemaakt van de kritische hiaattijd, de 'critical GAP'. Dit is het hiaat dat door 50% van de weggebruikers wordt geaccepteerd. Wel moet er rekening mee worden gehouden dat de gemeten hiaattijden gevoelig zijn voor de positie van de stoplijn (voor het verkeer dat voorrang moet verlenen) en het conflictgebied (waar voertuigen in botsing kunnen komen). Om die reden zijn de hiaattijden gemeten ten opzichte van fietsers op een fietspad langs de voorrangsweg niet volledig vergelijkbaar met auto's op de voorrangsweg.

Met 2 uur aan videobeelden bij een rotonde met een aanliggend fietspad (geen tussenberm) werden drie typen voorrangssituaties bestudeerd waarbij altijd sprake was van een auto die de rotonde naderde en voorrang moest verlenen:

- a) Op de rotonde rijdt een auto waaraan voorrang verleend moet worden (N=367). Het kritische hiaat was hierbij 4,26 s.
- b) Op de rotonde rijdt een fiets waaraan voorrang verleend moet worden (N=59). Het kritische hiaat was hierbij 3,33 s.
- c) Op de rotonde rijden een auto en een fiets waaraan voorrang verleend moet worden. Hierbij zijn twee hiaattijden geregistreerd:
 - hiaat t1 ten opzichte van de auto op de rotonde. Als de data worden geanalyseerd op basis van alleen de auto op de rotonde (t1), dan is de kritische hiaattijd 4,47 s. Dat verschilt niet significant ten opzichte van de kritische hiaattijd van 4,26 s waarbij er alleen een auto op de rotonde rijdt.

- hiaat t_2 ten opzichte van de fiets op de rotonde. Als de data worden geanalyseerd op basis van alleen de fiets op de rotonde (t_2), dan is de kritische hiaattijd 4,70 s. Dat is significant meer dan de kritische hiaattijd van 3,33 s waarbij er alleen een fiets op de rotonde rijdt.

De interpretatie van de kritische hiaattijd onder c met zowel een fietser als een auto op de rotonde is problematisch: wordt er voorrang verleend omdat de fietser voorop reed of omdat de auto voorop reed? Om die reden is ook een het kritische hiaat bepaald op basis van het hiaat voor de fiets op de rotonde (waarde t_2) waarbij de auto op de rotonde voorop rijdt (waarde $2 < t_1 < 3$). Het kritische hiaat is in dat geval 4,97 s, wat betekent dat vrijwel altijd voorrang wordt verleend aan een fietser als er al voorrang is verleend aan een auto op de rotonde. Dat had anders kunnen zijn omdat er met enige regelmaat een voldoende groot hiaat tussen de fietser en de auto op de rotonde moet hebben gezeten om er tussendoor te kunnen. De conclusie is dat eerder voorrang wordt verleend aan fietsers op de rotonde als er tegelijkertijd ook een auto op de rotonde rijdt.

Discussie

In het vervolg van het artikel bediscussiëren Herslund en Jørgensen (2003) een aantal hypothesen die hun waarnemingen en de looked-but-failed-to-see-errors kunnen verklaren. Een eerste hypothese is dat auto's die uit de zijweg de rotonde naderen voornamelijk letten op auto's op de rotonde en daarbij de fietser over het hoofd zien. Als dat zo zou zijn dan had de kritische hiaattijd voor fietsers met zowel een fietser als een auto op de rotonde kleiner moeten zijn dan de kritische hiaattijd met alleen een fietser op de rotonde. Het omgekeerde is waar. Automobilisten die de rotonde naderen lijken voorzichtiger ten opzichte van een fietser op de rotonde wanneer er ook een auto op de rotonde rijdt. Ook bij de interviews gaf geen enkele betrokken automobilist aan dat hij of zij was afgeleid door ander verkeer.

Een tweede hypothese is dat het ligt aan de kijkstrategie van ervaren automobilisten die zich vooral concentreert op het gebied waar gemotoriseerde voertuigen rijden. Ervaren automobilisten starten het scannen van het verkeer verder voor de kruising. Hun fixaties zijn korter. Op basis van hun verwachtingen van wat ze waarschijnlijk zullen zien extraheren ze mogelijk slechts minimale informatie. Deze kijkstrategie en informatieverwerking kan leiden tot een hogere prioriteit voor gebieden en weggebruikers die voor hen het meest van belang zijn. Dit omvat wellicht meer het gebied gebruikt door gemotoriseerd verkeer dan het gebied waar fietsers rijden. Gemotoriseerd verkeer vormt een grotere bedreiging. Een verklaring voor het verschil in geaccepteerde hiaattijden tussen fietsers en automobilisten op de rotonde past bij deze hypothese. Automobilisten concentreren eerst hun blik op het gebied waar ze gemotoriseerd verkeer verwachten. Als die er niet zijn zal een automobilist mogelijk onbewust concluderen dat de weg vrij is en hij of zij kan weggrijpen. Automobilisten zouden in dat geval af en toe met zeer kleine hiaten voorrang nemen. Onder de 58 geaccepteerde hiaten waarbij een auto geen voorrang verleende aan een fietser op de rotonde waren er twee korter dan 2 s en 7 korter dan 2,5 s. In de twee meest kritische gevallen bevond de fietser zich circa 7m links van de auto toen die voorrang nam. Dit is mogelijk een looked-but-failed-to-see error. Volgens Herslund en Jørgensen (2003) zou de kijkstrategie van ervaren automobilisten minder problematisch zijn als fietsers tussen het gemotoriseerde verkeer rijden. Ze rijden dan op de plek waar automobilisten naar kijken.

Bromfiets op de rijbaan

Van Loon (2001) noemde een betere zichtbaarheid van bromfietsers na de invoering van de Maatregel Bromfiets op de Rijbaan (BOR) als mogelijke verklaring voor de netto daling van 15% van het aantal bromfietsletselongevallen. In een praktijkproef voorafgaand aan de invoering van BOR bleek dat de conflicten met afslaand en kruisend autoverkeer aanzienlijk waren gedaald. Zoals beschreven in paragraaf 2.1 kunnen de resultaten van onderzoek onder bromfietsers niet direct worden vertaald naar fietsers. In het onderzoek van Welleman en Dijkstra (1988) bleek het risico van bromfietsongevallen op voorrangskruispunten hoger als bromfietsers op een fietsstrook in plaats van een fietspad reden. Voor fietsers is het resultaat omgekeerd: een hoger risico op fietsstroken dan op fietspaden.

De Dode hoek bij personenauto's

De ANWB (Buma, 2008) testte het zicht voor bestuurders in 10 automodellen. Om auto's veiliger te maken zijn de raam- en deurstijlen dikker geworden. Dat kan het zicht beperken. Bij één van de modellen bleek het zicht schuin naar voren beperkt. Als een automobilist in een laag tempo een kruising nadert zou een fietser zich binnen de dode hoek kunnen voortbewegen. Herslund en Jørgensen (2003) hebben de dode hoek niet onderzocht als factor in 'looked-but-failed-to-see-errors'.

2.8.3 Ongevalstudie Duitsland, Münster

Ortlepp (2008) voerde een studie uit naar onder andere ongevallen met fietsers in Münster. Deze ongevallen zijn onderzocht omdat het aantal fietsslachtoffers sinds 2002 sterk is gestegen. De meeste fietsongevallen gebeurden bij het afslaan (iets meer dan 20% van de letselongevallen) en bij het kruisen van of invoegen op een verkeersader vanaf een zijstraat (iets meer dan 40% van de letselongevallen).

In 2006 voerde de gemeente Münster een detailanalyse uit op 879 fietsongevallen. Van 701 ongevallen was voldoende informatie beschikbaar over het type ongeval en de oorzaak. Bij 9% van de ongevallen reed de fietser links van de weg, waarbij de fietser deels in overtreding was en deels op een tweerichtingenfietspad reed. Bij 5% was sprake van roodlichtnegatie, bijna tweederde deel daarvan door fietsers; het overige deel door de tegenpartij. Om meer inzicht in beide problemen te krijgen is een telling uitgevoerd:

- Roodlichtnegatie: het gedrag van fietsers werd gedurende in totaal 24,5 uur waargenomen op 16 oversteekplaatsen bij 8 kruispunten met verkeerslichten. Gemiddeld reed 7% van de fietsers door rood.
- Links van de weg fietsen: op 6 oversteekplaatsen werd gedurende in totaal 25 uur het gedrag van fietsers waargenomen. Gemiddeld reed 4% van de fietsers aan de linkerkant van de weg (tegen de richting van het verkeer in). Daarvan reed driekwart op het trottoir en een kwart op het fietspad.

Vanwege het probleem van rechtsafslaande motorvoertuigen is met video-opnamen van in totaal 16 uur een aanvullende gedragsobservatie uitgevoerd op 9 oversteekplaatsen van 3 kruispunten. Alle oversteekplaatsen betroffen vrijliggende fietspaden. Als een motorvoertuig afsliep werd bepaald of er zich binnen 10m voor de oversteekplaats een fietser bevond, ofwel of er tussen 10 en 20m voor de oversteekplaats een fietser naderde. Aan de hand van hoofdbewegingen werd beoordeeld of bestuurders over hun schouder keken om te beoordelen of er mogelijk rechtdoorgaande fietsers naderden. Daarnaast werd het voorrangsgedrag

vastgelegd. Bij eenderde van de afslaan bestuurders kon niet worden vastgesteld dat ze controleerden of er mogelijk rechtdoorgaande fietsers naderden. Er werden 274 ontmoetingen vastgelegd waarbij er zich op maximaal 10m voor de oversteekplaats een fietser bevond. Bij 15% hiervan controleerde de bestuurder niet of er rechtsafslaan fietsers naderden op het fietspad en hierbij gebeurden 5 bijna-ongevallen. Bovendien keek 28% van de bestuurders wel over de schouder maar verleende geen voorrang aan een rechtdoorgaande fietser.

2.8.4 Voorrangsgedrag

Räsänen, Koivisto en Summala (1990) bestudeerden het voorrangsgedrag na een regelwijziging in Finland. Op gelijkwaardige kruispunten hebben fietsers voorrang van rechts. Hierop werd in 1997 een uitzondering gemaakt voor fietspaden die een weg kruisen. Tenzij de voorrang anders is geregeld met verkeerstekens hebben fietsers van rechts daar geen voorrang meer. Er is geen verandering bij fietspaden langs voorrangswegen waar de voorrang is geregeld met borden en haaiantanden. De verandering werd doorgevoerd om het informele voorrangsgedrag in overeenstemming te brengen met de formele regel.

Snelheids- en voorrangsgedrag

Het snelheidsgedrag werd bestudeerd bij auto's die vanaf een zijstraat een T-kruising naderden om vervolgens linksaf of rechtsaf te slaan. Net voor het kruispunt staken ze een tweerichtingenfietspad over. De eerste twee kruispunten waren geregeld, de derde was gelijkwaardig. Alleen op het derde kruispunt was de regelverandering van toepassing. Automobilisten hoefden geen voorrang meer te verlenen aan fietsers van rechts. Metingen werden verricht met onopvallend opgestelde videocamera's. Op alle drie de kruispunten daalde de gemiddelde naderingssnelheid 5 m voor het kruispunt met 2 tot 4 km/uur na de verandering van de regel. Er was echter geen verschil tussen de drie kruispunten. Deze snelheidsmetingen werden verricht bij automobilisten die het kruispunt naderden zonder dat er ander verkeer in de buurt was. Waar wel sprake was van een ontmoeting werd het voorrangsgedrag vastgelegd. Op alle drie de kruispunten verleenden automobilisten vaker voorrang aan fietsers van rechts (het aantal ontmoetingen was beperkt, 35 voor de regelverandering en 62 na de regelverandering).

De regelverandering is met name van belang bij ontmoetingen tussen fietsers en gemotoriseerde voertuigen. Om die reden is een experiment uitgevoerd bij twee oversteekvoorzieningen waar fietsers op een solitair fietspad een verkeersader konden oversteken. Een testfietser kwam aanrijden op botskoers zodat een van de twee partijen voorrang moest verlenen. Net voor de oversteekvoorziening remde de fietser om voorrang te verlenen of over te steken als de automobilist stopte. Het snelheidsgedrag van de automobilist werd wederom gemeten met een onopvallend opgestelde videocamera. Het experiment werd voor en na de regelverandering uitgevoerd en de testfietser naderde zowel van links als van rechts. Als er vanaf rechts of vanaf links een fietser naderde lag de naderingssnelheid lager dan wanneer er geen andere verkeersdeelnemers in de buurt waren. Als automobilisten die voorrang verleenden buiten beschouwing werden gelaten was het verschil significant op één locatie. Ook bij het experiment werd geen verschil gevonden in naderingssnelheid voor en na de regelwijziging.

Hoofdbewegingen fietsers

Om het kijkgedrag van fietsers te bestuderen werden hun hoofdbewegingen vastgelegd. In het algemeen verbeterde het kijkgedrag van fietsers na de regelverandering in lichte mate op alle onderzochte kruispunten. Ze keken meer naar links en naar rechts. Op één kruispunt verslechterde de zichtomstandigheden door een nieuw gebouw. Doordoor was het kijkgedrag van de fietsers actiever. Het kijkgedrag van oudere fietsers (boven de 60 jaar) was actiever. Ze keken zowel voor als na de regelverandering vaker in beide richtingen. Het meest actief was het kijkgedrag van fietsers bij een oversteekvoorziening midden in een wegvak, wat is logisch is, gezien het feit dat fietsers hier zelden voorrang krijgen. Volgens de auteurs zal de oversteekvoorziening minimaal op een plateau aangebracht moeten worden om fietsers hier met bebording en haaiantanden voorrang te geven.

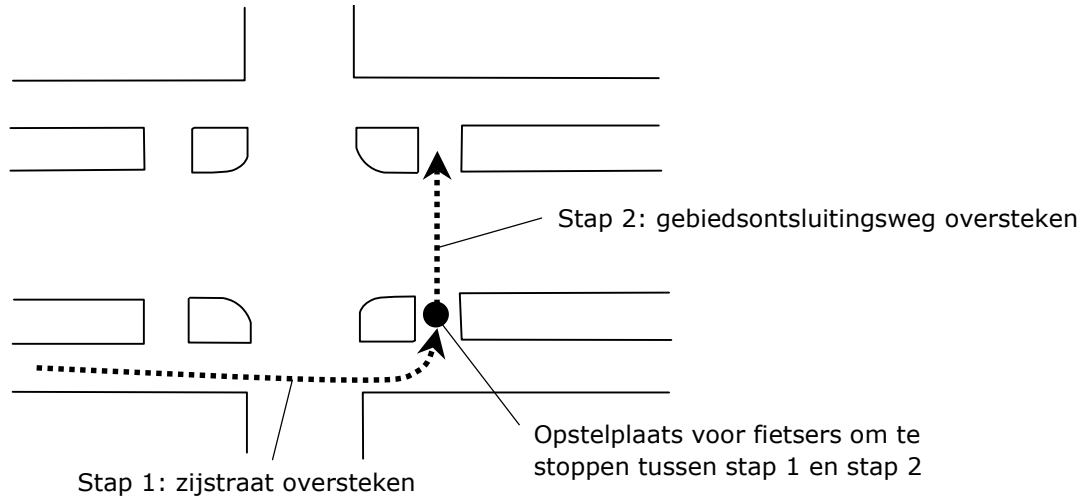
Kennis

De kennis van de nieuwe regel werd gemeten met een enquête, deels door weggebruikers op straat aan te houden en door bij mensen thuis een enquête af te nemen. De nieuwe regel bleek bij ruim tweederde van de weggebruikers bekend. Voor de regelverandering was ongeveer een zelfde deel van de automobilisten op de hoogte van de op dat moment bestaande regel. Echter, bij een oversteekvoorziening midden in een wegvak (voor een solitair fietspad) kreeg slechts 4% van de fietsers voorrang. Met de nieuwe regel is het voorrangsgedrag beter in overeenstemming met de formele regel.

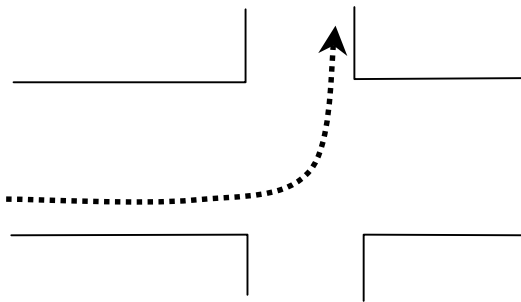
2.8.5 Oversteekongevallen met linksafslaande fietsers

Vooral ouderen en kinderen lijken een verhoogde kans te hebben op een oversteekongeval bij het linksaf slaan. Goldenbeld (1992) analyseerde 479 ongevallen met oudere fietsers in Nederland. Ouderen waren gemiddeld vaker betrokken bij ongevallen op voorrangskruispunten (zonder verkeerslichten). Oudere fietsers zijn vaker het slachtoffer van een ongeval bij linksaf slaan. Ze worden relatief vaak aangereden door achteropkomend snelverkeer. Volgens Tutert (2000) is het grote aandeel kinderen dat van plan is links af te slaan als fietser wanneer een ongeval plaatsvindt opvallend. Kruispunten zijn over het algemeen complexe verkeerssituaties, die worden gekarakteriseerd door tijdsdruk en de noodzaak om de aandacht te verdelen tussen verschillende deeltaken. Dit zijn taakvereisten waarmee ouderen relatief veel moeite hebben (Davidse, 2002). Datzelfde geldt mogelijk ook voor kinderen.

linksaf in twee stappen



linksaf in één stap



Figuur 2.7 Manoeuvres bij linksaf slaan afhankelijk van de beschikbaarheid van fietspaden

Een manier om tegemoet te komen aan de cognitieve beperkingen van ouderen is een oversteek in fasen (Davidse, 2002). Hierbij valt te denken aan middeneilanden, maar ook aan linksaf slaan in twee fasen. Tutert (2000) stelt voor om een linksafslaannde fietser naar het kruispunt geleid wordt door een fietspad gescheiden van de rijbaan. Bij het kruispunt kan de fietser dan vervolgens haaks oversteken. De fietser kan dan bij een voorrangskruispunt eerst de zijstraat oversteken en pas daarna de drukker hoofdweg in plaats van in één keer diagonaal over te steken. Met fietspaden langs de hoofdweg (en eventueel de zijweg) kan het oversteken in twee fasen worden gefaciliteerd (zie figuur 2.7).

Voorham (2010) van de Rijksuniversiteit Leiden heeft in opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart met observaties onderzocht hoe het oversteek- en kijkgedrag van fietsers bij linksafslaan wordt beïnvloed door het type fietsvoorziening: ofwel een fietspad of een fietsstrook. De scriptie is opgenomen in bijlage V. Het onderzoek bevestigt dat fietsers die linksafslaan vanaf een fietspad in vergelijking met een fietsstrook vaker in fasen oversteken. Daarbij wordt bij linksafslaan vanaf een fietspad vaker in alle richtingen gekeken. Fietspaden lijken de veiligheid bij het oversteken te bevorderen. Ook is gekeken naar de invloed van de

breedte van de over te steken verkeersader (twee of drie stroken). Het blijkt dat fietsers vaker in alle richtingen kijken, ofwel voorzichtiger zijn, naarmate de over te steken weg breder is. Ouderen lijken in het algemeen voorzichtiger over te steken maar de omvang van de studie was te beperkt om betrouwbaar verschillen tussen leeftijdsgroepen te kunnen vaststellen.

2.8.6 *Relatie tussen risico en intensiteiten*

Het risico uitgedrukt in aantal ongevallen per overgestoken fietser hangt samen met de intensiteit van het gemotoriseerde verkeer op de over te steken weg of kruispunttak en met de intensiteit van het fietsverkeer. Eerder kwam de studie van Gårder, et al. (1998) aan bod waaruit bleek dat een toename van het aantal overstekende fietsers met 50% zou leiden tot een risicoreductie van ongeveer een kwart.

Brüde en Larsson (1993) kwamen eveneens tot de conclusie dat het risico afneemt naarmate de intensiteit van het fietsverkeer toeneemt. Het risico bleek toe te nemen naarmate de intensiteit van het gemotoriseerde verkeer toeneemt. Zij hebben de relatie tussen intensiteiten en risico (aantal ongevallen per overgestoken fietser) berekend op basis van aantallen ongevallen in 30 Zweedse steden van 1983 tot en met 1988. In de analyse zijn 377 kruispunten betrokken waar 432 ongevallen waren gebeurd en waar dagelijks meer dan 100 fietsers overstaken. Er zijn tellingen uitgevoerd op een weekdag om de intensiteiten te bepalen. Met de kleinste kwadraten methode werd een formule bepaald voor het aantal ongevallen met overstekende fietsers per miljoen overstekende fietsers: $0,0494 \times I_g^{,52} \times I_f^{-,35}$. Hierin is I_g het gemiddelde dagelijkse aantal gemotoriseerde voertuigen op de over te steken kruispunttak en I_f het gemiddeld dagelijkse aantal overstekende fietsers. Volgens de formule zou een toename van het aantal overstekende fietsers met 50% leiden tot een risicoreductie van circa 10 tot 15%, terwijl een toename van het aantal motorvoertuigen met 50% zou leiden tot een risicotoenname van 20 tot 25%.

Het basismodel voor de relatie tussen het risico (fietsoversteekongevallen per oversteekbeweging) en verkeersintensiteiten is de volgende exponentiële functie:

$$\text{Risico} = b_1 \times I_g^{b_2} \times I_f^{b_3}$$

Hierin ligt b_2 tussen 0 en 1 en b_3 tussen -1 en 0. Brüde en Larsson (1993) laten zien dat dit model eenvoudig omgerekend kan worden naar een model voor voorspelling van het aantal ongevallen door het te vermenigvuldigen met de intensiteit van het fietsverkeer (I_g) en vice versa. Het basismodel voor het voorspellen van ongevallen heeft dan exact dezelfde vorm, maar b_3 ligt hierbij tussen 0 en 1. Door 1 op te tellen bij de exponent van I_f in het risicomodel wordt de exponent van I_f in het ongevalmodel afgeleid ($I_f \times I_f^{-b} = I_f^{1-b}$).

2.8.7 *Studie naar fietsongevallen op netwerkniveau*

Van Boggelen, Janssen en Everaars (2005) verrichtten een studie die niet op oversteekvoorzieningen was gericht maar wel belangrijke kennis opleverde over de invloed van fietsnetwerken op oversteekongevallen. Kenmerken van het fietsnetwerk in verschillende gemeenten werden vergeleken met het ongevalrisico van fietsers. In gemeenten waar fietsers vaker drukke verkeersaders (moeten) volgen of kruisen blijkt het slachtofferrisico voor fietsers gemiddeld hoger. Naarmate de netwerken voor fietsers en het gemotoriseerde verkeer verder zijn ontvlochten is het gemiddelde risico per gefietste kilometer lager. Het advies is om enerzijds autoluwe fietsverbindingen door verblijfsgebieden te creëren en anderzijds het

autoverkeer te bundelen op een beperkt aantal verkeersaders (liefst met een perifere ligging): ontvlechting van het netwerk voor fietsverkeer en gemotoriseerd verkeer.

2.9 Methodologie en ontwikkeling van het onderzoek naar oversteekongevallen

In deze paragraaf wordt teruggeblikt op de onderzoeken die zijn gepubliceerd over de effecten van infrastructuurkenmerken op het risico van oversteekongevallen met fietsers: de methodologische problemen waar onderzoekers mee te maken hebben (2.9.1) en de ontwikkeling in het onderzoek in de loop der jaren (2.9.2).

2.9.1 *Methodologische problemen bij onderzoek naar oversteekongevallen*

Deze paragraaf beschrijft enkele methodologische problemen bij onderzoek naar de veiligheidsconsequenties van infrastructuurkenmerken. Verschillende studies komen daar in verschillende mate aan tegemoet.

Intensiteiten en verkeerssamenstelling

Verschillen in intensiteiten van het fietsverkeer en het gemotoriseerde verkeer en de samenstelling van het verkeer hebben invloed op aantallen oversteekongevallen en het risico van oversteekongevallen. Naarmate de intensiteit van het fietsverkeer toeneemt neemt in het algemeen het aantal oversteekongevallen met fietsers toe terwijl het risico afneemt. Het methodologische probleem dat hierdoor ontstaat kan worden toegelicht met een voorbeeld waarbij oversteekongevallen met rechtdoorgaande fietsers op kruispunten met fietspaden en fietsstroken worden vergeleken. Stel dat er structureel minder fietsers op fietsstroken rijden omdat ze die minder comfortabel vinden. Dat is niet ondenkbaar, want uit onderzoek blijkt dat het fietsverkeer na de aanleg van fietspaden toeneemt.

Er rijden minder fietsers op fietsstroken. Het aantal oversteekongevallen per kruispunt zal geflatteerd lager uitvallen op de kruispunten met fietsstroken. Veel onderzoeken komen aan dit probleem tegemoet door tellingen van het fietsverkeer uit te voeren. Er kan dan worden gewerkt met het risico van oversteekongevallen (aantal oversteekongevallen met fietsers per oversteekbeweging). Ook die maat heeft problemen omdat het risico mede afhankelijk is van de intensiteit van het fietsverkeer. In het voorbeeld kent de fietsstrook een lagere intensiteit waardoor het risico geflatteerd hoger uitvalt. Als het verband met de intensiteit van het fietsverkeer bekend is zou daarvoor gecorrigeerd kunnen worden. Zelfs dat is niet volledig afdoende. Als het comfort bepalend is voor verschillen in intensiteiten zal ook de samenstelling van het fietsverkeer verschillen. Ouderen zullen mogelijk meer gebruik maken van fietspaden dan van fietsstroken omdat ze zich op paden minder bedreigd voelen door gemotoriseerd verkeer. Ouderen lopen door hun kwetsbaarheid een groter risico, wat zich zou vertalen in een geflatteerd hoger risico van oversteekongevallen op fietspaden. Aan hetzelfde voorbeeld zou ook nog een beschouwing van de intensiteit van het gemotoriseerde verkeer toegevoegd kunnen worden.

De vergelijkingsbasis van het onderzoek

De meeste onderzoeken naar de veiligheidseffecten van infrastructuurkenmerken zijn 'correlationeel'. Er wordt een vergelijking getrokken tussen oversteekvoorzieningen met en zonder de betreffende kenmerken. Een belangrijk

methodologisch probleem dat moet worden overwonnen zijn verstorende variabelen. Niet alleen de verkeersintensiteit is een mogelijk verstorende variabele. Ook andere infrastructuurkenmerken kunnen de vergelijking verstoren. Stel dat het effect van verhoogd aangelegde oversteekvoorzieningen wordt onderzocht. Het risico van oversteekongevallen zou kunnen worden vergeleken bij kruispunten met en zonder verhoogd aangelegde voorzieningen. Het risico van oversteekongevallen zou geflatteerd hoog kunnen uitvallen als deze kruispunten vaker zichtbeperkingen kennen. Mogelijk heeft een gemeente oversteekvoorzieningen met zichtbeperkingen (en veel ongevallen) bewust aangelegd op een plateau. Dit methodologische probleem kan tot op zekere hoogte worden ondervangen door bij de selectie van kruispunten rekening te houden met verstorende variabelen. Een variant op deze aanpak is een vergelijking tussen kruispunten met oversteekongevallen en kruispunten met andere typen ongevallen. De groep met andere ongevallen fungeert als het ware als controlegroep. De kenmerken van beide kruispunten kunnen met elkaar worden vergeleken. Een extra methodologisch probleem van deze aanpak is dat onderzocht zou moeten worden of er door de selectie van controlelocaties op basis van een andere type ongeval verstorende variabelen worden geïntroduceerd.

In theorie kunnen de problemen van correlatieel onderzoek worden overwonnen met een quasi-experimenteel onderzoek. Daarbij gaat het om een voor-na-studie waarin de ontwikkeling van oversteekongevallen na de introductie van een bepaald kenmerk wordt vergeleken met de ontwikkeling van oversteekongevallen op andere locaties. Verstorende variabelen zouden kunnen worden uitgesloten doordat dezelfde locaties voor en na een reconstructie worden onderzocht. Helaas is de praktijk vaak weerbarstig. Vaak worden er combinaties van maatregelen doorgevoerd waardoor moeilijk te bepalen is welk deel van het effect door welk deel van de maatregel is veroorzaakt. Gårder et al. (1998) voerden bijvoorbeeld een voor-na-studie uit om het effect van verhoogd aangelegde oversteekvoorzieningen te bepalen. Bij veel van de door hen onderzochte kruispunten betrof de reconstructie niet alleen de aanleg van een plateau maar ook de aanleg van een fietspad waar fietsers voorheen de rijbaan deelden met het gemotoriseerde verkeer. Daarnaast is het aantal kruispunten dat wordt gereconstrueerd lang niet altijd voldoende groot om statistisch verantwoorde conclusies te trekken. Tenslotte hebben voor-na-studies het gevaar van 'regression-to-the-mean' in zich. Dit probleem treedt op als locaties voor reconstructie worden geselecteerd op basis van ongevallen, de zogenaamde 'black spot benadering'. Een hoog aantal ongevallen is deels toevalsafhankelijk. Om die reden zullen locaties met een piek in het aantal ongevallen in het algemeen (ook zonder maatregelen) een afname van het aantal ongevallen kennen.

2.9.2 *Ontwikkeling in het onderzoek naar oversteekongevallen met fietsers*

Deze paragraaf beschrijft de ontwikkeling in het onderzoek naar de consequenties van infrastructuurkenmerken voor de oversteekveiligheid van fietsers in de loop der jaren.

Black spot benadering

Het onderzoek naar infrastructuurkenmerken is lange tijd technisch georiënteerd geweest. Eén van de meest traditionele benaderingen om verkeersonveiligheid te bestrijden is de aanpak van locaties met een concentratie van ongevallen,

zogenaamde 'black spots'. Deze aanpak kwam eind jaren zeventig op gang. Ook de veiligheid van fietsers is erdoor verbeterd. De aanpak van verkeersonveilige locaties kan in de komende jaren echter niet substantieel meer bijdragen aan de verkeersveiligheid in Nederland. Ongevallen zijn sterk gespreid. Er zijn weinig locaties met een concentratie van ongevallen (SWOV, 2007).

Gegevens uit ongevallenregistraties

Na de technische analyses van de veiligheid van infrastructuur (en voertuigen) kwam het tijdperk van de statistische ongevalsanalyses met geaggregeerde ongevalbestanden. Dit is tot op heden de dominante onderzoeksvorm (Kuiken, Bolle, Nägele, 2008). In dit hoofdstuk zijn diverse onderzoeken gepresenteerd waarin de relaties tussen infrastructuurkenmerken en ongevalrisico's (statistisch) zijn geanalyseerd.

De menselijke factor.

Vanaf de jaren '90 is er in onderzoek in de Scandinavische landen aandacht voor de menselijke factor in ongevalmechanismen. Volgens Summala et al. (1996) is het voor het ontwerp van preventieve maatregelen zinvol om binnen de massa van ongevallen te zoeken naar veelvoorkomende typen ongevallen met gemeenschappelijke kenmerken. Met gedragsstudies kunnen de oorzaken ervan worden opgespoord en preventieve maatregelen worden ontworpen. De enige publicatie over dieptestudies van oversteekongevallen met fietsers kwam eveneens uit Scandinavië (Räsänen, Summala, 1998). Deze studie leverde nieuwe inzichten in het ongevalproces.

Kennisleemten

Het onderzoek heeft zich tot op heden vooral gericht op infrastructuurkenmerken op locatieniveau. De studie van Van Boggelen et al. (2005) richtte zich op netwerkniveau en was in die zin vernieuwend. Ten aanzien van routekeuzen zijn er nog nauwelijks studies verricht. Zo is er veel onderzoek uitgevoerd naar de veiligheidseffecten van de voorrangsregeling voor fietsers op rotondes maar nog geen onderzoek naar het effect op routekeuzen. Het is niet bekend of fietsers hun route aanpassen, elders oversteken en in hoeverre dit gevolgen heeft voor hun veiligheid. Verder richten veel studies zich op geïsoleerde infrastructuurkenmerken en slechts in beperkte mate op de onderlinge samenhang tussen verschillende kenmerken. Een voorbeeld waarbij wel naar de samenhang tussen enkele kenmerken gekeken werd is de studie van Schnüll (1992). Op kruispunten waarop het fietspad verder van de weg af lag gebeurden gemiddeld wat meer ongevallen. Was er echter sprake van een verhoogd aangelegde oversteekplaats, dan had deze afstand geen invloed.

3 Samenvatting en hypothesevorming

Dit hoofdstuk is een samenvatting van de in hoofdstuk 2 beschreven literatuur gericht op voorrangskruispunten. De bevindingen zijn geordend naar ongevaltypen. Deze samenvatting is de basis voor het empirische onderzoek dat in deel II van dit rapport aan bod komt. Een empirische studie is nodig omdat het overgrote deel van het onderzoek buiten Nederland is verricht en niet direct naar de Nederlandse situatie kan worden vertaald. In het buitenland liggen de intensiteiten van het fietsverkeer meestal lager. Ook de samenstelling van het fietsverkeer is anders. In Nederland is er veel utilitair fietsverkeer, bijvoorbeeld woon-werkverkeer. Mensen blijven tot op hogere leeftijd fietsen. De buitenlandse literatuur is interessant om in te schatten welke infrastructuurkenmerken effectief kunnen zijn en welke mechanismen daarbij een rol spelen.

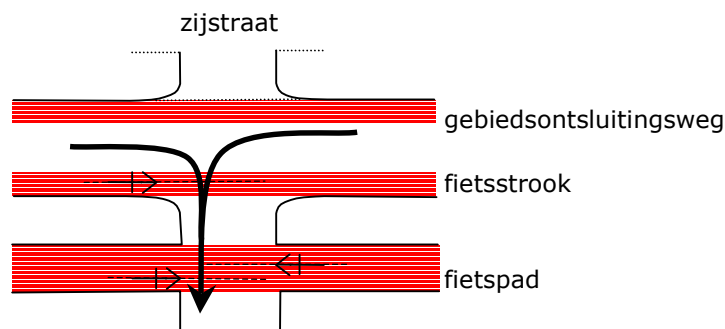
3.1 Ongevallen in de langsrichting

Een oversteekongeval in de langsrichting is in dit rapport gedefinieerd als een ongeval met een fietser die langs een verkeersader (gebiedsontsluitingsweg) rijdt en een zijstraat (erftoegangsweg) oversteekt. Aangezien het onderzoek is afgebakend tot ongevallen binnen de bebouwde kom heeft de fietser in deze gevallen vrijwel altijd voorrang. De tegenpartij kan de zijweg in- of uitrijden (zie figuur 3.1).

Auto uit zijstraat



Auto slaat af vanaf verkeersader



Figuur 3.1 Oversteekongevallen in de langsrichting

Ongevallen in de langsrichting

Uit dieptestudies van oversteekongevallen in de langsrichting is gebleken dat ingesleten routines van verkeersdeelnemers een grote rol spelen: fietsers denken makkelijk dat ze voorrang krijgen terwijl het kijkgedrag van de tegenpartij is gebaseerd op ingesleten routines.

De ongevallen gebeuren relatief vaak met fietsers die bekend zijn met de ongevallocatie, ouder zijn dan 18 jaar en zelf beschikken over een rijbewijs, oftewel 'capabele verkeersdeelnemers'. Juist door hun ervaring met de locatie en hun regelkennis (ze weten dat ze voorrang hebben) gaan ze er te makkelijk vanuit dat ze voorrang krijgen. Dit geldt met name voor ongevallen met een tegenpartij uit de zijstraat. Bij de tegenpartij speelt het kijkgedrag een grote rol. Het meest problematisch is de situatie waarbij een voertuig uit de zijstraat rechtsaf slaat en een fietser links van de weg rijdt (de onverwachte richting voor de tegenpartij). Voor voertuigen op de gebiedsontsluitingsweg hoeft de bestuurder uit de zijstraat alleen naar links te kijken waardoor hij de fietser van rechts makkelijk over het hoofd ziet (Räsänen, Summala, 1998; Summala, et al., 1996). Ook fietsers uit de verwachte richting (in het blikveld van automobilisten) kunnen over het hoofd worden gezien. Als de tegenpartij in de juiste richting keek maar de fietser over het hoofd zag wordt gesproken van 'looked-but-failed-to-see-errors'. Mogelijk ontstaan

deze fouten doordat automobilisten hun kijkstrategie concentreren op de gebieden (locaties) waar ze andere gemotoriseerde voertuigen verwachten en pas in tweede instantie op fietsers (Herslund, Jørgensen, 2003). Van de ongevallen waarbij de fietser wordt aangereden door een voertuig dat afslaat vanaf de gow, gaat het in ruim de helft van de gevallen om een voertuig in de tegengestelde richting. Als de tegenpartij uit de tegenovergestelde richting komt lijken fietsers er te makkelijk vanuit te gaan dat de tegenpartij voorrang verleent. Rijden beide partijen in dezelfde richting dan anticiperen fietsers meer op mogelijke zichtproblemen van automobilisten die over hun schouder moeten kijken om de fietser op te merken (Räsänen, Summala, 1998).

Daarnaast vallen de dodehoekongevallen onder ongevallen in de langsrichting. Deze ongevallen zijn zeldzaam maar zeer ernstig. Dat is een reden om bij het denken over een veilige infrastructuur extra rekening te houden met dit type ongevallen. In recente studies over dodehoekongevallen worden aanbevelingen gedaan om de infrastructuur zo in te richten dat fietsers minder makkelijk in dode hoek terechtkomen.

Type fietsvoorziening: fietspad of fietsstrook

De beste bron voor vergelijking van de oversteekveiligheid van fietsers op voorrangskruispunten lijkt nog steeds het onderzoek van Welleman en Dijkstra (1988). Deze is gebaseerd op ongevalcijfers in de periode 1973-1977. Op basis daarvan lijkt er qua veiligheid weinig verschil te bestaan tussen kruispunten met fietsstroken en fietspaden. Een duurzaam veilige infrastructuur was in de jaren zeventig nog een onbekend begrip. Het is mogelijk dat de conclusies niet meer geldig zijn voor de huidige infrastructuur.

Tweerichtingenfietspaden

In verschillende buitenlandse onderzoeken (o.a. Schnüll et al., 1992; Wachtel, Lewiston, 1994) werd gevonden dat fietsers die links van de weg rijden een sterk verhoogde kans op een oversteekongeval hebben. Het is algemeen bekend dat tweerichtingenfietspaden bij voorrangskruispunten een verhoogd risico van oversteekongevallen met fietsers kennen. Fietsers die links van de weg rijden komen voor automobilisten uit een onverwachte richting. Ook op éénrichtingsfietspaden rijdt een klein deel van de fietsers links van de weg. Dit kan leiden tot een verhoogd risico van oversteekongevallen op éénrichtingsfietspaden. Op fietsstroken is de kans kleiner dat fietsers links van de weg rijden.

Verhoogd aangelegde oversteekvoorziening

In alle bestudeerde buitenlandse onderzoeken werd gevonden dat verhoogd aangelegde oversteekvoorzieningen het aantal oversteekongevallen met fietsers reduceren (Schnüll, 1992; Herrstedt, 1979; Gårder, 1998). In Nederland zijn de veiligheidseffecten nog niet onderzocht. In een aanvullende gedragsstudie werd gevonden dat het kijkgedrag van automobilisten verbeterde nadat een oversteekvoorziening op een plateau werd aangelegd. Ze keken meer naar rechts waar fietsers uit de onverwachte richting konden naderen. Een mogelijke verklaring is de lagere naderingssnelheid waardoor bestuurders meer tijd hebben om te kijken (Summala et al., 1996).

Markering en kleur van de oversteekvoorziening

De markering en kleur van een oversteekvoorziening kan het attentieniveau van bestuurders die de oversteekvoorziening naderen verhogen. De onderzoeken over dit onderwerp zijn moeilijk te beoordelen omdat de vormgeving van de markering in verschillende landen sterk verschilt. Waar Nederland een rode kleur toepast, gebruikt Denemarken blauw (zie figuur 2.5) en Zweden regelmatig geel (zie figuur 4.2). Schnüll et al. (1992) vergeleken locaties waar een eenvoudige markering was aangebracht met locaties waar bovendien het fietspad was voorzien van een rode kleur. De rode kleur leek een klein veiligheidsvoordeel te hebben. Grote eenduidige veiligheidseffecten zijn niet gevonden in ongevalstudies. In gedragsstudies is gevonden dat het kijkgedrag van automobilisten verbetert door een duidelijke markering en dat zij hun snelheid wat verder laten terugzakken en dat fietsers vaker voorrang krijgen. In dezelfde studies werd gevonden dat fietsers de oversteekplaats met een iets hogere snelheid passeerden en dat hun kijkgedrag verslechterde (Räsänen, et al., 1998; Hunter, et al., 2000). Die risicocompensatie verklaart mogelijk waarom er geen grotere veiligheidseffecten zijn gevonden in verschillende studies (bijvoorbeeld Schnüll, et al., 1992; Nettelblad, 1990).



Figuur 4.2 Geel gemarkeerde oversteekvoorziening voor fietsers in Zweden

Afstand van fietspaden tot de rijbaan (in- en uitbuigen)

De Ontwerpwijzer fietsverkeer adviseert om éénrichtingsfietspaden bij voorrangskruispunten binnen de bebouwde kom op 20 à 30m voor de zijweg in te buigen zodat de tussenberm wordt versmald tot tussen 35cm en 2m. Dit ter verbetering van de zichtbaarheid van fietsers. De enige gedegen studie die over dit onderwerp is gevonden is van de BAST (Schnüll et al., 1992). Naarmate een fietspad verder van de weg af ligt, is het aantal oversteekongevallen per kruispunt wat hoger. Het verschil zit in een groter aantal ongevallen met voertuigen uit een zijstraat. Het aantal oversteekongevallen op hoofdwegen met een gemengd profiel of fietsstrook ligt duidelijk lager. Deze bevinding wijkt af van de conclusies van Wellemans en Dijkstra (1988). Bij oversteekvoorzieningen aangelegd op een plateau is er geen relatie met de afstand van een fietspad tot de weg (Schnüll et al., 1992). Summala et al. (1996) vonden dat de naderingssnelheid van de zijstraat lager lag na de aanleg van een oversteekvoorziening op een plateau. Mogelijk is dat voordeel groter naarmate de oversteekvoorziening verder van het kruispuntvlak is verwijderd en automobilisten eerder moeten afremmen.

De laatste jaren zijn er studies uitgebracht naar dodehoekongevallen. Een deel daarvan gebeurt op voorrangskruispunten. De meeste gebeuren op een

voorrangsweg met een gemengd profiel of fietsstrook. Van de ongevallen op fietspaden ging het in de meeste gevallen om een fietspad dat met een smalle tussenberm van de voorrangsweg was gescheiden: de meeste minder dan een meter breed en de andere op maximaal twee meter breed (Schoon et al., 2008). De BAST heeft gebaseerd op hun onderzoek naar dodehoekongevallen geadviseerd om fietspaden verder uit te buigen bij kruispunten (Niewöhner, Berg, 2005). Dodehoekongevallen gebeuren zelden, maar lopen zeer ernstig af als ze gebeuren. Hiermee moet rekening worden gehouden bij het trekken van conclusies uit onderzoeken. Het aantal dodehoekongevallen is te klein om enige invloed te hebben gehad op bijvoorbeeld het aantal ongevallen per kruispuntarm dat Schnüll et al (1992) berekenden voor kruispunten. Op landelijk niveau vormen de dodehoekongevallen echter een niet te verwaarlozen deel van de doden bij fietsongevallen.

Zichtbeperkingen

Op verkeersaders met gemengd verkeer of fietsstroken zijn geen nadelen van zichtbeperkingen (beperkt oprijzicht) gevonden voor de veiligheid van fietsers langs de voorrangsweg. Mogelijk is er sprake van risicocompensatie waarbij automobilisten uit een zijstraat de verkeersader langzamer naderen als het zicht beperkt is. Als het zicht ruimer is, zullen ze het kruispuntvlak mogelijk met een hogere snelheid naderen, minder goed kijken en daarbij fietsers over het hoofd zien (Henson, Whelan, 1992). Räsänen et al. (1998) hebben daarentegen een aanzienlijke stijging van het risico van oversteekongevallen gevonden door een beperkt oprijzicht als fietsers over een vrijliggend tweerichtingenfietspad langs de verkeersader rijden. De gevonden risicostijging geldt zowel voor fietsers die rechts van de weg als links van de weg rijden. Over fietsers links van de weg merken ze op dat de nadelen van de eerder beschreven kijkstrategie van automobilisten bij rechtsafslaan toenemen door zichtbeperkingen. Ze ontnemen bestuurders de gelegenheid om fietsers met perifeer zicht te detecteren.

Andere infrastructuurkenmerken

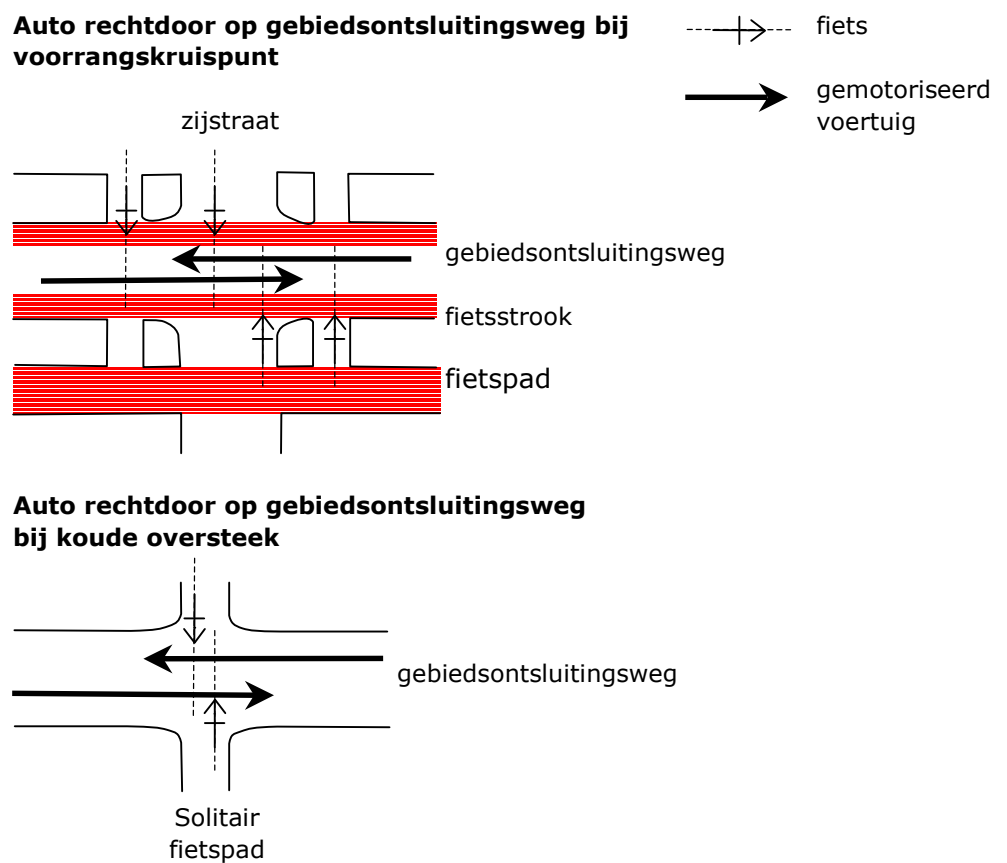
Andere kenmerken van de infrastructuur waarover minder onderzoek is gevonden, maar die wel van belang kunnen zijn voor de oversteekveiligheid van fietsers in de langsrichting zijn:

- Oversteeklengte: de breedte van de zijweg die overgestoken moet worden.
- Aansluitboog: op een kruispunt de boog tussen de kanten van de verharding van de toeleidende verkeersbanen. Als de boog kleiner is zullen afslaan voertuigen mogelijk sterker afremmen.
- Voorsorteervakken: rechtsafvakken zijn nadelig voor de verkeersveiligheid van fietsers. Er zijn binnen de bebouwde kom geen veiligheidseffecten gevonden van linksafvakken.
- Bebording: borden die bestuurders erop attenderen dat ze na het afslaan of voor het naderen van een voorrangskruispunt een (tweerichtingen)fietspad oversteken.

Daarnaast zijn de intensiteit van het gemotoriseerde en het fietsverkeer van belang, maar dit zijn geen infrastructuurkenmerken.

3.2 Ongevallen in de dwarsrichting

Een oversteekongeval in de dwarsrichting is in dit rapport gedefinieerd als een aanrijding van een voertuig over een gebiedsontsluitingsweg met een fietser. De fietser steekt de gebiedsontsluitingsweg over bij voorrangskruispunt of een kruispunt van een solitair fietspad met een gebiedsontsluitingsweg (zie figuur 3.3). De fietser moet hierbij vrijwel altijd voorrang verlenen.



Figuur 3.3 Oversteekongevallen in de dwarsrichting

Ongevallen in de dwarsrichting

Bij het oversteken in de dwarsrichting lijkt de complexiteit van het oversteken de meest bepalende factor voor de veiligheid van fietsers (en voetgangers). De complexiteit wordt mede bepaald door de snelheid van het verkeer op de gebiedsontsluitingsweg. Fietsers moeten voorrang verlenen aan het verkeer op de gebiedsontsluitingsweg dat gemiddeld hoge snelheden heeft vergeleken bij de voorrangsplichtige voertuigen uit een erftoegangsweg. De ongevallen gebeuren relatief vaak met fietsers die onbekend zijn met de ongevallocatie en jonger zijn dan 18 jaar (Räsänen et al., 1998). Van oudere voetgangers is bekend dat ze meer risico nemen als er geen middeneiland beschikbaar is en de oversteek complexer is (Oxley et al., 1997). Ouderen hebben blijkbaar moeite met de complexiteit. In vergelijking met ongevallen in de langsrichting is er bij ongevallen in de dwarsrichting minder onderzoek verricht naar de veiligheidseffecten van infrastructuurkenmerken. Gezien de rol van complexiteit bij deze ongevallen is het waarschijnlijk dat kenmerken die de complexiteit en snelheid verlagen het meeste bijdragen aan de oversteekveiligheid van fietsers.

Infrastructuurkenmerken in relatie tot veiligheid

Infrastructuurkenmerken die de complexiteit van het oversteken voor fietsers in de dwarsrichting kunnen beperken en daarmee mogelijk de oversteekveiligheid voor fietsers kunnen vergroten zijn:

- De beschikbaarheid van een middeneiland: hierdoor kunnen fietsers in fasen oversteken
- Snelheidsremmers: fietsers kunnen het voorrangsgerechtigde verkeer makkelijker inschatten als de snelheid lager ligt. Het gemotoriseerde verkeer heeft meer tijd om eventueel te remmen of uit te wijken. Als er toch een ongeval plaatsvindt ligt de botssnelheid lager en is er minder kans op ernstig letsel.
- Oversteeklengte: aantal rijstroken dat overgestoken moet worden. Als er meer rijstroken overgestoken moeten worden, moeten fietsers meer verkeer inschatten en stijgt de kans op visuele afdekking.
- Rechtsafvakken: deze zouden de veiligheid van fietsers die de gebiedsontsluitingsweg oversteken verslechteren, met name doordat voertuigen op het rechtsafvak het zicht van fietsers ontnemen op het rechtdoorgaande verkeer op de gebiedsontsluitingsweg. Dit kenmerk hangt samen met de oversteeklengte.
- Bebording: borden kunnen bestuurders erop attenderen dat ze een oversteekplaats voor fietsers naderen. Bij een koude oversteek waar de gebiedsontsluitingsweg een solitair fietspad kruist kan dit een toegevoegde waarde hebben doordat het gemotoriseerde verkeer op de mogelijkheid van overstekende fietsers wordt geattendeerd.

3.3 Infrastructuurkenmerken die bij zowel langs- als dwarsongevallen een rol kunnen spelen

In de vorige paragraaf zijn uit de literatuur infrastructuurkenmerken afgeleid die een rol kunnen spelen bij langs of dwarsongevallen. Deze paragraaf vult dit aan met kenmerken die een rol kunnen spelen bij zowel langs- als dwarsongevallen. Eerst komt een bijzonder type dwarsongeval aan de orde, namelijk het type waarbij een fietser linksaf slaat en wordt aangereden door een achteropkomend voertuig (zie figuur 3.4).

Fietser linksaf vanaf gebiedsontsluitingsweg, tegenpartij rechtdoor



Figuur 3.4 Oversteekongevallen bij (diagonaal) linksafslaan

Ongevallen bij het linksafslaan

Linksafslaan is een complexe manoeuvre. Oudere fietsers zijn vaker het slachtoffer van een ongeval bij linksaf slaan op een voorrangskruispunt. Ze worden relatief vaak aangereden door achteropkomend snelverkeer (Goldenbeld, 1992). Linksaf slaan op een kruispunt is een complexe manoeuvre die wordt gekarakteriseerd door tijdsdruk en de noodzaak om de aandacht te verdelen over verschillende deeltaken. Ook het combineren van de voertuigbeheersing en achterom kijken is voor ouderen lastiger (Davidse, 2002). Hobbels en kuilen kunnen de taak verder bemoeilijken.

Infrastructuurkenmerken in relatie tot veiligheid

De reden dat ongevallen bij het linksafslaan in deze paragraaf aan bod komen is dat hierbij het type fietsvoorziening een rol kan spelen, met name het onderscheid tussen een fietspad of een fietsstrook langs de gebiedsontsluitingsweg. Als een fietser over een fietsstrook rijdt zal de fietser eerder voorsorteren. Dat is een complexe manoeuvre. Er kunnen andere fietsers over de fietsstrook rijden die rechtdoor willen. Er is daardoor weinig ruimte om af te stappen en daarna de verkeersader over te steken. Als er een fietspad langs de verkeersader ligt kan de fietser zich op de zijweg opstellen. Het onderscheid tussen fietspaden of fietsstroken kan daardoor van invloed zijn op zowel langsongevallen als dwarsongevallen.

Andere infrastructuurkenmerken die van invloed kunnen zijn op langs- en dwarsongevallen zijn:

- Het type kruispunt: het onderscheid tussen een gewoon kruispunt of een kruispunt met een solitair fietspad is vooral van invloed op dwarsongevallen. Het onderscheid tussen een drie- en viertakskruispunt kan van invloed zijn op alle typen ongevallen. Een drietaks of T-kruispunt zou veiliger zijn dan een kruispunt viertakskruispunt.
- Snelheidsremmers: voor zowel dwarsongevallen als langsongevallen is de snelheidsremmer als veiligheidsmaatregel genoemd. Als het kruispunt op een plateau wordt uitgevoerd kan daarmee zowel het verkeer op de voorrangsweg als het verkeer op de zijweg worden afgeremd. Het kan daardoor invloed hebben op zowel langs- als dwarsongevallen.
- Linksafvakken: er zijn binnen de bebouwde kom voor de veiligheid van fietsers geen veiligheidseffecten gevonden van linksafvakken. Er zou een relatie kunnen zijn met de veiligheid van overstekende fietsers omdat de complexiteit bij het linksafslaan voor automobilisten wordt beperkt. Ze hebben daardoor meer tijd om fietsers op te merken als ze afslaan. Een ander voordeel is dat er bij de toepassing van middengeleiders een opstelruimte ontstaat waarbij fietsers zijn afgeschermd van verkeer dat over de gebiedsontsluitingsweg rijdt. Dit maakt het mogelijk om in etappen over te steken.

Deel II, empirisch onderzoek

4 Analyse van oversteekongevallen met fietsers

In het kader van deze studie is een groot aantal 'registratiesets van oversteekongevallen' met fietsers binnen de bebouwde kom bestudeerd. Dit betreft formulieren met een beschrijving van het ongeval. Daaruit is een aantal locatiekenmerken gedestilleerd dat niet is opgenomen in BRON (Bestand geRegistreerde Ongevallen Nederland). Daarmee is een ongevalbestand met kenmerken van het ongeval en de ongevallocatie opgebouwd. Het hoofddoel van de analyse van dit bestand is een beschrijving van typen oversteekongevallen in relatie tot de locatie. Enkele analyses die alleen op het ongevalbestand uitgevoerd konden worden zijn in dit hoofdstuk opgenomen.

De cijfers hebben betrekking op 2005 tot en met 2008 in de volgende steden

- Apeldoorn, Delft en Tilburg: in deze steden zijn alle 584 voorrangsongevallen met fietsers (als tegenpartij (bestel)auto's, vrachtauto's, bussen en motoren) op wegen met een snelheidslimiet van 50 tot en met 70 km/uur geanalyseerd. Ook voorrangsongevallen op rotondes en kruispunten met en zonder verkeersregelininstallatie zijn geanalyseerd om te achterhalen op welk type kruispunt de meeste ongevallen gebeuren. Het overzicht van ongevallen per type kruispunt is opgenomen in Hoofdstuk 1, afbakening.
- Capelle aan de IJssel, Deventer, Gouda en Dordrecht: in deze steden zijn de voorrangsongevallen geanalyseerd op de door Bureau Ligtermoet en Partners geselecteerde voorrangskruispunten. Het ging hierbij in totaal om 170 voorrangsongevallen.

Uit twee door de Fietsersbond uitgevoerde Fietsbalansonderzoeken, blijkt dat de risico's voor fietsers in deze steden aardig gespreid zijn: een laag risico in Delft, een middelmatig risico in Apeldoorn, Deventer, Dordrecht, een hoger risico in Tilburg en zeer hoog risico in Gouda (Kroeze, Sweers, 2009). Dit meeste analyses in dit hoofdstuk hebben alleen betrekking op fietsoversteekongevallen op voorrangskruispunten en kruispunten met een solitair fietspad.

4.1 Oversteekongevallen per type kruispunt

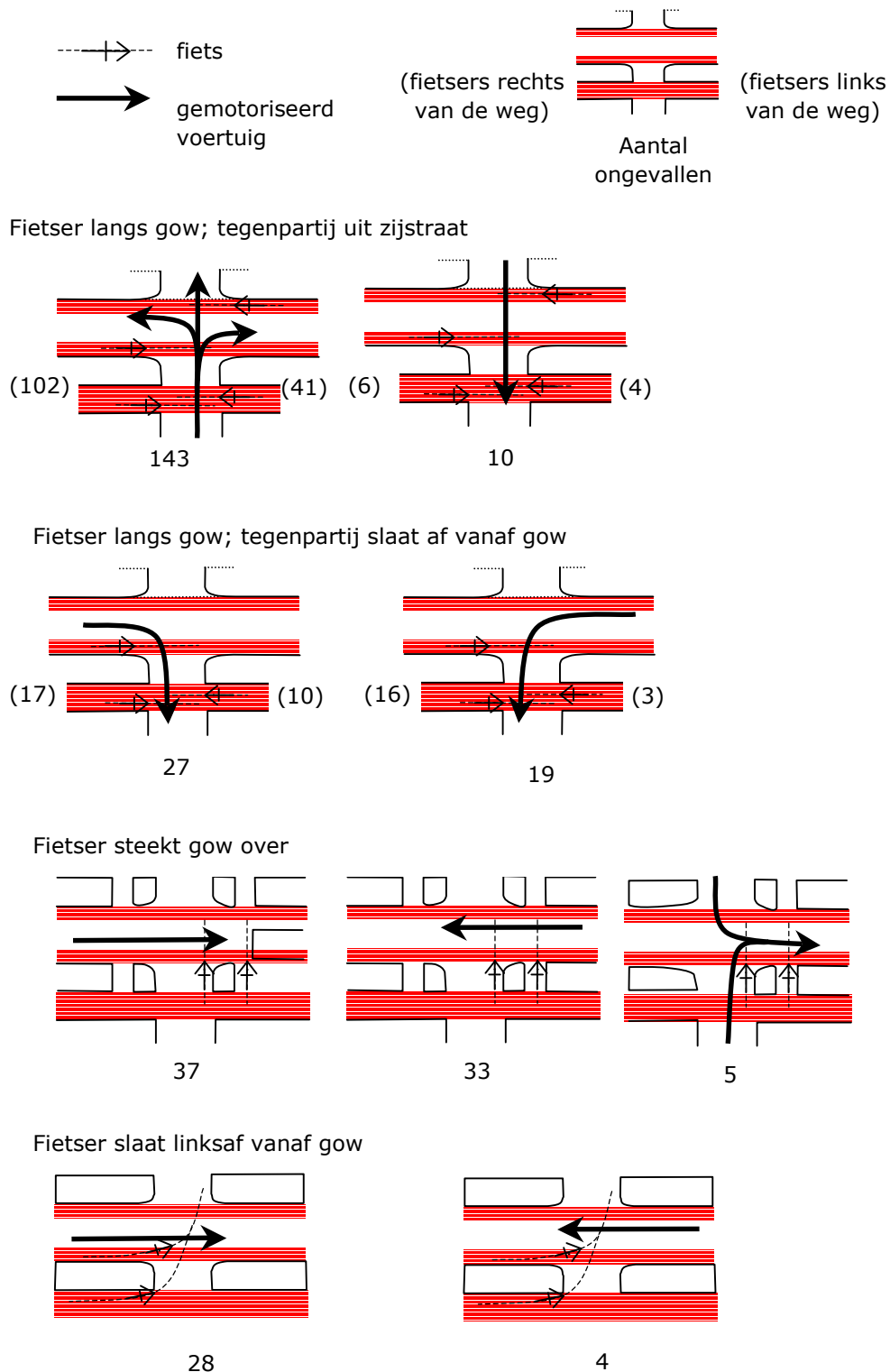
4.1.1 Oversteekongevallen op voorrangskruispunten

Op voorrangskruispunten en bij de uitritconstructies gebeurt circa tweederde van de oversteekongevallen in de langsrichting en circa eenderde in de dwarsrichting.

Tabel 4.1 Verdeling van type ongevallen op voorrangskruispunten

Type kruispunt	Aantal ongevallen	Aandeel
langsrichting	202	65%
dwarsrichting	111	35%
Totaal	315	100%

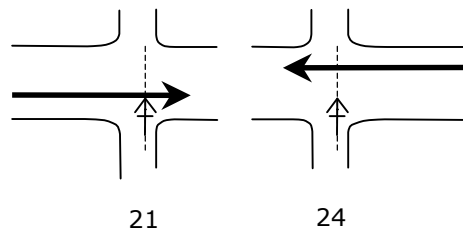
In figuur 4.1 zijn alle typen ongevallen grafisch weergegeven met aantallen. Ongevallen waarbij een fietser langs een GOW rijdt en wordt aangereden door een voertuig uit een zijstraat zijn dominant. Bijna de helft van de ongevallen bij voorrangskruispunten en uitritconstructies is van dit type.



Figuur 4.1 Overzicht van manoeuvres bij oversteekongevallen op voorrangskruispunten (tussen haakjes staat of fietsers rechts (met het verkeer mee) of links (tegen het verkeer in) van de weg reden bij het ongeval)

4.1.2 Oversteekongevallen op kruispunten met een solitair fietspad

Bij kruispunten met een solitair fietspad (ook wel 'koude oversteek') kruist een (brom)fietspad met een weg, maar vindt er geen uitwisseling van verkeer plaats.



Figuur 4.2 Aantallen oversteekongevallen op kruispunten met een solitair fietspad¹

De aantallen ongevallen zijn weergegeven in figuur 4.2. Op solitaire fietspaden en daarmee ook op de oversteekvoorzieningen concentreert zich veel fietsverkeer. Waarschijnlijk is dat de reden dat zich oversteekongevallen concentreren waar een solitair fietspad kruist met een verkeersader (zie paragraaf 6.2). Vier voorbeelden van kruispunten met een solitair fietspad zijn afgebeeld in figuur 4.3. De oversteekvoorziening linksboven in Apeldoorn is inmiddels vervangen door een fietstunnel die zowel onder de betreffende gebiedsontsluitingsweg als onder de spoorlijn doorloopt.



Figuur 4.3 Vier voorbeelden van kruispunten met een solitair fietspad

¹ Van de 21 ongevallen in de linker afbeelding betrof er één een fietser die vanaf de verkeersader linksaf sloeg en werd aangereden door een achteropkomend voertuig. Deze is niet linksonder in figuur 4.1 opgenomen.

4.2 Leeftijd en letselernst bij oversteekongevallen

Letselernst

Ongevallen in de dwarsrichting lopen gemiddeld iets minder vaak ernstig af maar het verschil is niet significant, zie tabel 4.2. Hierbij gaat het om zowel ongevallen op voorrangskruispunten als kruispunten met een solitair fietspad.

Tabel 4.2 Letselernst van ongevallen op voorrangskruispunten en uitritconstructies¹

Richting van de fietser bij het ongeval	Geen of licht letsel	Ziekenhuisopname of overleden	onbekend	Totaal	Percentage ziekenhuisopname of overleden
Langsrichting	166	36	1	203	18%
Dwarsrichting	130	27		157	17%
Totaal	296	63	1	360	17%

¹ De verschillen zijn niet significant

In tabel 4.3 is de letselernst van ongevallen onderscheiden naar typen manoeuvres. In relatie tot de inrichting van het fietsnetwerk is het interessant dat de letselernst bij dwarsongevallen lager is op kruispunten met een solitair fietspad. Vergelijking van de letselernst bij dit type kruispunt met de letselernst bij andere type kruispunten met een chi-kwadraattoets toont echter geen significant verschil ($\chi^2(1, N=148) = 1,5$; $p=0,22$).

Tabel 4.3 Letselernst van ongevallen op per manoeuvre type¹

Type manoeuvre	Geen of licht letsel	Ziekenhuisopname of overleden	onbekend	Totaal	Percentage ziekenhuisopname of overleden
Langsongevallen:					
Fietser langs gow, tegenpartij uit zijstraat	123	30	1	154	19%
Fietser langs gow, tegenpartij slaat af vanaf gow	42	5		47	11%
Dwarsongevallen:					
Fietser steekt gow dwars over	60	15		75	20%
Fietser linksaf (tegenpartij achterop)	23	5		28	18%
Fietser steekt dwarsover bij koude oversteek	40	5		45	11%
Anders	8	3		11	27%
Totaal	296	63	1	360	17%

¹ De verschillen zijn niet significant

Zoals te zien is in tabel 4.4 neemt de letselernst bij oversteekongevallen toe naarmate de leeftijd van het slachtoffer hoger is. Bij deze tabel zijn ongevallen op alle typen kruispunten opgenomen, inclusief kruispunten met een verkeerslichten en rotondes.

Tabel 4.4 Leeftijden van slachtoffers naar letselernst¹

Leeftijd	Geen of licht letsel	Ziekenhuisopname of overleden	Totaal	Percentage ziekenhuisopname of overleden
Tm 17 jaar	137	22	159	14%
18 tm 59 jaar	286	60	346	17%
60 jaar en ouder	61	23	84	27%
Totaal	481	105	589	18%

¹ De verschillen zijn significant ($\chi^2(2, N=589) = 7,0$; $p = 0,030$)

Leeftijdsverschillen bij verschillende type ongevallen

In tabel 4.5 is de leeftijdsverdeling van oversteekongevallen per type kruispunt weergegeven. De categorie 'onbekend' is niet in de tabel opgenomen. Ouderen hebben gemiddeld vaker ongevallen op een voorrangskruispunt of gelijkwaardig kruispunt, jongeren vaker op een kruispunt met verkeerslichten of koude oversteek. Ouderen hebben juist minder ongevallen bij kruispunten met verkeerslichten.

Tabel 4.5 Aantal ongevallen per type kruispunt¹

Type kruispunt	Tm 17 jaar	18 – 59 jaar	60+	Totaal
Voorrangskruispunt of uitritconstructie	63	186	55	304
Verkeerslichten	34	64	6	104
Rotonde	9	17	2	28
Gelijkwaardig kruispunt	17	34	11	62
Koude Oversteek	25	18	2	45
Anders	10	15	5	30
Totaal	158	334	81	573
Voorrangskruispunt of uitritconstructie	40%	56%	68%	53%
Verkeerslichten	22%	19%	7%	18%
Rotonde	6%	5%	2%	5%
Gelijkwaardig kruispunt	11%	10%	14%	11%
Koude Oversteek	16%	5%	2%	8%
Anders	6%	4%	6%	5%
Totaal	100%	100%	100%	100%

¹ De verschillen zijn significant ($\chi^2(10, N=573) = 36,4$; $p < 0,001$)

In tabel 4.6 zijn de manoeuvres bij ongevallen op voorrangskruispunten en bij kruispunten met een solitair fietspad afgezet tegen leeftijd. Als linksafslaan bij de dwarsongevallen wordt geteld (ouderen zijn vaker bij deze ongevallen betrokken) dan blijkt dat met name jonge fietsers maar ook oudere fietsers vaker bij dwarsongevallen betrokken. Op een kruispunt met een solitair fietspad zijn juist jonge fietsers vaker bij oversteekongevallen betrokken (hierbij gaat het per definitie om dwarsongevallen). Fietsers van 18 tot 60 jaar zijn vaker betrokken bij ongevallen in de langsrichting. In deze alinea zijn leeftijdsgroepen vergeleken met percentages per type ongeval waarbij het totaalpercentage voor alle drie de groepen optelt tot 100%. Daarbij moet worden bedacht dat er verschillen in risico (ongevallen per fietskilometer) zijn tussen de drie groepen.

Tabel 4.6 Leeftijd naar manoeuvre¹

Manoeuvre	Tm 17 jaar	18 – 59 jaar	60+	Totaal
Fietser langs gow, tegenpartij uit zijstraat	21	101	26	148
Fietser langs gow, tegenpartij slaat af vanaf gow	4	36	7	47
Fietser linksaf (tegenpartij achterop)	5	18	6	29
Fietser steekt gow dwars over	33	27	13	73
Fietser steekt dwars over bij koude oversteek	22	17	2	41
Anders	3	5	3	11
Totaal	88	204	57	349
Fietser langs gow, tegenpartij uit zijstraat	24%	50%	46%	42%
Fietser langs gow, tegenpartij slaat af vanaf gow	5%	18%	12%	13%
Fietser linksaf (tegenpartij achterop)	6%	9%	11%	8%
Fietser steekt gow dwars over	38%	13%	23%	21%
Fietser steekt dwars over bij koude oversteek	25%	8%	4%	12%
Anders	3%	2%	5%	3%
Totaal	100%	100%	100%	100%

¹ De verschillen zijn significant ($\chi^2(10, N=349) = 61,9; p < 0,001$)

4.3

Oversteekongevallen met fietsers die links van de weg rijden

Links van de weg rijden (tegen het verkeer in) wordt in de literatuur aangemerkt als een risicofactor. Een fietser die links van de weg rijdt komt voor automobilisten uit de onverwachtse richting. Om die reden wordt dit probleem uitgelicht in deze paragraaf.

Ongevalbetrokkenheid en risico bij links van de weg fietsen

In tabel 4.7 is weergegeven hoeveel fietsers rechts dan wel links van de weg rijden bij oversteekongevallen in de langsricting (fietser rijdt langs de GOW) op voorrangskruispunten. De meeste ongevallen met fietsers links van de weg gebeuren op tweerichtingenfietspaden, maar ook op eenrichtingsfietspaden gebeuren deze ongevallen regelmatig.

Tabel 4.7 Richting van het fietsverkeer bij ongevallen in de langsricting (fietser langs GOW) per type fietsvoorziening bij het voorrangskruispunt¹

Type fietsvoorziening bij kruispunt	Rechts van de weg	Links van de weg	Totaal	Percentage links van de weg
Tweerichtingenfietspad	14	30	44	68%
Eenrichtingsfietspad	41	20	61	32%
Fietsstrook	74	7	81	9%
Gemengd verkeer (fietser langs ader)	15	0	15	0%
Totaal	145	57	201	27%

¹ De verschillen zijn significant ($\chi^2(3, N=201) = 56,3; p < 0,001$)

Om te controleren hoe het probleem van het links van de weg fietsen zich verhoudt tot de expositie heeft Michler in het kader van zijn stageonderzoek een beperkte telling uitgevoerd in Delft en Apeldoorn. Het was niet mogelijk om de richting van de fietser (rechts of links van de weg) te coderen in de uitgebreidere telling die door Bureau Ligtermoet en Partners is uitgevoerd (zie hoofdstuk 6). Ligtermoet en Partners hebben wel gecodeerd of het ging om een eenrichtings- of tweerichtingenfietspad. Het verschil tussen beide typen fietsvoorziening wordt dan ook geanalyseerd in hoofdstuk 6. Michler telde in totaal 1379 fietsers: 328 langs eenrichtingsfietspaden en 1051 langs tweerichtingenfietspaden. Op eenrichtingsfietspaden reed 8% links van de weg; op tweerichtingenfietspaden 13%. Hij telde fietsers langs verkeersaders met aan beide zijden een tweerichtingenfietspad. Fietsers gaven er de voorkeur aan om rechts van de weg te rijden zolang de route daardoor niet langer werd. Het werkelijk percentage fietsers dat links van de weg rijdt zal duidelijk boven de 13% liggen. Bij verkeersaders met een tweerichtingenfietspad aan één zijde van de weg zal ongeveer de helft van de fietsers links van de weg rijden.

Van de 61 ongevallen op een eenrichtingsfietspad (zie tabel 4.7) betroffen er 20 links van de weg rijdende fietsers. Gezien de uitkomst van de telling had verwacht mogen worden dat het slachtoffer bij 8% (ofwel bij 4,9 ongevallen: 8% maal 61) van deze ongevallen links van de weg had gereden. Het verschil tussen het verwachte en het werkelijke aantal ongevallen is significant (binomiale toets $B(61, 0,92)$, $p < 0,001$). Bij tweerichtingenfietspaden is er alleen een telling uitgevoerd van het aantal fietsers dat links van de weg rijdt langs een verkeersader met tweerichtingenfietspaden aan beide zijden van de weg. Het aantal fietsers dat links van de weg rijdt zal liggen tussen de 13% (de uitkomst van de telling met een tweerichtingenfietspad aan beide zijden van de weg) en 50% (het percentage fietsers dat links van de weg rijdt met een tweerichtingenfietspad aan één zijde van de weg). Gezien deze cijfers had verwacht mogen worden dat het slachtoffer ook bij 13 tot 50% van de ongevallen aan de linkerzijde van de weg had gereden. Gaan we uit van het maximale percentage van 50% dan kunnen we concluderen dat er significant vaker slachtoffers vallen onder links van de weg rijdende fietsers op tweerichtingenfietspaden (binomiale toets $B(44, 0,50)$, $p = 0,023$). Een meer realistische schatting van het percentage fietsers dat op een tweerichtingenfietspad links van de weg rijdt is 30 tot 40%. In dat geval is de overschrijdingskans van de binomiale toets lager en is het verschil zeker significant.

Om een idee te krijgen van de risicoverhoging door links van de weg te fietsen ten opzichte van het gemiddelde risico kan het aandeel slachtoffers dat links van de weg rijdt worden gedeeld door het aandeel fietsers dat links van de weg rijdt. Bij eenrichtingsfietspaden zou deze factor rond de 4 liggen ($0,32/0,08$). Bij rechts van de weg fietsen is het risico verlaagd ten opzichte van het gemiddeld ($0,68/0,92$). De risicoverhoging van links van de weg fietsen ten opzichte van rechts van de weg fietsen is dan circa 5,5 ($0,32/0,08 / 0,68/0,92$) op eenrichtingsfietspaden. Voor tweerichtingenfietspaden is uitgegaan van een percentage van 35% links van de weg rijdende fietsers. De risicoverhoging van links van de weg fietsen ten opzichte van rechts van de weg fietsen komt dan op circa 4. Voor een individuele fietser lijkt het risico het meest verhoogd te worden als deze links van de weg rijdt op een eenrichtingsfietspad.

Leeftijd

Tabel 4.8 geeft de leeftijdsverdeling weer van slachtoffers die bij een langsongeval rechts dan wel links van de weg reden. Jongeren zijn iets vaker betrokken bij ongevallen waarbij ze links van de weg reden, maar het verschil is niet significant.

Tabel 4.8 Positie ten opzichte van de weg bij oversteekongevallen in de langsricting¹

Leeftijd	Tm 17 jaar	18 – 59 jaar	60+	Totaal
Positie t.o.v. de weg				
Rechts van de weg	17	101	24	142
Links van de weg	8	38	9	55
Totaal	25	139	33	197
Rechts van de weg	68%	73%	73%	72%
Links van de weg	32%	27%	27%	28%
Totaal	100%	100%	100%	100%

¹ De verschillen zijn niet significant

Zicht vanuit de zijweg

In paragraaf 2.5.1 is het probleem met zicht vanuit de zijweg in relatie gebracht met tweerichtingenfietspaden. Volgens Räsänen, Summala en Pasanen (1998) lopen fietsers die op een tweerichtingenfietspad aan de linkerzijde van de weg rijden een verhoogd risico omdat automobilisten voor het detecteren van gemotoriseerd verkeer niet automatisch naar rechts kijken bij het rechtsaf slaan. Obstakels vergroten het risico nog verder. Ze ontnemen automobilisten de mogelijkheid om fietsers met perifeer zicht te detecteren. Om na te gaan of hetzelfde probleem in Nederland speelt bij fietsers die links van de weg rijden is een aanvullende analyse uitgevoerd op het ongevalbestand (het bestand met ongevallen waarbij per ongeval eventueel een infrastructuurkenmerk is opgenomen). Dit is een ander bestand dan het bestand waarop de analyses in hoofdstuk 5 en 6 uitgevoerd zijn. In dat bestand zijn kruispunten opgenomen waarbij er per kruispunt naast infrastructuurkenmerken ook ongevalaantallen gecodeerd zijn.

In het ongevalbestand is ook het kenmerk 'zicht vanuit de zijweg opgenomen'. Zicht werd als ruim gekenmerkt als bestuurders vanuit de zijweg op 15m voor de voorrangsweg (bij een fietsstrook of weg met gemengd profiel) of 15m voor het fietspad het voorrangsgerechtigde verkeer konden waarnemen onder een hoek van minimaal 45 graden. Een zichtbeperking werd daarbij onderscheiden naar links (op fietsers vanuit de verwachte richting) en rechts (op fietsers vanuit de onverwachte richting). Deze werkwijze is gelijk aan de aanpak van Räsänen, Summala en Pasanen (1998). Bij 148 van de 153 oversteekongevallen waarbij een fietser langs de verkeersader reed en werd aangereden door een voertuig uit de zijstraat kon het zicht worden gescoord. Van de 148 oversteekongevallen was er bij ongeveer een kwart sprake van een zichtbeperking.

Het resultaat van de analyse is weergegeven in tabel 4.9. Bij ongevallen met fietsers die links van de weg rijden (en voor automobilisten uit de onverwachte richting komen) is er significant vaker, namelijk bij de helft van de ongevallen, sprake van een zichtbeperking, met name aan de rechterzijde bij het uitrijden van de zijweg. De rechterzijde is voor automobilisten de richting van waaruit ze minder snel verkeer verwachten. Een zichtbeperking aan de linkerzijde lijkt geen rol te spelen, ook niet voor fietsers die bij het ongeval uit de verwachte richting kwamen.

Dit probleem zal met name spelen bij tweerichtingenfietspaden waar het bij circa tweederde van de langsongevallen gaat om een fietser die links van de weg rijdt. Bij eenrichtingsfietspaden kan het probleem spelen als er vaak sprake is van fietsers die (illegaal) links van de weg rijden.

Tabel 4.9 De combinatie van een snelheidsremmer op de oversteekplaats over de zijweg met een goede markering en kleur op de oversteekplaats¹

Kant van de weg waar de fietser rijdt bij het ongeval	Aantal kruispunten ¹			Kolompercentages		
	rechts	links	totaal	rechts	links	totaal
Zicht uit de zijweg naar rechts						
ruim (meer dan 45°)	88	22	110	85%	50%	74%
beperkt (minder dan 45°)	16	22	38	15%	50%	26%
Totaal	104	44	148	100%	100%	100%
Zicht uit de zijweg naar links						
ruim (meer dan 45°)	88	29	117	85%	66%	79%
beperkt (minder dan 45°)	16	15	31	15%	34%	21%
Totaal	104	44	148	100%	100%	100%

¹ De verschillen zijn significant: zicht naar rechts $\chi^2(1, N=148) = 19,4$; $p < 0,001$, $\chi^2(1, N=148) = 6,5$; $p = 0,011$

Als er sprake is van een zichtbeperking aan de rechterkant van de weg is er significant vaker sprake van een zichtbeperking aan de linkerkant van de weg ($\chi^2(1, N=148) = 7,8$; $p < 0,01$). Een smalle zijstraat met een rij huizen direct langs het trottoir zal veelal aan beide zijden een zichtbeperking kennen. Om hiervoor te controleren is de analyse zoals weergegeven in tabel 5.10 herhaald, maar dan zonder de 14 ongevallen op kruispunten met een zichtbeperking aan beide zijden. Uit deze analyse blijkt dat bij ongevallen met fietsers die links van de weg rijden er significant vaker sprake van een zichtbeperking aan de rechterkant van de zijweg ($\chi^2(1, N=134) = 9,4$; $p < 0,01$). Bij een zichtbeperking aan de linkerkant is er nauwelijks vaker sprake van ongevallen met fietsers die rechts van de weg rijden ($\chi^2(1, N=134) = 0,17$; $p = 0,68$).

4.4 Ongevallen met linksafslaan

Ongevallen waarbij de fietser wordt aangereden door een achteropkomend voertuig zijn mogelijk interessant gezien de vergrijzing. De analyse naar leeftijdsgroepen in paragraaf 4.2 (zie tabel 4.6) toonde dat deze ongevallen vaker gebeuren met ouderen. Enige voorzichtigheid is wel geboden bij de analyse omdat het om slechts 29 ongevallen gaat. Met name is interessant of deze ongevallen vaker gebeuren op kruispunten met een fietsstrook of gemengd profiel in vergelijking met kruispunten met fietspaden. In het eerste geval kunnen fietsers immers voorsorteren en is het minder makkelijk om als fietser te stoppen op de zijweg voordat deze oversteekt.

In tabel 4.10 zijn ongevallen waarbij de fietser wordt aangereden door een achteropkomend voertuig vergeleken met andere type ongevallen op het kenmerk type fietsvoorziening. De tabel laat zien dat linksaf slaande fietsers relatief veel vaker door een achteropkomend voertuig worden aangereden op een fietsstrook dan op een fietspad.

Tabel 4.10 De combinatie van een snelheidsremmer op de oversteekplaats over de zijweg met een goede markering en kleur op de oversteekplaats¹

Type ongeval	Soort fietsvoorziening		totaal
	fietsstrook of gemengd profiel	fietspad	
Fietser slaat linksaf en wordt aangereden door een achteropkomend voertuig	21	7	28
Andere oversteekongevallen op voorrangskruispunten	134	183	317
Totaal	155	190	345
Rijpercentages			
Fietser slaat linksaf en wordt aangereden door een achteropkomend voertuig	75%	25%	100%
Andere oversteekongevallen op voorrangskruispunten	42%	58%	100%
Totaal	45%	55%	100%

¹ De verschillen zijn significant: zicht naar rechts $\chi^2(1, N=148) = 19,4$; $p < 0,001$, $\chi^2(1, N=148) = 6,5$; $p = 0,011$

4.5 **Vergelijking met de onderzoeksresultaten in hoofdstuk 2**

In hoofdstuk 2 is onderzoek naar oversteekongevallen in het buitenland gepresenteerd. Vanwege onder andere verschillen in de intensiteit en samenstelling van het fietsverkeer zijn de resultaten niet zonder meer op Nederland van toepassing. Op basis van de in dit hoofdstuk gepresenteerde resultaten van de ongevalstudie kan wel een aantal parallellen tussen de oversteekongevallen in Nederland en in het buitenland worden getrokken:

- Uit dieptestudies van Räsänen en Summala (1998) is gebleken dat de 'meest capabele' fietsers (boven de 18 jaar, in het bezit van een rijbewijs en bekend met de ongevallocatie) relatief vaak bij ongevallen in de langsricting betrokken zijn. Ze zijn daarentegen minder vaak betrokken bij ongevallen in de dwarsrichting waarbij de fietser voorrang moet verlenen aan verkeer dat in het algemeen een hogere snelheid heeft. Verder zijn ouderen vaker betrokken bij een fietsongeval waarbij ze linksafslaan (Goldenbeld, 1992). Hetzelfde beeld komt naar voren in deze studie. Fietsers onder de 18 jaar zijn in vergelijking met fietsers boven de 18 jaar vaker betrokken bij oversteekongevallen in de dwarsrichting. Fietsers van 18 tot en met 60 jaar zijn vaker betrokken bij oversteekongevallen in de langsricting. Fietsers boven de 60 jaar zijn vaker betrokken bij oversteekongevallen bij het linksafslaan waarbij het aantal ongevallen overigens erg klein is. Waarschijnlijk is ook in Nederland de complexiteit een bepalende factor bij het oversteken in de dwarsrichting. Bij het oversteken in de langsricting kan routinegedrag een grotere rol spelen waarbij fietsers er makkelijk vanuit gaan dat er geen verkeer uit de zijstraat komt en/of dat verkeer uit de zijstraat voorrang zal verlenen.
- Uit paragraaf 3.2 kan worden afgeleid dat links van de weg fietsen het risico van oversteekongevallen in de langsricting op voorrangskruispunten verhoogt (Wachtel, Lewiston, 1994). Circa tweederde van de oversteekongevallen in de langsricting op een tweerichtingenfietspad betreft een ongeval met een fietser die links van de weg rijdt. Ook op eenrichtingsfietspaden is het probleem niet te verwaarlozen. Het betreft daar eenderde deel van de ongevallen. Uit een vergelijking met een grove telling blijkt dat ook in Nederland links van de weg fietsen het risico aanzienlijk verhoogt.

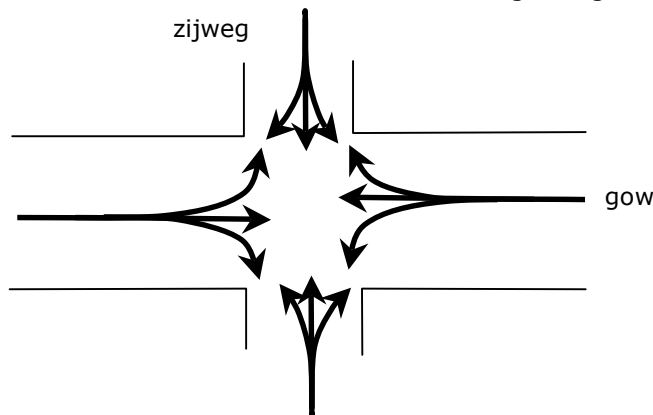
5 Analyse van de relatie oversteekongevallen – intensiteiten

Dit hoofdstuk beschrijft de samenhang tussen oversteekongevallen van fietsers en de intensiteit van het gemotoriseerde verkeer en het fietsverkeer (zie ook paragraaf 2.8.6 en 2.8.7). Kennis van deze samenhang is bovendien nodig om de invloed van de intensiteiten op conclusies over infrastructuurkenmerken te kunnen uitsluiten. De intensiteit heeft een grote invloed op het aantal oversteekongevallen van fietsers op een kruispunt. Zijn er meer fietsers dan kunnen ook meer fietsers worden aangereden. Zijn er meer gemotoriseerde voertuigen dan kunnen meer voertuigen een overstekende fietser aanrijden. De samenhang heeft bovendien implicaties voor de vraag hoe het fietsnetwerk zo optimaal mogelijk ingericht kan worden: welke invloed heeft het in het netwerk concentreren van auto- en fietsverkeer.

5.1 Intensiteitsgegevens

Ligtermoet en Partners heeft in haar onderzoek naar fietsoversteekongevallen tellingen uitgevoerd om de intensiteit van het gemotoriseerde verkeer en het fietsverkeer op de onderzoekskruispunten te schatten (Kroeze, Sweers, 2009). Op ieder kruispunt is in totaliteit 20 minuten geteld buiten de spitsperioden (tussen 09.00 -16.00 uur). Daarbij zijn alle relevante fiets- en autostromen (naar richting) geteld (zie figuur 5.1). Deze tellingen zijn opgehoogd naar een uurwaarde en vervolgens aan de hand van uurverdelingen voor het auto- en fietsverkeer volgens het Mobiliteitsonderzoek Nederland (MON 2004-2007; SWOV, 2009) omgerekend naar een etmaalwaarde. Dit geeft een indicatie van de intensiteiten op de kruispunten.

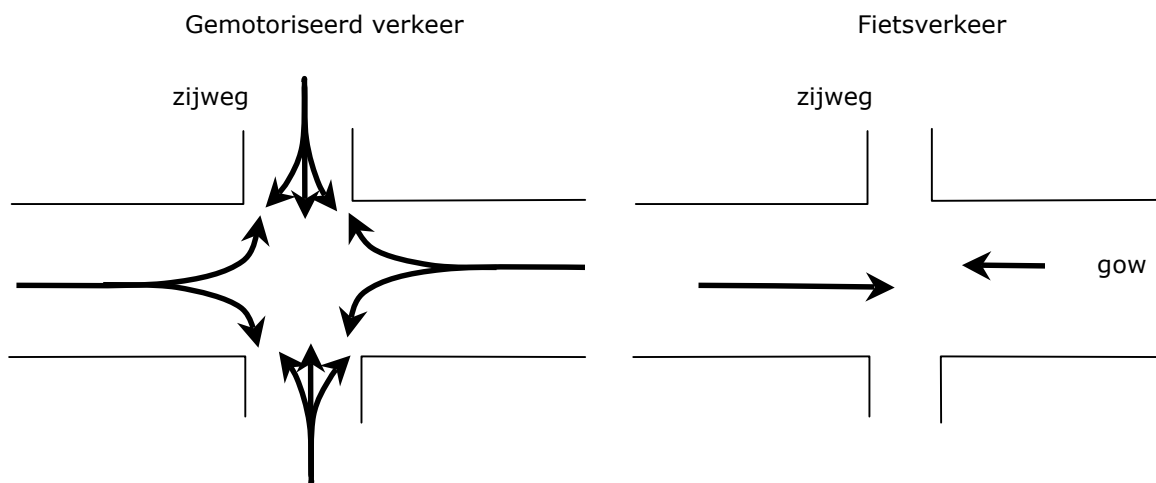
Doordat het verkeer in totaal in 12 richtingen is geteld (6 richtingen bij een



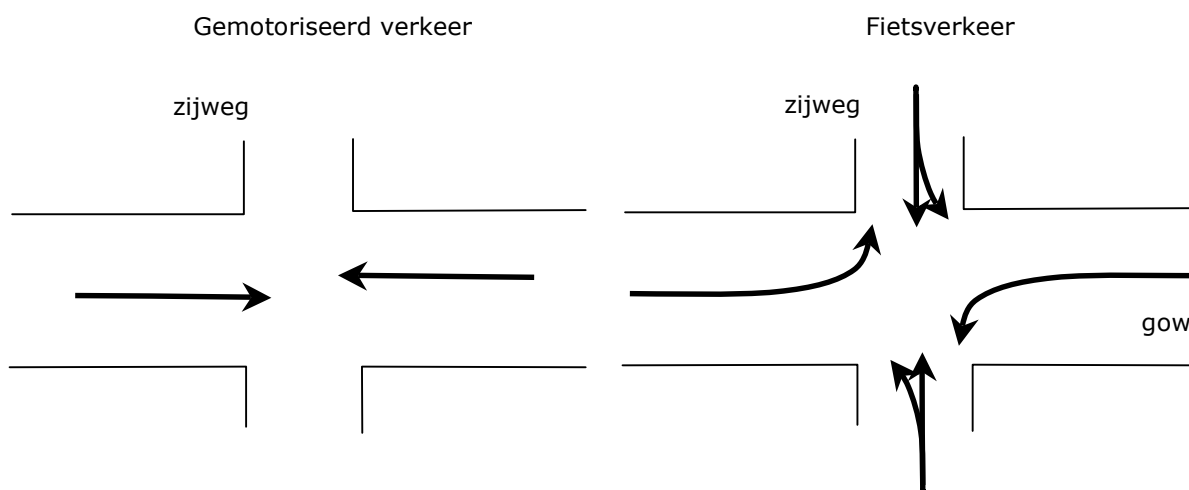
Figuur 5.1 Onderscheiden verkeersbewegingen die zijn geteld in om de verkeersintensiteiten te schatten (Kroeze, Sweers, 2009)

drietakskruispunt) kan een onderscheid worden gemaakt in de intensiteiten die de belangrijkste rol spelen bij langsongevallen waarbij een fietser wordt aangereden bij het oversteken van de zijweg en dwarsongevallen waarbij de fietser wordt aangereden bij het oversteken van de gebiedsontsluitingsweg (gow). In de onderstaande figuur is weergegeven hoe het onderscheid is geoperationaliseerd. In de volgende paragraaf worden de opgesplitste intensiteiten gebruikt om de relatie

tussen intensiteiten en ongevallen te onderscheiden naar langs- en dwarsongevallen.



Figuur 5.2 Verkeersintensiteiten die van belang zijn bij langsongevallen: links het gemotoriseerde verkeer dat de zijweg inslaat of vanuit de zijweg de gow oprijdt; rechts het fietsverkeer langs de gow dat de zijweg oversteekt



Figuur 5.3 Verkeersintensiteiten die van belang zijn bij dwarsongevallen: links het gemotoriseerde verkeer langs de gow; rechts het fietsverkeer dat de gow oversteekt

5.2 De samenhang tussen intensiteiten en oversteekongevallen

Zoals beschreven in paragraaf 2.8.6 kunnen het aantal oversteekongevallen per kruispunt (per jaar) en het risico (aantal fietsoversteekongevallen per oversteekbeweging) geschat worden met hetzelfde basismodel (Ig is Intensiteit van het gemotoriseerde verkeer; If is intensiteit van het fietsverkeer):

$$\text{Aantal ongevallen per kruispunt} = b_1 \times I_g^{b_2} \times I_f^{b_3}.$$

Analoog aan de methode van Brüde en Larson (1993) zijn de parameters in het bovenstaande model geschat met de kleinste kwadratenmethode. De resultaten zijn weergegeven in tabel 5.1, uitgesplitst naar het totaal aantal ongevallen per kruispunt (model A), het aantal langsongevallen per kruispunt waarbij de fietser de zijstraat oversteekt (model B) en het aantal dwarsongevallen per kruispunt waarbij de fietser de gow oversteekt (model C). Het gaat daarbij om de ongevallen in 4 jaar (de studieperiode was 4 jaar: 2004-2007). De waarde R^2 is een maat voor de verklaarde variantie in de afhankelijke variabele door het model. Dit is een indicatie voor de voorspellende waarde van het model. Een R^2 -waarde van 0,10 duidt erop dat het model 10% van de variantie in de afhankelijke variabele verklaart. Dat lijkt laag, maar Brüde en Larson (1993) hebben aangetoond dat een dergelijke waarde erop kan duiden dat het model de afhankelijke variabele goed voorspelt.

Bij lage aantallen ongevallen per kruispunt kan geen enkel model een groot deel van de variantie in de afhankelijke variabele verklaren. Als op een kruispunt 0,4 ongevallen per jaar worden verwacht op basis van de intensiteiten, dan ligt de werkelijke waarde daar minimaal 0,4 onder als er 0 ongevallen gebeuren, er 0,6 boven als er 1 ongeval gebeurt, er 1,6 ongevallen boven als er twee ongevallen gebeuren, enzovoorts. De minimale afwijking is 40% (0,4 gedeeld door 1). Bij één ongeval is dat 60%, bij twee ongevallen 160%, enzovoorts. Een perfect model kent bij lage aantallen ongevallen per definitie relatief grote afwijkingen van de voorspelde waarden. De R^2 -waarde (de 'verklaarde variantie') wordt berekend op basis van de verschillen tussen de werkelijke en de voorspelde waarden. Door de relatief grote verschillen blijft deze waarde per definitie laag, ook al past het model uitstekend bij de gegevens.

In paragraaf 2.8.6 is het model gepresenteerd dat Brüde en Larsson (1993) berekenden op basis van ongevalgegevens op 377 Zweedse kruispunten. Dit betrof een risicomodel (aantal ongevallen per overstekende fietsers). Wordt dit vertaald naar een ongevalmodel (op de wijze zoals Brüde en Larsson voorstellen) dan ziet hun model er als volgt uit: $0,0494 \times I_g^{,52} \times I_f^{,65}$. De waarden van de exponenten van de intensiteiten (b_2 en b_3 in tabel 5.1) liggen in dezelfde orde van grootte. De waarde van de constante (b_1) is groter in het model van Brüde en Larsson (1993). Hun model voorspelt dus meer ongevallen op basis van dezelfde intensiteitgegevens. Dat is te verklaren doordat het onderzoek van Brüde en Larsson (1993) was gebaseerd op een langere studieperiode, doordat er kruispunten met een hogere risico deel van uitmaakten (bijvoorbeeld kruispunten met verkeerslichten) en doordat fietsen in Nederland relatief veilig is.

De modellen voor langs- en dwarsongevallen (B en C) hebben een grotere voorspellende waarde dan het model voor het totaal aantal ongevallen (A). Dat is

opvallend omdat de modellen B en C zijn geschat op basis van minder ongevallen dan model A. Blijkbaar is de voorspelling nauwkeuriger wanneer deze is uitgesplitst naar de langs- en dwarsrichting. Per modelparameter (b1, b2, b3) is de geschatte waarde en het 95%-betrouwbaarheidsinterval weergegeven. Enige voorzichtigheid is geboden bij de interpretatie van de betrouwbaarheidsintervallen aangezien deze niet zijn berekend op basis van een poissonverdeling die zou passen een model voor ongevalgegevens. Hoewel niet is uitgegaan van de juiste verdeling lijken de exponenten van de intensiteit van het gemotoriseerd verkeer (b2) en van het fietsverkeer (b3) in alle drie de modellen duidelijk van '0' te verschillen. Dit is een indicatie voor de voorspellende waarde van de intensiteitgegevens voor ongevallen.

Tabel 5.1 Oversteekongevallen met fietsers per kruispunt (in 4 jaar tijd) als exponentiële functie van de verkeersintensiteiten (per werkdag)

Parameters	Toelichting	Waarde	95% Betrouwbaarheidsinterval
A. Totaal aantal ongevallen als afhankelijke variabele			
b1	constante	0,00026	-0,00050 - 0,00102
b2	exponent gemotoriseerd verkeer	0,46	0,20 - 0,73
b3	exponent fietsverkeer	0,47	0,24 - 0,70
R ²	voorspellende waarde model	0,075	
B. Totaal aantal langsongevallen als afhankelijke variabele			
b1	constante	0,00013	-0,00021 - 0,00047
b2	exponent gemotoriseerd verkeer (in en uit zijweg)	0,79	0,55 - 1,03
b3	exponent fietsverkeer (langs gow)	0,28	0,10 - 0,46
R ²	voorspellende waarde model	0,12	
C. Totaal aantal dwarsongevallen als afhankelijke variabele			
b1	constante	0,000020	-0,000040 - 0,000079
b2	exponent gemotoriseerd verkeer (over gow)	0,49	0,23 - 0,75
b3	exponent fietsverkeer (dwars de gow overstekend)	0,79	0,54 - 1,04
R ²	voorspellende waarde model	0,10	

De functie voor risico (oversteekongevallen per oversteekbeweging) is hieruit als volgt af te leiden:

$$\text{Risico} = (b1 \times I_g^{b2} \times I_f^{b3}) / I_f = b1 \times I_g^{b2} \times I_f^{(b3 - 1)}.$$

Voor het totaal aantal ongevallen zou dat zijn: $0,00023 \times I_g^{0,47} \times I_f^{-0,53}$.

Interpretatie van de modelparameters

In de modellen geven de exponenten van de intensiteiten de meeste informatie over de samenhang met ongevallen (b2 voor gemotoriseerd verkeer; b3 voor fietsverkeer). Deze waarden liggen tussen 0 en 1 en kunnen als volgt geïnterpreteerd worden:

- Naarmate de exponent dichter bij 1 ligt is het verband tussen ongevallen en intensiteit meer lineair: een verdubbeling van de intensiteit leidt bijna tot een verdubbeling van het aantal ongevallen

- Naarmate de exponent dichterbij 0 ligt, vlakkt de groei van het aantal ongevallen met een stijgende intensiteit sterk af: een verdubbeling van de intensiteit leidt bij lange na niet tot een verdubbeling van het aantal ongevallen

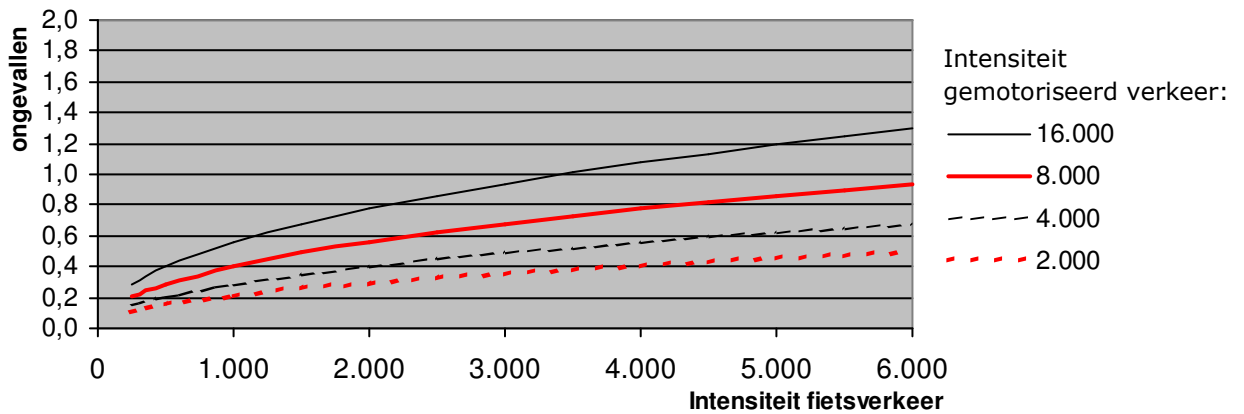
De waarden van de exponenten verschillen sterk tussen de drie modellen en kunnen als volgt geïnterpreteerd worden:

- In model A voor het totaal aantal ongevallen per kruispunt liggen beide intensiteiten net onder 0,5. Dit betekent dat het aantal ongevallen met circa 40% stijgt als de intensiteit van ofwel het fietsverkeer of het gemotoriseerde verkeer verdubbelt.
- In model B voor het aantal langsongevallen is de exponent voor het gemotoriseerde verkeer groter dan die voor het fietsverkeer. Als de intensiteit van het gemotoriseerde verkeer op de zijstraat verdubbelt, leidt dat tot een stijging van het aantal langsongevallen per kruispunt met circa 70%. Verdubbelt het fietsverkeer langs de gow, dan stijgt het aantal ongevallen per kruispunt met circa 20%.
- In model C voor het aantal dwarsongevallen is de exponent voor het gemotoriseerde verkeer kleiner dan die voor het fietsverkeer, maar ook die laatste is ongeveer 0,5. Als de intensiteit van het gemotoriseerde verkeer op de gow verdubbelt, leidt dat tot een stijging van het aantal dwarsongevallen per kruispunt van ruim 40%. Verdubbelt het fietsverkeer dat dwars de gow oversteekt, dan stijgt het aantal ongevallen per kruispunt met circa 70%.

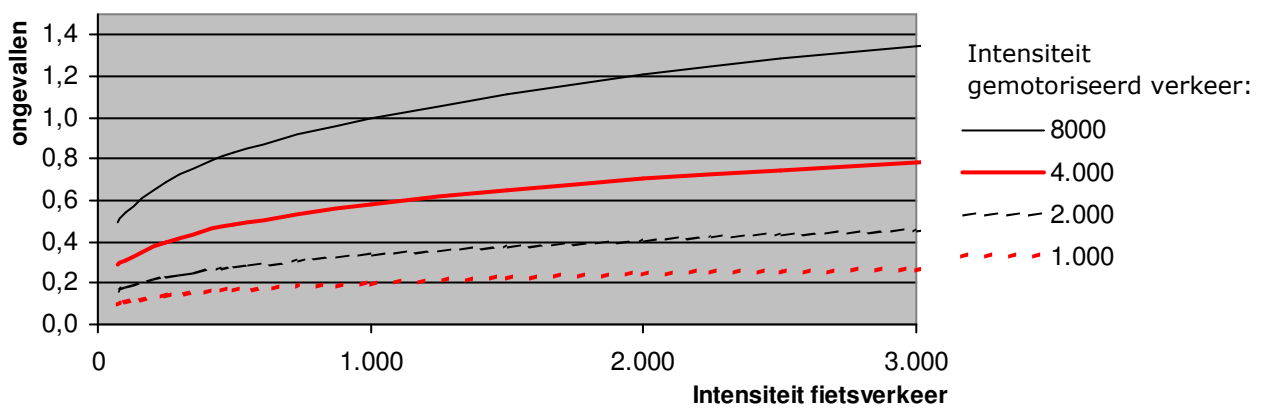
In figuur 5.4, 5.5 en 5.6 is de relatie tussen het aantal ongevallen per kruispunt en de intensiteitgegevens weergegeven. De intensiteitwaarden zijn zo gekozen dat ze in de praktijk ook realistisch zijn. De gemiddelde intensiteitwaarden in deze studie zijn weergegeven in tabel 5.2. Op een kruispunt met deze gemiddelde waarden voorspellen de modellen per kruispunt: 0,66 ongevallen in totaal (berekend uit model A), 0,39 langsongevallen (berekend uit model B) en 0,31 dwarsongevallen (berekend uit model C). De optelsom van langs- en dwarsongevallen volgens model A en B wijkt enigszins af van het totaal aantal ongevallen op basis van model A. Het totaal aantal berekende ongevallen op alle onderzoekskruispunten volgens de modellen komt overeen met het totaal aantal ongevallen in werkelijkheid. Dat is niet verrassend omdat de kleinste kwadratenmethode gericht is op minimalisatie van de verschillen tussen het werkelijke aantal ongevallen en het aantal ongevallen volgens het model.

Tabel 5.2 Gemiddelde intensiteiten op de onderzochte kruispunten (N=504)

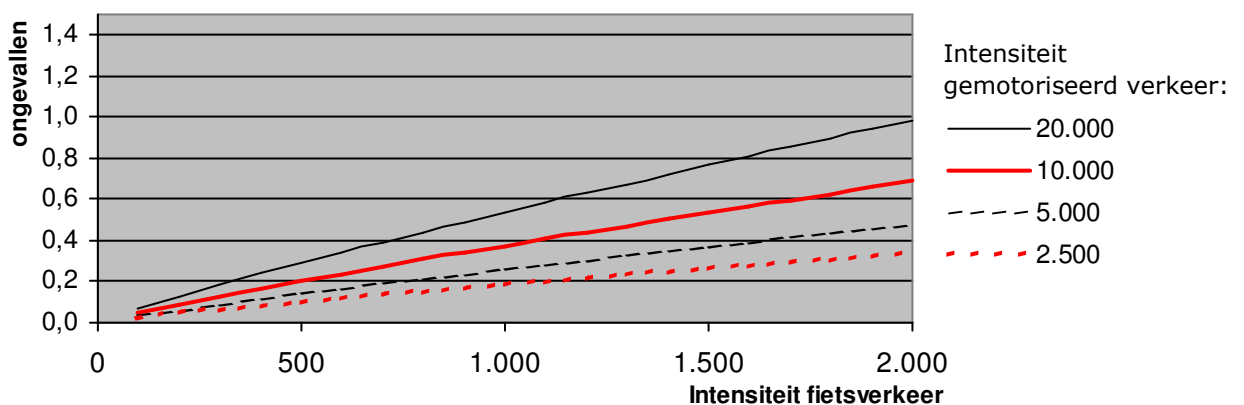
Type intensiteit	Gemiddelde	Standaardafwijking
intensiteit auto's	8.800	5.100
intensiteit fietsers	2.600	1.700
Intensiteit auto's afslaand vanaf of naar zijweg	2.000	2.200
intensiteit fietsers langs gow (de zijweg overstekend)	1.500	1.300
intensiteit auto's over gow (niet afslaand)	6.800	4.800
intensiteit fietsers dwars (de gow overstekend)	900	1.000



Figuur 5.4 Verwacht aantal ongevallen per kruispunt op basis van de intensiteitgegevens van het fietsverkeer en gemotoriseerde verkeer op een kruispunt



Figuur 5.5 Verwacht aantal langsongevallen per kruispunt (fietsster steekt de zijweg over) op basis van de intensiteitgegevens van het fietsverkeer langs de gow en gemotoriseerde verkeer dat afslaat vanaf de zijweg de gow op of vanaf de gow de zijweg op



Figuur 5.6 Verwacht aantal dwarsongevallen per kruispunt (fietsster steekt de gow over) op basis van de intensiteitgegevens van het fietsverkeer dat de gow oversteekt en het gemotoriseerde verkeer over de gow

5.3 Uitsluiting van de invloed van intensiteit op een onderzoek naar het veiligheidseffect van infrastructuurkenmerken

De intensiteiten van zowel het fietsverkeer als het autoverkeer zijn belangrijke voorspellers van ongevallen op een kruispunt. Bij het vergelijken van kruispunten naar infrastructuurkenmerken moet deze invloed zoveel mogelijk worden uitgesloten. Als de kruispunten met kenmerk A dezelfde intensiteiten hebben als de kruispunten met kenmerk B kan intensiteit geen invloed hebben. Als de intensiteiten wel verschillen tussen de groep kruispunten met respectievelijk kenmerk A en B heeft dit een grote invloed: het aantal fietsongevallen per kruispunt neemt toe naarmate de intensiteit van het fietsverkeer en het gemotoriseerde verkeer stijgt. Uitgedrukt in het risico per overstekende fietser ligt de relatie iets anders. Het aantal fietsongevallen per overstekende fietser neemt af naarmate de intensiteit van het fietsverkeer hoger is en neemt toe naarmate de intensiteit van het gemotoriseerde verkeer stijgt. Hieronder worden twee methoden uitgewerkt waarmee de invloed van intensiteit grotendeels kan worden uitgesloten, beide gebaseerd op de modellen in paragraaf 5.1.

Vergelijking tussen kenmerken met een chikwadraattoets

Voor ieder kruispunt kan met de modellen die zijn behandeld in paragraaf 5.1 uit de intensiteiten het verwachte aantal ongevallen per kruispunt worden berekend. Met een Chi-kwadraat toets kan het werkelijke aantal ongevallen worden vergeleken met het aantal ongevallen geschat op basis van de intensiteit.

Dit gebruik van de Chi-kwadraat toets is in een studie naar oversteekongevallen met fietsers eerder toegepast door Wachtel en Lewiston (1994). Zij vergeleken het werkelijke aantal ongevallen naar kenmerk (bijvoorbeeld fietspad versus gemengd verkeer) met het verwachte aantal ongevallen op basis van de fietsintensiteit. Zij gingen daarbij uit van een lineair verband tussen oversteekongevallen en de fietsintensiteit en hielden geen rekening met de intensiteit van het gemotoriseerde verkeer. Volgens Brüde en Larson (1993) is de relatie tussen intensiteiten en ongevallen niet lineair maar exponentieel en speelt zowel de intensiteit van het fietsverkeer als de intensiteit van het gemotoriseerde verkeer een belangrijke rol. Als op dezelfde wijze als in paragraaf 5.1 met de kleinste kwadratenmethode het best passende lineaire model (ongevallen per kruispunt = $b_1 \times I_f$) voor de relatie tussen fietsintensiteiten en oversteekongevallen wordt geschat is de R^2 -waarde 2% (de R^2 -waarde is de verklaarde variantie in de afhankelijke variabele). Als het lineaire model wordt uitgebreid met auto-intensiteiten (ongevallen per kruispunt = $b_1 \times I_g + b_2 \times I_f$) neemt dat toe tot 6%. Het model van Brüde en Larson (1993) voorspelt de ongevallen het beste. De verklaarde variantie met dit model is 7,5%, zie tabel 6.1.

De bovenstaande methode is eerder zonder statistische toets toegepast door Brüde en Larson (2000) bij het bestuderen van het veiligheidseffect van infrastructuurkenmerken van rotondes, bijvoorbeeld de diameter van de rotonde, het aantal rijstroken van de rotonde, het type fietsvoorziening (gemengd verkeer of een fietspad). In deze studie wordt deze aanpak toegepast, maar dan met de Chi-kwadraattoets. Het voordeel is dat hierbij maximaal gebruik gemaakt kan worden van de intensiteitgegevens per kruispunt terwijl de toetsing uitgevoerd kan worden op groepsniveau. De sterke variatie in het aantal ongevallen per kruispunt middelt uit binnen een groep en tast daarom de kracht van de statistische toets niet aan.

Vergelijking met een uitgebreid exponentieel model

Brüde en Larson (2000) hebben ook een uitgebreid niet-lineair model uitgewerkt. Daarbij wordt de aanwezigheid of afwezigheid van een infrastructuurkenmerk opgenomen in het model met behulp van een dummy variabele die 1 is als het kenmerk aanwezig is en 0 als het kenmerk niet aanwezig is. Dit uitgebreide model ziet er als volgt uit:

$$\text{Aantal ongevallen per kruispunt} = b_1 \times I_g^{b_2} \times I_f^{b_3} \times b_4^{\text{Dummy infrastructuurkenmerk1}} \times b_5^{\text{Dummy infrastructuurkenmerk2}}$$

Als de waarde van b_4 en b_5 gelijk is aan 1 voorspelt het model evenveel ongevallen met en zonder de infrastructuurkenmerken ($1^1 = 1$ en 1^0 is ook 1). Als de waarde lager is dan 1 voorspelt het model minder ongevallen bij de aanwezigheid van het infrastructuurkenmerk; als de waarde hoger is voorspelt het model meer ongevallen.

Voor het doorrekenen van exponentiële modellen wordt in deze studie gebruik gemaakt van de optie niet-lineaire regressie, 'non-linear regression', in SPSS. De analyse begint met de invoer van een model en startwaarden voor de te schatten parameters. In deze studie is 0,5 als startwaarde toegekend aan de exponenten van de intensiteiten (b_1 en b_2 in het bovenstaande voorbeeld). Vervolgens worden de schatters voor de parameters berekend door middel van iteratie. Hierbij wordt uitgegaan van de kleinste kwadratenmethode: minimalisatie van de kwadratische afwijkingen van de waarnemingen van de geschatte curve. Als indicatie voor de mate waarin het model past bij de data wordt de verklaarde variantie in de afhankelijke variabele berekend, de zogemaande R^2 -waarde.

5.4 Vertaling naar de praktijk

In deze paragraaf worden de resultaten van dit hoofdstuk vertaald naar de praktijk.

Vertaling naar de inrichting van het fietsnetwerk

De risicocijfers zijn uitgesplitst naar de langs- en de dwarsrichting. Het risico uitgedrukt in oversteekongevallen per miljoen overstekende fietsers is circa 0,16 in de langsrichting en 0,24 in de dwarsrichting, zie tabel 5.3 Oversteken in de dwarsrichting is ongeveer anderhalf keer zo onveilig als oversteken in de langsrichting.

Tabel 5.3 Risicocijfers onderscheiden naar de langs- en dwarsrichting

Type ongeval	Aantal kruispunten	Aantal ongevallen 2005-2008	Aantal ongevallen per jaar	Miljoenen overstekende fietsers per jaar per richting	Risico (ongevallen per miljoen overstekende fietsers)
Langsongevallen	456	168	42	251	0,17
Dwarsongevallen	501	150	38	151	0,25

Uit tabel 5.3 blijkt dat het in het algemeen voor fietsers veiliger is om op een kruispunt de veelal rustige zijweg over te steken dan de meestal drukker verkeersader. Op netwerkniveau is de conclusie dat het veiliger is om fietsers door verblijfsgebieden te leiden en een enkele keer een gebiedsontsluitingsweg (dwars) te laten oversteken dan om fietsers langs verkeersaders te laten rijden en meerdere ertoegangswegen (zijwegen) te laten oversteken. Als een fietser twee maal een

zijweg moet oversteken is dat in het algemeen al onveiliger dan om één keer een verkeersader over te steken.

Naarmate de over te steken verkeersader drukker is, neemt het aantal oversteekongevallen per overstekende fietser toe. Als er locaties zijn waar veel fietsers dwars een verkeersader oversteken zijn er relatief veel oversteekongevallen met fietsers te verwachten (zie tabel 5.1, ongevalmodel C). Door het fietsverkeer dat een gebiedsontsluitingsweg moet oversteken te bundelen op een beperkt aantal locaties kan het rendabel worden om een ongelijkvloerse kruising te creëren. Een voorbeeld hiervan kwam in dit onderzoek naar voren in de gemeente Apeldoorn. In de studieperiode van vier jaar gebeurden zes fietsongevallen op het kruispunt van de Laan van de Mensenrechten met een solitair fietspad (zie linksboven in figuur 4.3). Inmiddels is deze oversteekplaats (en een andere met VRI) gesloten en kruist het fietsverkeer de Laan van de Mensenrechten met een fietstunnel die de meeste fietsers bereiken via een verblijfsgebied. Bij nieuwe aanleg of herinrichting is er nog een aangrijpingspunt om te voorkomen dat fietsers relatief veel drukke verkeersaders moeten kruisen, namelijk door het autoverkeer te bundelen op een beperkt aantal verkeersaders met een perifere ligging. Auto's rijden dan 'buitenom' zodat het aantal ontmoetingen met fietsers beperkt blijft.

De bovenstaande interpretatie van de resultaten komt overeen met de conclusie van het onderzoek van Van Boggelen, Janssen en Everaars (2005) op basis van Fietsbalansgegevens van de Fietsersbond: het aantal fietsongevallen neemt af naarmate het netwerk voor fietsverkeer en gemotoriseerd verkeer verder worden ontvlochten. In gemeenten waar fietsers vaker drukke verkeersaders (moeten) volgen of kruisen blijkt het slachtofferrisico (per fietskilometer) voor fietsers gemiddeld hoger. Hun advies is om enerzijds autoluwe fietsverbindingen door verblijfsgebieden te creëren en anderzijds het autoverkeer te bundelen op een beperkt aantal verkeersaders (lieft met een perifere ligging): ontvlechting van het netwerk voor fietsverkeer en gemotoriseerd verkeer.

Dit onderzoek laat zien dat het verband tussen het risico van oversteekongevallen met fietsers op verkeersaders zeer sterk samenhangt met intensiteiten. Daaruit (en uit de cijfers in Van Boggelen, Janssen en Everaar, 2005) kan worden afgeleid dat de grootste veiligheidswinst waarschijnlijk te behalen is door de ontvlechting van het fietsnetwerk en autonetwerk. Het volgende hoofdstuk behandelt de vraag welke veiligheidswinst te behalen is met de inrichting van individuele voorrangskruispunten. Dat geeft een nog beter inzicht in de vraag of de grootste winst te behalen is op netwerkniveau of locatieniveau.

Vertaling naar het aantal aansluitingen van verblijfsgebieden op gebiedsontsluitingswegen

In het kader van Duurzaam Veilig wordt gestreefd naar grote verblijfsgebieden met een beperkt aantal aansluitingen op verkeersaders. Dit onderzoek gaat niet over verblijfsgebieden, maar de resultaten van dit hoofdstuk kunnen wel worden gerelateerd aan het aantal aansluitingen van gebiedsontsluitingswegen op verkeersaders.

Beschouwing vanuit de locaties van de aansluitingen

Uit ongevalmodel B (voor langsongevallen) kan worden afgeleid dat het bundelen van autoverkeer op een beperkter aantal toegangswegen voordelen heeft bij de

aansluitingen van het verblijfsgebied op gebiedsontsluitingswegen (zie tabel 5.1 en figuur 5.2). In de exponentiële functie ligt de exponent van het gemotoriseerde verkeer onder de 1. Hoe verder deze waarde onder de 1 ligt, hoe gunstiger het is om het autoverkeer te bundelen. Daarbij moet wel opgemerkt worden dat de waarde 0,79 en niet ver onder de 1 ligt en dat enige voorzichtigheid betracht moet worden bij het 'extrapoleren' van de uitkomsten van het model.

De veiligheidswinst van bundelen kan worden toegelicht met een voorbeeld. Gemiddeld rijden er op de in deze studie onderzochte kruispunten per etmaal 1.500 fietsers langs een verkeersader en rijden er 2.000 voertuigen de zijweg in of uit (zie tabel 5.2). Op een kruispunt met deze waarden zijn er volgens model B in vier jaar tijd 0,41 langsongevallen met fietsers te verwachten. Op een kruispunt met dezelfde fietsintensiteit (1.500 per etmaal) en de helft van het autoverkeer (1.000 per etmaal) zijn er in vier jaar tijd 0,24 langsongevallen met fietsers te verwachten. Op twee van deze kruispunten zouden er in vier jaar tijd 0,47 ongevallen te verwachten zijn. Als het bij deze laatste twee kruispunten zou gaan om twee aansluitingen van erftoegangswegen op een gebiedsontsluitingsweg, dan zou het bundelen van deze twee tot één aansluiting leiden tot een ongevalreductie van circa 15%: $(0,47 - 0,41)/0,41 = 15\%$.

Voordelen binnen het totale netwerk

Het beperken van het aantal aansluitingen van verblijfsgebieden op gebiedsontsluitingswegen heeft invloed op de verkeersstromen:

- Meer verkeer door verblijfsgebieden bij minder aansluitingen. Door het beperken van het aantal aansluitingen neemt de afstand vanaf de aansluitingen van en naar de herkomsten en bestemmingen binnen het verblijfsgebied toen.
- Minder 'sluipverkeer' door verblijfsgebieden bij minder aansluitingen. Door het beperken van het aantal aansluitingen zullen er waarschijnlijk minder verkeersdeelnemers een kortste route door een verblijfsgebied kiezen, proberen om de verkeerslichten bij de kruispunten van twee gebiedsontsluitingswegen te vermijden, enzovoorts. Bij een goed ingericht verblijfsgebied (bijvoorbeeld snelheidsremmende maatregelen) zou dit effect met een groter aantal aansluitingen enigszins beperkt moeten blijven.

Per saldo zal de verkeersintensiteit van het gemotoriseerde verkeer toenemen naarmate het aantal aansluitingen van het verblijfsgebied op een verkeersader toeneemt. In het eerder genoemde voorbeeld is de reductie door bundeling van het aantal aansluitingen in de orde van grootte van 15%. De vraag is of dat opweegt tegen een toename van het gemotoriseerde verkeer binnen verblijfsgebieden. Vooral als er bij het inrichten van het fietsnetwerk voor gekozen zou worden om fietsers zoveel mogelijk door verblijfsgebieden te leiden in plaats van langs verkeersaders. Deze studie levert te weinig gegevens om te komen tot een algemene uitspraak over de voor- of nadelen van het aantal aansluitingen van verblijfsgebieden op gebiedsontsluitingswegen.

Slotbeschouwing

Brüde en Larson (2000) geven twee verklaringen voor het feit dat het aantal ongevallen niet lineair toeneemt bij een stijgende intensiteit, oftewel waarom de exponenten van de intensiteiten in hun model in het algemeen onder de één liggen.

De eerste reden is dat het aantal "living warning signs" stijgt naarmate er meer ander verkeer is (meer fietsverkeer vanuit het perspectief van automobilisten en meer autoverkeer vanuit het perspectief van fietsers). Hoe meer fietsers er zijn, hoe meer automobilisten zullen letten op fietsers en vice versa. Het is interessant om deze redenering toe te passen op de drie modellen. In model A zijn de exponenten van het fietsverkeer en gemotoriseerd verkeer ongeveer gelijk. De bovenbeschreven redenering gaat dan in gelijke mate op voor beide partijen. In model B is de exponent van het fietsverkeer het laagst en gaat de redenering het meest op voor de automobilist: hoe meer fietsverkeer er is hoe meer automobilisten rekenen op fietsers. Dat is niet verassend omdat automobilisten bij langsongevallene voorrang moeten verlenen. In model C is de exponent van het autoverkeer het laagst: hoe meer autoverkeer er over een verkeersader rijdt, hoe meer fietsers rekenen op autoverkeer. Ook dat is niet verassend omdat de fietser in dat geval voorrang dient te verlenen. De tweede reden is dat de infrastructuur mogelijk veiliger ingericht zal worden naarmate er meer verkeer is.

6 Analyse van de relatie oversteekongevallen – infrastructuurkenmerken

Dit hoofdstuk beschrijft de samenhang tussen oversteekongevallen van fietsers en infrastructuurkenmerken. Daarbij wordt rekening gehouden met intensiteiten met behulp van de methode zoals beschreven in paragraaf 5.3. De keuze voor infrastructuurkenmerken is voorbereid in Hoofdstuk 3. Net als in hoofdstuk 3 zal de volgende indeling worden aangehouden:

- Infrastructuurkenmerken die van invloed kunnen zijn op zowel langs als dwarsongevallen (paragraaf 6.2).
- Infrastructuurkenmerken die van invloed kunnen zijn op langsongevallen (paragraaf 6.3)
- Infrastructuurkenmerken die van invloed kunnen zijn op dwarsongevallen (paragraaf 6.4)

Waar in dit hoofdstuk wordt gesproken over ongevallen wordt altijd bedoeld op oversteekongevallen met fietsers.

De analyses in dit hoofdstuk zijn uitgevoerd op een bestand waarin per kruispunten infrastructuurkenmerken, intensiteiten en aantallen ongevallen zijn opgenomen. Dit bestand is voor het grootste deel opgebouwd door Bureau Ligtermoet en Partners en is toegelicht in het rapport "Onderzoek oversteekveiligheid van fietsers" (Kroeze, Sweers, 2009). Het bestand van Bureau Ligtermoet en Partners bevatte 399 kruispunten en 249 oversteekongevallen in zeven steden. Voor het maken van uitsplitsingen is dit aantal vrij beperkt. RWS DVS heeft daarom aanvullend gegevens ingewonnen van 105 kruispunten in Apeldoorn en Tilburg. Het bestand bevatte na deze toevoeging 504 kruispunten en 318 oversteekongevallen. De aanvulling geeft enige mogelijkheden voor aanvullende analyses doordat de aantallen ongevallen na uitsplitsingen wat hoger blijven. Paragraaf 6.2 beschrijft naast de toetsmethode hoe het bestand van Ligtermoet en Partners is aangevuld.

6.1 Methode

Wijze van toetsing

In het kort komt de toetsmethode op het volgende neer bij het voorbeeld waarbij de ene groep kruispunten infrastructuurkenmerk A heeft en de andere groep kenmerk B. Voor de kruispunten in beide groepen wordt op basis van de intensiteiten van het fietsverkeer en gemotoriseerde verkeer het aantal ongevallen voorspeld. Hiervoor worden de modellen gebruikt zoals beschreven in paragraaf 5.2. Vervolgens wordt met een chikwadraattoets de verdeling van het voorspelde aantal ongevallen met kenmerk A en B vergeleken met het werkelijke aantal ongevallen met kenmerk A en B. Deze methode is toegelicht in paragraaf 5.3.

Er wordt onderscheid gemaakt naar kenmerken die invloed kunnen hebben op alle oversteekongevallen met fietsers (paragraaf 6.2), op oversteekongevallen waarbij de fietser langs de gebiedsontsluitingsweg rijdt en wordt aangereden door een voertuig dat de zijweg in- of uitrijdt (paragraaf 6.3), of op oversteekongevallen waarbij de fietser de gebiedsontsluitingsweg dwars oversteekt (paragraaf 6.4). In de laatste twee gevallen wordt gesproken over respectievelijk 'langsongevallen' en 'dwarsongevallen'. De toetsmethode is telkens hetzelfde. Alleen wordt het aantal

ongevallen met een ander model voorspeld. Voor het totaal aantal ongevallen wordt model A zoals gepresenteerd in paragraaf 5.2 gebruikt. Voor langsongevallen wordt model B gebruikt en voor dwarsongevallen model C.

De toets wordt gepresenteerd zoals is weergegeven in tabel 6.1. Met een chikwadraattoets wordt de verdeling van het voorspelde aantal ongevallen over de categorieën vergeleken met de werkelijke verdeling (tweede en derde kolom). In de vierde kolom wordt een maat voor het relatieve risico gepresenteerd. Deze geeft weer in hoeverre het aantal ongevallen verhoogd of verlaagd is in een bepaalde categorie ten opzichte van het gemiddelde. De invloed van intensiteit is hierbij op dezelfde wijze verdisconteerd in het werkelijke en het voorspelde aantal ongevallen. Het relatieve risico kan worden berekend als het aandeel van het werkelijke aantal ongevallen in het totaal aantal ongevallen gedeeld door het aandeel van het voorspelde aantal ongevallen gedeeld door het totaal aantal voorspelde ongevallen per categorie. Er kunnen kleine afwijkingen zijn tussen het werkelijke aantal ongevallen en het voorspelde aantal ongevallen. Voor het uitvoeren van de chikwadraattoets moet het voorspelde aantal opgehoogd of verlaagd worden tot het werkelijke aantal. Doordat de werkelijke en voorspelde aantallen gelijk zijn (na correctie) kan het relatief risico worden berekend als het werkelijke aantal ongevallen gedeeld door het voorspelde aantal ongevallen. Onder de tabel wordt de chikwadraatoverschrijdingswaarde aangegeven waaruit kan worden afgeleid of het verschil in verdeling tussen het werkelijke en voorspelde aantal ongevallen significant is. Als één van de cellen een verwachtingswaarde onder de 20 heeft, wordt een continuïteitscorrectie toegepast op de chikwadraattoets.

Tabel 6.1 Voorbeeldtoets voor het effect van kenmerk A en B op het aantal oversteekongevallen met fietsers

<i>Kenmerk A en B</i>	Voorspeld aantal fietsongevallen ¹	Aantal fietsongevallen	Relatief risico ²
Kruispunten met kenmerk A	25	50	2,0
Kruispunten met kenmerk B	200	175	0,9
Totaal	225	225	1,0

¹ Aantal ongevallen voorspeld o.b.v. model A, zie paragraaf 5.2

² $\chi^2(1, N=225) = 28,1$; $p < 0,001$. De voorspelde ongevalverdeling wordt getoetst tegen de werkelijke ongevalverdeling met een Chikwadraattoets (in dit voorbeeld met 1 vrijheidsgraad)

In paragraaf 5.3 is ook een toetsmethode uitgewerkt met een uitgebreid exponentieel model. Hierbij worden de modellen A, B en C zoals weergegeven in paragraaf 5.2 uitgebreid met dummy variabelen voor de infrastructuurkenmerken. Deze aanvullende analyse die beter rekening houdt met de samenhang tussen infrastructuurkenmerken is opgenomen in paragraaf 6.5.

Bestanduitbreiding en selectiecriteria

Dit onderzoek betreft een correlatieve studie: het hoofddoel is het betrouwbaar in beeld brengen van relaties tussen infrastructuurkenmerken en oversteekongevallen met fietsers. Het doel is niet om vanuit een bepaalde optiek een zo representatief mogelijk beeld te krijgen van de wijze waarop wegbeheerders hun kruispunten momenteel ontwerpen. In het meest ideale geval zou er aan de uitvoering van een dergelijke correlatieve studie een grote inventarisatie van kruispunten en infrastructuurkenmerken vooraf gaan. Er zouden dan aselekt kruispunten geselecteerd kunnen worden met een goede spreiding over kenmerken. Liefst

zouden alle kenmerken en combinaties van kenmerken in gelijke mate in de steekproef opgenomen moeten worden. Voor zover bekend zijn correlatieve studies op dit terrein niet voorafgestaan door een dergelijke inventarisatie en ook voor deze studie was dat niet uitvoerbaar.

Als alternatief is gezocht naar kruispunten met een voldoende hoge intensiteit zodat er ook voldoende oversteekongevallen te verwachten zijn. Met een voldoende grote steekproef zouden de te onderzoeken kenmerken in voldoende mate moeten voorkomen. Bureau Ligtermoet en Partners heeft haar bestand opgebouwd met het fietsnetwerk als uitgangspunt. Dat levert een bovengemiddelde intensiteit van het fietsverkeer zodat er voldoende ongevallen te verwachten zijn. DVS heeft voor de uitbreiding van het bestand de intensiteit van het gemotoriseerde verkeer als uitgangspunt genomen. In de steden Apeldoorn en Tilburg zijn drukke verkeersaders (meer dan circa 8.000 motorvoertuigen per etmaal) geselecteerd. Uit de analyses van Kroeze en Sweers (2009) bleek dat op drukke wegen met meer dan 8.000 voertuigen per etmaal tweederde van alle fietsongevallen plaatsvond. In de steden Apeldoorn, Tilburg en Delft had RWS DVS in een eerder stadium de registratieformulieren van alle voorrangsongevallen uit registratieformulieren bestudeerd (zie hoofdstuk 4). Voor een uitbreiding van het bestand van Bureau Ligtermoet en Partners waren de ongevalgegevens in deze steden op de juiste wijze gestructureerd. Op de geselecteerde verkeersaders zijn alle kruispunten geselecteerd die nog niet in de steekproef van Ligtermoet en Partners waren opgenomen. De aanvullende selectie van verkeersaders door RWS DVS is opgenomen in bijlage III, evenals de uiteindelijke verdeling van de onderzochte kruispunten over de steden.

RWS DVS heeft de scoreformulieren van Bureau Ligtermoet en Partners gebruikt voor het scoren van infrastructuurkenmerken en het uitvoeren van tellingen. Ondanks dat kan er door een verschillende interpretatie een verschil ontstaan in de wijze waarop infrastructuurkenmerken zijn gescoord. Bureau Ligtermoet en Partners heeft tijdens de gegevensinwinning intensief overlegd met de veldwerkers. Om die reden heeft RWS DVS alle voorrangskruispunten in het bestand van Bureau Ligtermoet en Partners bekeken in Google Street View² zodat alle kenmerken die worden geanalyseerd in paragraaf 6.2 tot en met 6.5 op consequente wijze zijn gecodeerd. Google Street View was beschikbaar voor het overgrote deel van de onderzochte kruispunten. Waar dit niet het geval was kon gebruik worden gemaakt van luchtfoto's³. In het algemeen kwamen er geen interpretatieverschillen naar voren. Wel zijn de volgende vier variabelen anders gescoord:

- **Fietsvoorziening**
Het type fietsvoorziening zal voornamelijk invloed hebben op langsongevallen (vooral het onderscheid eenrichtings- of tweerichtingenfietspad). Het onderscheid tussen fietspaden en fietsstroken kan echter ook van invloed zijn op dwarsongevallen waarbij fietsers linksaf slaan (zie paragraaf 4.4). Bij een kruispunt met een solitair fietspad zijn er per definitie geen langsongevallen en is het aantal ongevallen bij linksafslaan beperkt (de meeste fietsers rijden over het solitaire fietspad als ze de verkeersader oversteken). Om die reden wordt het type fietsvoorziening als 'anders' gescoord bij kruispunten met een solitair fietspad. In het bestand van Bureau Ligtermoet en Partners is geen onderscheid

² Google Street View, december 2009: <http://maps.google.nl/maps>

³ Bing Maps, december 2009: <http://live.maps.com>, optie Bird's eye.

gemaakt in eenrichtings en tweerichtingenfietspaden. Dat onderscheid is toegevoegd aan de hand van de bebording en markering bij de kruispunten.

- Snelheidsremmers voor verkeer dat de zijweg van de verkeersader in- of uitrijdt
In het bestand van Bureau Ligtermoet en Partners is gescoord of de oversteekplaats van fietsers verhoogd is. Dit kenmerk is uitgebreid naar alle mogelijke snelheidsremmers voor voertuigen die de zijweg in- of uitrijden, bijvoorbeeld uitritconstructies (ook als bijvoorbeeld een fietsstrook niet over maar langs de uitritconstructie loopt) en kruispunten op een plateau. Met name bij kruispunten met fietsstroken of gemengd verkeer is daardoor vaker gescoord dat er een snelheidsremmer aanwezig is voor verkeer dat de zijweg in- of uitrijdt.
- Middengeleider
In het bestand van Bureau Ligtermoet en Partners is gescoord of er een middengeleider aanwezig was op de voorrangsweg. Dit kenmerk is verder onderscheiden door een onderscheid te maken in de situatie waarin de fietser gebruik kan maken van een linksafvak dat is ingesloten door middengeleiders (en waarbij de fietser de ruimte deelt met gemotoriseerd verkeer) en een middengeleider met een opstelruimte voor uitsluitend fietsers.
- Oversteeklengte
De oversteeklengte is uitgedrukt in het aantal rijstroken van een verkeersader. Aangezien de linksafvakken geen positieve bijdrage aan de veiligheid van fietsers bleken te leveren zijn deze meegeteld als deze ongeveer de breedte van een normale rijstrook hadden. Smallere stroken waarop een auto zich gedeeltelijk kan opstellen (maar waarbij andere voertuigen in dat geval moeten uitwijken om het linksafslaande voertuig te passeren) zijn niet meegeteld als extra rijstrook. In bijlage III is het smalle linksafvak bij de voorbeelden 7 en 8 niet gescoord als extra over te steken rijstrook, maar zijn de bredere linksafvakken bij de voorbeelden 9 en 10 wel als extra over te steken rijstrook gescoord.

RWS heeft de overige variabelen voor de nieuw toegevoegde kruispunten op dezelfde wijze gescoord als Bureau Ligtermoet en Partners. Dat geldt ook voor het kenmerk uitzicht vanuit de zijweg (gescoord als uitzicht vanaf de zijweg op circa 2 meter vanaf de weg). Voorbeelden van de codering zijn met foto's opgenomen in bijlage III zodat de lezer zich een beeld kan vormen van de wijze waarop de variabelen zijn geoperationaliseerd.

RWS DVS heeft op alle toegevoegde kruispunten in totaliteit 15 minuten geteld buiten de spitsperiodes (tussen 09.00 -16.00 uur). Daarbij zijn alle relevante fiets- en autostromen (naar richting) geteld (zie figuur 5.1). Deze tellingen zijn opgehoogd naar een uurwaarde en vervolgens aan de hand van uurverdelingen voor het auto- en fietsverkeer volgens het Mobiliteitsonderzoek Nederland dat jaarlijks door Rijkswaterstaat wordt uitgevoerd (MON 2004-2007; SWOV, 2009) omgerekend naar een etmaalwaarde. Daarbij is de intensiteit van het fietsverkeer tevens gecorrigeerd voor het feit dat de telling van RWS DVS plaatsvond in de weken van eind november/begin december 2009, terwijl de telling van Ligtermoet en Partners in de zomerperiode van 2009 (maar wel buiten de schoolvakanties in de betreffende steden) plaatsvond. Deze opgehoogde waarde geeft een indicatie van de etmaalintensiteiten op de kruispunten. Blijkens de analyse in paragraaf 5.2 hebben de intensiteiten een goede voorspellende waarde voor ongevallen.

6.2 Kenmerken in relatie tot langs- én dwarsongevallen

In deze subparagraaf komen de kenmerken aan de orde die van invloed kunnen zijn op alle ongevallen, zowel dwarsongevallen als langsongevallen.

Type fietsvoorziening langs de go

Het kenmerk fietsvoorziening wordt getoetst op het totaal aantal ongevallen omdat de aanwezigheid van een fietsstrook zowel van invloed kan zijn op het aantal langsongevallen als op het aantal dwarsongevallen (met name ongevallen met fietsers die linksaf slaan, zie paragraaf 4.4). In tabel 6.2 zijn kruispunten van gebiedsontsluitingswegen met verschillende typen fietsvoorzieningen gepresenteerd. De categorie 'anders' bestaat uit verkeersaders met een gemengd profiel (geen fietsstrook of fietspad), met een parallelweg of het gaat om een kruispunt met een solitair fietspad (zie verder paragraaf 6.1 voor een toelichting op het kenmerk 'fietsvoorziening'). Wat verder opvalt in tabel 6.2 is dat verkeersaders met fietsstroken gemiddeld meer fietsverkeer en minder autoverkeer kennen. De categorie anders kent het minste autoverkeer en fietsverkeer. Dit komt onder meer doordat er een aantal rustigere wegen met een gemengd profiel onder valt. Deze hadden wellicht deels omgebouwd kunnen worden tot erftoegangsweg met gelijkwaardige kruispunten.

De risicoverschillen tussen de categorieën zijn significant. Dit komt met name door het verhoogde risico van kruispunten met tweerichtingenfietspaden. Kruispunten met eenrichtingsfietspaden kennen rekening houdend met intensiteiten circa 20% minder ongevallen dan kruispunten met fietsstroken, maar als deze twee categorieën met elkaar worden vergeleken is het verschil niet significant ($\chi^2(1, N=218) = 1,91; p=0,17$). Bij het vergelijken van fietsstroken en eenrichtingsfietspaden spelen dwarsongevallen een rol. Bij fietsstroken gebeuren in vergelijking met eenrichtingsfietspaden vaker ongevallen waarbij een fietser voorsorteert en wordt aangereden door een achteropkomende auto (zie paragraaf 4.4). Bij de vergelijking van eenrichtings- en tweerichtingenfietspaden mag worden verwacht dat alleen langsongevallen het verschil bepalen. Een vergelijking tussen deze twee categorieën op langsongevallen toont inderdaad eveneens een significant verband ($\chi^2(1, N=92) = 5,40; p=0,020$). In vergelijking met eenrichtingsfietspaden zijn er ruim de helft meer langsongevallen op tweerichtingenfietspaden.

Tabel 6.2 Effect van fietsvoorzieningen langs de gow

Type fietsvoorziening	Aantal kruispunten	Gemiddelde etmaalintensiteit		Aantal fietsongevallen		Relatief risico ²
		gemotoriseerd verkeer	fietsverkeer	voorspeld ¹	werkelijk	
fietsstrook	157	7.525	2.946	101,90	105	1,03
eenrichtingsfietspad	206	10.328	2.451	132,23	113	0,85
twee richtingen fietspad	55	9.972	2.752	42,66	60	1,41
anders	86	6.790	1.828	41,2	40	0,97
Totaal	504	8.812	2.532	318,0	318	1,00

¹ Aantal ongevallen voorspeld o.b.v. model A, zie paragraaf 5.2

² De verschillen zijn significant; $\chi^2(3, N=318) = 9,97$; $p=0,019$

Type kruispunt

In tabel 6.3 zijn drie- en viertakskruispunten vergeleken. Op drietakskruispunten blijken, rekening houdend met intensiteiten circa eenderde minder ongevallen te gebeuren dan op viertakskruispunten. Het verschil is te klein om te verwachten dat het vervangen van één viertakskruispunt door twee drietakskruispunten veiligheidswinst zal opleveren. Zoals toegelicht in paragraaf 5.4 heeft het voordelen om verkeer te bundelen. Bij een viertakskruispunt wordt verkeer gebundeld. Het voordeel van een drietakskruispunt valt ongeveer weg tegen het voordeel van bundeling van verkeer op een viertakskruispunt. Hiervoor is een voorbeeld doorgerekend met model A (zie tabel 5.1) waarbij het fietsverkeer van twee drietakskruispunten gebundeld wordt op één viertakskruispunt en waarbij wordt uitgegaan van dezelfde intensiteit van het gemotoriseerde verkeer. Het voordeel van bundeling van het fietsverkeer naar één kruispunt levert een ongevalbesparing van ongeveer eenderde⁴.

Tabel 6.3 Effect type kruispunt: drie- en viertakskruispunten

Type kruispunt	Aantal kruispunten	Gemiddelde etmaalintensiteit		Aantal fietsongevallen		Relatief risico ²
		gemotoriseerd verkeer	fietsverkeer	voorspeld ¹	werkelijk	
viertakskruispunt	168	8.670	2.901	112,1	134	1,20
drietakskruispunt	290	9.273	2.495	186,9	165	0,88
Totaal	458	8.812	2.532	299,0	299	1,00

¹ Aantal ongevallen voorspeld o.b.v. model A, zie paragraaf 5.2

² De verschillen zijn significant; $\chi^2(1, N=299) = 6,9$; $p<0,01$

⁴ In model A is de exponent voor fietsverkeer 0,47. Het voordeel van bundeling kan worden berekend als twee maal het voorspelde aantal ongevallen op een kruispunt met intensiteit i minus het voorspelde aantal ongevallen op één kruispunt met intensiteit $2*i$. Het verschil is onafhankelijk van de waarde van i . Als i gelijk is aan 10, dan is het verschil procentueel: $(2*(10^{0,47}) - (2i)^{0,47}) / 2*(10^{0,47}) = (2*(10^{0,47}) - (20)^{0,47}) / 2*(10^{0,47}) = (5,9-4,1)/5,9=31\%$.

De vergelijking van kruispunten met een solitair fietspad met andere kruispunten (drie- en viertakskruispunten) is uitgevoerd op dwarsongevallen. Op kruispunten met een solitair fietspad gebeuren per definitie geen langsongevallen. Het kruispunt met een solitair fietspad kent, rekening houdend met intensiteiten meer ongevallen maar het verschil is niet significant, zie tabel 6.4.

Tabel 6.4 Effect type kruispunt: kruispunt met een solitair fietspad vergeleken met drie- en viertakskruispunten

Type kruispunt	Aantal kruispunten	Gemiddelde etmaalintensiteit		Aantal dwarsongevallen		Relatief risico ²
		gemotoriseerd verkeer (langs gow)	fietsverkeer (de gow overstekend)	voorspeld ¹	werkelijk	
drie- of viertaks solitair fietspad (koude oversteek)	459 45	6.814 6.587	867 1.262	132,3 17,7	131 19	0,99 1,07
Totaal	504	6.794	903	150,0	150	1,00

¹ Aantal ongevallen voorspeld o.b.v. model C, zie paragraaf 5.2

² De verschillen zijn niet significant (chikwadraattoets met continuïteitscorrectie); $\chi^2(1, N=150) = 0,11$; $p=0,84$

Snelheidsremmer op de gebiedsontsluitingsweg

Er kan een snelheidsremmer op een kruispunt worden toegepast in de vorm van een kruispunt op plateau of een drempel voor het kruispunt. Het eerste komt het meeste voor. Daarbij wordt zowel het verkeer op de verkeersader als het verkeer in en uit de zijweg afgeremd. Bij een drempel vòòr het kruispunt wordt alleen het verkeer op de verkeersader zelf afgeremd. Bij kruispunten met een snelheidsremmer gebeuren er minder ongevallen dan bij kruispunten zonder snelheidsremmer, maar het verschil is niet significant, zie tabel 6.5.

Bij kruispunten met een drempel is de intensiteit van het autoverkeer gemiddeld lager en de intensiteit van het fietsverkeer hoger. De lagere intensiteit van het gemotoriseerde verkeer komt doordat een kruispunt op een plateau met enige regelmaat wordt toegepast op rustigere verkeersaders met een gemengd profiel (zonder fietsstrook of fietspad). De hogere intensiteit van het fietsverkeer komt doordat kruispunten met een solitair fietspad regelmatig op een drempel worden ontworpen. Deze fietspaden kennen relatief hoge intensiteiten van het fietsverkeer.

Tabel 6.5 Effect van een snelheidsremmer op de gebiedsontsluitingsweg op het aantal oversteekongevallen met fietsers

Type kruispunt	Aantal kruispunten	Gemiddelde etmaalintensiteit		Aantal fietsongevallen		Relatief risico ²
		gemotoriseerd verkeer	fietsverkeer	voorspeld ¹	werkelijk	
geen snelheidsremmer	418	9.247	2.462	263,2	268	1,02
drempel voor kruispunt of kruispunt op plateau	86	6.700	2.871	54,8	50	0,91
Totaal	504	8.812	2.531	318,0	318	1,00

¹ Aantal ongevallen voorspeld o.b.v. model A, zie paragraaf 5.2

² De verschillen zijn niet significant; $\chi^2(1, N=318) = 0,50$; $p=0,48$

Aangezien van de snelheidsremmer op de gebiedsontsluitingsweg wel een significant positief effect verwacht was zijn enkele aanvullende analyses uitgevoerd. De analyse is op dezelfde wijze herhaald als in tabel 6.5 voor langs en

dwarsongevallen. Dit leverde enkele interessante resultaten. Kruispunten met een snelheidsremmer op de verkeersader kennen een significante reductie van het aantal langsongevallen waarbij een fietser wordt aangereden door een auto die de zijweg in- of uitrijdt ($\chi^2(1, N=168) = 9,95$; $p < 0,01$). Anderzijds blijken er rekening houdend met de intensiteiten meer dwarsongevallen voor te komen bij kruispunten met een snelheidsremmer op de verkeersader, maar dit verschil is niet significant ($\chi^2(1, N=150) = 1,90$; $p = 0,17$). De snelheidsremmer remt vooral het autoverkeer. Waar het autoverkeer voorrang moet verlenen (bij de 'langsongevallen') heeft de snelheidsremmer een effect.

Om meer inzicht te krijgen in de dwarsongevallen is de laatste analyse op de snelheidsremmer herhaald en uitgesplitst naar enerzijds drie- en viertakskruispunten en anderzijds kruispunten met een solitair fietspad. Daaruit blijkt dat, afgezet tegen intensiteiten, met name het kruispunt met een solitair fietspad een verhoogd aantal dwarsongevallen kent als er een snelheidsremmer op de gebiedsontsluitingsweg is aangelegd (een verhoging van bijna 40%). Ondanks de kleine aantallen is het verschil bijna significant (chikwadraattoets met continuïteitscorrectie: $\chi^2(1, N=19) = 2,73$; $p = 0,098$). Bij drie- en viertakskruispunten gaat het slechts om een beperkt verhoogd aantal dwarsongevallen. Fietzers op deze kruispunten profiteren bij de aanwezigheid van een snelheidsremmer per saldo behoorlijk van het gereduceerde aantal langsongevallen.

Zoals in tabel 6.5 te zien is, werd er op 86 van de onderzochte kruispunten een snelheidsremmer toegepast. Daarbij ging het in 61 gevallen om een kruispuntsvlak op een plateau en in 25 gevallen om een drempel vòòr het kruispunt. Het aantal dwarsongevallen overtreft het voorspelde aantal ongevallen bij kruispunten met een plateau, terwijl het aantal dwarsongevallen lager is dan het voorspelde aantal ongevallen op de kruispunten met een drempel vòòr het kruispunt. Hoewel het verschil tussen beide varianten niet significant is ($\chi^2(1, N=38) = 0,78$; $p = 0,38$), kan het wel interessant zijn bij de interpretatie van de resultaten. Het is interessant om te vermelden dat er geen ongevallen gebeurden op de drie kruispunten met een solitair fietspad met een drempel vòòr het kruispunt.

Linksafvak voor linksafslaande voertuigen

In onderzoek buiten de bebouwde kom is een relatie gevonden tussen de aanwezigheid van linksafvakken voor gemotoriseerd verkeer en oversteekongevallen met fietsers. In dit onderzoek is deze relatie getoetst binnen de bebouwde kom. De manoeuvres van linksafslaande automobilisten en (bij aanwezigheid van middengeleiders) fietsers die de ader dwars oversteken zijn minder complex als er een linksafvak is. De verwachte verbetering van de veiligheid is niet bevestigd in dit onderzoek. Op kruispunten met een linksafvak blijken er rekening houdend met intensiteiten significant meer ongevallen te gebeuren. Het verschil in aantal ongevallen is circa 25%, zie tabel 6.6.

Tabel 6.6 Effect van linksafvakken voor voertuigen die linksafslaan op het aantal oversteekongevallen met fietsers

Linksafvak	Aantal kruispunten	Gemiddelde etmaalintensiteit		Aantal fietsongevallen		Relatief risico ²
		gemotoriseerd verkeer	fietsverkeer	voorspeld ¹	werkelijk	
aanwezig	144	11.467	2.663	108,4	126	1,16
niet aanwezig	311	7.972	2.656	190,6	173	0,91
Totaal	455	9.078	2.658	299,0	299	1,00

¹ Aantal ongevallen voorspeld o.b.v. model A, zie paragraaf 5.2² De verschillen zijn significant; $\chi^2(1, N=299) = 4,5$; $p=0,034$

6.3 Kenmerken in relatie tot langsongevallen

In deze subparagraaf komen de kenmerken aan de orde die van invloed kunnen zijn op 'langsongevallen', ongevallen waarbij de fietser de zijweg van de verkeersader oversteekt en wordt aangereden door een voertuig dat de zijweg in of uitrijdt. De aanwezigheid van een tweerichtingenfietspad heeft een invloed op het aantal langsongevallen en is reeds behandeld in paragraaf 6.2 onder type fietsvoorziening.

Snelheidsremmers voor gemotoriseerd verkeer in en uit de zijweg

Om het gemotoriseerde verkeer te remmen dat de zijweg van een verkeersader in- en uitrijdt worden verschillende typen snelheidsremmers toegepast. Fietspaden worden over drempels of uitritconstructies geleid. Bij fietsstroken biedt een uitritconstructie eveneens de gelegenheid om verkeer dat de zijweg in- of uitrijdt te remmen. Verder kan het eerder genoemde kruispuntsvlak op een plateau worden gerekend tot de mogelijkheden om het verkeer uit (onder andere) de zijstraat te remmen. Voor zowel kruispunten met fietspaden als met fietsstroken geldt dat een snelheidsremmer het aantal langsongevallen significant vermindert, zie tabel 6.7. De mogelijke besparingen lijken aanzienlijk, bij kruispunten met fietspaden circa 40%. Bij kruispunten met fietsstroken lijkt de winst nog groter, maar het aantal ongevallen op kruispunten met snelheidsremmer is hierbij nogal klein zodat geen betrouwbaar effectpercentage genoemd kan worden.

Tabel 6.7 Effect van snelheidsremmers voor verkeer dat de zijweg in- en uitrijdt

Tabel 57: Effect van snelheidsremmers voor verkeer dat de zijweg in- en uitgaat						
Snelheidsremmer voor verkeer in en uit de zijweg	Aantal kruispunten	Gemiddelde etmaalintensiteit gemotoriseerd verkeer (afslaand)	fietsverkeer (langs gow)	Aantal langsongevallen voorspeld ¹	werkelijk	Relatief risico ²
Kruispunten met fietsstroken						
niet aanwezig	118	2.166	1.554	41,3	50	1,21
aanwezig	33	2.224	2.323	13,7	5	0,36
Totaal	151	2.179	1.722	55,0	55	1,00
Kruispunten met fietspaden						
niet aanwezig	130	2.724	1.192	50,3	60	1,19
aanwezig	118	1.926	1.939	40,7	31	0,76
Totaal	248	2.344	1.548	91,0	91	1,00

¹ Aantal ongevallen voorspeld o.b.v. model B, zie paragraaf 5.2² De verschillen zijn significant: fietsstroken $\chi^2(1, N=55) = 6,60$; $p<0,01$; fietspaden $\chi^2(1, N=91) = 4,21$; $p=0,040$. Op de toets voor fietsstroken is een continuïteitscorrectie toegepast.

Kleur en markering

Door de oversteekplaats waar een fietspad of fietsstrook over een zijweg geleid wordt een markering en kleur te geven kan het verkeer dat de zijweg in of uitrijdt

op overstekende fietsers worden geattendeerd. In tabel 6.8 en 6.9 is, uitgesplitst naar kruispunten met een fietsstrook of fietspad het verband weergegeven. Tegen de verwachting in gebeuren er meer ongevallen op kruispunten met een fietsstrook of fietspad waar de oversteekplaats met een goede markering of een rode kleur over de zijweg geleid wordt. In tabel 6.9 zijn de verschillen niet significant. Als wordt getoetst zonder uitsplitsing naar fietspaden en fietsstroken zijn ook deze verschillen significant ($\chi^2(1, N=156) = 4,18$; $p=0,041$). De toetsen op beide kenmerken zijn gecombineerd door de kruispunten met een combinatie van een goede markering en een oversteek met een rode kleur te toetsen tegen de andere kruispunten. De kruispunten met de combinatie kleur en goede markering hebben significant meer ongevallen ($\chi^2(1, N=156) = 11,62$; $p<0,001$).

Tabel 6.8 Effect van markering van de oversteekplaats waar een fietsstrook- of pad een zijweg kruist op het aantal langsongevallen

een zijweg kruist op het aantal langsongevallen						
Kwaliteit van de markering:	Aantal kruispunten	Gemiddelde etmaalintensiteit gemotoriseerd verkeer (afslaand)	fietsverkeer (langs gow)	Aantal langsongevallen voorspeld ¹ werkelijk		Relatief risico ²
Kruispunten met fietsstroken						
goed	20	2.821	1.615	10,4	14	1,35
matig of slecht	97	1.792	1.728	35,1	38	1,08
geen	38	2.702	1.884	18,5	12	0,65
Totaal	155	2.148	1.752	64,0	64	1,00
Kruispunten met fietspaden						
goed	125	2.746	1.478	51,8	66	1,27
matig of slecht	49	2.766	1.469	21,3	21	0,99
geen	76	1.383	1.712	18,9	5	0,26
Totaal	250	2.336	1.548	92,0	92	1,00

¹ Aantal ongevallen voorspeld o.b.v. model B, zie paragraaf 5.2

² De verschillen zijn niet significant voor fietsstroken $\chi^2(1, N=64) = 3,06$; $p=0,22$; wel voor fietspaden $\chi^2(1, N=92) = 13,15$; $p<0,01$. Op de toetsen is een continuïteitscorrectie toegepast.

Tabel 6.9 Effect van de kleur van de oversteekplaats waar een fietsstrook of -pad een zijweg kruist op het aantal langsongevallen

een zijweg kruist op het dak van langsongevallen						
Kleur	Aantal kruispunten	Gemiddelde etmaalintensiteit gemotoriseerd verkeer (afslaand)	fietsverkeer (langs gow)	voorspeld ¹	werkelijk	Relatief risico ²
Kruispunten met fietsstroken						
rood	106	1.932	1.725	41,1	45	1,09
geen	50	2.616	1.800	22,9	19	0,83
Totaal	156	2.151	1.749	64,0	64	1,00
Kruispunten met fietspaden						
rood	244	2.036	1.747	89,4	102	1,14
geen	173	2.551	1.398	66,6	54	0,81
Totaal	417	2.250	1.602	156,0	156	1,00

¹ Aantal ongevallen voorspeld o.b.v. model B, zie paragraaf 5.2

² De verschillen zijn niet significant: fietsstroken $\chi^2(1, N=64) = 0,77$; $p=0,38$; fietspaden $\chi^2(1, N=92) = 2,92$; $p=0,087$. Op de toets voor fietsstroken is een continuïteitscorrectie toegepast.

Snelheidsremmers blijken bij te dragen aan een significante en aanzienlijke reductie van het aantal langsongevallen. Gemeenten combineren de toepassing van een snelheidsremmer vaak met een goede kleur en markering, zie tabel 6.10. Blijkbaar passen wegbeheerders vaak een combinatie van maatregelen toe om de veiligheid te verbeteren.

Tabel 6.10 Het effect van de combinatie van een snelheidsremmer met een goede markering en kleur op de oversteekplaats

Snelheidsremmer Kleur en markering	Aantal kruispunten ¹			Rijpercentages		
	Niet aanwezig	Wel aanwezig	Totaal	Niet aanwezig	Wel aanwezig	Totaal
kleur én goede markering	36	34	70	51%	49%	100%
anders	239	127	366	65%	35%	100%
Totaal	275	161	436	63%	37%	100%

¹ De verschillen zijn significant $\chi^2(1, N=436) = 4,86$; $p=0,028$

De vraag is of de analyse voor het effect van kleur en markering is vertekend door de samenhang met de aanwezigheid van snelheidsremmers. Om dat te toetsen is de analyse herhaald maar dan uitgesplitst naar kruispunten met of zonder snelheidsremmer voor het verkeer uit de zijweg. Deze analyse geeft ongeveer hetzelfde resultaat. Binnen de groep van kruispunten zonder snelheidsremmer voor verkeer in en uit de zijweg scoren kruispunten met een goede markering en rode kleur significant slechter ($\chi^2(1, N=119) = 8,06$; $p<0,01$). Binnen de groep van kruispunten met snelheidsremmer scoren de kruispunten met een goede markering en rode kleur slechter, maar het verschil is niet significant (chikwadrattoets met continuïteitscorrectie: $\chi^2(1, N=39) = 3,65$; $p=0,057$). De slechte score van kleur en markering is dus niet te wijten aan de samenhang met de aanwezigheid van snelheidsremmers op het kruispunt.

Zicht voor verkeer uit de zijweg op de voorrangsweg

Wanneer het verkeer uit de zijweg een goed zicht heeft op het verkeer op (en de fietsers die rijden langs) de voorrangsweg kan dit een effect hebben op het aantal langsongevallen. In deze studie is uitgegaan van het 'oprijzicht': zicht vanaf de zijweg op circa 2 meter vanaf de weg. In tabel 6.11 is het aantal langsongevallen bij kruispunten met een goed zicht vergeleken met kruispunten met een slecht of belemmerd zicht. De verschillen zijn niet significant. Ook zonder het onderscheid naar fietspaden en fietsstroken zijn de verschillen niet significant ($\chi^2(1, N=168) = 1,85$; $p=0,17$). Aangezien het gaat om slecht zicht uit de zijstraat zou verwacht mogen worden dat dit vooral een effect heeft op ongevallen waarbij een fietser die langs de verkeersader rijdt wordt aangereden door een voertuig uit de zijstraat. De analyse is herhaald voor dit type ongeval. Dit levert hetzelfde resultaat: iets meer ongevallen bij een slecht zicht maar geen significant verschil ($\chi^2(1, N=119) = 0,49$; $p=0,48$).

Tabel 6.11 Effect uitzicht vanuit de zijweg op het aantal langs ongevallen

Tabel 6.11 Effect uitzicht vanuit de zijweg op het aantal langs ongevallen						
Zicht vanuit de zijstraat	Aantal kruispunten	Gemiddelde etmaalintensiteit gemotoriseerd verkeer (afslaand) fietsverkeer (langs gow)		Aantal langsongevallen voorspeld ¹ werkelijk		Relatief risico ²
Kruispunten met fietsstroken						
goed	116	2.227	1.696	48.5	42	0,87
slecht of belemmerd	40	1.932	1.902	15.5	22	1,42
Totaal	156	2.151	1.749	64.0	64	1,00
Kruispunten met fietspaden						
goed	206	2.304	1.482	73.5	73	0,99
slecht of belemmerd	55	2.328	1.635	18.5	19	1,03
Totaal	261	2.309	1.514	92.0	92	1,00

¹ Aantal ongevallen voorspeld o.b.v. model B, zie paragraaf 5.2

² De verschillen zijn niet significant: fietsstroken $\chi^2(1, N=64) = 3,6$; $p=0,058$; fietspaden $\chi^2(1, N=92) = 0,02$; $p=0,90$

De aantallen zijn te klein om de analyse uit te splitsen naar eenrichtings- en tweerichtingenfietspaden. De analyse in paragraaf 4.3 heeft echter uitgewezen dat er significant vaker sprake is van een zichtbeperking voor voertuigen uit een zijweg bij langsongevallen waarbij de fietser links van de weg rijdt. Dat lijkt erop te wijzen dat een zichtbeperking wel een risicofactor is bij tweerichtingenfietspaden waar fietsers relatief vaak links van de weg rijden. Daarbij moet echter opgemerkt worden dat de zichtbeperking in paragraaf 4.3 anders is gedefinieerd, namelijk vanuit een positie van 15 meter vòòr de voorrangsweg of het fietspad. In het onderzoek dat in dit hoofdstuk is gepresenteerd is de zichtbeperking gedefinieerd op basis van het oprijzicht op 2 meter vòòr de weg.

Afstand van fietspaden tot de weg

Zoals te zien is in tabel 6.12 gebeuren er rekening houdend met intensiteiten, de minste ongevallen op fietspaden die twee tot vijf meter van de weg aflaggen. Aanliggende fietspaden scoren het slechtst met circa 40% meer ongevallen dan op andere fietspaden. De verschillen zijn net niet significant. Als de aanliggende fietspaden worden vergeleken met de fietspaden op een afstand van twee tot vijf meter dan is het verschil wel significant ($\chi^2(1, N=56) = 4,9$; $p=0,027$). Kruispunten met fietsstroken zijn voor de volledigheid in tabel 6.12 opgenomen, maar aangezien de fietspaden niet zijn onderscheiden naar eenrichtings- en

tweerichtingenfietspaden is een vergelijking met fietspaden op basis van deze tabel niet te maken.

Tabel 6.12 Effect van de afstand van de oversteekplaats waar een fietspad de zijweg kruist op het aantal langsongevallen

Afstand fietspad - weg	Aantal kruispunten	Gemiddelde etmaalintensiteit		Aantal langsongevallen		Relatief risico ²
		gemotoriseerd verkeer (afslaand)	fietsverkeer (langs gow)	voorspeld ¹	werkelijk	
fietsstrook	155	2.165	1.738	60,5	64	1,06
0 - 2 meter	42	2.149	1.456	15,6	22	1,41
2- 4 meter	113	2.375	1.631	43,8	34	0,78
meer dan 5 meter	80	2.456	1.528	32,1	32	1,00
Totaal	235	2.362	1.565	152,0	152	1,00

¹ Aantal ongevallen voorspeld o.b.v. model B, zie paragraaf 5.2

² De verschillen zijn niet significant $\chi^2(3, N=152) = 5,0$; $p=0,17$

6.4 Kenmerken in relatie tot dwarsongevallen

In deze subparagraaf komen de kenmerken aan de orde die van invloed kunnen zijn op 'dwarsongevallen', ongevallen waarbij de fietser de verkeersader oversteekt en wordt aangereden door een voertuig dat over de verkeersader rijdt. Eerder in dit hoofdstuk kwam in relatie tot dwarsongevallen het type kruispunt aan bod, waarbij bleek dat er iets meer (maar niet significant meer) dwarsongevallen gebeuren op kruispunten met solitaire fietspaden. Vanwege deze bevinding is er ook in deze subparagraaf speciale aandacht voor dit type kruispunt.

Oversteeklengte

Rekening houdend met intensiteiten blijkt het aantal dwarsongevallen niet sterk samen te hangen met de oversteeklengte, zie tabel 6.13. In deze studie is de oversteeklengte uitgedrukt in het aantal rijstroken van de gebiedsontsluitingsweg dat een fietser in totaal moet oversteken (inclusief brede linksafvakken voor gemotoriseerd verkeer als overstekende fietsers daarvan gebruik moeten maken). In figuur 6.1 is dat bijvoorbeeld vier rijstroken. In tabel 6.14 is de analyse uitgesplitst naar kruispunten met solitaire fietspaden en andere kruispunten. Hieruit blijkt dat er op drie- en viertakskruispunten bij een oversteeklengte van drie of meer rijstroken meer dwarsongevallen gebeuren dan bij een oversteeklengte van twee rijstroken, maar het verschil is klein en niet significant. Bij kruispunten met solitaire fietspaden kunnen geen zinvolle uitspraken worden gedaan ten aanzien van de oversteeklengte aangezien slechts twee van deze kruispunten een oversteeklengte van meer dan twee rijstroken hadden. Verder in deze paragraaf (zie tabel 6.18) is een analyse gepresenteerd die rekening houdt met de aanwezigheid van een middengeleider waardoor fietsers in fasen kunnen oversteken.

Tabel 6.13 Effect van oversteeklengte op het aantal dwarsongevallen

Oversteeklengte	Aantal kruispunten	Gemiddelde etmaalintensiteit gemotoriseerd fietsverkeer (de verkeer (over gow) gow overstekend)		Aantal dwarsongevallen		Relatief risico ²
		voorspeld ¹	werkelijk	voorspeld ¹	werkelijk	
twee rijstroken	356	5.752	855	92,5	93	1,01
meer dan twee rijstroken	145	9.232	1.023	57,5	57	0,99
Totaal	501	6.759	903	150,0	150	1,00

¹ Aantal ongevallen voorspeld o.b.v. model C, zie paragraaf 5.2² De verschillen zijn niet significant: $\chi^2(1, N=150) = 0,01$; $p=0,94$

Tabel 6.14 Effect van oversteeklengte op het aantal dwarsongevallen, onderscheiden naar type kruispunt

Onderscheiden naar type kruispunt						
	Aantal kruispunten	Gemiddelde etmaalintensiteit gemotoriseerd fietsverkeer (de verkeer (over gow) gow overstekend)		Aantal dwarsongevallen voorspeld ¹ werkelijk		Relatief risico ²
Drie- en viertakskruispunten						
twee rijstroken	254	5.845	750	76,0	74	0,97
meer dan twee rijstroken	201	7.962	1.019	55,0	57	1,04
Totaal	455	6.780	869	131,0	131	1,00
Kruispunten met solitaire fietspaden						
twee rijstroken	44	6.296	1.189	16,9	19	1,12
meer dan twee rijstroken	2	12.298	2.413	2,1	0	0,00
Totaal	46	6.557	1.242	19,0	19	1,00

¹ Aantal ongevallen voorspeld o.b.v. model C, zie paragraaf 5.2² De verschillen zijn niet significant bij drie- en viertakskruispunten $\chi^2(1, N=131) = 0,12$; $p=0,73$; bij kruispunten met solitaire fietspaden kan geen chi-kwadraattoets worden toegepast vanwege een te klein aantal per cel

Bij de meeste ongevallen bevat het registratieformulier van de politie weinig informatie over ongevaloorzaken. Uitgebreidere informatie was wel opgenomen over twee dwarsongevallen die gebeurden op het kruispunt dat is afgebeeld in figuur 6.1. In het eerste geval gebaarde een automobilist die op de strook voor rechtdoor in de file stond een fietser om over te steken (op de foto van rechts naar links). Ze werd vervolgens aangereden door een auto op de linksafstrook. Een tweede fietser wilde op dezelfde oversteekplaats tussen een file van auto's doorrijden (op de foto van links naar rechts), maar werd aangereden door een auto die illegaal inhaalde via de busstrook. Dat het risico bij een grotere oversteeklengte niet sterker verhoogd is hangt mogelijk samen met voorzichtigheid van fietsers.



Figuur 6.1 Kruispunt waar twee oversteekongevallen gebeurden die gerelateerd waren aan de oversteeklengte

Middengeleider

Als een kruispunt voorzien is van middengeleiders kunnen fietsers zich bij het oversteken van de verkeersader beschermd opstellen en de oversteek in twee etappen uitvoeren. Daarbij zijn er grofweg twee mogelijkheden. Ten eerste kan er tussen de middengeleiders een opstelvak voor linksafslaande auto's worden gecreëerd waarvan ook fietsers gebruik kunnen maken. Ten tweede kan er als onderdeel van een middengeleider een ruimte worden gecreëerd voor uitsluitend fietsers, veelal aansluitend op een fietspad vanaf de zijweg. Bij de eerste variant hebben fietsers te maken met linksafslaande auto's, bij de tweede variant niet.

De relatie tussen de aanwezigheid van een middengeleider en het aantal dwarsongevallen is weergegeven in tabel 6.15. Rekening houdend met intensiteiten gebeuren de minste dwarsongevallen op kruispunten zonder middengeleider. De meeste ongevallen gebeuren op kruispunten met een linksafvak voor gemotoriseerde voertuigen tussen middengeleiders waarvan ook fietsers gebruik kunnen maken. De verschillen zijn niet significant. In tabel 6.16 is de analyse uitgesplitst naar kruispunten met solitaire fietspaden en andere kruispunten. Hieruit blijkt dat op drie- en viertakskruispunten de minste ongevallen gebeuren als er een middengeleider is voor uitsluitend fietsers. De verschillen zijn niet significant.

Tabel 6.15 Effect van een middengeleider op het aantal dwarsongevallen

Middengeleider	Aantal kruispunten	Gemiddelde etmaalintensiteit		Aantal dwarsongevallen		Relatief risico ²
		gemotoriseerd verkeer (over gow)	fietsverkeer (de gow overstekend)	voorspeld ¹	werkelijk	
niet aanwezig	268	6.314	747	61,88	56	0,91
opstelvak voor auto's ingesloten door middengeleiders	122	6.335	1.075	42,09	49	1,16
middengeleider voor fietsers	112	8.452	1.087	46,03	45	0,98
Totaal	502	6.794	903	150,00	150	1,00

¹ Aantal ongevallen voorspeld o.b.v. model C, zie paragraaf 5.2² De verschillen zijn niet significant: $\chi^2(1, N=150) = 1,72$; $p=0,42$

Tabel 6.16 Effect van een middengeleider op het aantal dwarsongevallen

tabel 6.12 Effect van een middengeleider op het aantal dwarsongevallen						
	Aantal kruispunten	Gemiddelde etmaalintensiteit gemotoriseerd fietsverkeer (de verkeer (over gow) gow overstekend)		Aantal dwarsongevallen voorspeld ¹ werkelijk		Relatief risico ²
Drie- en viertakskruispunten						
niet aanwezig	256	6.417	716	57,8	54	0,93
opstelvak voor auto's ingesloten door middengeleiders	121	6.343	1.081	41,6	49	1,18
middengeleider voor fietsers	78	8.888	1.039	31,6	28	0,89
Totaal	455	6.818	868	131,0	131	1,00
Kruispunten met solitaire fietspaden						
niet aanwezig	12	4.023	1.368	3,93	2	0,51
middengeleider voor fietsers	34	7.452	1.197	15,07	17	1,13
Totaal	46	6.557	1.242	19,00	19	1,00

¹ Aantal ongevallen voorspeld o.b.v. model C, zie paragraaf 5.2² De verschillen zijn niet significant bij drie- en viertakskruispunten $\chi^2(2, N=131) = 1,99$, $p=0,37$; bij kruispunten met solitaire fietspaden kan niet worden getoetst wegens te lage aantallen

De analyse in tabel 6.16 lijkt erop te wijzen dat de middengeleider bij kruispunten met een solitair fietspad een negatief effect heeft op de oversteekveiligheid van fietsers. Uit een aanvullende analyse blijkt echter dat dit is toe te schrijven aan de slechte score van solitaire fietspaden die op een drempel over de verkeersader worden geleid. Op kruispunten met een solitair fietspad met middengeleider maar zonder snelheidsremmer gebeuren minder ongevallen. De aantallen zijn te klein voor een statistische toets maar bij de interpretatie van de resultaten en voor eventueel vervolgonderzoek zijn deze bevindingen mogelijk relevant.

Middengeleider en oversteeklengte

Met een middengeleider kan een fietser in fasen oversteken, waardoor een grotere oversteeklengte mogelijk minder invloed heeft. Om dit te onderzoeken is een

analyse uitgevoerd waarbij rekening wordt gehouden met zowel de oversteeklengte als de aanwezigheid van een middengeleider. Voor deze aanvullende analyse is de oversteeklengte anders gescoord dan in andere analyses. Als er een middengeleider is voor uitsluitend fietsers en als de fietser bij afwezigheid daarvan gebruik had moeten maken van een breed linksafvak voor gemotoriseerd verkeer, dan is dit opstelvak gescoord als een extra over te steken rijstrook (in tegenstelling tot eerdere analyses). Het is tenslotte te danken aan de middengeleider dat de oversteeklengte beperkt blijft (één rijstrook minder). Bij kruispunten met solitaire fietspaden is dat nooit het geval. Daar wordt de middengeleider in alle gevallen uitsluitend voor fietsers aangelegd. Zou er geen middengeleider zijn, dan hadden fietsers geen linksafvak hoeven over te steken.

In tabel 6.17 is het voorspelde en werkelijke aantal dwarsongevallen uitgesplitst naar kruispunten met twee rijstroken en kruispunten met meer dan twee rijstroken. Hieruit blijkt dat er op kruispunten met twee rijstroken de minste ongevallen gebeuren als er geen middengeleider is. Bij kruispunten met drie of meer rijstroken is het verband omgekeerd. De kruispunten met een middengeleider voor uitsluitend fietsers zijn het veiligste, maar het verband is niet significant. Een opstelvak voor linksafslaande gemotoriseerde voertuigen scoort bij zowel een kortere als een langere oversteeklengte.

Tabel 6.17 Effect van een middengeleider op het aantal dwarsongevallen bij een oversteeklengte van 2 rijstroken of meer dan 2 rijstroken

oversteeklengte van 2 rijstroken of meer dan 2 rijstroken						
	Aantal kruispunten	Gemiddelde etmaalintensiteit gemotoriseerd fietsverkeer (de verkeer (over gow) gow overstekend)		Aantal dwarsongevallen voorspeld ¹ werkelijk		Relatief risico ²
Middengeleider						
Kruispunten met een oversteeklengte van twee rijstroken						
niet aanwezig	219	5.414	758	49,1	41	0,84
opstelvak voor auto's ingesloten door middengeleiders	58	4.935	1.059	18,2	22	1,21
middengeleider voor fietsers	53	7.326	984	18,7	23	1,23
Totaal	330	5.637	847	86	86	1,00
Kruispunten met een oversteeklengte van meer dan twee rijstroken						
niet aanwezig	48	10.503	703	13,8	15	1,09
opstelvak voor auto's ingesloten door middengeleiders	63	7.280	1.102	23,3	27	1,16
middengeleider voor fietsers	60	9.393	1.165	26,9	22	0,82
Totaal	171	8.926	1.012	64,0	64	1,00

¹ Aantal ongevallen voorspeld o.b.v. model C, zie paragraaf 5.2

² De verschillen zijn niet significant: $\chi^2(2, N=64) = 3,1$, $p=0,21$ bij twee rijstroken; $\chi^2(2, N=86) = 1,2$, $p=0,55$ bij drie of meer rijstroken. Op de toets op kruispunten met meer dan twee rijstroken is een continuïteitscorrectie toegepast.

Bij de analyses is het aantal rijstroken telkens uitgesplitst naar twee rijstroken en drie of meer rijstroken. In de analyse in tabel 6.18 is daaraan vier of meer rijstroken

toegevoegd. Dat is interessant omdat de grotere oversteeklengte bij vier of meer rijstroken altijd mede ontstaat door minimaal één extra doorgaande rijstrook. Bij een oversteeklengte van vier of meer rijstroken creëren de meeste wegbeheerders een opstelruimte voor uitsluitend fietsers in een middengeleiders, als ze middengeleiders toepassen. Daarom is de aanvullende analyse alleen uitgesplitst naar kruispunten met en zonder middengeleider met opstelruimte voor uitsluitend fietsers. De analyse levert hetzelfde beeld. De kruispunten met een oversteeklengte van drie of meer rijstroken op de verkeersader zijn veiliger als er een middengeleider voor uitsluitend fietsers wordt aangelegd.

Tabel 6.18 Effect van oversteeklengte bij kruispunten met en zonder middengeleider met opstelruimte voor uitsluitend fietsers

met opstelruimte voor uitsluitend fietsers						
Aantal rijstroken gow	Aantal kruispunten	Gemiddelde etmaalintensiteit gemotoriseerd fietsverkeer (de verkeer (over gow) gow overstekend)		Aantal dwarsongevallen voorspeld ¹ werkelijk		Relatief risico ²
Kruispunten zonder een middengeleider met opstelruimte voor uitsluitend fietsers						
twee	277	5.314	821	65,8	63	0,96
drie	93	7.986	932	31,5	35	1,11
vier of meer	18	12.228	914	7,7	7	0,91
Totaal	388	6.275	852	105,0	105	1,00
Kruispunten met een middengeleider met opstelruimte voor uitsluitend fietsers						
twee	53	7.326	984	17,6	23	1,31
drie	32	7.316	972	11,2	9	0,80
vier of meer	28	11.766	1.386	16,2	13	0,80
Totaal	113	8.423	1.080	45,0	45	1,00

¹ Aantal ongevallen voorspeld o.b.v. model C, zie paragraaf 5.2

² De verschillen zijn niet significant: $\chi^2(2, N=105) = 0,38$, $p=0,83$ zonder middengeleider; $\chi^2(2, N=45) = 2,06$, $p=0,36$ met middengeleider. Op beide toetsen is een continuïteitscorrectie toegepast.

6.5 Verschillen in letselernst

Van de 318 oversteekongevallen die over 2005 tot en met 2008 op de 504 onderzochte kruispunten gebeurden liepen er 51 ernstig af: 47 slachtoffers werden in het ziekenhuis opgenomen en 4 kwamen te overlijden. Het aantal ernstige ongevallen was te klein om in de analyses in dit hoofdstuk rekening te houden met de letselernst. Dit is geen probleem voor de analyse van infrastructuurkenmerken die hoofdzakelijk zijn bedoeld om ongevallen te voorkomen. Het voorkomen van één of meer lichte ongevallen per kruispunt blijkt namelijk significant samen te hangen met het voorkomen van één of meer ernstige ongevallen per kruispunt, zie tabel 6.19. Van de 161 kruispunten met één of meer lichte ongevallen zijn er 12 (7%) waar ook één of meer ernstige ongevallen gebeurden. Van de 343 kruispunten zonder lichte ongevallen waren er slechts 6 (2%) waar één of meer ernstige ongevallen gebeurden.

Tabel 6.19 De samenhang tussen lichte ongevallen (alleen materiële schade of licht letsel) en ernstige ongevallen (ziekenhuisopname of doden) op kruispunten

Ongevallen per kruispunt	Ernstige fietsongevallen ¹			Rijpercentages		
	geen	één of meer	totaal	geen	één of meer	totaal
Lichte fietsongevallen						
geen	337	6	343	98%	2%	100%
één of meer	149	12	161	93%	7%	100%
Totaal	486	18	504	96%	4%	100%

¹ De verschillen zijn significant $\chi^2(1, N=504) = 8,8; p < 0,01$. Op de toets is een continuïteitscorrectie toegepast.

De meeste infrastructuurkenmerken die in dit hoofdstuk zijn behandeld, zijn voornamelijk bedoeld om ongevallen te voorkomen. Enkele kenmerken hebben echter ook een snelheidsremmend effect en kunnen daardoor ook bijdragen aan het beperken van de letselernst. Dit zijn snelheidsremmers (zoals een drempel of verhoogd kruispuntsvlak) voor verkeer op een gebiedsontsluitingsweg, middengeleiders en snelheidsremmers voor verkeer uit de zijweg. Tabel 6.20 toont de letselernst van dwarsongevallen in relatie tot de twee eerstgenoemde kenmerken; tabel 6.21 de letselernst van langsongevallen in relatie tot het laatstgenoemde kenmerk. Hoewel de aantallen te klein zijn voor harde uitspraken is het hoopgevend dat de snelheidsremmers voor verkeer op de gow en voor verkeer dat de zijweg in –of uitrijdt het letsel bij oversteekongevallen met fietsers lijken te beperken. Middengeleiders zouden eveneens een snelheidsreducerend effect kunnen hebben, maar het effect op de letselernst lijkt minder gunstig. Ongevallen lijken ernstiger af te lopen bij kruispunten waarbij fietsers gebruik moeten maken van een opstelvak voor linksafslaande auto dat is ingesloten door middengeleiders.

Tabel 6.20 De letselernst van dwarsongevallen in relatie tot infrastructuurkenmerken met een snelheidsremmend effect

Kenmerk:	Totaal aantal dwarsongevallen	Ernstige dwarsongevallen ¹	Percentage ernstige ongevallen
Snelheidsremmer voor verkeer op de gebiedsontsluitingsweg			
niet aanwezig	112	24	21%
aanwezig	38	6	16%
Middengeleider op de gebiedsontsluitingsweg			
niet aanwezig	56	7	13%
opstelvak voor auto's	49	16	33%
ingesloten door middengeleiders			
middengeleider voor fietsers	45	7	16%

¹ Ernstige ongevallen zijn ongevallen met doden of ziekenhuisgewonden

Tabel 6.21 De letselernst van langsongevallen in relatie tot infrastructuurkenmerken met een snelheidsremmend effect

Kenmerk:	Totaal aantal dwarsongevallen	Ernstige dwarsongevallen ¹	Percentage ernstige ongevallen
Snelheidsremmer voor verkeer dat de zijweg in- of uitrijdt			
niet aanwezig	119	18	15%
aanwezig	39	3	8%

¹ Ernstige ongevallen zijn ongevallen met doden of ziekenhuisgewonden

Deel III, Vertaling naar de praktijk, conclusies en aanbevelingen

7 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

Als onderdeel van deze studie is eerst een literatuurstudie uitgevoerd (Deel I hoofdstuk 2 en 3). Deel II van dit rapport heeft betrekking op drie (empirische) deelstudies:

- Studie naar oversteekongevallen met fietsers (hoofdstuk 4)
- Studie naar de relatie tussen oversteekongevallen en verkeersintensiteiten (hoofdstuk 5)
- Studie naar de relatie tussen oversteekongevallen en infrastructuurkenmerken.

De resultaten van hoofdstuk 4 en 5 worden vertaald naar aanbevelingen op netwerkniveau (paragraaf 7.1). De resultaten van hoofdstuk 6 worden vertaald naar aanbevelingen op locatieniveau (paragraaf 7.2 tot en met 7.9). De aanbevelingen die in dit hoofdstuk zijn geformuleerd bieden de basis voor het beleidsadvies in hoofdstuk 8.

7.1 Beschouwing op netwerkniveau

Voorafgaand aan deze studie bestond het beeld dat voorrangsongevallen met fietsers op gebiedsontsluitingswegen vooral ongevallen zouden zijn met een fietser die dwars een verkeersader oversteekt. Uit deze studie is gebleken dat het aandeel van deze ongevallen op voorrangskruispunten (inclusief kruispunten met solitaire fietspaden waar alleen dwars wordt overgestoken) minder dan de helft is. Bij ruim de helft van de ongevallen steekt een fietser de zijweg (erftoegangsweg) van een verkeersader over. In deze studie worden beide typen ongevallen benoemd als 'dwarsongevallen' (als de fietser de verkeersader oversteekt) en 'langsongevallen' (als de fietser de zijweg oversteekt). Er is nauwelijks een verschil in letselernst tussen deze typen ongevallen (zie tabel 4.2).

Per overstekende fietser is het risico in de dwarsrichting circa 50% groter dan in de langsrichting. Het aantal oversteekongevallen per miljoen overstekende fietsers is circa 0,16 in de langsrichting en 0,24 in de dwarsrichting. Op een afzonderlijk kruispunt is het voor een fietser dus gemiddeld veiliger om de zijweg over te steken dan om de verkeersader over te steken. Maar op netwerkniveau kan worden gesteld dat het veiliger is om fietsers door verblijfsgebieden heen te leiden in plaats van om ze langs verkeersaders te leiden. Fietsers zullen dan in het algemeen wel één of meer keer een verkeersader dwars moeten oversteken. Het risico daarbij zou kunnen worden verkleind door een ongelijkvloers kruispunt of door het wegnemen van te richte dat gemotoriseerd verkeer zoveel mogelijk wordt gebundeld op een beperkt aantal verkeersaders met een perifere ligging. Auto's rijden dan 'buitenom' zodat het aantal ontmoetingen met fietsers beperkt blijft. Deze interpretatie van de resultaten komt overeen met de conclusie van het onderzoek van Van Boggelen, Janssen en Everaars (2005) op basis van Fietsbalansgegevens van de Fietsersbond: het aantal fietsongevallen neemt af naarmate het netwerk voor fietsverkeer en gemotoriseerd verkeer verder worden ontvlochten.

Paragraaf 7.2 tot en met 7.9 gaan over infrastructuurkenmerken waarmee de veiligheid van overstekende fietsers vergroot kan worden zodat de kans kleiner wordt dat ze door een gemotoriseerd voertuig aangereden worden. Met een aanpak op netwerkniveau kan het aantal ontmoetingen tussen gemotoriseerde voertuigen en fietsers worden beperkt (en deels verplaatst naar verblijfsgebieden waar de

snelheidsverschillen kleiner zijn). Door het veilig inrichten van de infrastructuur kunnen de ontmoetingen op een iets veiligere manier plaatsvinden; door het ontvlechten van het auto- en fietsnetwerk kunnen ontmoetingen grotendeels worden voorkomen. Dat laatste zal het meest effectief zijn.

Aanbeveling

Benadruk bij het voorlichten van wegbeheerders over een veilige infrastructuur dat de grootste winst haalbaar is door ontvlechting van het netwerk voor fietsverkeer en gemotoriseerd verkeer.

7.2 Type fietsvoorziening (inclusief afstand van fietspaden tot de weg)

Er zijn verschillende typen fietsvoorzieningen vergeleken. Tweerichtingenfietspaden leiden tot een verhoogd aantal oversteekongevallen. Eenrichtingsfietspaden scoren beter dan fietsstroken, maar dit verschil is niet significant. Er zijn duidelijkere verschillen als dit in relatie wordt gebracht met de afstand tussen het fietspad en de verkeersader. Eenrichtingsfietspaden met een afstand van circa twee tot vijf meter van de weg scoren beter dan aanliggende fietspaden en fietsstroken. Bij een grotere afstand gebeuren er iets meer ongevallen.

Relatie met de literatuur

De conclusie dat tweerichtingenfietspaden tot meer ongevallen leiden is niet nieuw. Dit hangt samen met het feit dat veel fietsers op een tweerichtingenfietspad links van de weg rijden en uit de onverwachte richting komen voor automobilisten die de zijweg uit- of inrijden. Het positieve resultaat van fietspaden op een afstand van tussen de twee en vijf meter van de weg is redelijk in overeenstemming met de resultaten van eerder onderzoek. Het resultaat is bovendien in overeenstemming met de meest uitgebreide Nederlandse studie op dit terrein. Welleman en Dijkstra (1988) vonden meer oversteekongevallen met fietsers op voorrangskruispunten met fietsstroken dan op kruispunten met fietspaden.

Het effect van de afstand van een fietspad tot de weg is uitgebreid onderzocht door Schnüll et al. (1992). Het aantal ongevallen met rechtdoorgaande fietsers per kruispunt voor een fietspad met alleen markering ter plaatse van de oversteek was: <2m: 0,27; 2-4m: 0,25; >4m: 0,30. Bij fietspaden aangelegd op een plateau is er nauwelijks verschil: <2m: 0,12; 2-4m: 0,10; >4m: 0,10. Ook deze resultaten wijzen op voordelen van afstand van minimaal enkele meters ten opzichte van de verkeersader. Schnüll et al. (1992) vonden wel duidelijk betere resultaten voor fietsstroken, maar hun studie hield geen rekening met ongevallen met linksafslaande fietsers die blijkens deze studie significant vaker voorkomen op fietsstroken (zie paragraaf 4.4). Echter, ook in andere buitenlandse studies wordt in het algemeen geen verschil gevonden in aantal ongevallen op kruispunten met fietsstroken of fietspaden (Elvik en Vaa, 2004). In deze studie zijn dus positieve resultaten gevonden voor fietspaden, maar niet positiever dan de enige uitgebreide Nederlandse studie voor kruispunten binnen de bebouwde kom (van Welleman en Dijkstra, 1988). In een studie naar het voorrangsgedrag van automobilisten bij een rotonde formuleerden Herslund en Jørgensen (2003) de hypothese dat de kijkstrategie van ervaren automobilisten zich vooral concentreert op het gebied waar gemotoriseerde voertuigen rijden. Op basis daarvan stellen zij dat het mengen van gemotoriseerd verkeer en fietsverkeer voordelen heeft. De vraag is echter of de conclusies van dergelijk onderzoek naar de Nederlandse situatie met een intensief fietsverkeer vertaald kunnen worden.

De conclusie dat een afstand van fietspaden tot de weg van tussen de twee en vijf meter gunstig is past bij recente onderzoeken naar dodehoekongevallen met rechtsafslaande vrachtauto's. Schoon, Doumen en De Bruin (2008) hebben processen-verbaal van ernstige dodehoekongevallen in 2006 en 2007 bestudeerd. Een deel van de ongevallen gebeurde op fietsstroken en van de ongevallen op vrijliggende fietspaden was de tussenberm in geen enkel geval breder dan 2 meter (bij 15 van de 20 ongevallen kon de breedte van de tussenberm vastgesteld worden). Dat pleit eveneens voor een minimale afstand van twee meter tot de weg. Niewöhner en Berg (2004; 2005) verrichtten in Duitsland onderzoek naar dodehoekongevallen. Één van hun aanbevelingen is het verder uitbuigen van voet- en fietspaden bij kruispunten.

Over de gehele lengte van gebiedsontsluitingswegen (de voorrangskruispunten met erftoegangswegen én de wegvakken) kan nog stelliger worden geconcludeerd dat een fietspad veiliger is dan een fietsstrook. Volgens Welleman en Dijkstra (1988) gebeuren er circa de helft meer ongevallen op wegvakken met fietsstroken dan op wegvakken met fietspaden. Ruim een vijfde van alle ernstige fietsongevallen (met doden en ziekenhuisgewonden) op 50-kilometerwegen binnen de bebouwde kom gebeurt op wegvakken (zie bijlage 1, tabel 4). Bij de kruispunten tussen gebiedsontsluitingswegen ligt het volgens Welleman en Dijkstra (1988) anders. Bij deze kruispunten, die meestal met verkeerslichten zijn uitgevoerd, zouden fietsstroken veiliger zijn. Als gebiedsontsluitingswegen op elkaar zijn aangesloten met een rotonde is een fietspad aanzienlijk veiliger (Dijkstra, 2004).

Conclusie

Voor fietsers zijn eenrichtingsfietspaden op voorrangskruispunten in de Nederlandse situatie veiliger dan tweerichtingsfietspaden en fietsstroken. De minste ongevallen gebeuren bij kruispunten met eenrichtingsfietspaden op een afstand van twee tot vijf meter van de weg. Dit voorkomt oversteekongevallen in het algemeen en ook dodehoekongevallen met rechtsafslaande vrachtauto's. Bij een grotere afstand neemt het aantal ongevallen weer toe (maar deze toename is kleiner dan wanneer bij het kruispunt voor een aanliggend fietspad wordt gekozen).

Aanbevelingen

- Fietspaden versus fietsstroken. Gemeenten hebben de laatste decennia (waarschijnlijk mede uit het oogpunt van comfort van fietsers en doorstroming van het gemotoriseerde verkeer) een grote lengte aan fietspaden aangelegd. Volgens een schatting van de Fietsersbond op basis van het Fietsbalansonderzoek wordt gemiddeld 27% van de fietskilometers over (brom)fietspaden afgelegd en 12% over fietsstroken. Een schatting van het aandeel (brom)fietspaden in de totale lengte aan wegen dat toegankelijk is voor fietsers (op basis van de Fietsrouteplanner van de Fietsersbond anno 2008) is 19% tegen 5% voor fietsstroken (Schepers, 2008). Waar langs verkeersaders nog geen fietspaden zijn aangelegd zal in veel gevallen de ruimte ontbreken.
 - In een eventuele herziening van de Ontwerpwijzer Fietsverkeer zou opgenomen worden dat fietspaden binnen de bebouwde kom naast comfortvoordelen ook veiligheidsvoordelen hebben.
- Er is waarschijnlijk weinig winst te behalen met het actief stimuleren van de aanleg van fietspaden door wegbeheerders door de beperkte beschikbare

ruimte langs gebiedsontsluitingswegen die momenteel een fietsstrook hebben. Daarnaast zal een behoorlijk deel van de verkeersaders met een fietsstrook een lage intensiteit van gemotoriseerd verkeer hebben (zie tabel 6.2) waardoor er minder ongevallen te verwachten zijn en ook minder winst te behalen is.

- Afstand van het fietspad tot de weg. Wat voor de vergelijking van fietspaden met fietsstroken geldt, zal deels ook gelden voor de afstand van fietspaden tot de weg: een grotere afstand is alleen mogelijk als er voldoende ruimte beschikbaar is. Waar die ruimte er is en bij een grotere intensiteit van het gemotoriseerde verkeer zullen veel gemeenten (waarschijnlijk mede vanuit het oogpunt van comfort van doorgaande fietsers in verband met auto's die op de zijweg wachten om in te voegen) al hebben gekozen voor een grotere afstand (zie tabel 6.12). Een afstand van meer dan vijf meter is vanuit de veiligheid niet aan te bevelen. Bij een afstand van vier tot vijf meter kan een auto op de zijweg opstellen zonder het doorgaande fietsverkeer te hinderen zodat de oplossing zowel comfortabel als veilig is (zeker met aanvullende maatregelen, zie punt 3). In de Ontwerpwijzer Fietsverkeer staat op bladzijde 197 dat fietspaden langs de gebiedsontsluitingsweg worden ingebogen en doorgezet over het kruispuntsvlak. Volgens de uitkomsten van deze studie leidt het volgen van deze aanbeveling tot meer ongevallen en kan het zelfs het risico van dodehoekongevallen met rechtsafslaande vrachtauto's verhogen.

→ Het huidige advies voor het ontwerp van fietspaden op kruispunten van gebiedsontsluitingswegen met erftoegangswegen binnen de bebouwde kom in de Ontwerpwijzer Fietsverkeer strookt niet met de uitkomsten van onderzoeken in de Nederlandse situatie en kan worden vervangen door het advies om licht (twee tot vijf meter) uit te buigen.

- Tweerichtingenfietspaden versus eenrichtingsfietspaden. De keuze voor tweerichtingen- of eenrichtingsfietspaden kan het beste worden gemaakt uitgaande van kennis van de lokale fietsstromen. In het algemeen is een tweerichtingenfietspad duidelijk onveiligere dan een eenrichtingsfietspad. De oorzaak van de onveiligheid is de fietser die links van de weg rijdt en uit de onverwachte richting komt voor automobilisten die de zijweg in- of uitrijden. Daar zit tevens het belang van een keuze op basis van de lokale situatie. Als fietsers hun route kunnen inkorten (de gebiedsontsluitingsweg niet over hoeven te steken) door over een eenrichtingsfietspad links van de weg te rijden dan zal een deel van de fietsers dat doen. De fietsers die op een eenrichtingsfietspad links van de weg rijden lopen een nog groter risico dan fietsers die op een tweerichtingenfietspad links van de weg rijden (zie paragraaf 4.3). Verder is er bij een tweerichtingenfietspad de keuze tussen een fietspad aan één of aan twee zijden van de gebiedsontsluitingsweg. Als er één tweerichtingenfietspad aangelegd kan worden aan een zijde waar in tegenstelling tot de andere zijde weinig zijwegen uitkomen dan wordt de kans op ongevallen met verkeer in- en uit de zijweg juist kleiner.

Het huidige advies voor tweerichtingenfietspaden in de Ontwerpwijzer Fietsverkeer lijkt adequaat (blz 120): *"Fietspaden worden in principe uitgevoerd voor fietsverkeer in één richting. Fietsverkeer in twee richtingen leidt op kruispunten tot verkeersbewegingen uit een onverwachte richting. Hierdoor wordt de overzichtelijkheid en daarmee ook de veiligheid*

aangetast. Toch kunnen er goede redenen zijn om tweerichtingenfietspaden toe te staan, namelijk als:

- *Een tweerichtingenfietspad de route voor fietsers verkort en/of een logische kortsluiting vormt in een route;*
- *Een tweerichtingenfietspad oversteekbewegingen voorkomt;*
- *Er geen ruimte is om aan beide zijden van de weg een fietspad aan te leggen.*

Voorwaarde bij een tweerichtingenfietspad is dat met name bij de kruispunten veel aandacht wordt besteed aan de vormgeving. De fietsoversteek wordt bij voorkeur enigszins verhoogd aangelegd. Als het fietspad voorrang heeft, moeten verharding, bebording en markering dat ondersteunen; daarmee wordt de kans verkleind dat weggebruikers fietsers uit de onverwachte richting over het hoofd zien (zie ook bladzijde 236, V35)”

Er zijn signalen dat sommige wegbeheerders puur vanuit het comfort voor fietsers kiezen voor de aanleg van tweerichtingenfietspaden. Dat is onwenselijk aangezien dit op fietspaden tot een aanzienlijk aantal oversteekongevallen leidt. Verder blijken er nogal wat fietsers betrokken bij fiets-fiets of fiets-(brom)fietsongevallen. Die zullen vaker voorkomen op tweerichtingenfietspaden. Het lijkt daarom zinvol om het belang van de afweging zoals voorgesteld in de Ontwerpwijzer fietsverkeer en het belang van compenserende maatregelen bij tweerichtingenfietspaden verder onder de aandacht te brengen.

→ Breng het risico van tweerichtingenfietspaden actief onder de aandacht bij wegbeheerders inclusief de afwegingen voor een eventuele keuze voor een tweerichtingenfietspad en de compenserende maatregelen die mogelijk zijn om het risico zoveel mogelijk te beperken.

→ Discussiepunt voor aanbeveling

Eerder werd al genoemd dat ook het illegaal links van de weg fietsen een probleem vormt. Dit gedragsprobleem verhoogt het risico bij het oversteken van een zijweg en verhoogt de kans op fiets-fietsongevallen. De keuze om links van de weg te fietsen betreft tactisch gedrag (in tegenstelling tot operationeel gedrag zoals remmen en sturen). Mogelijk zijn er gedragsmaatregelen en handhaving denkbaar om fietsers meer bewust te maken van het risico van de keuze om illegaal links van de weg te fietsen.

7.3 Type kruispunt

In deze studie zijn geen relevante verschillen gevonden tussen verschillende typen kruispunten. Het drietakskruispunt scoort beter dan een viertakskruispunt. De winst valt echter weg als er twee drietakskruispunten aangelegd moeten worden in plaats van één viertakskruispunt. Het solitaire fietspad scoorde (op locatieniveau!) iets slechter dan andere typen kruispunten, maar dat lijkt vooral samen te hangen met de wijze waarop de 'koude oversteek' wordt ontworpen. Er kan kritisch gekeken worden naar de toepassing van snelheidsremmers en middengeleiders bij deze kruispunten. Het bovenstaande is een conclusie op locatieniveau.

Op netwerkniveau kan hier anders naar gekeken worden. De keuze voor een kruispunt van een solitair fietspad met een gebiedsontsluitingsweg kan nodig zijn

voor het creëren van een verbinding met een solitair fietspad (eventueel zelfs in combinatie met een fietsstraat) dwars door een verblijfsgebied. Daarmee kan worden voorkomen dat veel fietsers langs een verkeersader moeten rijden waar ze een groot aantal zijwegen van de verkeersader moeten oversteken.

Conclusie

Op basis van deze studie kan niet worden geconcludeerd dat de keuze voor een bepaald type kruispunt op een bepaalde locatie effect heeft op de veiligheid. De vormgeving en plaats in het netwerk lijken belangrijker.

Aanbeveling

In de Ontwerpwijzer Fietsverkeer wordt aanbevolen (zie blz 195) om T-kruispunten aan te leggen in plaats van volledige kruispunten. Als alternatief voor een volledig kruispunt wordt de bajonetaansluiting voorgesteld. Dit advies zal niet averechts werken, maar er lijkt nauwelijks een veiligheidsvoordeel van te verwachten. Om de complexiteit van de Ontwerpwijzer Fietsverkeer niet onnodig te vergroten zou deze aanbeveling geschrapt kunnen worden voor de aansluiting van erftoegangswegen op gebiedsontsluitingswegen.

7.4

Snelheidsremmers voor verkeer in en uit de zijweg

Maatregelen die het verkeer in en uit een zijweg remmen scoren in deze studie zeer positief: fietspaden die met over een drempel over de zijweg geleid worden, uitritconstructies (ook bij wegen met fietsstroken of een gemengd profiel) en drie- en viertakskruispunten met een kruispuntsvlak op een plateau. Net als in de buitenlandse literatuur werd in deze studie een forse reductie van het aantal 'langsongevallen' gevonden: ongevallen waarbij de fietser langs de verkeersader rijdt en wordt aangereden door een voertuig dat de zijweg in- of uitrijdt. Een reductie van circa 40% van het aantal langsongevallen lijkt reëel.

Het aantal ernstige ongevallen (met ziekenhuiscgewonden of doden) is in deze studie te laag om harde conclusies te trekken, maar de snelheidsremmers lijken ook de letselernst van de ongevallen te verlagen. Dit resultaat is te verklaren door het snelheidsremmende effect van de maatregelen. Gårder et al. (1998) vonden een snelheidsreductie van het gemotoriseerde verkeer dat de zijweg in- of uitrijdt van circa 40% na de uitvoering van fietsoversteekplaatsen op een plateau.

Conclusie

Kruispunten met een snelheidsremmer voor verkeer vanuit de zijweg hebben minder oversteekongevallen met fietsers dan kruispunten zonder snelheidsremmer.

Aanbeveling

Snelheidsremmende maatregelen voor verkeer dat de zijweg in- en uitrijdt hebben een substantieel positief effect en vergen in het algemeen nauwelijks extra ruimte. Van alle onderzochte maatregelen lijkt deze het meest kansrijk om het aantal oversteekongevallen met fietsers te reduceren. Het is aan te bevelen om deze maatregel zo actief mogelijk onder de aandacht te brengen.

7.5 Snelheidsremmers op de gebiedsontsluitingsweg

De analyses voor snelheidsremmers op de gebiedsontsluitingsweg gaven als resultaat een niet significante reductie van het totaal aantal ongevallen op kruispunten. Het aantal ernstige ongevallen (met ziekenhuisgewonden of doden) is in deze studie te laag om harde conclusies te trekken, maar de snelheidsremmers lijken ook de letselernst van de ongevallen te verlagen.

Er zijn aanvullende detailanalyses uitgevoerd om het effect van de snelheidsremmers op een gebiedsontsluitingsweg beter in beeld te brengen. Daarbij moet een onderscheid gemaakt worden naar type snelheidsremmer (kruispunt op een plateau of drempel vòòr het kruispunt) en type kruispunt (kruispunt met een solitair fietspad of een drie- of viertakskruispunt):

- Drie- of viertakskruispunt op een plateau

Door dit type kruispunt op een plateau uit te voeren wordt het verkeer uit de zijweg geremd. Dit blijkt te leiden tot een significante daling van het aantal aanrijdingen van fietsers dat langs de verkeersader door een voertuig dat de zijweg in- of uitrijdt. Het aantal dwarsongevallen (waarbij de fietser de verkeersader oversteekt) wordt bij deze kruispunten niet duidelijk beïnvloed door de snelheidsremmer. Het netto resultaat is positief. Snelheidsremmers vòòr het kruispunt liggen bij deze kruispunten minder voor de hand omdat de winst waarschijnlijk vooral behaald wordt door het afremmen van verkeer dat het kruispunt vanuit een zijweg nadert.

- Kruispunten met solitaire fietspaden

Op dit type kruispunt is er geen zijweg waar gemotoriseerd verkeer in- of uitrijdt en gebeuren er dus ook geen 'langsongevallen' die met een snelheidsremmer voorkomen kunnen worden. Waar de snelheidsremmer op drie- en viertakskruispunten geen invloed leek te hebben op het aantal dwarsongevallen, lijkt deze maatregel het aantal dwarsongevallen op kruispunten met solitaire fietspaden te verhogen. Hoe voorzichtig fietsers oversteken hangt mogelijk samen met de aanwezigheid van een snelheidsremmer. Het is voorbarig om de snelheidsremmer te ontraden omdat de snelheidsremmer de letselernst van dwarsongevallen lijkt te verminderen. Met de kennis die na deze studie beschikbaar is, lijkt de toepassing van de snelheidsremmer vòòr het kruispunt het meest positief. Bij de drie kruispunten met een solitair fietspad met deze maatregel gebeurden geen dwarsongevallen. Van de 19 dwarsongevallen op kruispunten met solitaire fietspaden gebeurden er 14 op de 17 kruispunten waarbij de oversteekplaats op een plateau was uitgevoerd.

Mogelijk hangt de slechte score van kruispunten waarbij een solitair fietspad op een drempel of plateau over een verkeersader geleid wordt ermee samen dat fietsers teveel risico nemen of onvoldoende waarnemen dat ze een druk kruispunt naderen waar ze voorrang dienen te verlenen. Gårder, Leden en Pulkkinen (1998) onderzochten met een voor-na-meting het snelheidsgedrag van fietsers in de situatie waarin een fietspad op een drempel over een zijweg geleid werd. Waar de snelheid van het (voorrangsplichtige) autoverkeer sterk afnam, nam de snelheid van het fietsverkeer iets toe. Hoewel de voorrangssituatie bij kruispunten met een solitair fietspad anders is (hier moeten fietsers voorrang verlenen) kan een vergelijkbaar verschijnsel spelen: meer riskant gedrag van fietsers. Het probleem kan ook relatief sterk spelen doordat de meeste fietsers de verkeersader over het

solitaire fietspad naderen en daarbij pas laat de verkeerssituatie goed kunnen waarnemen. Mogelijk kan de veiligheid verbeterd worden door de voorrangsplicht van fietsers duidelijker in het ontwerp op te nemen. Het toepassen van een drempel vòòr het kruispunt in plaats van het op een drempel uitvoeren van een oversteekplaats kan daaraan bijdragen.

Conclusie

Bij drie- en viertakskruispunten gebeuren er minder oversteekongevallen met fietsers bij uitvoering van het kruispuntsvlak op een plateau. Bij kruispunten met solitaire fietspaden lijkt het uitvoeren van de oversteekplaats op een drempel te leiden tot een hoger aantal ongevallen.

Aanbeveling

Bij drie- en viertakskruispunten op verkeersaders met fietsstroken of een gemengd profiel kunnen wegbeheerders het aantal oversteekongevallen (en de letselernst) beperken door het kruispuntsvlak op een plateau aan te leggen. Deze maatregel kan worden overwogen om de veiligheid te verbeteren.

Bij kruispunten met solitaire fietspaden (waar fietsers geen voorrang hebben) is het aan te bevelen om de oversteekplaats niet op een drempel aan te leggen, maar om een drempel aan te leggen vòòr het kruispunt. Daarmee kan de voorrangsregeling duidelijker op fietsers worden overgebracht.

7.6 Linksafvakken

In deze studie is de relatie onderzocht tussen het totaal aantal ongevallen op kruispunten (binnen de bebouwde kom) en de aanwezigheid van opstelvakken voor gemotoriseerd verkeer op de gebiedsontsluitingsweg. De aanwezigheid van zo'n opstelvak blijkt te leiden tot een significant hoger aantal ongevallen.

In studies buiten de bebouwde kom waren voor de veiligheid van fietsers voordelen gevonden van een linksafvak. Mogelijk is de situatie buiten de bebouwde kom zodanig verschillend dat de resultaten niet naar de situatie binnen de bebouwde kom kunnen worden vertaald. Met de huidige kennis kan het gevonden nadeel van linksafvakken niet volledig worden verklaard. Mogelijk is de verkeerssituatie voor fietsers complexer als ze gebruik moeten maken van een linksafvak omdat ze de ruimte met gemotoriseerde voertuigen moeten delen. Een andere mogelijke oorzaak van ongevallen zou kunnen zijn dat fietsers denken dat een licht uitwijkende bestuurder linksaf wil slaan of twijfelt, maar vervolgens toch rechtdoor rijdt.

Conclusie

De toepassing van linksafvakken binnen de bebouwde kom leidt tot een stijging van het aantal oversteekongevallen met fietsers.

Aanbeveling

De aanleg van linksafvakken voor gemotoriseerd verkeer door wegbeheerders zal samenhangen met de doorstroming. In de keuze om al dan niet linksafvakken aan te leggen zal de oversteekveiligheid van fietsers in het algemeen niet de doorslag geven. Als het onzeker is of de aanleg van een linksafvak in een bepaalde situatie nodig is, dan zou de veiligheid van fietsers een aanleiding kunnen zijn om ervan af te zien. Als er wel een linksafvak aangelegd wordt kan voor de veiligheid van

fietsers worden overwogen om een middengeleider met een opstelvak voor uitsluitend fietsers te creëren.

7.7 Middeneilanden en oversteeklengte

In deze studie is geen sterk verband gevonden tussen het aantal dwarsongevallen (waarbij de fietser de verkeersader oversteekt) en de aanwezigheid van een middengeleider op de gebiedsontsluitingsweg. Als er sprake is van een oversteeklengte van drie of meer stroken dan blijken er minder ongevallen te gebeuren op kruispunten met een middengeleider met een opstelruimte voor uitsluitend fietsers. Een linksafvak voor gemotoriseerd verkeer ingesloten door middengeleiders (waarvan ook fietsers gebruik kunnen maken) scoort slechter, ongeacht de oversteeklengte. Verder lijkt de letselernst van oversteekongevallen groter op kruispunten waar fietsers een linksafvak ingesloten door middengeleiders met het gemotoriseerde verkeer delen. Om die reden is in paragraaf 7.6 aanbevolen om bij de aanleg van een linksafvak ook een middengeleider met een opstelruimte voor uitsluitend fietsers te overwegen.

Een mogelijke verklaring voor het zwakke verband met de oversteeklengte kan zijn dat fietsers minder voorzichtig zijn bij een kortere oversteeklengte. Dat kan versterkt worden doordat de gebiedsontsluitingswegen met twee rijstroken veelal rustiger zijn. Dat middengeleiders bij een korte oversteeklengte averechts lijken te werken kan daarmee samenhangen. Bij een oversteeklengte van drie of meer rijstroken (en de daarmee samenhangende grotere aantallen motorvoertuigen op de verkeersader) zullen fietsers mogelijk eerder geneigd zijn om zich voorzichtig te gedragen. Daar kan de middengeleider helpen om veiliger (in etappen) over te steken.

Conclusie

Het aantal oversteekongevallen met fietsers lijkt niet sterk samen te hangen met de breedte van de voorrangsweg. Daarbij blijkt wel dat een middeneiland met een opstelruimte voor uitsluitend fietsers bijdraagt aan de veiligheid van fietsers op bredere (en drukker) gebiedsontsluitingswegen. Het is in die gevallen veiliger om een opstelruimte voor uitsluitend fietsers te creëren dan om fietsers gebruik te laten maken van een linksafvak voor gemotoriseerd verkeer. Het lijkt voor de veiligheid van fietsers op smallere (en rustigere) verkeersaders beter om terughoudend te zijn met het aanleggen van middeneilanden.

Aanbeveling

Bij een hogere intensiteit van het gemotoriseerde verkeer en drie of meer rijstroken is een middengeleider met een opstelruimte voor uitsluitend fietsers aan te bevelen, zowel vanuit de optiek van veiligheid als oversteekbaarheid. Daarnaast is het aan te bevelen om op rustigere wegen met twee rijstroken terughoudend te zijn met de aanleg van middengeleiders.

Volgens de Ontwerpwijzer Fietsverkeer is de oversteekbaarheid in etappen redelijk bij 800 tot 1.600 motorvoertuigen per uur. Bij grotere verkeersintensiteiten zal er ook vaker sprake zijn van drie of meer rijstroken (inclusief linksafvak). Het verbeteren van de veiligheid en oversteekbaarheid zullen in de meeste gevallen hand in hand kunnen gaan door middel van middengeleiders met een opstelruimte voor fietsers. Bij een eventuele herziening kan deze kennis in de Ontwerpwijzer Fietsverkeer opgenomen worden.

7.8 Kleur en markering op oversteekplaatsen (over de zijweg)

Met een goede markering en door de oversteekplaats van fietsers over de zijweg van een kleur te voorzien zouden automobilisten op overstekende fietsers geattendeerd kunnen worden. In de literatuurstudie zijn weinig onderzoeken gevonden waarin een substantieel voordeel werd gevonden door de toepassing van een goede markering of kleur. In deze studie (zie paragraaf 6.3) lijkt de toepassing van een kleur en/of goede markering zelfs averechts te werken. Op kruispunten met een goede kleur en markering op de oversteekplaats op de zijweg gebeuren significant meer ongevallen.

Een mogelijke verklaring voor dit resultaat is dat de markering voor fietsers bij nadering van het kruispunt eerder en beter te zien is dan voor automobilisten die het kruispunt naderen. Fietsers bevinden zich met hun hoofd en ogen hoger dan automobilisten (gemiddeld slechts 1,10m) en ze zullen het kruispunt met een iets lagere snelheid naderen. Door het verschil in kijkhoek en afstand (op een bepaald moment ten opzichte van het moment waarop beide partijen elkaar zouden kunnen raken) zullen fietsers een goede markering beter waarnemen dan automobilisten. Daar komt overigens bij dat er relatief vaak voor een rode kleur met een beperkte helderheid en daardoor een beperkt contrast met de weg wordt gekozen, een contrast dat bij duisternis zelfs in het geheel niet waargenomen kan worden.

Uit dieptestudies van oversteekongevallen met fietsers langs de verkeersader is gebleken dat ingesleten routines van verkeersdeelnemers een grote rol spelen: fietsers denken makkelijk dat ze voorrang krijgen terwijl het kijkgedrag van de tegenpartij is gebaseerd op ingesleten routines (Räsänen, Summala, 1998; Summala, et al., 1996). Fietsers zullen er door de goede markering mogelijk nog makkelijker vanuit gaan dat ze wel voorrang krijgen. Hunter et al. (2000) constateerden dat fietsers na het blauw schilderen van een oversteekplaats minder vaak afremden en minder goed keken. Ondertussen zullen automobilisten die de zijweg in- en uitrijden waarschijnlijk minder geattendeerd worden op de oversteekplaats dan de fietsers.

Räsänen, Summala en Pasanen (1998) hebben in een gedragsobservatiestudie wel voordelen gevonden van de toepassing van een markering. Het grootste voordeel vonden zij bij de toepassing van een waarschuwendriedriehoek op de zijweg 6m vòòr het fietspad (een grote driehoek waarin een fiets geschilderd was, zie figuur 2.6). Die is met name zichtbaar voor naderende automobilisten en bleek het kijkgedrag van automobilisten te verbeteren. Automobilisten naderden een tweerichtingenfietspad voorzichtiger, keken vaker naar rechts bij het naderen van het fietspad (de richting waaruit fietsers verwacht kunnen worden die links van de weg rijden) en ook hun naderingssnelheid daalde. Met name markeringen die het voorrangsplichtige verkeer in een vroeg stadium waarschuwen lijken voordelen te hebben.

Conclusie

Het aantal langsongevallen is kleiner op oversteekplaatsen over zijwegen waar geen kleur en markering is toegepast. Ook op oversteekplaatsen op een drempel (die fors veiliger zijn) scoren oversteekplaatsen zonder kleur en markering (d.w.z. blokmarkering) het beste.

Aanbeveling

Een aanbeveling over de toepassing van kleur en markering op basis van dit onderzoek is moeilijk. Naast de objectieve veiligheid zijn er ook andere argumenten om een kleur en markering toe te passen, bijvoorbeeld de subjectieve veiligheid en comfort (de duidelijkheid van de voorrangsregeling). In 2010 zal RWS DVS waarschijnlijk een onderzoek uitvoeren gericht op markering op fietspaden in relatie tot enkelvoudige ongevallen. Het is aan te bevelen om in dat kader ook naar de markering van oversteekplaatsen te kijken.

Wel lijkt het op basis van deze studie en literatuur aan te bevelen om de markering van oversteekplaatsen voor doorgaande fietsers vooral te richten op automobilisten die voorrang moeten verlenen. Zeker voor tweerichtingenfietspaden zou gezocht kunnen worden naar alternatieve markeringen op de zijweg op een aantal meter vòòr het fietspad. Gedragsobservaties lieten zien dat naderende automobilisten zich veiliger gedroegen na de toepassing van deze markering. Van maatregelen met markering op de oversteekplaats zelf (zoals blokmarkering) kan geen groot effect worden verwacht. Voor fietsers zou de markering in ieder geval het wegverloop voldoende moeten markeren.

7.9 Zicht vanuit de zijweg

In relatie tot het zicht vanuit de zijweg kunnen op basis van dit onderzoek twee conclusies worden getrokken die voor het grootste deel in overeenstemming zijn met twee buitenlandse studies (Henson, Whelan, 1992; Räsänen, Summala en Pasanen, 1998):

- Een beperkt oprijzicht vanuit een erftoegangsweg op een verkeersader (gedefinieerd vanaf enkele meters voor de weg) levert in het algemeen geen verhoging van het risico op oversteekongevallen met fietsers
- Een beperkt zicht vanuit een erftoegangsweg op een verkeersader (gedefinieerd vanaf circa 15 meter voor de weg) verhoogt de kans op oversteekongevallen met fietsers die links van de weg rijden. Dit is vooral een risicofactor op tweerichtingenfietspaden.

Waarschijnlijk zullen automobilisten en fietsers zich voorzichtiger gedragen als het zicht vanuit de zijweg beperkt is. Volgens Henson en Whelan (1992) naderen automobilisten de kruising met een lagere snelheid het als oprijzicht beperkt is. Räsänen, Koivisto en Summala (1990) bestudeerden het voorrangsgedrag na een regelwijziging in Finland op gelijkwaardige kruispunten en vonden dat het kijkgedrag van fietsers op één locatie actiever werd nadat de zichtomstandigheden verslechterden door een nieuw gebouw. Bij een tweerichtingenfietspad (en bij fietsers die links van de weg rijden) speelt nog een ander probleem. Volgens Räsänen, Summala en Pasanen (1998) lopen fietsers die aan de linkerzijde van de weg rijden een verhoogd risico omdat automobilisten voor het detecteren van gemotoriseerd verkeer niet automatisch naar rechts kijken bij het rechtsaf slaan. Obstakels vergroten het risico nog verder. Ze ontnemen automobilisten de mogelijkheid om fietsers via het perifeer zicht te detecteren.

Aanbeveling

Breng het risico van tweerichtingenfietspaden actief onder de aandacht bij wegbeheerders inclusief het extra risico van zichtbeperking vanuit een zijweg bij nadering van een tweerichtingenfietspad.

Het is altijd aan te bevelen om alle mogelijk compenserende maatregelen toe te passen om het risico van een tweerichtingenfietspad zo klein mogelijk te houden. Is er bij de nadering van een tweerichtingenfietspad sprake van een zichtbeperking (en dan met name aan de rechterzijde voor een automobilist die vanuit de zijweg de verkeersader nadert) dan is er alle reden om het zicht waar mogelijk te verruimen en anders alle mogelijke compenserende maatregelen toe te passen.

7.10 Uniformiteit en toepassing van kennis

Deze studie levert enkele inzichten over de toepassing van ontwerprichtlijnen en de beschikbare kennis in de praktijk. De ontwerppraktijk is niet uniform. Voor een deel hangt dat samen met de inpassing in de locale situatie. Om een vrijliggend fietspad aan te kunnen leggen moet er bijvoorbeeld ruimte beschikbaar zijn. Voor een ander deel zijn de verschillen terug te voeren op locale keuzen en niet op de situatie ter plaatse. In deze studie zijn er bijvoorbeeld grote verschillen gevonden in de toepassing van markering op oversteekplaatsen. Ook de toepassing van markering bij uitritconstructies en drempels verschilt. In figuur 7.1 is een voorbeeld van deze verschillen gepresenteerd. Het voorbeeld links betreft een gemeente die consequent belijning toepast om drempels (waarover een fietspad wordt geleid) te markeren. Het voorbeeld rechts betreft een gemeente die dat niet consequent doet. Het fietspad wordt hier over een drempel geleid maar de drempel is niet gemarkeerd.



Figuur 7.1 Voorbeelden van fietspaden aangelegd op een drempel in twee onderzoekssteden

Er zijn ook voorbeelden waar de kennis over veiligheid niet consequent wordt toegepast waardoor de praktijk suboptimaal is. Dat betreft bijvoorbeeld de toepassing van tweerichtingenfietspaden. Er zijn signalen dat gemeenten tweerichtingenfietspaden toepassen zonder daarbij de veiligheidsoverwegingen in ogenschouw te nemen die zijn genoemd in de Ontwerpwijzer Fietsverkeer (CROW, 2006). Deze stelt duidelijk dat een eenrichtingsfietspad de voorkeur heeft en dat er compenserende maatregelen getroffen moeten worden als toch voor een tweerichtingenfietspad wordt gekozen. De eerste compenserende maatregel die wordt genoemd is het aanleggen van de oversteekplaats op een drempel. Op de in deze studie onderzochte kruispunten wordt deze maatregel bij tweerichtingenfietspaden niet vaker toegepast dan bij eenrichtingsfietspaden. Het is bij een aantal gemeenten onderdeel van het beleid voor fietspaden in het algemeen, maar de maatregel wordt niet als gerichte compenserende maatregel toegepast. In figuur 7.2 is een voorbeeld opgenomen waar automobilisten uit de zijstraat alleen met bebording (onderbordje met twee pijlen) op het tweerichtingenfietspad worden geattendeerd.

De voorganger van de Ontwerpwijzer Fietsverkeer was de publicatie Tekenen voor de Fiets (CROW, 1993). Die was minder scherp in het advies over tweerichtingenfietspaden, maar ook daarin werd gesteld dat twee eenrichtingsfietspaden de voorkeur hadden boven een tweerichtingenfietspad. Voor fietspaden langs verkeersaders werd bij doorgaande fietsverbindingen voorgesteld om altijd ter plaatse van de fietsoversteek een verkeersdrempel aan te brengen. Bij verdelende fietsverbindingen werd dit alleen geadviseerd voor tweerichtingenfietspaden. De maatregel werd dus al in 1993 specifiek benoemd voor tweerichtingenfietspaden. Dit toont aan dat niet alle kennis in richtlijnen en handboeken automatisch zijn weg naar de praktijk vindt.



Figuur 7.2 Voorbeeld van een tweerichtingenfietspad met bebording als enige compenserende maatregel

7.11

Slotbeschouwing

In deze paragraaf komen onderzoeksaanbevelingen aan bod. Dit onderzoek was een combinatie van een literatuurstudie en een ongevalstudie om de uitkomsten uit de literatuur te toetsen aan de Nederlandse praktijk. Dit levert enkele aangrijpingspunten voor het infrastructuur-, verkeer- en vervoersbeleid:

- leid fietsers door verblijfsgebieden in plaats van langs verkeersaders;
- wees terughoudend met tweerichtingenfietspaden en pas compenserende maatregelen toe als er toch voor wordt gekozen;
- pas snelheidsremmers toe om voertuigen die een zijweg in- en uitrijden af te remmen.

Met deze maatregelen is een substantiële besparing van het aantal ongevallen mogelijk. Het is zinvol om deze maatregelen actief uit te dragen naar wegbeheerders.

Daarnaast leidt het onderzoek tot een aantal minder harde aanbevelingen. Bij sommige bevindingen was er wel een verband maar kon dat statistisch niet volledig onderbouwd worden. Bij andere aanbevelingen waren er vanuit de praktijk redenen om terughoudend te zijn met het doen van harde aanbevelingen. De bevindingen kunnen verwerkt worden bij een eventuele herziening van de Ontwerpwijzer Fietsverkeer. Bij een aantal van deze bevindingen zou vervolgonderzoek zinvol kunnen zijn. Zo lijkt de toepassing van middengeleiders pas bij te dragen aan de veiligheid bij verkeersaders met meer dan twee rijstroken waarbij dan in de middengeleider een opstelruimte voor fietsers wordt gecreëerd. Een

observatiestudie zou hierbij mogelijk meer inzicht kunnen geven. Ook voor aanbevelingen over markering zou nader onderzoek zinvol kunnen zijn.

Dit onderzoek levert ook twee belangrijke aanbevelingen op voor ongevalonderzoeken op het terrein van de veiligheid van fietsers:

I. Houdt bij onderzoeken naar relaties tussen infrastructuurkenmerken en fietsongevallen altijd rekening met de intensiteit van het fietsverkeer en het gemotoriseerde verkeer.

De intensiteit van het fietsverkeer en het autoverkeer zijn belangrijke voorspellers van ongevallen op kruispunten: als er meer fietsers een kruispunt passeren kunnen er meer fietsers worden aangereden; als er meer gemotoriseerde voertuigen een kruispunt passeren zijn er meer mogelijke botspartners. Hoewel dit een open deur lijkt wordt er in ongevalonderzoeken lang niet altijd gecorrigeerd voor intensiteiten. Als een groep kruispunten met kenmerk A wordt vergeleken met een andere groep met kenmerk B dan zullen er tussen beide groepen bijna altijd kleinere of grotere verschillen in intensiteiten zijn, zowel wat betreft het fietsverkeer als het gemotoriseerde verkeer. Als er niet voor de intensiteiten wordt gecorrigeerd kunnen verschillen in aantallen ongevallen per kruispunt als gevolg van intensiteitsverschillen abusievelijk worden toegeschreven aan infrastructuurkenmerken.

II. Voer onderzoek naar de relatie tussen infrastructuurkenmerken en fietsongevallen alleen op landelijk niveau uit om een minimale studieomvang te garanderen.

In dit onderzoek zijn meer dan 500 kruispunten in 7 gemeenten onderzocht. Ondanks deze omvang was het aantal ongevallen maar net groot genoeg om verantwoorde uitspraken te kunnen doen. Het evalueren van een bepaalde maatregel, bijvoorbeeld een bepaald type snelheidsremmer, is onmogelijk op gemeentelijk niveau. Een bureau zou de specialistische kennis kunnen aanleveren die voor een evaluatie nodig is maar de aantallen ongevallen op het niveau van een enkele gemeente zijn te klein.

Het tweede punt heeft een relatie met de vorige paragraaf. Afwijken in een specifieke situatie kan in de meeste gevallen vanuit lokaal en regionaal maatwerk of een integrale afweging in samenhang met andere belangen gemotiveerd worden. Structureel afwijken van onderdelen van richtlijnen kan meestal niet afdoende worden gemotiveerd door wegbeheerders omdat hun onderzoeksmogelijkheden daarvoor te beperkt zijn. Onderzoek op lokaal niveau kan zich het beste richten op mogelijke verbeteringen in specifieke situaties of gebieden, bijvoorbeeld met behulp van de AVOC-methode (Aanpak Verkeersongevallenconcentratiepunten) of een kwalitatieve onderzoeksmethode waarvan er een aantal zijn beschreven in de 'Toolkit analysemethoden; Toepassing kwalitatieve analysemethoden verkeersveiligheid' (Van den Bosch, 2008).

Literatuurlijst

- Boggelen, O., van, Janssen, R., Everaars, J. (2005). Effect toename fietsaandeel op de verkeersveiligheid. Rotterdam: Adviesdienst Verkeer en Vervoer.
- Boggelen, O. (2005). Keuzeschema kruispunten met GOW's binnen de bebouwde kom. Deventer: Goudappel Coffeng.
- Bosch, P., van den (2008). Toolkit analysemethoden; Toepassing kwalitatieve analysemethoden verkeersveiligheid. Breda: DTV Consultants.
- Brouwer, R.F.T., Brouwer, S.M.J. (2001). Ontwerpelementen van rotondes met fietsers in en uit de voorrang. Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Brüde, U., Larsson, J. (1993). Models for predicting accidents at junctions where pedestrians and cyclists are involved. How well do they fit? *Accident Analysis and Prevention*, 25, 499-509.
- Brüde, U., Larsson, J. (2000). What roundabout design provides the highest possible safety? *Nordic Road & Transport Research*, 2, 17-21.
- Buma, F. (2008). De Dood in de Hoek; moderne auto's worden steeds gevaarlijker. *Kampioen*, november, 29-32.
- Charlton, S.G. (2006). Conspicuity, memorability, comprehension, and priming in road hazard warning signs. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 496-506.
- Charlton, S.G., 2007. The role of attention in horizontal curves: A comparison of advance warning, delineation, and road marking treatments. *Accident Analysis and Prevention*, 39, 873-885.
- CROW (2002). Handboek Wegontwerp, CROW-publicatie 164. Ede: CROW.
- CROW (2006). Ontwerpwijzer Fietserverkeer, CROW-publicatie 230. Ede: CROW.
- CROW (2009). LZV's op het onderliggend wegennet. Ede: CROW.
- Danish Road Directorate (2000). Collection of Cycle Concepts. Kopenhagen.
- De Boer, R. (2010). Kijkgedrag van automobilisten op T-kruisingen alvorens het oversteken van een tweerichtingenfietspad. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.
- Dijkstra, A. (2004). Rotondes met vrijliggende fietspaden ook veilig voor fietsers? Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid.
- Elvik, R., Vaa, T. (2004). The Handbook of Road Safety Measures. Oxford: Elsevier.
- Fisher, J. (1992). Testing the effect of road traffic signs' informational value on driver behavior. *Hum. Factors* 34, 231-237.

Gårder, P., Leden, L. & Pulkkinen, U. (1998). Measuring the safety effect of raised bicycle crossings using a new research methodology. In: *Transportation Research Record 1636*. Transportation Research Board, Washington D.C.

Goldenbeld, Ch. (1992). Ongevallen van oudere fietsers in 1991. Leidschendam: SWOV.

Henson, R., Whelan, N. (1992). Layout and design factors affecting cycle safety at T-junctions. *Traffic Engineering and Control*, 33, 548-551.

Herrstedt, L. (1979): Sikkerhed for cyklister og knallertkørere på hovedfærdselsårer i Københavnsområdet [Safety for cyclists and moped drivers on the main traffic arteries in the metropolitan region], Notat 5, Rådet for Trafiksikkerhedsforskning, Denmark.

Herslund, M.B., Jørgensen, N.O. (2003). Looked-but-failed-to-see-errors in traffic. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 885-891.

Hunter, W.W., Harkey, D.L., Stewart, J.R., Birk, M.L. (2000). Evaluation of Blue Bike-Lane Treatment in Portland, Oregon. *Transportation Research Record 1705*, 107-115.

Jensen, S.U. Jensen, S.U. (2000). Cyclist Safety at Signalized Junctions. Velo Mondial 2000, Workshop TR 4.3.

Jensen, S.U. (2008). Safety effects of blue cycle crossings: A before-after study. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 742-750.

Kroeze, P., Sweers, W. (2009). Onderzoek oversteekveiligheid van fietsers. Gouda: Ligtermoet en Partners.

Kuiken, M., Bolle, M., Nägele, R. (2008). Analyse enkelvoudige ongevallen. Delft: Dienst Verkeer en Scheepvaart.

Knoblauch, R.L., Nitzburg, M., en Seifert, R.F. (1999). Pedestrian Crosswalk Case Studies. FHWA Washington.

Loon, A., van (2001). Evaluatie verkeersveiligheidseffecten 'Bromfiets op de Rijbaan'. Rotterdam: Adviesdienst Verkeer en Vervoer.

Methorst, R., Derriks, H. (2004). Basiscijfers Oversteken. Rotterdam: Adviesdienst Verkeer en Vervoer.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2008). Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2008-2020. Den Haag.

Nettelblad, P. (1990). Resultat af blåmaling av cykelöverfart i Malmö. Gatukontoret, Malmö Kommun, Sweden.

Nielsen, E.D., Andersen, K.V. & Lei, K.M. (1996). Trafiksikkerhedseffekten af cykelbaner i byområder. Rapport 50. Vejdirektoratet, Copenhagen.

Niewöhner, W., Berg, F.A. (2005). Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern durch rechts abbiegende Lkw. Bergisch Gladbach: BAST.

Niewöhner, W., Berg, F.A. (2004). Endangerment of pedestrians and bicyclists at intersections by right turning trucks. Paper Number 05-0344. DEKRA Automobil GmbH.

Ortlepp, J. (2008). Verbesserung der Verkehrssicherheit in Münster. Unfallforschung der Deutschen Versicherungswirtschaft GDV.

Oxley, J., Fildes, B., Ihsen, E., Charlton, J., Day, R. (1997). Differences in traffic judgements between young and old adult pedestrians. *Accident Analysis and Prevention*, 29, 962-971.

Räsänen, M., Koivisto, I., Summala, H. (1999). Car Driver and Bicyclist Behavior at Bicycle Crossings Under Different Priority Regulations. *Journal of Safety Research*, 30, 67-77.

Räsänen, M., Summala, H., Pasanen, E. (1998). The safety effect of sight obstacles and road-markings at bicycle crossings. *Traffic Engineering and Control*, februari 1998, 98-102.

Räsänen, M., Summala, H. (1998). Attention and expectation problems in bicycle-car collisions: An in-depth study. *Accident Analysis and Prevention*, 30, 657-666.

Rauh, W. (1990). Radverkehrsanlagen in Österreich – Hoffnungsschimmer oder Frustration? *Internationale Fahrrad-Sicherheits-Tagung*, 75-94.

Sakshaug, L., Laureshyn, A., Svensson, A., Hydén, C. (2010). Cyclists in roundabouts—Different design solutions. *Accident Analysis and Prevention*, In press.

Schepers, J.P. (2006). Evaluatie van de Maatregel voorrang fietsers van rechts. Rotterdam: Adviesdienst Verkeer en Vervoer.

Schepers, J.P. (2008). De rol van infrastructuur bij enkelvoudige fietsongevallen. Delft: Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart.

Schnüll, R., Lange, J., Fabian, I., Kölle, M., Schütte, F., Alrutz, D., Fechtel, H.W., Stellmacher-Hein, J., Brückner, T. & Meyhöfer, H. (1992). Sicherung von Radfahrern an städtischen Knotenpunkten. Bergisch Gladbach: BAST.

Schoon, C.C. (2006). Problematiek rechts afslaande vrachtauto's. Leidschendam: SWOV.

Schoon, C.C., Doumen, M.J.A., Bruin, D., de (2008). De toedracht van dodehoekongevallen en maatregelen voor de korte en lange termijn. Leidschendam: SWOV.

Summala, H., Pasanen, E., Räsänen, M., Sievänen, J. (1996). Bicycle accidents and drivers' visual search at left and right turns. *Accident analysis and prevention*, 28, 147-153.

SWOV (2007). SWOV-Factsheet De verkeersonveiligelocatiebenadering. Leidschendam: SWOV.

SWOV (2008a). SWOV-Factsheet Ouderen in het verkeer. Leidschendam: SWOV.

SWOV (2008b). SWOV-Factsheet Ouderen en infrastructuur. Leidschendam: SWOV.

SWOV (2009). Mobiliteitsonderzoek Nederland: <http://www.swov.nl>, november 2009.

Tutert, E. (2000). Een veilige infrastructuur voor kinderen. Rotterdam: Adviesdienst Verkeer en Vervoer.

Van Haeften, M. (2010). Het kijkgedrag van automobilisten en fietsers bij kruispunten met een tweerichtingenfietspad. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.

Voorham, J. (2010). Safety of left turning cyclists; the relationship with intersections design characteristics. Leiden: Rijksuniversiteit Leiden.

Wachtel, A., Lewiston, D. (1994). Risk Factors for Bicycle-Motor Vehicle Collisions at Intersections. *ITE Journal*, September, 30-35.

Welleman, A.G. & Dijkstra, A. (1988). Veiligheidsaspecten van stedelijke fietspaden. Leidschendam: SWOV.

Zegeer, C.V., Stewart, J.R., Huang, H. & Lagerwey, P. (2001). Safety effects of marked versus unmarked crosswalks at uncontrolled locations; analysis of pedestrian crashes at 30 locations. In: *Transportation Research Record 1773*. Transportation Research Board, Washington D.C.

Bijlage I Landelijke cijfers oversteekongevallen

In deze bijlage worden landelijke cijfers van oversteekongevallen met fietsers gepresenteerd. Het betreft ongevallen zoals geregistreerd in de verkeersongevallenregistratie (BRON).

In tabel 1 zijn de geregistreeerde ongevallen weergegeven waarbij een of meer fietsers betrokken waren naar letselernst. Het aantal oversteekongevallen is geschat aan de hand van de aard van het ongeval. De meeste ongevallen die als flankongeval staan geregistreerd zijn oversteekongevallen. Naar schatting is circa 65% van de fietsongevallen met doden en ziekenhuisgewonden een oversteekongeval. Daarvan vindt circa 80% plaats binnen de bebouwde kom en 20% buiten de bebouwde kom.

Tabel 1 Geregistreeerde ongevallen met fietsers per jaar (BRON 2005-2007)

	Totaal aantal ongevallen	Oversteek-ongeval ¹	bibeko	bubeko	onbekend
Fiets:					
Dodelijk	161	112	71	40	1
Ziekenhuis	2.326	1.497	1.229	263	5
Licht	5.563	3.359	2.957	385	17
UMS ²	6.270	3.820	3.513	297	10
Totaal	14.320	8.787	7.769	985	33

¹ Selectie in BRON: ongevallen met betrokkenheid fietsers / aard ongeval 'flankongeval'

² Uitsluitend materiële schade

In tabel 2 is het aantal oversteekongevallen met fietsers binnen de bebouwde kom onderverdeeld naar maximumsnelheid. Van de oversteekongevallen binnen de bebouwde kom vindt 80% plaats op 50-kilometerwegen. Dit zijn de gebiedsontsluitingswegen of verkeersaders binnen de bebouwde kom. Op wegen met een snelheidslimiet boven de 50 km/uur komen weinig flankongevallen voor, wat kan worden verklaard door de beperkte lengte aan wegen met deze snelheidslimiet binnen de bebouwde kom.

Tabel 2 Geregistreeerde flankongevallen met fietsers binnen de bebouwde kom naar snelheidslimiet per jaar (BRON 2005-2007)

Snelheidslimiet	30	50	60 – 70	> 80	Totaal
Doden en ziekenopnamen	198	1.021	16	6	1.242
Licht letsel en UMS ¹	1.039	5.086	39	23	6.187
Totaal	1.237	6.107	55	30	7.429
Doden en ziekenopnamen	16%	82%	1%	1%	100%
Licht letsel en UMS	17%	82%	1%	0%	100%

¹ Uitsluitend materiële schade

In tabel 3 en 4 zijn respectievelijk de toedrachten en wegsituaties van geregistreerde flankongevallen met fietsers binnen de bebouwde kom op 50-kilometerwegen weergegeven. De belangrijkste toedrachten zijn geen voorrang en geen doorgang verlenen. Deze toedrachten zijn als volgt gedefinieerd:

- Geen voorrang verlenen: voertuigen op een voorrangsplichtige weg, uitrit of erfaansluiting laten voertuigen op de kruisende weg niet voorgaan;
- Geen doorgang verlenen: afslaande voertuigen die rechtdoorgaand verkeer op dezelfde weg niet voor laten gaan.

De meeste oversteekongevallen gebeuren op kruispunten en slechts 10% op rotondes. Uiteraard leent zich dit niet tot een conclusie over risico's. Daarvoor is informatie over aantallen kruispunten en intensiteiten nodig.

Tabel 3 Geregistreerde flankongevallen met fietsers binnen de bebouwde kom naar toedracht op 50-kilometerwegen per jaar (BRON 2005-2007)

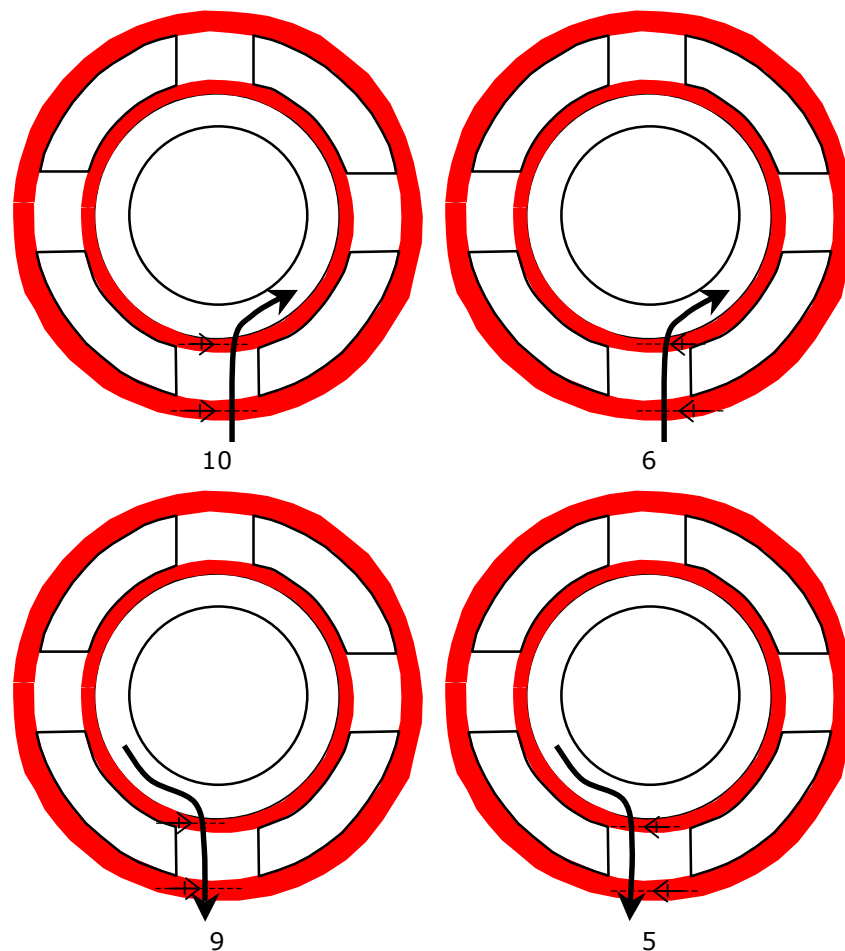
Toedracht	Doden	Ziekenhuis-opnamen	Licht letsel en UMS	Doden	Ziekenhuis-opnamen	Licht letsel en UMS
Geen voorrang verlenen	20	511	2543	35%	53%	50%
Geen doorgang verlenen	20	180	994	34%	19%	20%
Negeren rood licht	7	67	297	11%	7%	6%
Fout oversteken	2	33	127	4%	3%	2%
Fout inhalen/snijden	1	37	205	2%	4%	4%
Te veel rechts rijden	1	19	117	2%	2%	2%
Onbekend / overig	7	117	802	11%	12%	16%
Totaal	58	963	5086	100%	100%	100%

Tabel 4 Geregistreerde flankongevallen met fietsers binnen de bebouwde kom naar wegsituatie op 50-kilometerwegen per jaar (BRON 2005-2007)

Wegsituatie	Doden	Ziekenhuis-opnamen	Licht letsel en UMS	Doden	Ziekenhuis-opnamen	Licht letsel en UMS
Kruispunt, 4 takken	25	368	1830	43%	38%	36%
Kruispunt, 3 takken	17	306	1545	29%	32%	30%
Rechte weg	12	191	1051	20%	20%	21%
Rotonde	4	89	561	8%	9%	11%
Bocht	0	8	77	0%	1%	2%
Onbekend / overig	0	2	29	0%	0%	1%
Totaal	58	964	5093	100%	100%	100%

Bijlage II Fietsongevallen op rotondes

In het in hoofdstuk 4 beschreven ongevalonderzoek zijn alle voorrangsongevallen in de steden Apeldoorn, Tilburg en Delft geïnventariseerd. Aangezien de analyse van fietsongevallen op rotondes enkele interessante inzichten gaf is hiervan in deze bijlage een overzicht opgenomen. In figuur B1.1 is het aantal oversteekongevallen op rotondes weergegeven, onderscheiden naar vier typen manoeuvres.



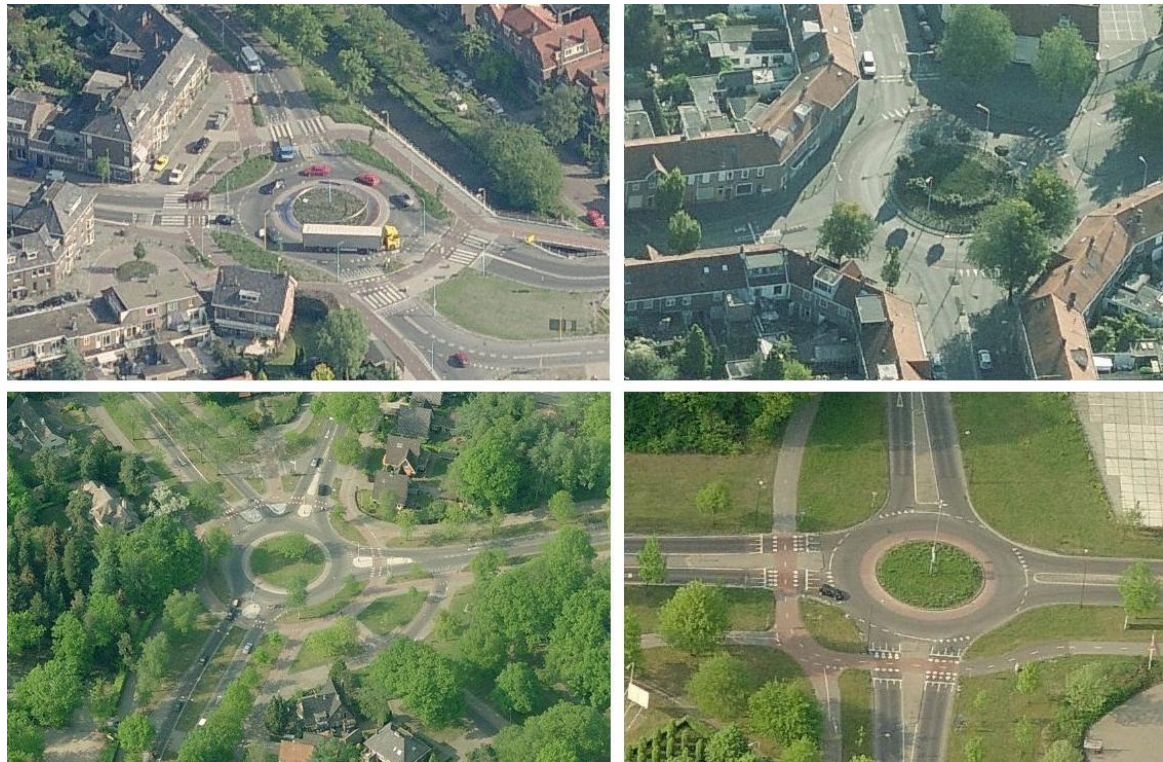
Figuur B1.1 Oversteekongevallen bij rotondes weergegeven

In tabel B1.1 is weergegeven welk aandeel van de fietsers bij oversteekongevallen op een rotonde rechts of links van de weg reed.

Tabel B1.1 Richting van het fietsverkeer bij ongevallen met fietsers op de rotonde

Type kruispunt	Rechts van de weg	Links van de weg	Totaal	Percentage links van de weg
Tweerichtingenfietspad	4	6	10	60%
Eenrichtingsfietspad	6	5	11	45%
Fietsstrook	8	0	8	0%
Gemengd verkeer (fietsers langs ader)	1	0	1	0%
Totaal	19	11	30	37%

Enkele rotondes kennen een lichte concentratie van ongevallen (minimaal 2 ongevallen in 4 jaar). Ongeveer eenderde van de oversteekongevallen op rotondes gebeurde op de vier rotondes die zijn weergegeven in figuur B1.2. De fietser heeft hier voorrang. Op alle rotondes is de intensiteit van zowel het fietsverkeer als van het autoverkeer gemiddeld tot hoog. Bij drie rotondes staan de armen van de rotonde niet loodrecht op elkaar en bij twee rotondes is er sprake van een tweerichtingenfietspad. In een eventueel vervolgonderzoek naar rotondes zou meer nadruk gelegd kunnen worden op dergelijke infrastructuurkenmerken.



Figuur B1.2 Rotondes met een lichte concentratie van ongevallen (linksboven 4 ongevallen, rechtsboven 3 ongevallen en rechts- en linksonder 2 ongevallen)

Bijlage III Voorbeelden bij codering van infrastructuurkenmerken

In deze bijlage wordt een aanvullende toelichting gegeven bij het bestand met infrastructuurkenmerken, intensiteiten en ongevallen per kruispunt.

Aanvullende selectie RWS DVS

Op de volgende verkeersaders in de gemeenten Apeldoorn en Tilburg zijn infrastructuurkenmerken en intensiteitgegevens geïnventariseerd van alle geschikte voorrangskruispunten (inclusief kruispunten met solitaire fietspaden) die nog geen onderdeel uitmaakten van het onderzoek van Bureau Ligtermoet en Partners:

- Apeldoorn
 - Gildenlaan
 - Heemradenlaan
 - Laan van de Maten
 - Matenpoort
 - Jachtlaan
 - Arnhemseweg
 - Vosselmanstraat
 - Sluisoordlaan
- Tilburg:
 - Rueckertbaan
 - Bredaseweg
 - Baden Powelllaan
 - Lage Witsiebaan
 - Ringbaan Oost
 - Vlashoflaan
 - Heikantlaan

In tabel B3.1 is weergegeven hoeveel kruispunten deel uitmaakten van de zeven onderzoekssteden. Het aantal kruispunten in Apeldoorn en Tilburg is het hoogst omdat RWS DVS in deze steden kruispunten heeft toegevoegd. Ook in de andere steden verschilt het aantal onderzochte kruispunten. Dat komt omdat Bureau Ligtermoet en Partners kruispunten van haar oorspronkelijke selectie heeft laten afvallen als die bij de uitvoering van het veldwerk niet aan alle criteria bleken te voldoen (Kroeze, Sweers, 2009).

B3.1 Aantal kruispunten en ongevallen per stad

gemeente	Aantal kruispunten	Kolom-percentage	aantal ongevallen	Kolompercentage
Apeldoorn	112	22%	57	18%
Delft	57	11%	32	10%
Tilburg	91	18%	78	25%
Capelle	77	15%	12	4%
Deventer	50	10%	36	11%
Dordrecht	67	13%	54	17%
Gouda	50	10%	49	15%
Total	504	100%	318	100%

Intensiteiten

Op de kruispunten in het onderzoeksbestand is de gemiddelde intensiteit van het gemotoriseerde verkeer circa 8.800 motorvoertuigen per etmaal. Bij de aanvullende selectie van RWS DVS is de gemiddelde intensiteit met circa 12.000 mtv/etmaal duidelijk hoger dan bij de selectie van Ligtermoet en Partners (7.900 mtv/etmaal). Dit is een logisch gevolg van het selectiecriterium: RWS DVS heeft aanvullend kruispunten onderzocht op drukkere verkeersaders omdat daar relatief veel oversteekongevallen met fietsers gebeuren. De intensiteit van het fietsverkeer op de kruispunten in het onderzoeksbestand is gemiddeld 2.600 fietsers per etmaal. Er is in dit opzicht nauwelijks verschil in de gemiddelde intensiteit van het fietsverkeer tussen de selectie van Ligtermoet en Partners en RWS DVS. Het lag in de lijn van de verwachting dat de gemiddelde intensiteit hoger zou liggen bij de selectie van Ligtermoet en Partners omdat het fietsnetwerk bij die selectie het uitgangspunt vormde.

Voor het laatste zijn verschillende redenen te benoemen. Ten eerste is het verschil meer in de lijn der verwachting als de vergelijking tussen beide selecties van kruispunten wordt beperkt tot de steden Apeldoorn en Tilburg (waar de aanvullende selectie plaatsvond). In die steden is de gemiddelde intensiteit van het fietsverkeer hoger dan in andere steden. Dat ook in de selectie van RWS DVS een relatief hoge intensiteit van het fietsverkeer werd gemeten is niet verrassend aangezien het ook hier vaak ging om relatief belangrijke fietsverbindingen. Ten tweede is het mogelijk dat de correctie voor de telling in de weken van eind november tot begin december door RWS DVS (die is gebaseerd op Mobiliteitsonderzoek Nederland) te groot is. Deze correctie is doorgevoerd om te voorkomen dat het verschil in fietsgebruik in de zomerperiode in vergelijking met de weken eind november / begin december van invloed zijn op de geschatte etmaalintensiteiten van het fietsverkeer. Er is echter geen betere bron beschikbaar dan het Mobiliteitsonderzoek Nederland en de correctiefactor is daarom niet meer aangepast. Bovendien hebben de geschatte etmaalintensiteiten een goede voorspellende waarde voor oversteekongevallen (zie paragraaf 5.2), wat een indicatie is van de kwaliteit van de intensiteitsgegevens.

Voorbeelden van de scoring van variabelen

In het vervolg worden zes voorbeelden van onderzochte kruispunten weergegeven met foto's. In een tabel is weergegeven op welke wijze de variabelen (die worden gebruikt in paragraaf 6.2 tot en met 6.4) zijn gescoord. De eerste vijf voorbeelden maakten onderdeel uit van het bestand van Ligtermoet en Partners. Het zesde voorbeeld is een kruispunt dat door RWS DVS is toegevoegd aan het bestand. Daarna volgen nog vier voorbeelden van hoe de oversteeklengte en de toepassing van middengeleiders in deze studie is geoperationaliseerd.

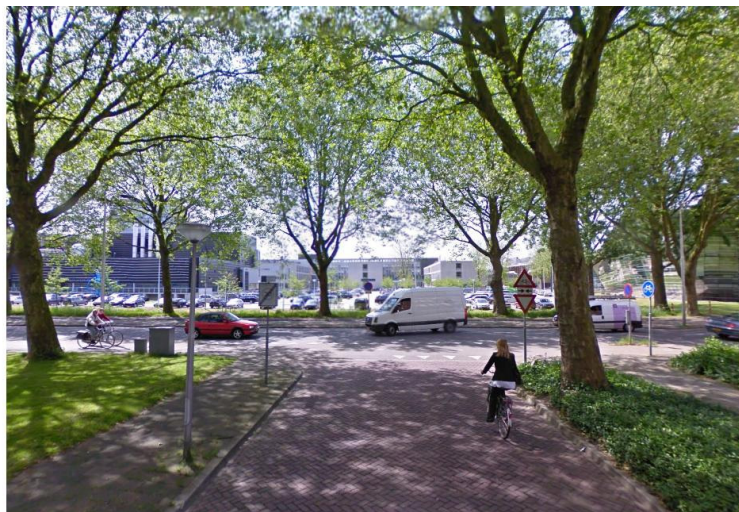
Voorbeeld 1: Apeldoorn, Gildenlaan-Marskramersdonk



Tabel B3.2 Wijze waarop de variabelen zijn gescoord

Variabelen in relatie tot alle typen ongevallen	Score
Type fietsvoorziening	eenrichtingsfietspad
Type kruispunt	drietakskruispunt
snelheidsremmer op gow	niet aanwezig
linksafvak	aanwezig
Variabelen in relatie tot langsongevallen	
snelheidsremmer voor verkeer uit de zijweg	aanwezig
kwaliteit van de markering van de oversteekplaats	matig
kleur van de oversteekplaats	rood
uitzicht vanuit de zijweg	belemmerd
afstand fietspad - weg	2 tot 5 meter (3.5 meter)
Variabelen in relatie tot dwarsongevallen	
oversteeklengte verkeersader	3 rijstroken
middengeleider	opstelvak voor auto's ingesloten door middengeleiders

Voorbeeld 2: Delft, Schoemakerstraat - Professor Evertslaan



Tabel B3.3 Wijze waarop de variabelen zijn gescoord bij voorbeeld 2

Variabelen in relatie tot alle typen ongevallen	Score
Type fietsvoorziening	tweerichtingenfietspad
Type kruispunt	drietakskruispunt
snelheidsremmer op gow	niet aanwezig
linksafvak	niet aanwezig
Variabelen in relatie tot langsongevallen	
snelheidsremmer voor verkeer uit de zijweg	niet aanwezig
kwaliteit van de markering van de oversteekplaats	Niet aanwezig (geen blokmarkering; alleen haaiantanden)
kleur van de oversteekplaats	geen
uitzicht vanuit de zijweg	onbelemmerd
afstand fietspad - weg	0-2 meter (1 meter)
Variabelen in relatie tot dwarsongevallen	
oversteeklengte verkeersader	2 rijstroken
middengeleider	niet aanwezig

Voorbeeld 3 Delft, Krakeelpolderweg - Pootstraat



Tabel B3.4 Wijze waarop de variabelen zijn gescoord bij voorbeeld 3

Variabelen in relatie tot alle typen ongevallen	Score
Type fietsvoorziening	fietsstrook
Type kruispunt	viertakskruispunt
snelheidsremmer op gow	niet aanwezig
linksafvak	niet aanwezig
Variabelen in relatie tot langsongevallen	
snelheidsremmer voor verkeer uit de zijweg	niet aanwezig
kwaliteit van de markering van de oversteekplaats	matig
kleur van de oversteekplaats	rood
uitzicht vanuit de zijweg	onbelemmerd
afstand fietspad - weg	n.v.t.
Variabelen in relatie tot dwarsongevallen	
oversteeklengte verkeersader	2 rijstroken
middengeleider	niet aanwezig

Voorbeeld 4, Tilburg, Bijsterveldenlaan – Middenschouwenstraat



Tabel B3.5 Wijze waarop de variabelen zijn gescoord bij voorbeeld 4

Variabelen in relatie tot alle typen ongevallen	Score
Type fietsvoorziening	fietsstrook
Type kruispunt	viertakskruispunt
snelheidsremmer op gow	drempel
linksafvak	niet aanwezig
Variabelen in relatie tot langsongevallen	
snelheidsremmer voor verkeer uit de zijweg	aanwezig
kwaliteit van de markering van de oversteekplaats	niet aanwezig
kleur van de oversteekplaats	geen (kleur fietsstrook loopt niet door over de oversteekplaats)
uitzicht vanuit de zijweg	onbelemmerd (d.w.z. op 2 meter voor de weg)
afstand fietspad - weg	n.v.t.
Variabelen in relatie tot dwarsongevallen	
oversteeklengte verkeersader	2 rijstroken
middengeleider	middengeleider voor uitsluitend fietsers

Voorbeeld 5, Tilburg, Zevenheuvelenweg – Kraaivenstraat



Tabel B3.6 Wijze waarop de variabelen zijn gescoord bij voorbeeld 5

Variabelen in relatie tot alle typen ongevallen	Score
Type fietsvoorziening	eenrichtingsfietspad
Type kruispunt	viertakskruispunt
snelheidsremmer op gow	niet aanwezig
linksafvak	aanwezig
Variabelen in relatie tot langsongevallen	
snelheidsremmer voor verkeer uit de zijweg	niet aanwezig
kwaliteit van de markering van de oversteekplaats	goed
kleur van de oversteekplaats	geen
uitzicht vanuit de zijweg	belemmerd zicht
afstand fietspad - weg	2 tot 5 meter (3 meter)
Variabelen in relatie tot dwarsongevallen	
oversteeklengte verkeersader	3 rijstroken
middengeleider	middengeleider voor uitsluitend fietsers

Voorbeeld 6, Tilburg, Baden Powellaan – Auteurslaan



Tabel B3.7 Wijze waarop de variabelen zijn gescoord bij voorbeeld 6

Variabelen in relatie tot alle typen ongevallen	Score
Type fietsvoorziening	eenrichtingsfietspad
Type kruispunt	drietakskruispunt
snelheidsremmer op gow	niet aanwezig
linksafvak	aanwezig
Variabelen in relatie tot langsongevallen	
snelheidsremmer voor verkeer uit de zijweg	aanwezig
kwaliteit van de markering van de oversteekplaats	niet aanwezig
kleur van de oversteekplaats	rood
uitzicht vanuit de zijweg	onbelemmerd zicht
afstand fietspad - weg	meer dan 5 meter (iets meer dan 5 meter)
Variabelen in relatie tot dwarsongevallen	
oversteeklengte verkeersader	3 rijstroken
middengeleider	opstelvak voor auto's ingesloten door middengeleiders

Voorbeelden van kruispunten met twee rijstroken en opstelvak voor linksafslaande auto's ingesloten door middengeleiders

Voorbeeld 7 Delft, Mierveldlaan – Tweemolentjeskade

Gescoord als twee rijstroken, linksafvak voor auto's ingesloten door middengeleiders



Voorbeeld 8 Delft, Sint Jorisweg – Aan het Verlaat

Gescoord als twee rijstroken, linksafvak voor auto's ingesloten door middengeleiders



Voorbeeld 9 Apeldoorn, Jachtlaan - Bosweg

Gescoord als drie rijstroken, linksafvak voor auto's ingesloten door middengeleiders



Voorbeeld 10 Apeldoorn, Europaweg – De Heze

Gescoord als vier rijstroken, linksafvak voor auto's ingesloten door middengeleiders



Bijlage IV Stageverslag 'Bicycle Crossing Study'

*An Analysis of Bicycle Crossing Behavior in Delft
Final Report Summer Internship*

Author: Robin Michler
Advisors: Paul Schepers and Rob Methorst
Date: 16 September 2009
Organization: Center for Transport and Navigation

Introduction:

In the Netherlands there are about twice as many bicycle accidents at intersections as on road segments (SWOV, 2008). In an effort to improve bicycle safety at crossings, the Dutch Ministry of Transport, Public Works and Water Management commissioned a study focused on crossing locations. The following is a sub-study within the larger study, focused on gathering insight through observations of cyclists' general crossing behavior, with an emphasis on how people choose to behave when faced with several options.

The accident reports used to frame the main study only describe the operational failures that led to the accident, creating the need for this sub-study in order to get a better understanding of the role decision making may play into the equation. If more is known about the tactical and strategic decisions that cyclists make, a more comprehensive understanding of safety treatments can be developed. In this sub-study, strategic decisions are categorized as those decisions made before the trip, such as, when to leave, what mode to use, and what route to take. Operational decisions are those made automatically by experienced cyclists reacting to traffic or an obstacle. Tactical decisions are made in the gray area between strategic and operational decisions when cyclists make behavioral choices, both before and during travel. Cyclists make such decisions such as whether or not they use a cell phone, cycle against the traffic flow, or cross in a marked crossing. These decisions are often a combination of automatic operational decisions and tactical decisions. While it is difficult, and perhaps impossible, to separate out operational behavior and tactical behavior through observation alone, this study nonetheless strives to capture a more in-depth look at crossing choices indicative of tactical behaviors than a one angled camera view is capable of showing.

Delft:

All of the observations for this study were conducted in Delft, a Dutch college town home to Delft University of Technology. Thanks to its small size and high student population, cycling represents almost half of all trips under 5 km. The graph below shows Delft's cycling mode share as compared to the rest of the Netherlands. Table 1.1 at page 7 of this report displays the number and type of bicycle accidents in Delft from 2005 to 2008. Only 24 percent of cycling accidents in Delft occurred at signalized crossings, which suggesting that more needs to be understood about how cyclists make decisions in uncontrolled environments.

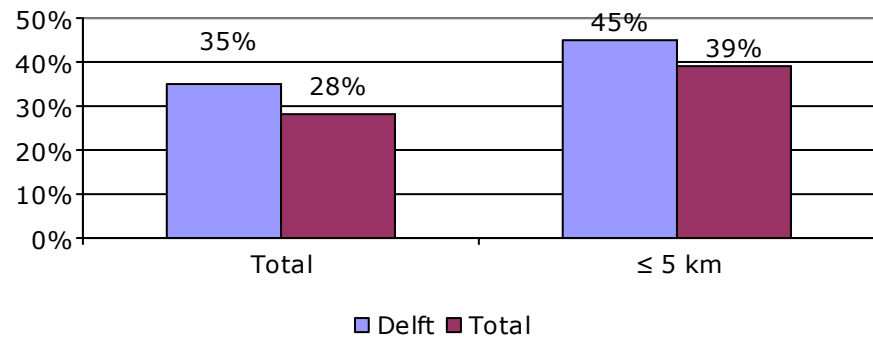


Figure 1: Bicycle Mode Share (Above)
(Source: Ministry of Transport, 1999)

Method:

To conduct this observational study, intersections were chosen for different infrastructural characteristics and opportunities for route choice. A diagram for each intersection was created using aerial imagery from Google Earth and Microsoft Live Earth (now Bing Maps). Using this diagram, a form was created for use in the field, on which the observer had space to draw the cyclists' routes, note the observed cyclists' demographic characteristics (e.g. age, gender), and observable behavior including whether or not they were using a cell phone, listening to music, cycling against traffic, or stopping before crossing an intersection. In cases where conflict was observed (e.g. a barrier in the cycle path, a car failing to yield), the cause of the conflict and the cyclists' reactions were also described. Finally, where appropriate, a comparison is made of observed behavior at the crossing locations to the accident data to analyze whether the accidents corresponded to cyclists' behavior at the intersections.

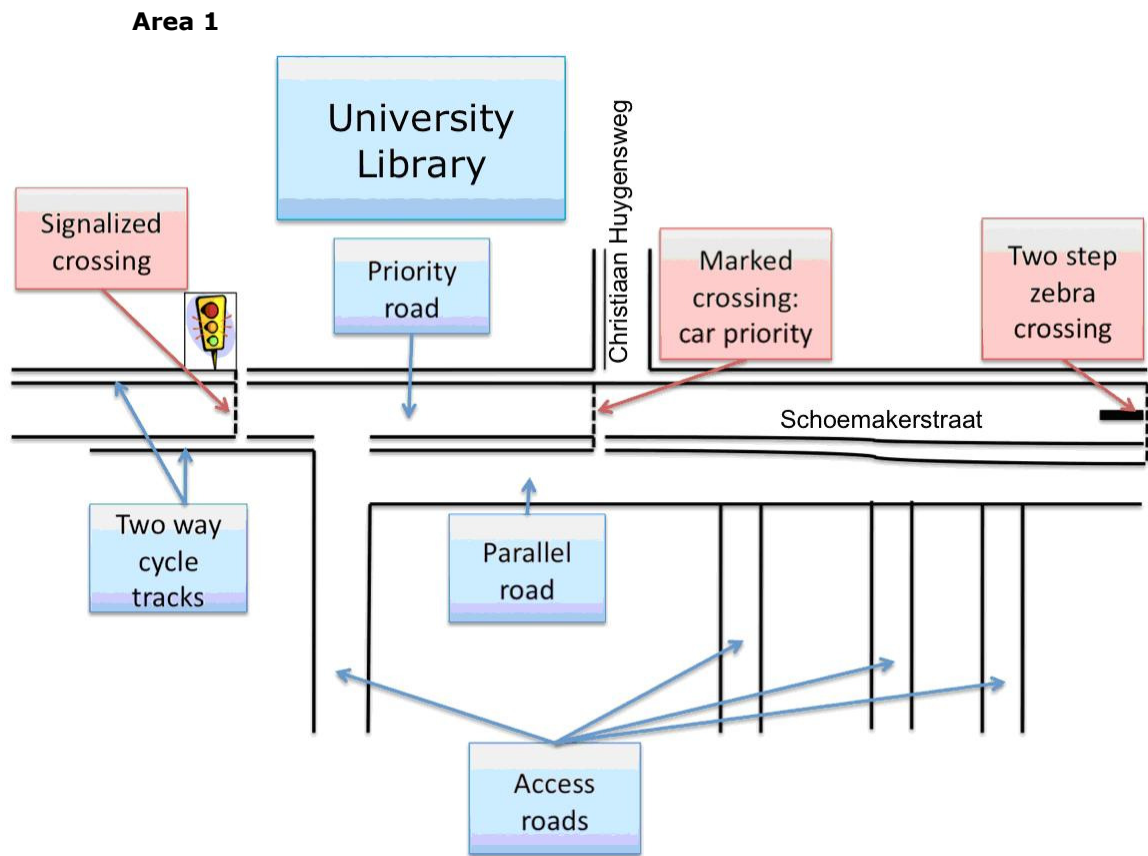


Figure 2: Schoemakerstraat and Christiaan Huygensweg. Google Maps [Link](#)

The first intersection observed is adjacent to the Delft University of Technology (TU Delft). This intersection was chosen because there are multiple crossings with different infrastructural characteristics within very close proximity to each other. The observer focused his attention on those cyclists that were coming out of the TU Delft campus with destinations on the other side of the street.

Of the observed cyclists coming from the University, only 13% ($n=137$) cycled against the flow of traffic on the Schoemakerstraat, despite being permitted to cycle in both directions. Most people with destinations to the left crossed the street immediately and proceeded on the parallel street. Those cyclists with destinations on the right tended to not take the first crossing opportunity even when their destination was at the other side. There were some variations among different genders and ages. Males cycled against traffic with twice the frequency of females (16% versus 8%; $n=86$ and $n=50$ respectively, $p=.17$). While young adults of both genders were more likely to cycle against traffic than adults or the elderly (18% young adults, 11% adults, 0% elderly; $n=70$, $n=44$, and $n=13$ respectively, $p=.20$). While no statistically significant conclusions can be drawn about the differences between genders or ages in this sample, the results suggest that older cyclists and female cyclists likely have a preference for riding with the flow of traffic.

Another factor that may be at play at this intersection is cyclists' preference for crossing directly where they enter and leave the campus. In a cyclist count

performed during the lunch hour comparing the non-priority crossing directly across from cycle track along Christiaan Huygensweg to the nearby, signalized intersection, three times ($n=111$) the number of cyclists crossed at the non-priority crossing. The number of crossings at the zebra crossing with an island further down in the opposite direction is also lower than the centrally located non-priority crossing. (However, the count for the zebra crossing is not accurate, because of error due to sight restriction.) This observation raises attention, because the zebra crossing with a refuge island and a signalized crossing should provide more relaxed crossing locations than a location with no priority for cyclist, no refuge island, and high traffic volumes. This choice suggests that, in this case, the location of the crossing is more important to peoples' crossing choice than infrastructure.

Conflicts:

In addition to crossing patterns, The observer noted four different kinds of conflict at the Schoemakerstraat and Christiaan Huygensweg intersection. The first conflict was a result of the two directional cycle track bordering the school. The advantage of this bicycle track is that students going from one location on the campus to another along the Schoemakerstraat do not have to cross the busy road at all. However, this results in bicyclists cycling in the unexpected direction and can potentially create more accidents when people fail to see a cyclist. During my observation, I did not see any cases where a car failed to see the cyclist, but a near accident occurred when a crossing cyclist took the first gap in traffic, but failed to notice an oncoming cyclist bicycling from the unexpected direction. When they were almost across, the oncoming cyclist gave a warning cry and the crossing cyclists stopped short and was stranded in the road with oncoming traffic.

The second conflict observed was that cars wait to turn right or left into the busy two directional cycle track. The cycle track is well marked and it varies whether the driver or cyclist pulls out of the way for through bicycle traffic. Perhaps this problem exists at this intersection because it is not signalized. Therefore, if cars and cyclist waited farther back they would have to wait for a larger gap in traffic, thus potentially increasing their wait time.

The third conflict was one of unclear priority. The crossing that is most heavily used directly across from the library has a marked crossing, but cyclists are not given priority. There seemed to be a clear understanding that the through car traffic traveling down the priority road had priority, (although, sometimes a cyclist chose to cross in a gap that required a car to slow down). However, often, when cyclists were waiting to cross at the same time as a turning car next to them (at the minor road), there was not a clear pattern of whether or not the car waiting to turn would also wait for the cyclist.

Accidents:

Despite the cyclists' preference for crossing the priority road directly at the intersection, even though cars had priority, there were no recorded accidents in the past four years of cyclists crossing this main road. This pattern is consistent with the other crossings along this segment of the Schoemakerstraat. Unfortunately, there were accidents reported for cyclists crossing the minor roads, including the side street next to my observation, Christiaan Huygensweg. The other components of the study lead by Paul Schepers are focused on understanding these types of accidents.

Area 2

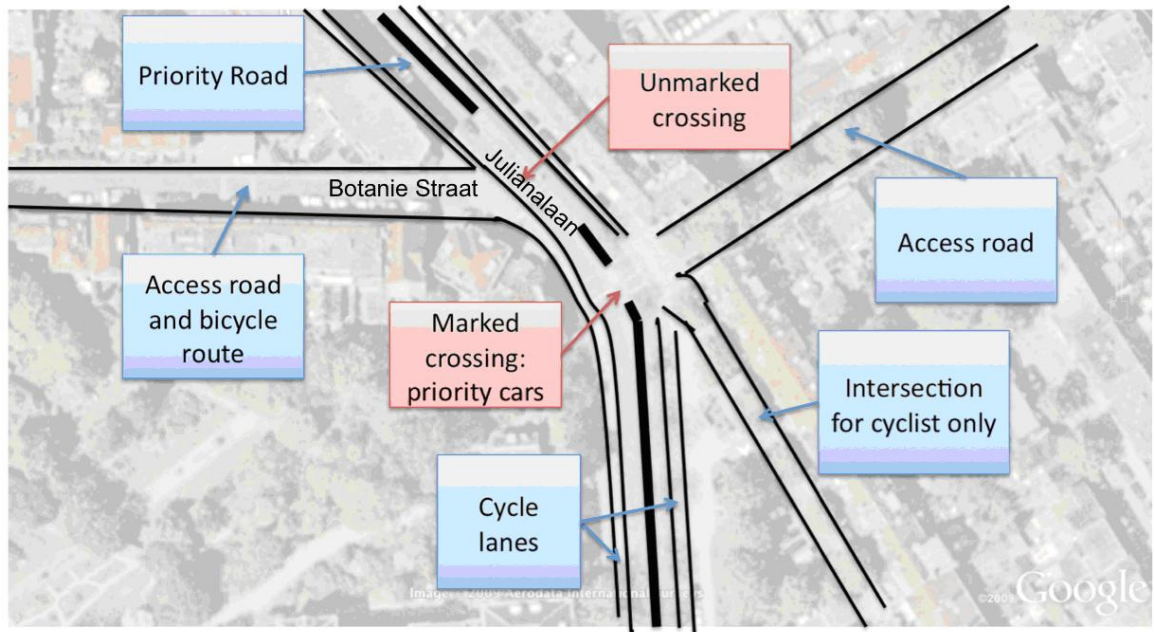


Figure 3: Julianalaan and Botanie Straat. Google Maps [Link](#)

The second area that I observed was along Julianalaan, also a priority road in Delft. The intersection is well used by both the elderly and the very young. There is a pharmacy on one corner, which generates many bicycle trips by the elderly. Opposite the pharmacy there is a daycare for young children, so it is common to see parents riding with their children. The intersection is also on a school route for older children. Unlike Schoemakerstraat, this street is equipped with bicycle lanes instead of bicycle tracks. Considering these lanes are on the street and one way, it is quite surprising to find that many people cycle against traffic. Twenty percent of cyclists ($n=139$) chose to have a leg of their trip against the flow of traffic. A couple of different factors seem to be at play here. First, like in the previous area, some cyclists seem to show a preference for crossing immediately, and since the access roads, which are heavily used by cyclists, are not aligned, many of the cyclists cross and then cycle against traffic on the priority road until they can turn off of it. Second, there is no comfortable place to wait to cross on the cycle lane at the unmarked crossing (which is also used by cars). There were mildly statistically significant differences in age groups using the Fisher's exact test, with the younger cyclists crossing against traffic with greater frequency than older cyclists (30% of young adults 20% of adults 7% of the elderly cycled against traffic, $n=26$, $n=74$, and $n=30$ respectively, $p=.098$). Some elderly cyclists used a couple of distinct tactics to cross. One method was to wait on the access road for traffic to clear and then make a long diagonal crossing, while the other technique was to cross at the marked crossing and continue in the wrong direction on the sidewalk or bicycle lane to the access road. However, the majority of all cyclists did cross at the location that avoided cycling against traffic. Yet, of those that chose not to cycle against traffic 36% ($n=139$) chose to enter the traffic lane before the crossing, and thus they only had to watch for traffic in the on coming direction. This legal crossing technique may be less safe for a cyclist whose peripheral vision is poor or who does

not feel comfortable cycling while looking behind for an opportunity to move into the auto lane.

Conflicts:

Both of the side streets along the priority road had raised entrances to them that cars had to drive up on, thus forcing cars to slow down when turning off the higher speed road onto the lower speed road. However, cars regularly used this space for parking while making a short stop at either the drug store, day care, or ice cream parlor at this intersection. During the majority of my observation time, there was at least one car parked on what should have been the sidewalk. On a couple of occasions, cyclists traveled around the parked car and rejoined the cycle or lane further down after having been diverted to the sidewalk for a short stretch. In considering building further raised crossings for cyclists along priority roads, design elements to make car parking unattractive should be considered.

Some cyclists crossing prior to the marked crossing have no ability to exit the traffic or bicycle lane if there is an oncoming car or bicycle because of the densely parked cars. Cyclists pulling the same maneuver from the other side do not have the same problem because the cycle lane is not as narrow and is protected from cars at their point of crossing. There is also a wide sidewalk not blocked by cars, which the cyclists can use to avoid on coming traffic.

Accidents

The accidents reports for Delft from 2005-2008 identified two cyclists who were hit trying to turn left from the cycle lane and one cyclist hit riding against traffic. The three accidents at this crossing suggest the possibility that the variation in crossing and maneuvering decisions by cyclist in this location represent a lack of a clear safe choice.

Area 3

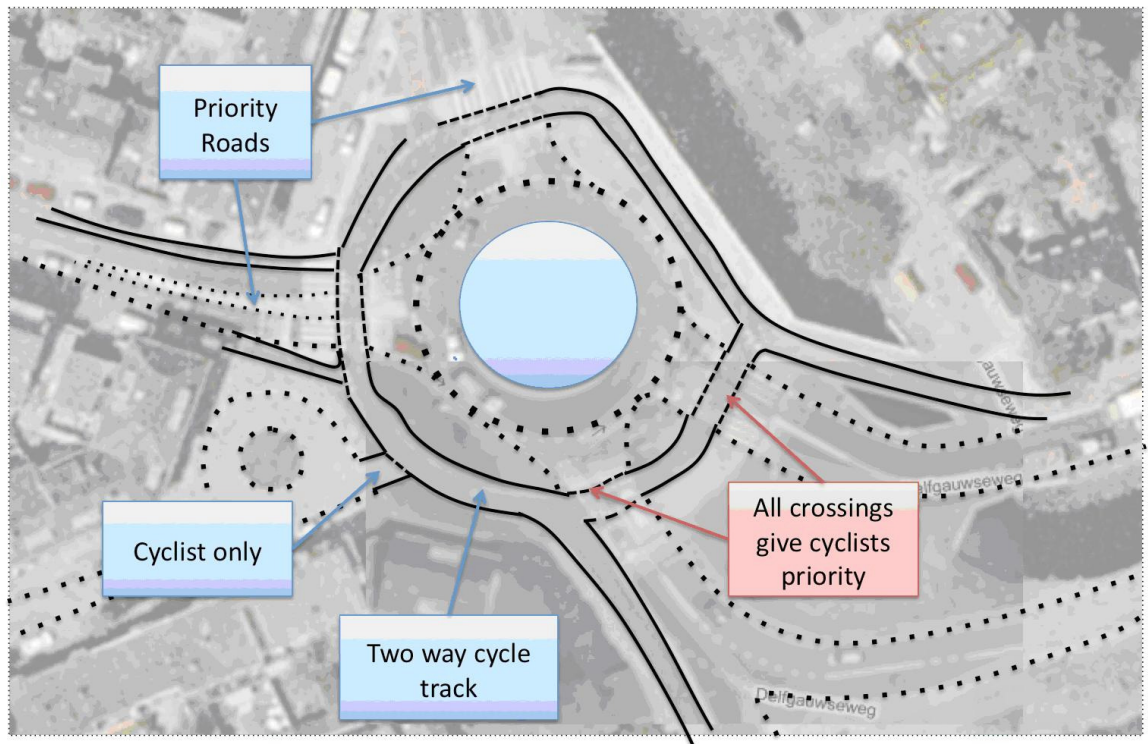


Figure 4: Delftgaauwseweg and Nassaulaan. Google Maps [Link](#).

The third area that I observed was a roundabout with busy traffic and with two-way cycle tracks around it. Cyclists on the roundabout have priority. All cyclists in this area chose the route with the fewest crossings regardless of traffic direction, mostly the shortest route. While this behavior may minimize the number of crossings the cyclist has, it may not minimize their risk. Three out of the four reported bicycle accidents with motor vehicles in this location were with cyclists cycling against traffic in the roundabout.

Motorists almost always respected the priority cycle track during observations, (of course there was one who did not), and cyclists signaled their intended direction with greater frequency than observed at the first and second areas. Perhaps the signaling results from a sense of insecurity about whether the cars will indeed give a cyclist priority—which, based on the number of accidents in this area, is a valid concern. Overall the uniformity of behavior suggests that the decisions made at this roundabout are at the operational level.

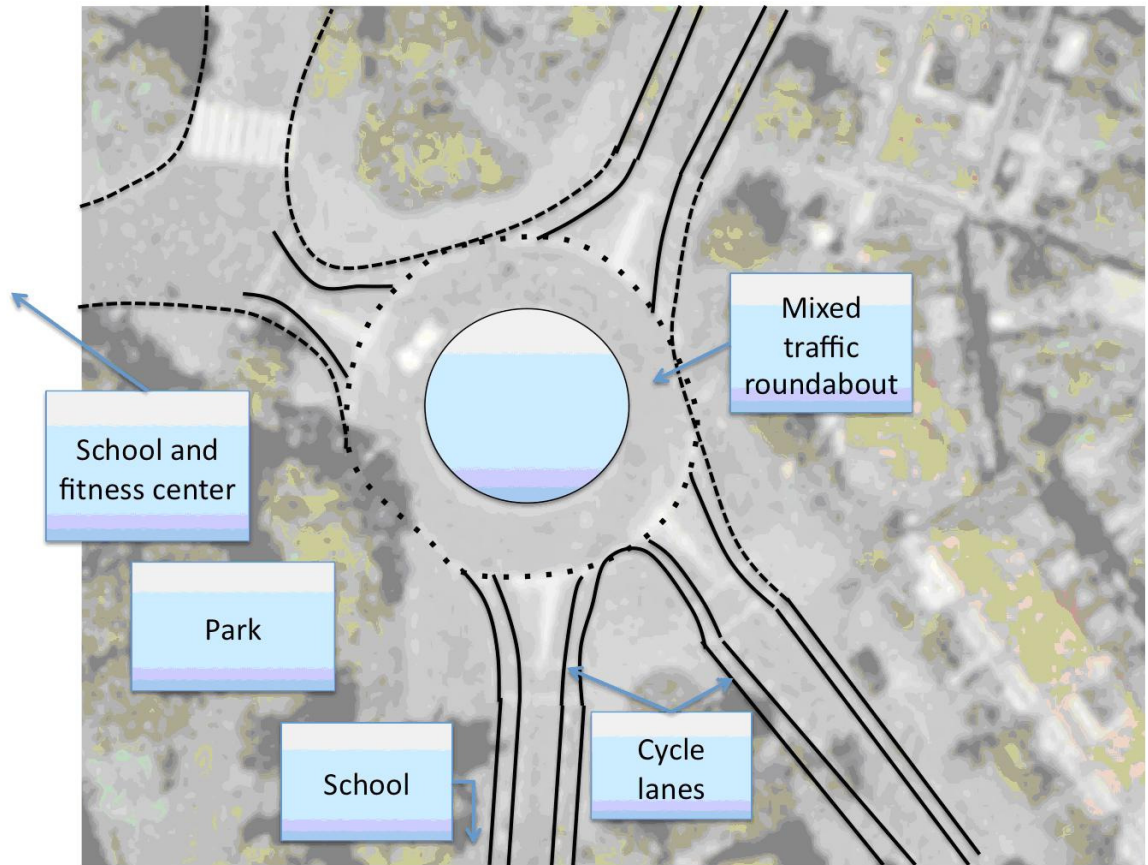
Area 4:

Figure 5: Delftlaan and Adriaan Pauwstraat. Google Maps [Link](#)

The fourth observed area was a roundabout with mixed traffic. There is very little active decision making at this type of roundabout. Cyclists tend to seamlessly merge into the roundabout even when traffic is present. Unlike cars, they do not stop to wait for a gap, but rather enter to the right of cars—even though there is no marked lane. When no car traffic was present, the observer did see one person cycle the wrong way on the roundabout as a short cut. When light traffic was present a teenage boy cycled the wrong way so to show off to two girls riding with him, and a few people (about 8 out of 1000) used the sidewalk to go one leg against traffic. However, the vast majority rode in the direction of traffic, even when no cars were present.

Conflicts:

Cyclists entering the roundabout next to the car (not before or after) can cause conflict if the car wishes to turn off while the cyclist is still next to them. In one case a van cut off the cyclist, (presumably the driver had not noticed the cyclist, because he was in a panel van), and the cyclist reacted and negotiated the situation without a fall or accident; however, the driver proceeded to stop the van, stood in the road, and yelled at the cyclist as they proceed on their way.

If the car has enough room to pass a cyclist on the roundabout but does not fully pass the cyclists before needing to turn off, there is a point of uncertainty. The observer witnessed this exact scenario at this intersection, which resulted in both the car and the cyclist stopping in the middle of the roundabout unsure what the other was going to do. In one such case, after both had stopped the car gave way to the cyclist. While, in another case at this location, the car effectively forced the cyclist to turn off the round about with it. Once the car had gone the cyclist turned around and re-entered the roundabout to the point of her desired exit.

Area 5:



Picture 1: Ezelsveldlaan. [Google Maps Link](#)

In addition to the more typical intersections observed, the observer surveyed an intersection of a new application of a bicycle street along the "Zoefroute" in Delft. This bicycle route is designed for safe, fast and comfortable bicycle transportation through the city of Delft (<http://www.zoefroute.nl/>). The bicycle street is a street where bicyclists have the priority but share the space with cars and mopeds who are "guests" on the street.

Overall the shared spaced seemed to function well during the periods of observation. The area is well used by bicycles and they outnumber cars and mopeds by a factor of five during a one hour count from 13:00 to 14:00 on a weekday.

Conflicts

The main point of confusion is where the road ceases to be shared space between the cars and the bicycles and the guided crossing for bicycles leads cars into the separated cycle track. The picture presented above is taken from the perspective of someone leaving the bicycle street and coming to the intersection at Zuidpoort. This mistake occurred four times during the observation. One car drove over the barrier separating the cycle track to get to the car lane, another car backed out, and two cars continued in the cycle track until the next intersection.

Finally, it is ambiguous for cyclists turning left from the regular road onto the bicycle road. In some cases they take priority along with other cyclists, while in other cases they wait for through automobile and moped traffic in the oncoming lane to clear. Two instances were observed where an elderly woman on a bicycle crossed the intersection then turned around to make a right turn onto the cycle road, indicating that she preferred not to make a left turn across traffic.

General observations

In order to gauge other elements that might serve as proxies to cyclist behavior, the observer noted whether each observed cyclist was listening to a music play or talking/texting on a cell phone while cycling. Below are the results from the observations at the first four sites.

- 6% of observed cyclists were listening to music (n=475)

- 2% of the observed cyclists were using their cell phones (n=475)

The results suggest that while some cyclists are using distractions such as cell phones and music players, because they are such a small minority of those observed, a larger number would need to be sampled in order to draw correlations between crossing behavior and cell phone or music player use.

Another general observation from the first two sites is that cars often yield to cyclists when the crossing is marked with squares, even if no yield line is present ("sharks teeth"). This observation is indicative that, overall, Delft is a safe place to bicycle and cars are courteous to cyclists even in cases where they are not legally bound.

Discussion

This observational study performed from the end of May through the beginning of June 2009 sought to observe a broader scope of a cyclist's behavior and crossing choice at a range of crossings. Additionally, by selecting cyclist at random, the observer was able to record details such as age and gender, details that would be left off of a cyclist count, because of the volumes of cyclists. While the observation technique used enabled the surveying of a road segment, rather than just a part of an intersection, the observation still only represents a small portion of the route. It would be ideal to see the full route taken by a sample of cyclists from origin to destination to get a clearer view of the route decisions they make before and throughout a given trip. To achieve this, a GPS-device could be installed on the bikes of a random sample of cyclists to record their complete routes, although, conflicts would not be observable with this method.

This study uncovers evidence that suggests differences in cyclists' choices of where and how to cross by genders and age groups. However, whether the observed decisions made by the cyclists at the different intersections are good indicators for the likelihood of an accident at those locations remains unknown. Additionally, there was no interview component; thus one can only make assumptions of why a certain behavior or route was chosen, making it hard to determine when someone was acting instinctively and when they were making more conscious decisions. This study provides valuable knowledge as to where people choose to cross, which can be added to the existing location specific accident logs that do not provide enough information about intersection safety on their own.

The different crossing patterns were drawn on paper, which provided a very detailed view of how each individual cyclist crossed the intersection; however, due to the many types of crossings, this data had to be grouped, thus losing much of the detail. Even with the aggregation, generally there were not enough cases to draw significant statistical comparisons.

Conclusion

The two main conclusions of the observation study are that:

- Route choice at crossings is often guided by shortest distance rather than comfort of the crossing locations.
- Cyclists naturally ride in the direction of traffic if it does not make their distance longer.

Overall these trends suggest cyclists are likely to cycle safely provided doing so does not inconvenience them. In the future stages of this project that will be focused on infrastructure improvement, a key element to consider is how to make direct crossings that are safe. In comparing the different road segments for crossing behavior, the roundabout provided the most consistent behavior, but, as the conflict observations suggests, they were far from conflict free. The consistency and predictability that the vast majority of cyclists displayed suggest that the crossings were guided mostly by automatic operational decisions, or route choice 'habits', rather than conscious tactical and strategic decisions. However, more detail could be gathered in the future via a survey or a study that examined origin to destination routes.

Citations:

Netherlands Ministry of Transport. *The Dutch bicycle master plan*. The Hague: Ministry of Transport, Public Works, and Water Management, 1999.

SWOV. (2008). *Bicycle facilities on road segments and intersections of distributor roads*. Retrieved from:

http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/UK/FS_Bicycle_facilities.pdf

Acknowledgements

I would particularly like to thank Paul Schepers and Rob Methorst who together worked on all of the paperwork to bring me to the Netherlands, and took the time to guide my work over the summer, teaching me a great deal, not only about transportation safety, but also about the Netherlands and Dutch culture. Thanks to Timco van Brummelen and Rob who shared their office and company. To Jitske Voorham, who compiled, shared and translated the accident data for the intersections I observed in Delft, and also proved that it is possible to survive on bread and chocolate. To Olinde de Smidt-Andringa who helped identify road segments for the study in Delft, and who gave me a much greater appreciation for flexible traffic barriers. While I have not named everyone, I am grateful to the whole staff of the safety section at the Center for Transport and Navigation who welcomed me and taught me a great deal.

Bijlage V 'Safety of left turning cyclists'

The relationship with intersection design characteristics
Master Thesis for Applied Cognitive Psychology

Author: Jitske Voorham
Supervisors: Paul Schepers; William Veruur
Organization: Center for Transport and Navigation;
Leiden University

Summary

This investigation was conducted to answer the question: **"What is the relationship between intersection design characteristics and the crossing safety of left turning bicyclists?"**. The purpose for this investigation was to establish if there is a difference in crossing strategy and safety between cyclists turning left on a cycle path or on a cycle lane. Observations were made to study cyclists' crossing strategies. The purpose of the present study is to explore for possible relationships. The sample size is relatively small. Therefore, this investigation led to indicative results only.

What makes turning left so hard is the complexity of this manoeuvre. While turning left, bicyclists have to give right of way to traffic on the main artery which has relatively high speed compared to traffic coming from by-roads.

According to existing research, manoeuvres like turning left show the biggest impact of ageing on driving skills. Turning left demands a raised attention and more motor capacity compared to other manoeuvres. Bicyclists have to perceive and process information about the traffic, and estimate the position and speed of the other road users. While turning left, various information has to be processed in quite a short time and under time pressure.

Conclusion

This investigation found that cycle paths compared to cycle lanes improved the safety of crossing strategies and viewing behaviour of bicyclists. Bicyclists on cycle paths crossed more in phases and looked more often in all directions before crossing. Also, road width was influencing viewing behaviour: the wider the road, the more often cyclists looked in all directions.

Recommendations

To improve bicycle safety and decrease the rate of left turning bicycle accidents, crossing in phases has to be encouraged. Therefore, cycle paths are preferred above cycle lanes.

The relationships of mode of crossing and viewing strategy with cycling facility were both significant at the 0.05 level. The relationships of these variables with road width were only significant at the 0.1 level. More research would be needed to support the conclusions on this subject.

Introduction

In the Netherlands bicycle safety is a topic of focus in the Strategic Plan for Road Safety 2008-2010 of the Ministry of Transport, Public Works and Water Management. In the past few years, the number of serious bicycle accidents did not decrease as much as the number of other traffic accidents (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2008).

For bicyclists collisions with other road users most often have serious impact. The vulnerability of bicyclists is due to the fact that they move throughout traffic while being unprotected and with a relatively large difference in speed (SWOV, 2006). Most of the recorded bicycle crashes in the Netherlands occur within an urban area (78%); 65% of which takes place on intersections and 35% on road sections (Appendix 1). This is the reason why this investigation focuses on bicyclists within urban areas. 55% of the severely injured bicyclists are due to collisions between a bicyclist and a car. Of all sort of recorded accidents crossing seems to be a dominant movement. 65% of all bicycle accidents resulting in fatalities or hospitalization are estimated to be a crossing accident. In 2005 to 2007 the crossing accidents within the urban area resulted in about 70 fatalities and 1.200 hospitalisations a year⁵.

In this investigation the focus is on one cyclist manoeuvre or movement: turning left. A pre-study of the bicycle accidents in three Dutch cities (Apeldoorn, Delft and Tilburg 2005-2008) showed that in general accidents of bicyclists turning left have serious impact (3 out of 8 deadly accidents in the pre-investigation). The accidents that are part of this investigation are accidents in which the bicyclists turn left and the crash opponent, heading in the same direction, goes straight on over the main artery. 23.2% of these accidents resulted in hospitalization or even death. In the age-category over 60 years of age the part of left turning accidents was the highest, to be exact 18.2%.

The main question in this investigation is: ***"What is the relationship between intersection design characteristics and the crossing safety of left turning bicyclists?"***. The answer can lead to recommendations on how the number of left turning bicycle accidents can be reduced by adjusting the infrastructure. Because it is too extensive to take into account all design characteristics, this investigation will focus on the difference in bicyclist safety between cycle paths and cycle lanes. This issue is of growing importance given the ageing population in most western countries.

Because there is a lack in safety studies with this scope of focus an investigation such as this one is of great importance. An overview of existing studies will be given in the introduction paragraph "Bicycle safety studies".

Turning left; longitudinal and transverse direction

A crossing accident in transverse direction is defined here as a collision between a car which goes straight on over the main artery and a bicyclist which crosses the main artery at a junction. In this case, the bicyclist has to give right of way (Figure 3.3).

⁵ Source: SWOV, 2009. Bestand geRegistreerde Ongevallen Nederland, BRON [online]. Available from: <http://www.swov.nl> [Accessed 01 May 2009].

What makes crossing in transverse direction so hard is the complexity of these crossings. This complexity influences the safety of bicyclist as well as pedestrians. The faster the traffic in the main artery drives, the higher the complexity will be. Bicyclists have to give right of way to traffic on the main artery which has relatively high speed compared to traffic coming from access roads.

Accidents in transverse direction happen often with bicyclists unfamiliar with the area and bicyclists younger than 18 years old (Räsänen et al., 1998). Pedestrians take more risk when the crossing is more complex and there is no middle island (Oxley et al., 1997). Compared to accidents in longitudinal direction less investigation is conducted about safety effects of intersection design characteristics of accidents in transverse direction. Given the role of complexity in crashes in the transverse direction, design characteristics that reduce this complexity probably may contribute most to bicycle safety.

When a bicyclist on a main artery turns left, it can be done in two steps: first by crossing the access road and second by crossing the main artery. However, a bicyclist can choose to cross in one step or diagonally as well (Figure 3.1). A bicyclist is more likely to cross diagonally at cycles lanes than at cycle paths. After crossing the access road, a cycle lane does not have a separate area for the bicyclist to wait before crossing the main artery.

Crossing safety of bicyclists may be improved by an infrastructure that encourages turning left in steps instead of diagonally. Crossing in two steps reduces the complexity of the manoeuvre. There has not been any investigation yet about the safety of left turning bicyclists in relation to design characteristics. Facilitating turning left in steps can be done for example by streaming areas or middle islands.

Bicycle safety studies: determining important factors

Welleman and Dijkstra (1988) investigated the safety effect of arterial road bicycle facilities in urban areas of 14 cities with more than 50.000 inhabitants. In total they observed 145 road sections: a stretch of the major road between two intersections with other major roads. The volumes of the motorized traffic and the bicycle traffic on the major roads were comparable. This investigation showed that road sections with protected bicycle paths were safest and road sections with bicycle lanes were least safe. Unsignallized priority intersections with bicycle paths alongside the major road are as safe as intersections with mixed traffic and safer than intersections with bicycle lanes. This result was recently confirmed in another Dutch study by Schepers & Voorham (2010). Priority intersections with one-way bicycle tracks along the artery appeared safer than intersections with cycle lanes although the difference was not significant in this study.

Elderly and turning left

Especially elderly and children seem to have an increased risk to be involved in an accident by turning left. Goldenbeld (1992) analysed 479 accidents with older bicyclists in the Netherlands. On average elderly were more often involved in accidents on priority junctions. Older cyclists are more often involved in left-turning accidents. They relatively often collide with fast traffic that comes along side with them. According to Tutert (2000) also the number of children that intend to turn left when an accident happens is remarkable.

Intersections are complex situations, characterized by time pressure and the necessity to divide attention between different tasks. These requirements are challenging for elderly (Davidse, 2002) and may be challenging for children too.

Ageing has influence on cognitive functions involved in car driving. The cognitive or decision making process involved in car driving is a continuous happening in which a car driver receives changes in the surrounding traffic, develops reactions on these changes, chooses the most appropriate reaction and acts according to the chosen action (Yanik, 1986). Compared to younger people, older people need more information to make a decision. In addition, selecting the right reaction and acting takes elderly longer. For these long reaction times the decrease in central brain function is to blame.

Not only psychological but also physical factors can make car driving more difficult for elderly. For example rheumatism or arthritis leads to the preferring to make bigger turns. Also the reaction to sudden changes in traffic is impeded (McInenly, 1986). It is plausible that the physical and cognitive changes of ageing make car driving more difficult for them and results in an increased accident risk. Manoeuvres like turning left show the biggest impact of ageing on driving skills. Turning left demands a raised attention and more motor capacity compared to other manoeuvres. Turning left demands not only receiving and processing information about the traffic, it also demands knowledge about the position of the road users (relative to the road) and their speed. While turning left, various information has to be processed in quite a short time and under time pressure. The difficulty of this manoeuvre is influenced by age because non-verbal information processing and reaction time increase with age (Hale, Myerson, & Wagstaff, 1987; Smith & Brewer, 1985). Due to the decrease in attention and motor capacity of the car drivers, a greater part of elderly drivers plays a role in left turning accidents. In the age group above 65 years, accidents while turning left had a much bigger part in the total number of accidents (Judson et al., 1996)

Although cyclists ride at a low speed compared to drivers, it is likely that cyclists suffer from the same decline of cognitive and physical performance. In some respects turning left with a bike may be even more difficult than turning left with a car. Cycling is a balance task and looking behind while turning left further increases the task demands.

Elderly and risk estimation

Investigation of Horswill et al. (2008) showed that the capability to estimate risk decreases with age. A sample taken at random consisted of elderly who considered themselves relatively healthy. A significant part of individual differences in risk estimation could be explained by cognitive and visual factors. The ageing process with cognitive delay (Salthouse, 1996), inhibitory defects (Hasner & Zacks, 1988) and task-switching impairment (Mayr & Liebscher, 2001) influences risk estimation. Cognitive delay influences risk estimation directly because it is a dynamic task. Inhibitory defects influence risk estimation because relevant and irrelevant cues have to be separated. Task-switching impairment influences risk estimation because multiple information sources are in need of attention.

Visual performance in a population has a greater variation if age increases. This spread is due to the aging process as well as the prevalence of ocular diseases on

older age (Haegerstrom-Portnoy, Schneck, & Brabyn, 1999). Risk estimation includes processing visual stimuli, factors like visual perception and contrast play a mediating role in risk estimation of elderly. When road users have trouble to see cues that are important for risk estimation, they are less capable to effectively anticipate in traffic. Sensitivity for contrast also has a significant effect on risk estimation. Decreased contrast sensitivity especially occurs by people with cataract. Since there is no guide when to have a cataract operation, people can participate in traffic for a long time while having cataract, but they might not undergo an operation at all. The road design could be changed in a high contrast environment. These high contrasts contribute to the risk estimation of road users with decreased contrast sensitivity. An investigation of Horberry, Anderson, and Regan (2006) showed that road markings with more visibility increased the night-time driving skills of elderly. These road markings provide higher contrasts. Road users with poor contrast sensitivity will have more advantage by more visible road markings than elderly in general (McGregor & Chaparro, 2005).

Visual information is of great importance to estimate risks. There seems to be a strong relationship between risk estimation and achievement on the Useful Field Of View test (De Raedt & Ponjaert-Kristoffersen, 2000; Goode et al., 1998; Owsley et al., 1991, 1998; Sims et al., 2000). The UFOV is also a good predictor for crash risk (Allahyari et al., 2007). A decrease in processing useful visual information leads to a poorer performance in detecting other road users, which in turn leads to an increased accident rate.

The number of accidents with elderly can be reduced by taking measures specifically for accident types where many elderly are involved. Older car drivers are relatively often involved in left-turning accidents on intersections, compared to the younger car drivers. A changed infrastructure reduce the accident rate of elderly. This infrastructure can account for the cognitive impairments of ageing. When turning left will be simplified effectively for elderly, the number of accidents among them is likely to be reduced.

Accidents by turning left often happen because there is not given right of way to traffic that goes straight on. These accidents are recorded as a violation, but in terms of the Generic Error Modelling System of Reason (1990) the term error should be used because it is unlikely that these accidents are deliberate actions. The speed of the approaching vehicle can be estimated wrong or the approaching vehicle can go unnoticed. The causes of these accidents can be due to cognitive impairments that go hand in hand with ageing. In general, elderly have a decreased divided and selective attention and a decrease in observing depth and movement, which is needed for estimating speed and distance of approaching traffic (SWOV, 2005).

Crossing safety: Cycle paths and cycle lanes

Elderly are positive about the use of cycle paths because these give them a sense of safety (Steffens et al., 1999). They can cycle easier and more relaxed on cycle paths compared to cycle lanes. Measures taken to divide the cycle traffic from the motorised traffic can contribute to the safety of older bicyclists. Also, creating safe havens with a clear view over an intersection will improve safety for older bicyclists (Goldenbeld, 1992).

Crossing in phases is a way to simplify crossing for elderly (Davidse, 2002). This can be done by providing middle islands, but also by turning left in two steps. Tutert (2000) suggests leading a left turning bicyclist to an intersection by a cycle path. In this way, the bicyclist can cross the intersection in two straight steps instead of diagonally. The two steps are first crossing the by-street and second crossing the busier main artery. With cycle paths along the main artery as well as the by-street, crossing in two steps can be facilitated (Figure B5.1). On a priority road with a cycle lane, the infrastructure invites bicyclists to cross diagonally in one step. There has been no investigation in the risks of turning left among cyclists, cyclists' crossing strategies, and the presence of cycle paths compared to cycle lanes at unsignalled priority junctions.

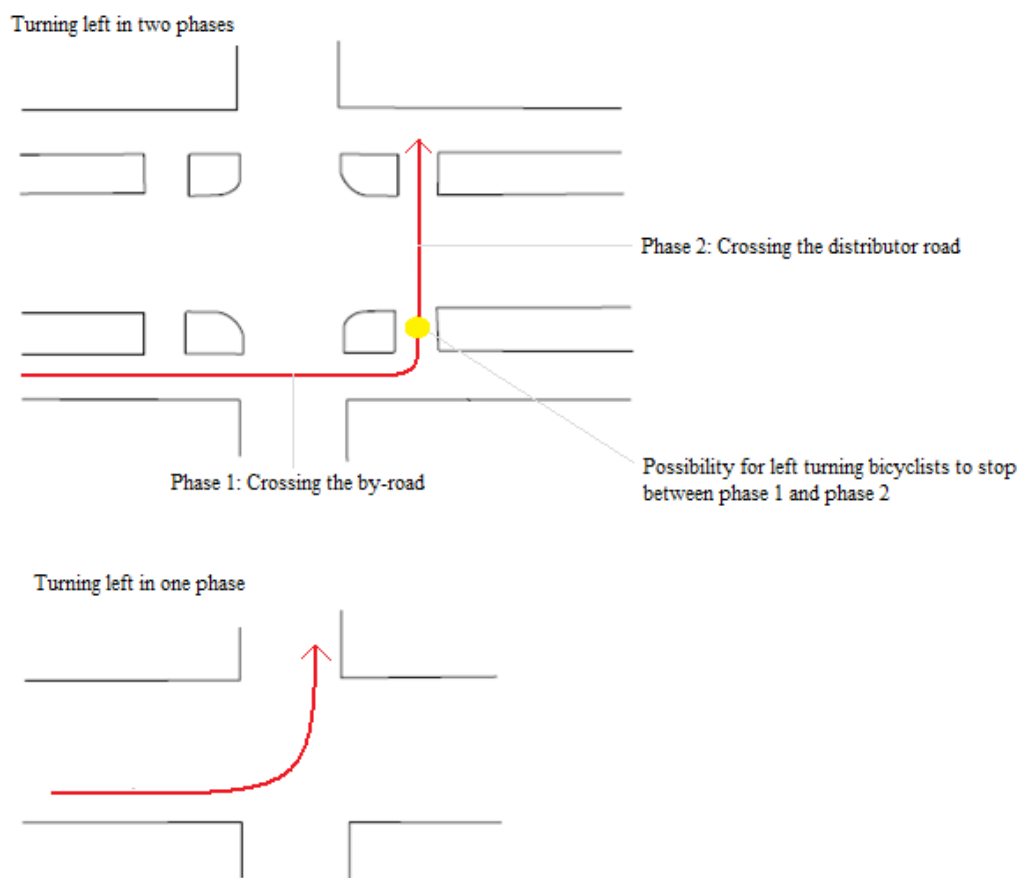


Figure B5.1. The mode of crossing is influenced by the availability of cycle paths

For turning left, design characteristics in transverse and longitudinal direction are of importance. Bicyclists on a cycle lane along the major road have the opportunity to turn left diagonally, unlike bicyclists on a cycle path. Accident studies are of limited value for investigating this issue. The number of accidents with cyclists turning left is limited. A very large study including counts to estimate volumes of motorized and bicycle traffic would be needed to draw any conclusions from an accident study. Even then, an accident study offers little insight in the behaviour out of which certain risk differences result.

Investigating left turns: conflict and gap analysis

DOCTOR, the Dutch Objective Conflict Technique for Operation and Research, is a conflict analysis of Kraaij and Van der Horst (1988). In this analysis a conflict is defined as a critical situation in which two or more road users approach each other in such a way that, if speed and direction are unchanged, a collision happens and a possibility of physical or material damage is present. A critical situation develops when the area to manoeuvre is smaller than the area needed to react as usual. The severity of a conflict is established by the chance to collide and the consequences if a collision took place. These consequences can be material as well as physical damage.

The chance to collide can be determined by the "time to collision" (TTC) and/or the "post encroachment time" (PET). The TTC is the time resting to collide if two road users keep speed and direction unchanged. The PET is the time between the first road users leaving the course of the second road users and the moment the second road users arrives at the course of the first road users. The PET shows after the interaction how much the road users missed: the lower the PET the greater the collision chance. Within an urban area, PET-values less than one second are dangerous.

Although not in DOCTOR, Gap Acceptance is another measure like the TTC and the PET to measure observed encounters (Herslund and Jørgensen, 2003). It records how much time elapses from the point in time -where in this case- a left turning bicyclists enters the give-way line and the point in time the approaching car arrives at that same line. In the following this is referred to as 'gap'. A parameter for safety is the 'critical gap': the gap that is accepted by 50% of the road users.

The impact if a collision will have taken place, depends of the potential colliding energy and vulnerability of the road users concerned. Among other things this is influenced by the mutual speed differences, the available and required manoeuvring area, the approach angle, and the types of road users. Especially determinative are the mass and the manoeuvrability of the involved road users.

The scope of the impact in the case of (hypothetical) a collision can be estimated by making a comparison between a manoeuvre area needed to react as usual (for example anticipated braking with a normal and comfortable brake delay) and the available manoeuvre area at the moment the action to avoid is started. In critical situations this difference will be negative. Along with the types of road users this difference estimates the scope of the impact.

If the available manoeuvre area is smaller than the area needed, the avoidance action will be more violently and perhaps more complex, to avoid a collision. Without reaction of at least one of the road users concerned the result will be a collision. Bicycles and cars differ in mass, manoeuvrability, reaction speed, effectiveness of avoidance actions or required manoeuvre area. For estimating seriousness of injuries it is important who approaches whom. Given a certain speed and distance the difference will be smaller when a bicyclist approaches a car, than where a car approaches a bicyclist. DOCTOR also notes an estimation of speeds and the nature of the avoidance action.

Method

In this chapter, the method of the current study is described. The purpose for this investigation is to establish if there is a difference in crossing strategy and risk between cyclists turning left on a cycle path or on a cycle lane. In this observational study, bicyclists have been observed and filmed on different intersections with different design characteristics. Based on amongst others the DOCTOR method (Appendix 2), a number of variables will be collected for further analysis:

- Cycling facility
- Width
- Mode of crossing
- Viewing direction
- Hand signalling
- Car speed
- Cycle action
- Car action
- Gap acceptance

The presence of either a cycle lane or a cycle path was noted by cycling facility. The variable width meant the road width, which differed in either wide or narrow. Mode of crossing, viewing direction and hand signalling are all behaviour types. Mode of crossing is the crossing strategy that can be diagonal or in phases. Viewing directing was the cyclists' scanning behaviour: only to one direction or all around. Last, hand signalling registered if the bicyclist used hand signs or not. The variable cycle action was braking, no action or accelerating of bicyclists. This was an estimation over the trajectory before the crossing. Car speed was measured exactly in km/h. Car action, same as cycle action, was categorised in braking, no action or accelerating of car drivers. The variable gap measured how great the gaps were in regard to the gap acceptance. Gap, measured in seconds, is the time between crossing of a bicyclist and the time it took the car to arrive at the same point. The type of intersection is the independent variable. The intersection can vary by bicycle facility and width, summing up to four conditions.

Conditions: four intersections with different design characteristics

In this study, four priority junctions in Wassenaar were investigated (Tabel B5.1, Figure B5.2). These junctions have all been selected on comparable traffic concentration. The four locations were the observation took place, either had a cycle path or a cycle lane. The width of the carriageway also differs between the two locations with a cycle path and the two locations with a cycle lane. The rest of the design characteristics had to be as equal as possible. Focusing on only these characteristics and controlling for traffic concentration and other characteristics, leads to more valid conclusion about crossing safety of left turning bicyclists in relation to design characteristics.

Table B5.1. Study conditions with four design characteristics

	Road Width		
Cycling facility	Three lanes	Two lanes	Total
Cycle path	32	10	42
Cycle lane	17	34	51
Total	49	44	93



Figure B5.2. Four observed priority junctions in Wassenaar

In total 242 bicyclists were observed. Of these bicyclists 93 turned left, of which 37 result in traffic encounters. A encounter is defined here as a situation where a cyclist decided to give or take priority (i.e. accelerated, or braked and stopped). The deviation of the encounters on the total number of observations at the four locations did not differ significantly. The bicyclists were divided in three age categories: under 18 years, 18-60 years, and above 60.

Traffic participants' behaviour

This investigation noticed if bicyclists looked right and left to the main artery as well as the by-road. Also, which of the bicyclists turning left diagonally looked over the shoulder was observed. The viewing behaviour could be divided here in looking in just one direction, or looking all around in all directions. The viewing behaviour is of importance for studying crossing safety to identify in which situation bicyclists are more attentive or less conscious. Also the hand signalling of the bicyclists was observed. Like viewing habits, using hand signs could show a difference between older and younger bicyclists and could give an indication of how safe they feel. More signalling may indicate insecure behaviour and feelings of unsafety.

The observational recordings contained information about the behaviour of bicyclists turning left when a car was nearby. It could be examined how large the gap had to be before the bicyclist accepted it. The gap is the time between the bicyclists crossing and the car driver reaching the same point. Next to the gap-acceptance also actions like breaking, waiting, or accelerating of both bicyclists and cars were noticed.

Observation and speed estimation

The cycle and car speed were estimated to be slow, normal or fast. But to obtain a more detailed measure, the speed had to be determined by using only one single camera. It was valuable for this study to gain information about the car speed, the moment the bicyclists decided to turn left. This information was needed in order to determine the gap if a cyclist decided to take priority.

Berry den Brinker, an assistant professor in Human Movement Sciences of the VU in Amsterdam, provided a program to calculate the car speed using the recordings of this single camera. To do so, the camera positioning is of great importance. Not only the bicyclists had to be filmed, but also the approaching cars. Both parties had to be visible in the same recording. To calculate the car speed, the vehicle had to move through the image. This could be done by placing the camera as high as possible alongside the road. This way, the possible conflicts between a left turning cyclist and an approaching car were noticeable. A camera position diagonally in front of the approaching traffic was chosen (Figure B5.3).



Figure B5.3. Camera positioning

The clearest method to calculate speed is projective geometry in which the recording is changed in a top view or side view. On identified positions alongside the road calibration points are placed to calculate the car speed based on its image position afterwards. These calibration points have to be highly recognizable and should be easily pointed out in the recording. Recommended is to use a chess pattern as a calibration point (Figure B5.4). During the calibration and the recording afterwards everything has to remain unchanged: the camera position, the zoom, and the definition (B. den Brinker, 2009).



Figure B5.4. Calibration markers on the left and the right side of the Prinsenweg

Standard video-cameras in Europe record 25 composed images per second (i.e. 25 Hertz), the PAL-norm. The interval between these composed images is 40 milliseconds. Each composed image contains two separate images, recorded with a delay of 20 milliseconds. The composition of these two separate images is called interlacing. In 20 milliseconds, a car has moved a lot so these composed images look blurred. This blurring disappears when the composed image is divided in two separate images, which is called de-interlacing (Figure B5.5). The result is a series of sharp images twice as long.

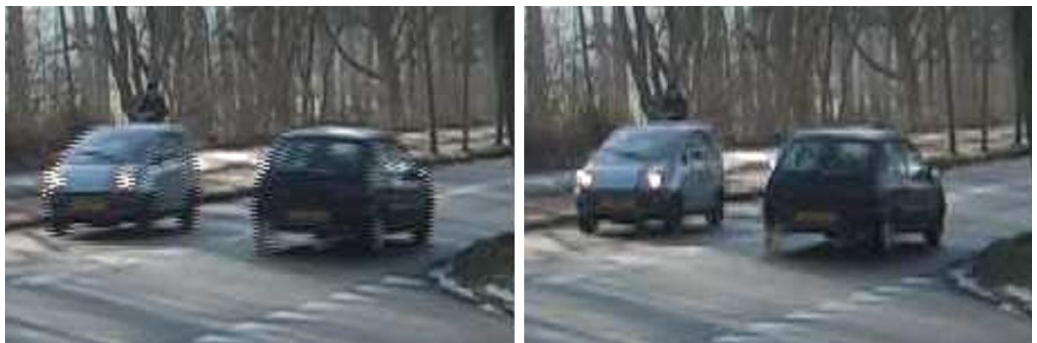


Figure B5.5. The left image is the blurred image of the original recording; the right image the de-interlaced image (50 images per second)

The next step is to transform the images to create a top view of the recordings. With the Projective Correction Method (PCM) a top view or side view of the road section can be created. Now, the location of the car in the calibration segment when the bicyclist decides to turn left can be determined (Figure B5.6). Every pixel presents a distance between the calibration markers, depending on the chosen coordinates. In this way, speed can be calculated with recordings of a single camera.

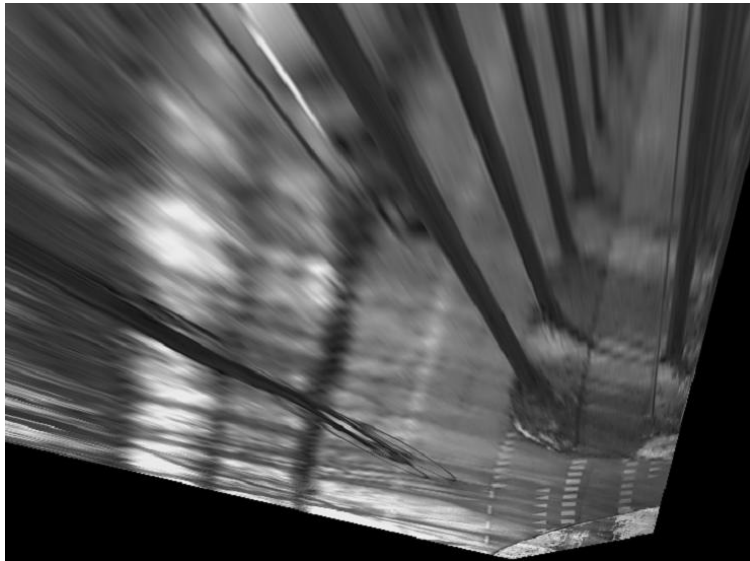


Figure B5.6. Top view of Figure 5 with a left turning bicyclist and approaching car

Results

The results of the observational study at four locations contain information about design characteristics and traffic participants' behaviour. The design characteristics are the independent variables: cycling facility and road width. Another independent variable is the age category. All behaviours of the road users are the dependent variables: mode of crossing (diagonal or in two phases), viewing direction, hand signalling, accepted gaps, and cycle action, car speed, car action.

The purpose of the present study is to explore for possible relationships. The sample size is relatively small. Therefore the outcomes will be tested at the 0.1 level of significance instead of the 0.05 level. Outcomes that are significant at this level with the small sample size of this study are interesting for future research. The Fishers exact test is chosen because the variables are discrete (i.e. count data) and some conditions have small numbers of observations (i.e. some of the cell sizes are too small for testing with a chi-square test). The tests are one-sided, because hypotheses about which behaviour was highest in which category were formed upfront.

Design characteristics

First it was estimated if there was a relationship between the presence of cycle paths or lanes and the behaviour of bicyclists. Mode of crossing, viewing direction, and hand sign are shown by cycling facility in Table B5.2 and Figure B5.7. These first three variables were measured in situations where a cyclist was involved (N=93). In 56 cases, only a cyclist was present. In the remaining 37 cases, both a cyclist and a car were present (i.e. encounters). A Chi-square test revealed that an equal share of encounters was observed on cycle paths and cycle lanes. Therefore, both have been included in the same analysis.

Table B5.2. Overview of the four locations and the variables crossing, viewing direction and hand signalling

	Crossing		Viewing direction		Hand Signalling		Total
Location	Diagonal	Phases	One direction	Around	Hand Sign	No Hand Sign	
Deijlerweg Cycle lane	7	10	6	11	9	8	17
Prinsenweg Cycle path	3	7	5	5	1	9	10
Starrenburglaan Cycle lane	20	14	17	17	9	25	34
Van Zuylen van Neijveltstraat Cycle path	10	22	5	27	8	24	32
Total	40	53	33	60	27	66	93

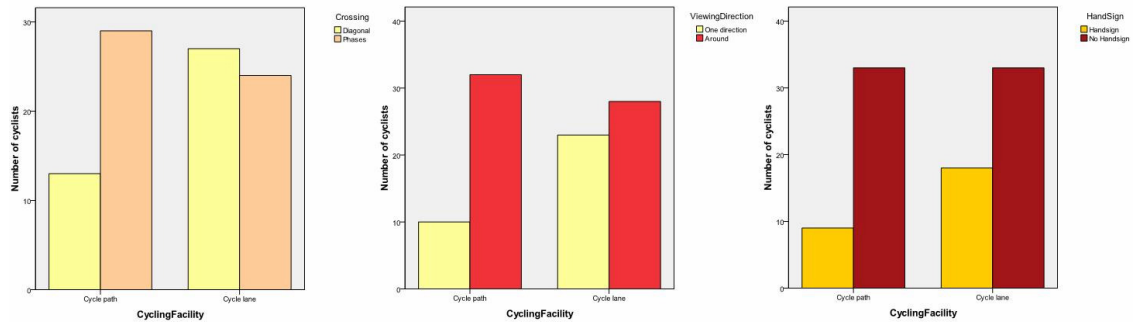


Figure B5.7. The relationship between the type of cycling facility and the mode of crossing, the viewing direction, and hand signalling

More cyclists chose to cross diagonally at crossings with cycle lanes compared to crossings with cycle paths ($p=0.027$). Viewing direction at crossings with cycle paths was more often in all directions compared to viewing direction at cycle lanes ($p=0.027$). Cyclists at cycle lanes more often gave hand signals but the difference with cycle paths was not significant ($p=0.108$).

Secondly, the relationship between width of the main road and the behaviour of bicyclists was investigated (Figure B5.8). The variable mode of crossing showed a significant difference on width ($p=0.067$). Bicyclists are more likely to cross diagonally on narrow roads and in phases on wide roads. Viewing direction did also present a relationship with width ($p=0.005$): more in all directions at crossings with wide roads. Hand signalling did not show a significant difference.

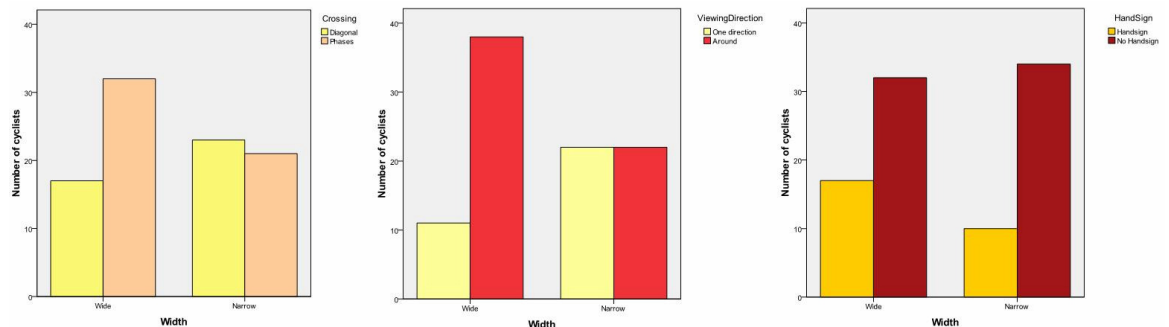


Figure B5.8 The relationship between the road width and the mode of crossing, the viewing direction, and hand signalling.

Age

Next to investigate is the relationship of age and bicyclists' behaviour ($N=93$). The three age categories (i.e. <18, 18-60, and >60 years of age) did not differ significantly on crossing mode, viewing direction and hand signalling (Figure B5.9). Nevertheless, younger and older bicyclists chose to cross relatively more in phases than diagonally. Also, viewing in all directions increased with age. Younger cyclists gave the least hand signals.

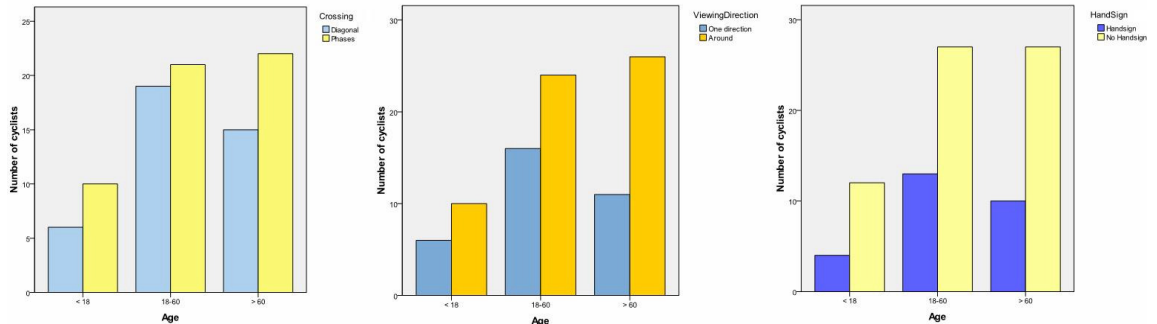


Figure B5.9. The relationship between age and the variables crossing, viewing direction and hand signalling

However, the lack of significant results in regard to age might be due to the small sample size. Besides, the variable age consists of three age-categories, so there might be found other results if the exact age was used here.

Gap acceptance

For encounters, it was recorded whether cyclists gave way to cars on the priority road (N=37). Figure 13 presents which share of the cyclists gave way. Only in 7 the gap was accepted. The purpose of this study was to measure the critical gap: the gap that is accepted by 50% of the road users. With this low number of observations, it was impossible to determine a critical gap. To give an indication, the average accepted gap is presented in figure B5.10. The share of accepted and rejected gaps on cycle lanes and cycle paths is presented in table B5.3.

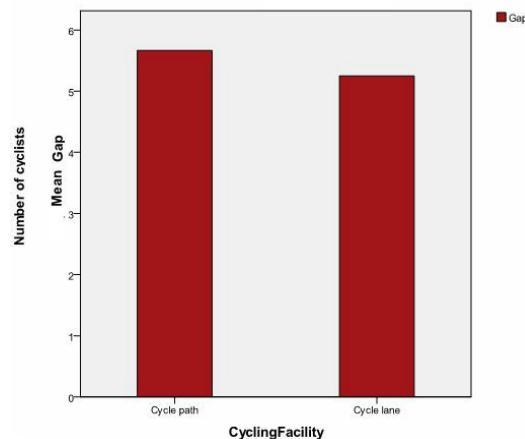


Figure B5.10. The relationship between cycling facility, the share of accepted gaps and average accepted gaps

Table B5.3. Overview of cycling facility and acceptance

Cycling facility	Priority behaviour by the cyclist	
	Gave priority	Took priority
Cycle path	85.0%	15.0%
Cycle lane	73.3%	26.7%
Total	80.0%	20.0%

Speed and actions

This subsection is about the variables measured of behaviour at the road section preceding the crossing: cycle action (brake, none, accelerate), car speed (km/h) and car action (brake, none, accelerate) were tested. These variables were measured in situations where a cyclist as well as other traffic was involved (N=37). No significant differences were found on the variables car speed, cycle action and car action. The average car speed at intersections with both cycle paths and lanes was 48 km/h.

Discussion

This investigation was conducted to answer the question: **"What is the relationship between intersection design characteristics and the crossing safety of left turning bicyclists?"**. The purpose for this investigation was to establish if there is a difference in crossing strategy and safety between cyclists turning left on a cycle path or on a cycle lane. Observations were made to study cyclists' crossing strategies. The purpose of the present study is to explore for possible relationships. The sample size is relatively small. Therefore, this investigation led to indicative results only.

What makes turning left so hard is the complexity of this manoeuvre. While turning left, bicyclists have to give right of way to traffic on the main artery which has relatively high speed compared to traffic coming from by-roads.

According to existing research, manoeuvres like turning left show the biggest impact of ageing on driving skills. Turning left demands a raised attention and more motor capacity compared to other manoeuvres. Bicyclists have to perceive and process information about the traffic, and estimate the position and speed of the other road users. While turning left, various information has to be processed in quite a short time and under time pressure.

Cycle lanes and paths

The observations in this study were made to determine the effect of the cycling facility along the priority road at intersections. More cyclists cross diagonally at crossings with cycle lanes compared to crossings with cycle paths. A cycle lane, invites bicyclists to cross diagonally in one step. The question remains whether this influences safety. Being able to detect other road users is critical for cyclists to cross safely. Viewing direction at crossings with cycle paths was more often in all directions compared to viewing direction at cycle lanes. This result suggests that a cycle path along the priority road improves the safety of left turning cyclists. This result is in consensus with other research. Welleman and Dijkstra (1988) showed unsignallized priority intersections with bicycle paths alongside the major road are safer than intersections with bicycle lanes. This result was recently confirmed in another Dutch study by Schepers & Voorham (2010).

Road width

Two two-lane and two three-lane main roads were included in the study to determine the effect of road width on crossing behaviour. This investigation showed that bicyclists are more likely to cross diagonally on narrow roads and in phases on wide roads. Also, the wider the road, the more often cyclists looked in all directions before crossing the road. This suggests that cyclists tend to be more cautious when crossing a wide road compared to a narrow road.

Age

The age of the bicyclists did not show any significant differences on any of the variables in this investigation, probably due to the small sample size. Nonetheless, there were some interesting trends in relation to age. The older the bicyclists the more they chose to cross in phases and looked in all directions. This suggests that older cyclists tend to be more cautious while crossing. They might need more time and information to safely cross the road. Also, elderly cannot hear traffic approach as well as younger bicyclists, so elderly might compensate for reduced auditory skills.

Gap acceptance

Critical gap (i.e. the gap that is accepted by 50% of the road users) is a suitable measure to compare safety at different types of intersections. The program provided by Den Brinker, used in this investigation was very useful to measure car speed and gaps accurately. Unfortunately the number of encounters was too low to reliably determine critical gaps. However, the method seems promising for future research.

Main conclusion

So what is the relationship between intersection design characteristics and the crossing safety of left turning bicyclists? In short, this investigation found that cycle paths compared to cycle lanes improved the safety of crossing strategies and viewing behaviour of bicyclists. Bicyclists on cycle paths crossed more in phases and looked more in all directions before crossing. Also, road width was influencing viewing behaviour: the wider the road, the more often cyclists looked in all directions.

Recommendations

To improve bicycle safety and decrease the rate of left turning bicycle accidents, crossing in phases has to be encouraged. Therefore, cycle paths are preferred above cycle lanes.

The relationships of mode of crossing and viewing strategy with cycling facility were both significant at the 0.05 level. The relationships of these variables with road width were only significant at the 0.1 level. More research would be needed to support the conclusions on this subject.