CONFLICTVRIJE FASEN VOOR FIETSERS EN BROMFIETSERS IN DE VERKEERSLICHTENREGELING VAN KRUISPUNTEN MET FIETSVOORZIENINGEN BINNEN DE BEBOUWDE KOM

Een onderzoek ten behoeve van het demonstratieproject Herindeling en herinrichting van stedelijke gebieden (in de gemeenten Eindhoven en Rijswijk)

R-80-41

Ir. A.G. Welleman

Voorburg, november 1980

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

INHOUD

1.	Doel van het onderzoek	4
2.	Probleemanalyse	7
2.1.	De rechtsafslaande fietsers en bromfietsers	8
2.2.	De rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers	8
2.3.	De linksafslaande fietsers en bromfietsers	12
3.	Literatuuroverzicht	13
3.1.	Studies naar de verkeersveiligheid van motorvoertuigen op kruispunten met verkeerslichten	14
3.2.	Studies betreffende de verkeersveiligheid van fietsers en bromfietsers op kruispunten die met behulp van verkeerslichten geregeld zijn	19
3.2.1.	Kenmerken van de verkeerslichtenregeling	20
3.2.2.	Rood-lichtovertredingen	25
3.2.3.	Knipperen van verkeerslichteninstallaties	28
3.2.4.	Weg- en verkeerskenmerken	30
4.	Hypothesen en onderzoeksvragen	34
4.1.	Hypothesen	34
4.2.	Onderzoeksvragen	37
5.	Beschrijving van inventarisaties	39
5.1.	Inventarisatie van ongevallengegevens	40
5.2.	Inventarisatie van verkeerskenmerken	40
5.3.	Inventarisatie van wegkenmerken en kenmerken van de verkeerslichteninstallatie	41
6.	Uitvoering van het onderzoek	43
6.1.	Expositiematen	43
6.2.	Methoden van hypothesetoetsing	44

7. Resultaten 46

8. Conclusies 49

Literatuur 51

Tabellen 1 t/m 16 54

Afbeelding 1 70

Bijlage

1. DOEL VAN HET ONDERZOEK

In de toelichting op het basisplan ten behoeve van de herindeling van de wijk Stratum van de gemeente Eindhoven (W9/OVv/77-14) worden een aantal problemen geschetst zoals die voorkomen in voornoemde wijk. Onder b wordt vermeld:
"Verbetering kruispunten van de rondweg met de Aalsterweg, de Leenderweg en de Heezerweg. Dit zijn relatief erg gevaarlijke kruispunten. Naast kop-staartbotsingen vinden er ook conflicten plaats tussen rechtdoorgaande fietsers en rechtsafslaande automobilisten. Het effect van de wijziging van de signalisatie (bijv. ter controle op één of twee van de kruisingen) op het gedrag van beide groepen lijkt de moeite van een onderzoek waard".
Deze probleemstelling is uitgewerkt en gemodificeerd. Daarbij is de nadruk komen te liggen op conflicten tussen rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers en rechtsafslaande motorvoertuigen. De indruk bestaat namelijk dat deze manoeuvrecombinatie van twee ongelijkwaardige categorieën verkeersdeelnemers tot veel, en vaak ernstige, ongevallen aanleiding geeft. Daarbij is meestal de zwakkere verkeersdeelnemer, de fietser of bromfietser dus, het slachtoffer. Een in sommige steden toegepaste maatregel ter beperking van het aantal ongevallen van dit type bestaat uit het invoeren in de verkeerslichtenregeling van een aparte (of conflictvrije) fase voor de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers. Of deze maatregel inderdaad een bijdrage levert aan de vermindering van het aantal ongevallen is niet bekend. Indien er al sprake is van een gunstig effect op het aantal ongevallen bij de genoemde manoeuvrecombinatie, dan is een verschuiving van de ongevallen mogelijk naar andere manoeuvrecombinaties.
In de probleemstelling wordt gesproken over het gedrag van categorieën verkeersdeelnemers. Het begrip gedrag wordt in dit onderzoek zeer eng geïnterpreteerd. Als gedrag wordt alleen beschouwd het uitvoeren van manoeuvres door verkeersdeelnemers die bij ongevallen betrokken zijn. Een minder enge interpretatie vereist gedragsregistratietechnieken die momenteel nog in een ontwikkelingsstadium verkeren. Er is voor gekozen om in dit onderzoek nog geen gebruik van deze technieken te maken.

De met name genoemde kruispunten in de wijk Stratum van Eindhoven hebben aparte fietsvoorzieningen op vrijwel alle takken (alleen de noordwestelijke tak van het kruispunt Rondweg-Heezerweg heeft geen aparte voorziening). Het onderzoek wordt daarom, mede gelet op de beschikbare middelen, beperkt tot kruispunten met aparte fietsvoorzieningen op twee of meer van de takken (zie voor een schematische weergave afbeelding 1). Aldus kan de door middel van dit onderzoek te beantwoorden vraag als volgt worden geformuleerd: "Wat is het effect van de invoering in verkeerslichtenregelingen van conflictvrije fasen voor fietsers en bromfietsers op kruisingen van verkeersaders binnen de bebouwde kom, die zijn voorzien van aparte fietsvoorzieningen, uitgedrukt in termen van veiligheid?". Het onderzoek dat is uitgevoerd om deze vraag te kunnen beantwoorden, heeft een meervoudig karakter. Allereerst kan met behulp van de geïnventariseerde gegevens het ongevallenbeeld worden beschreven op kruispunten die met verkeerslichten geregeld zijn. Daarbij dient er op gelet te worden dat zo'n beschrijving niet representatief is voor alle geregelde kruispunten binnen de bebouwde kom, maar slechts voor kruispunten die qua weg- en verkeerskenmerken vergelijkbaar zijn met de in het onderzoek opgenomen kruispunten.
Daarnaast kan getracht worden om met behulp van de geïnventariseerde gegevens een antwoord te geven op vragen die zijn gerezen bij het opstellen van de probleemanalyse. Ten aanzien van sommige van die vragen lijkt het antwoord al verscholen te liggen in de kennis die via de literatuur beschikbaar is. Die vragen worden in de vorm van hypothesen gepresenteerd. Voor de beantwoording van de resterende vragen zullen waarschijnlijk onvoldoende gegevens beschikbaar zijn.

In dit rapport wordt allereerst op basis van theoretische overwegingen een probleemanalyse gegeven, met daarop aansluitend een beknopt literatuuroverzicht. Vervolgens worden de hieraan ontleende onderzoeksvragen en hypothesen opgesomd. Na een beschrijving van de inventarisatie van ongevallengegevens en van kenmerken van de kruispunten, de verkeerslichteninstallaties en de verkeers-

stromen worden een aantal gegevens gepresenteerd. Daarna wordt over de hypothesetoetsing gerapporteerd. Ten slotte resulteert één en ander in de formulering van conclusies.

2. PROBLEEMANALYSE

Het regelen van de verkeersafwikkeling op een kruispunt met behulp van verkeerslichten heeft consequenties voor de doorstroming en voor de veiligheid. Een dergelijke regeling wordt veelal ingesteld om de capaciteit van een kruispunt te vergroten, dan wel om tot een andere verdeling van de wachttijden van de onderscheiden verkeersstromen te komen. Tegelijkertijd kan beoogd worden om de veiligheid van het betreffende kruispunt te verbeteren. In sommige gevallen zal het verbeteren van de veiligheid zelfs de voornaamste reden zijn om over te gaan tot plaatsing van een verkeerslichteninstallatie op een kruispunt.
De meest eenvoudige regeling is een zogenaamde twee-fasenregeling. Daarbij krijgt het verkeer op de twee elkaar kruisende wegen om de beurt groen licht. Meestal wordt een dergelijke regeling toegepast op kruispunten met een eenvoudige vormgeving, op kruispunten met lage verkeersintensiteiten of bij de aansluiting van een weg met weinig verkeer op een drukke verkeersader.
Uitbreiding van het aantal fasen in de regeling kan op meerdere manieren gebeuren. Zo kan linksafslaand verkeer in de tijd gescheiden worden van het tegemoetkomende rechtdoorgaande verkeer. Ook bus of tram krijgen soms (op aanvraag en eventueel met prioriteit) een eigen fase. Bovendien kunnen aan het fietsverkeer eigen fasen worden toegekend.
Het geven van aparte fasen gebeurt eveneens zowel om de doorstroming als om de verkeersveiligheid te bevorderen. Indien aan het openbaar vervoer aparte fasen worden toegekend, is dat vooral om de doorstroming daarvan te verbeteren. Bij toekenning van aparte fasen aan fietsers en bromfietsers zal verbetering van de veiligheid voor die categorieën het belangrijkste doel zijn.

In dit onderzoek is de aandacht vooral gericht op een eigen fase voor de fietsers en bromfietsers. Potentiële conflicten voor de fietser of bromfietser kunnen binnen de verkeerslichtenregeling op verschillende manieren verwerkt zijn. Hier worden in eerste

instantie de potentiële conflicten met motorvoertuigen in beschouwing genomen. Deze veroorzaken namelijk zo'n 80% van de geregistreerde ongevallen waarbij een fietser of bromfietser gewond of gedood wordt. Bij deze beschouwing wordt de manoeuvrenummering uit afbeelding 1 gehanteerd.

2.1. De rechtsafslaande fietsers en bromfietsers

Verwacht mag worden dat de problemen voor de rechtsafslaande fietser of bromfietser het kleinst zijn. Om deze manoeuvre uit te kunnen voeren moet snelheid worden geminderd. Ook de potentieel conflicterende motorvoertuigen zullen een lage snelheid hebben, omdat ze een afslaande manoeuvre (01 en 09) uitvoeren. Indien de fietser of bromfietser afslaat naar een kruispunttak met een vrijliggend fietspad zijn er nauwelijks botsingen met motorvoertuigen mogelijk. Indien ook op de kruispunttak van waaruit de rechtsafmanoeuvre ingezet wordt een vrijliggend fietspad aanwezig is, wordt de rechtsafslaande fietser en bromfietser meestal buiten de verkeerslichtenregeling gehouden. Botsingen kunnen dan eigenlijk alleen nog plaatsvinden met andere fietsers of bromfietsers. Dergelijke potentiële conflicten zijn dan "niet geregeld".

2.2. De rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers

Bij een eenvoudige twee-fasenregeling zijn de rechtdoorgaande fietser en bromfietser in de tijd gescheiden van het kruisende verkeer (de manoeuvres 04 t/m 06 en 10 t/m 12). Een botsing met een motorvoertuig dat één van die manoeuvres uitvoert is alleen mogelijk indien één van de twee betrokkenen het rode licht negeert. Maar de rechtdoorgaande fietser en bromfietser krijgen gelijktijdig groen licht met de rechtdoorgaande en afslaande motorvoertuigen (manoeuvres 01 t/m 03 en 07 t/m 09). Ze zijn daarmee zogenaamd "parallel geregeld". Conflicten zijn vooral mogelijk met motorvoertuigen die de manoeuvres 01 of 09 uitvoeren, en in mindere mate met motorvoertuigen die de manoeuvres

02 uitvoeren. Dit laatste conflict lijkt bij aanwezigheid van een vrijliggend fietspad op de betreffende kruispunttakken minder waarschijnlijk. Bij een parallelle regeling lijkt de kans op een conflict tussen de rechtdoorgaande fietser of bromfietser en de van dezelfde kruispunttak vertrekkende rechtsafslaande motorvoertuigen (01) het grootst. Vooral bij aanwezigheid van een vrijliggend fietspad. Als het vrijliggende fietspad doorloopt tot aan het kruisingsvlak, zullen fietsers en bromfietsers die op het groene licht staan te wachten om over te steken, bij een goede vormgeving van de situatie niet zoveel problemen opleveren voor de bestuurder van een motorvoertuig die rechtsaf wil slaan. Die fietsers en bromfietsers zijn al waargenomen terwijl ze staan te wachten. Problemen met die groep ontstaan pas als de bestuurder van het eerste motorvoertuig nog vóór die groep rechtsaf wil slaan. Als oplossing hiervoor wordt soms een zogenaamde "voorstart" gegeven aan de fietsers en bromfietsers. Dat wil zeggen dat het licht voor deze groep enige seconden eerder op groen springt dan voor de parallel vertrekkende motorvoertuigen die rechtsaf willen slaan. In theorie lijkt dit een goede oplossing. Waarschijnlijk liggen de grootste problemen tussen de rechtdoorgaande fietser of bromfietser en de rechtsafslaande motorvoertuigen niet aan het begin van de groenperiode. De problemen ontstaan vooral als de groenperiode al enige tijd duurt en/of bijna voorbij is. Zowel de motorvoertuigen als de fietsers en bromfietsers naderen het potentiële conflictpunt dan met hogere snelheid. De fietsers en bromfietsers hebben geen reden om snelheid te verlagen. Als het licht op geel springt zal de snelheid vaak zelfs verhoogd worden. De bestuurder van het motorvoertuig die rechtsaf wil slaan, zal zonodig de snelheid verlagen als hij de fietser of bromfietser heeft waargenomen. Dat waarnemen is echter niet altijd eenvoudig. De fietsers hebben meestal wel een zodanige snelheid dat ze door motorvoertuigen worden ingehaald. Bij het potentiële conflictpunt verwacht de bestuurder de fietser dan ook. Maar de snelheid van de bromfietser is binnen de bebouwde kom in veel gevallen zo hoog dat deze het motorvoertuig inhaalt en niet andersom. De bestuurder van

het motorvoertuig kan de bromfietser onder die omstandigheden waarnemen via de achteruitkijkspiegel of door zijn hoofd om te draaien. Die handelingen zijn op zich niet lastig uitvoerbaar, maar als de bromfietser niet wordt verwacht zullen ze soms niet of slordig worden uitgevoerd. Naar verwachting zullen er dan ook vooral veel ongevallen gebeuren waarbij een rechtsafslaand motorvoertuig en een rechtdoorgaande bromfietser zijn betrokken. Om dit type ongeval te voorkomen krijgen de fietsers en bromfietsers soms een "voorstop". Indien geen vrijliggend fietspad aanwezig is en ook geen aparte opstelstroken voor de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers zijn aangebracht, zal dit type ongeval naar verwachting minder voorkomen, omdat beide potentiële conflictpartners dan meer op elkaar bedacht zijn. Dit zou kunnen betekenen dat het afknotten van een vrijliggend fietspad op enige afstand vóór het kruisingsvlak ook een goede oplossing is voor dit type ongeval.
De rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers kunnen ook in botsing komen met uit tegengestelde richting komende linksafslaande motorvoertuigen. Bij de manoeuvrecombinatie kan de fietser of bromfietser goed worden waargenomen door de bestuurder van het motorvoertuig. Omdat de fietser of bromfietser rechtdoor gaat, moet de verantwoordelijkheid voor botsingen van dit type bijna altijd gelegd worden bij de bestuurder van het motorvoertuig. Voordat deze zijn manoeuvre kan uitvoeren moet hij eerst voorrang verlenen aan tegemoetkomende rechtdoorgaande motorvoertuigen. Naar die voertuigstroom gaat de meeste aandacht uit. Een gat in die stroom wordt zo goed mogelijk benut. Daarbij kan de ook rechtdoorgaande fietser of bromfietser veronachtzaamd worden. Met andere woorden: een conflict met een fietser of een bromfietser wordt niet verwacht door de bestuurder van het linksafslaande motorvoertuig. De kans op een conflict lijkt groter als de fietser of bromfietser van een vrijliggend fietspad afkomt. De suggestie kan dan namelijk ontstaan dat de scheiding die op de kruispunttak is aangebracht, op het kruisingsvlak is doorgezet. Ook ten aanzien van dit type ongeval mag een gunstig effect verwacht worden van een "voorstart" en

een "voorstop". Bij toepassing daarvan passeert de fietser of bromfietser immers meestal het kruispunt, terwijl het conflict met de tegemoetkomende linksafslaande motorvoertuigen wordt afgeschermd door de motorvoertuigen die in dezelfde richting rijden als de fietser of bromfietser.

Indien de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers in de regeling volledig gescheiden blijven van de motorvoertuigen die de manoeuvres 01 en 09 uitvoeren, is er sprake van een conflictvrije regeling van deze manoeuvrecombinaties. In theorie mag van zo'n "conflictvrije fase" voor de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers een zeer gunstige invloed op de verkeersveiligheid verwacht worden. In de praktijk zal echter een deel van dit gunstige effect teniet worden gedaan door ongevallen ten gevolge van rood-lichtovertredingen van óf de (brom)fietser óf de bestuurder van een motorvoertuig. Er is nog weinig kennis over de mate van voorkomen van dergelijke overtredingen, van ongevallen die daarvan het gevolg zijn en van de omstandigheden waaronder één en ander gebeurt. Dit maakt het voorspellen van het totaaleffect van een conflictvrije fase voor de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers tot een riskante zaak.
Dat ongevallen ten gevolge van rood-lichtovertredingen voorkomen, staat vast. Dergelijke overtredingen zullen meer gebeuren naarmate de betrokken verkeersdeelnemer langer moet wachten en waarschijnlijk ook naarmate dat wachten de betrokkene minder noodzakelijk voorkomt. Omdat het aanbrengen van extra fasen meestal de wachttijden verlengt, zal een conflictvrije fase voor de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers in de meeste gevallen de kans op rood-lichtovertredingen vergroten. En daarmee hoogstwaarschijnlijk ook de kans op ongevallen die daarvan het gevolg zijn.
Concluderend kan worden gesteld dat de verwachtingen ten aanzien van een gunstig effect op de verkeersveiligheid ten gevolge van het aanbrengen van een conflictvrije fase voor rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers niet hoog gespannen mogen zijn.

2.3. De linksafslaande fietsers en bromfietsers

De kans om in botsing te komen met een motorvoertuig lijkt voor de fietser en bromfietser groter bij het linksafslaan dan bij het rechtdoorgaan en rechtsafslaan. Behalve met afslaande motorvoertuigen (01 en 09) hebben ze bij het linksafslaan ook kans op conflicten met stromen rechtdoorgaande motorvoertuigen (02 en 08). In vergelijking met afslaande verkeersstromen hebben deze rechtdoorgaande stromen vaak een grotere dichtheid en meestal ook een hogere snelheid. Een conflict met deze stromen zal daardoor doorgaans vermoedelijk ernstiger zijn.
Er zijn veel factoren van invloed op de kans op een ongeval bij het linksafslaan. Zo heeft een aparte opstelruimte voor de linksafslaande fietsers en bromfietsers gevolgen voor de potentiële conflicten met motorvoertuigen die de manoeuvres 01, 02 (en in mindere mate ook 09) uitvoeren. Van een conflictvrije fase voor de linksafslaande fietsers en bromfietsers wordt geen belangrijk gunstig effect op de verkeersveiligheid verwacht. De argumentatie daarvoor is analoog aan die voor de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers.
De vormgeving van de kruispunten in Eindhoven die model gestaan hebben voor de vraagstelling van dit onderzoek, is zodanig dat fietsers en bromfietsers voor het linksafslaan niet kunnen volstaan met één manoeuvre. Doordat de vrijliggende fietspaden doorlopen tot aan het kruisingsvlak, worden zij gedwongen om linksaf te slaan in twee delen. Daardoor zijn ongevallen met linksafslaande fietsers of bromfietsers niet meer of nog slechts ten dele te onderscheiden van ongevallen met rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers. Waarschijnlijk zal het ongevallenbestand voor dit onderzoek dan ook slechts weinig ongevallen bevatten met linksafslaande fietsers of bromfietsers.
Als de linksafmanoeuvre door de fietsers en bromfietsers in twee delen uitgevoerd moet worden, is de problematiek voor deze groep vergelijkbaar met die van de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers. Het lijkt dan ook verstandig om hier verder geen aandacht te geven aan theorie omtrent de ongevallen met linksafslaande fietsers en bromfietsers op zulke kruispunten.

3. LITERATUUROVERZICHT

De vraag waarop dit onderzoek een antwoord wil geven, is een detailvraag binnen het probleemveld van kruispunten die met verkeerslichten geregeld worden. Het effect van een conflictvrije fase voor fietsers en bromfietsers is weliswaar het onderwerp van deze studie, maar de hoofdvraag is in feite wat het effect is van de aanwezigheid of plaatsing van een verkeerslichteninstallatie voor alle categorieën verkeersdeelnemers. In de literatuur is daarom ook gezocht naar een antwoord op deze laatste vraag.
Voor de literatuurstudie is gebruik gemaakt van bronnen die in de SWOV-bibliotheek aanwezig zijn en van bronnen die via de International Road Research Documentation (IRRD) binnen het bereik van de SWOV zijn.
De literatuur geeft, zoals verwacht, geen antwoord op de detailvraag. Zelfs over factoren die van invloed kunnen zijn op het effect van conflictvrije fasen op de veiligheid van fietsers en bromfietsers geeft de literatuur weinig informatie. Wel wordt elders onderzoek uitgevoerd dat relaties heeft met het onderwerp dat hier aan de orde is. Voorzover daarover informatie aanwezig is, is die in dit overzicht opgenomen.

Paragraaf 3.1. geeft in vogelvlucht een overzicht van de stand van de kennis over het effect van de aanwezigheid dan wel plaatsing van verkeerslichteninstallaties op ongevallen met motorvoertuigen. Daarbij is gebruik gemaakt van een al wat oudere overzichtstudie. De informatie daaruit is geactualiseerd en meer gedetailleerd met behulp van een aantal recente studies.
Paragraaf 3.2. geeft een overzicht van alle beschikbare, relevant geachte literatuurbronnen die informatie verschaffen over de verkeersveiligheid van fietsers en bromfietsers op kruispunten die met behulp van verkeerslichten geregeld zijn. Het betreft helaas een klein aantal bronnen, waaronder nog enkele van slechts beperkte waarde.
Opvallend is dat geen bronnen gevonden zijn die zowel de verkeers-

veiligheid van motorvoertuigen als die van fietsers en bromfietsers op de betreffende kruispunten behandelen.

3.1. Studies naar de verkeersveiligheid van motorvoertuigen op kruispunten met verkeerslichten

Er is in vele landen onderzoek uitgevoerd naar de relatie tussen het aantal ongevallen dat op een kruispunt plaatsvindt, en de intensiteit van de kruisende verkeersstromen. Hier wordt geen volledig overzicht van deze studies gepresenteerd; er worden slechts enkele voorbeelden gegeven ter illustratie van de kennis op dit gebied.

Een studie van Hakkert & Mahalel (1978), waarbij gebruik gemaakt werd van letselongevallen op kruispunten in drie Israëlische steden, komt tot de volgende lineaire regressievergelijking:
$E(y_i) = 2,27 + 1,12 \times 10^{-4} x_i$.
$E(y_i)$ is daarbij het verwachte aantal ongevallen gedurende een periode van twee jaar en x_i is de som van de produkten van de verkeersstromen op elk van de 24 onderscheiden conflictpunten op kruispunt i. De correlatiecoëfficiënt was 0,77. Vergelijkingen als deze, waarvan de auteurs een beknopt overzicht geven, zijn vooral van waarde bij de selectie van kruispunten die als een "black spot" dienen te worden aangemerkt.

Kruispunten met een verkeerslichtenregeling behoeven niet te worden uitgesloten indien men black spots wil selecteren. Dat mag o.a. blijken uit een Australische studie (Thorpe, 1968). De auteur heeft een vergelijking gemaakt tussen het aantal equivalente letselongevallen per 10 miljoen passerende motorvoertuigen op 124 kruispunten met een verkeerslichteninstallatie en op 16 kruispunten zonder zo'n installatie. Alle kruispunten liggen binnen het stedelijk gebied van Melbourne. Het aantal ongevallen is bepaald door elk dodelijk of letselongeval als één ongeval te tellen en elk ongeval met uitsluitend materiële schade als een kwart ongeval. Deze weging geeft de verhouding aan tussen de

kosten van een dodelijk of letselongeval en de kosten van een ongeval met uitsluitend materiële schade. Als expositiemaat is steeds tweemaal de wortel uit het produkt van de verkeersintensiteiten op de elkaar kruisende wegen genomen. De wortel is tweemaal genomen omdat de aldus verkregen expositiemaat ongeveer vergelijkbaar is met het totale aantal voertuigen dat het betreffende kruispunt passeert. En daarmee is deze maat voor iedereen begrijpelijk, volgens Thorpe.
Op kruispunten met verkeerslichten bleek het gemiddelde ongevallenquotiënt 6,22 letselongevalsequivalenten per 10 miljoen passerende voertuigen te zijn. Op kruispunten zonder verkeerslichten lag het ongevallenquotiënt gemiddeld op 5,68 letselongevalsequivalent per 10 miljoen passerende voertuigen. Het aantal voertuigen dat in de periode tussen 07.00 en 19.00 uur passeerde was voor kruispunten met verkeerslichten, volgens de expositiemaat $2(N_1 \times N_2)^{\frac{1}{2}}$, gemiddeld 18 600 en voor kruispunten zonder verkeerslichten gemiddeld 17 950. De auteur constateert daaruit dat de ongevallenquotiënten identiek zijn voor kruispunten met en kruispunten zonder een verkeerslichtenregeling.
Verderop in dit literatuuroverzicht (Box, 1970) zal blijken dat deze constatering wel juist kan zijn. De manier waarop Thorpe ertoe komt is enige discussie waard. Zo kan uit zijn artikel niet worden afgeleid of het aandeel van de ongevallen met uitsluitend materiële schade op kruispunten met en op kruispunten zonder verkeerslichten vergelijkbaar is. Daardoor is zijn constatering oncontroleerbaar. Bovendien maakt Thorpe niet duidelijk of de twee kruispuntsoorten vergelijkbaar zijn. Weliswaar is het gemiddelde aantal passerende voertuigen per etmaal ongeveer gelijk, maar over de verdeling van de verkeersstromen over elk van de vier kruispunttakken wordt geen informatie verschaft. Dit geldt ook voor het aandeel afslaand verkeer en voor de verdeling van de intensiteiten over verschillende categorieën verkeersdeelnemers. Daarmee is tevens aangegeven dat de gehanteerde expositiemaat een tamelijk grove is. Het gebruik van een constante met de waarde 2 in alle berekeningen verfijnt de expositiemaat niet. Als er echter niet meer gegevens voorhanden zijn, kan het noodzakelijk

zijn om met een grove maat te werken. Dat in de expositiemaat het produkt van de intensiteiten op de kruisende aders is opgenomen, is in overeenstemming met een gangbare definitie van expositie die luidt: expositie is de frequentie waarmee in het verkeer situaties optreden die een kans op een ongeval in zich bergen. Waarom dit produkt tot de macht 0,5 wordt verheven, wordt door Thorpe niet beargumenteerd.
Het gebruik van expositiegegevens speelt een belangrijke rol bij het uitvoeren van onderzoek naar de oorzaken van ongevallen en ter ontwikkeling van maatregelen. In andere hoofdstukken van dit rapport wordt dan ook aandacht besteed aan het gebruiken van expositiegegevens. In het kader van dit literatuuroverzicht wordt verwezen naar een artikel van Noordzij (1980), die uitvoerig ingaat op de rol van expositiegegevens in verkeersveiligheidsonderzoek.

De kennis die wordt verkregen door middel van studies zoals hiervoor beschreven, kan niet worden gebruikt ter verkrijging van voorstellen voor maatregelen ter verbetering van de veiligheid van kruispunten, respectievelijk met verkeerslichten geregelde kruispunten. Daartoe dient meer gedetailleerd onderzoek te worden uitgevoerd. Dergelijk onderzoek is ook uitgevoerd, zoals hierna mag blijken.

In een al wat oudere literatuurstudie (Box, 1970) komt de auteur, na een overzicht te hebben gegeven van Amerikaanse onderzoeken betreffende het effect van de installatie van verkeerslichteninstallaties op de verkeersveiligheid, tot de volgende conclusie: "Over het effect van verkeerslichten op de verkeersafwikkeling en de veiligheid is uitgebreid gerapporteerd. Echter, de resultaten van deze studies lopen aanzienlijk uiteen en onderzoek laat zowel situaties zien waarin het totale aantal ongevallen afneemt als studies waarin het aantal toeneemt".
Algemene uitspraken over het effect van verkeerslichteninstallaties kunnen inderdaad moeilijk gedaan worden. Daarvoor dient meer informatie beschikbaar te zijn over de factoren die op dat

effect van invloed zijn. Als factoren die in het algemeen bijdragen tot een gunstig effect van plaatsing van een verkeerslichteninstallatie op het aantal ongevallen noemt Box hoge verkeersintensiteiten, hoge ongevallenfrequenties en complexe kruispunten met vijf of zes takken. Bij lage verkeersintensiteiten, lage ongevallenfrequenties en/of eenvoudige kruispuntvormgeving heeft plaatsing van verkeerslichten in het algemeen een ongunstige invloed op het aantal ongevallen. De aanwezigheid van een verkeerslichteninstallatie heeft in het algemeen een reducerend effect op het aantal ongevallen waarbij de betrokkenen elkaar haaks kruisen, maar daar staat in het algemeen een toename van kop-staartbotsingen en van ongevallen met afslaande verkeersdeelnemers tegenover. De ongevalsernst, of het aandeel letselongevallen, blijkt bij signalisatie van kruispunten niet toe te nemen. De globale gevolgtrekkingen uit deze Amerikaanse studie blijken in meer recente studies bevestigd te worden. Ook een Zweedse voor- en nastudie (Gunnarsson & Olsson, 1974) naar het effect van de plaatsing van verkeerslichten op kruispunten en T-aansluitingen komt tot de conclusie dat het aandeel van de letselongevallen niet is gewijzigd na het aanbrengen van de verkeerslichteninstallaties. Het absolute aantal letselongevallen is daarentegen wel significant gedaald, ook na correctie voor de expositie en zowel op de kruispunten als op de T-aansluitingen. Deze bron, die slechts op de Engelse samenvatting is beoordeeld, constateert verder een significante afname van haakse botsingen. Op kruispunten nam het aantal ongevallen met afslaande verkeersdeelnemers toe, terwijl het aantal kop-staartbotsingen gelijk bleef. Daarbij kan nog worden opgemerkt dat een toename van het aantal ongevallen met afslaande verkeersdeelnemers wordt geconstateerd bij een laag aandeel afslaand verkeer en een afname bij een hoog aandeel.

Twee Oostenrijkse onderzoekers (Zibuschka & Svec, 1979) constateren op kruispunten met verkeerslichten een hoger ongevallenquotiënt (aantal ongevallen per voertuig dat het kruispunt passeert) bij lage dan bij hoge intensiteiten. Zij verklaren dit verschijnsel uit de hogere snelheden bij lage verkeersintensiteiten. Deze resulteren vooral tijdens de fasenwisseling in een vergroot onge-

valsrisico. Zibuschka heeft ook nog een aantal conflicttypes afzonderlijk onderzocht (Zibuschka, 1979). Daarbij blijkt dat het aantal haakse botsingen nagenoeg onafhankelijk is van de totale kruispuntintensiteit. Bij lage intensiteiten zal het ongevallenquotiënt voor dit conflicttype dus hoog zijn. Tussen het aantal ongevallen met afslaande verkeersdeelnemers en de totale verkeersbelasting van kruispunten constateert de auteur een U-vormige relatie. Dat betekent wederom een hoger ongevallenquotiënt naarmate de intensiteiten op een kruispunt lager zijn. Voor kop-staartbotsingen blijkt het ongevallenquotiënt nagenoeg gelijk te blijven bij verschillende intensiteiten. Bij een hoge intensiteit treedt dus in het algemeen een groter aantal kop-staartbotsingen op dan bij een lage intensiteit.
Een recente Nederlandse studie (Beumer & Zwart, 1980) komt voor ongevallen op geregelde kruispunten buiten de bebouwde kom in Gelderland tot nagenoeg dezelfde uitspraken ten aanzien van haakse conflicten en kop-staartbotsingen als Zibuschka en Gunnarsson & Olsson. De auteurs constateren dat het aantal ongevallen ten gevolge van rood-lichtovertredingen onafhankelijk is van de intensiteit. En haakse conflicten zijn altijd het gevolg van rood-lichtovertredingen. Zij constateren bovendien dat het aantal kop-staartbotsingen evenredig met de intensiteit stijgt.
Een Duitse studie (Baier & Schlabbach, 1976) besteedt speciaal aandacht aan ongevallen met linksafslaande motorvoertuigen op kruispunten die met verkeerslichten geregeld zijn. In Darmstadt was het aandeel van dergelijke ongevallen in 1972 t/m 1974 24%. Daarbij werden 19 kruispunten in beschouwing genomen. Een paar factoren die waarschijnlijk ook van invloed zijn op de veiligheid van linksafslaande fietsers en bromfietsers, kunnen hier worden genoemd. Zo wordt vastgesteld dat het ongevallenquotiënt voor linksafslaande motorvoertuigen groter is indien het tegemoetkomende rechtdoorgaande verkeer meer dan één rijstrook moet kruisen dan indien het slechts één rijstrook behoeft te kruisen. Ook de boogstraal voor het linksafslaande verkeer is van invloed. Een derde factor is de mate waarin twee tegengestelde stromen linksafslaand verkeer voor elkaar het uitzicht op de conflicterende stromen tegemoetkomende rechtdoorgaande voertuigen belemmeren. Volgens de

auteurs blijken deze drie invloedsfactoren na controle onafhankelijk van elkaar te zijn.

De hiervoor behandelde studies geven belangrijke indicaties over factoren die van invloed zijn op de veiligheid van kruispunten die met verkeerslichten geregeld zijn. Zo blijken de verkeersintensiteiten van belang te zijn, dient een onderscheid gemaakt te worden tussen conflicten waarbij rechtdoorgaande dan wel afslaande verkeersstromen betrokken zijn en kan de vormgeving van het kruispunt een rol spelen.
Fietsers en bromfietsers zijn in die onderzoeken echter niet als afzonderlijke categorieën verkeersdeelnemers opgenomen. Het is zelfs de vraag of ze in de onderzochte situaties voorkwamen. Uitgaande van de veronderstelling dat er parallellen bestaan tussen het ongevallenpatroon van motorvoertuigen en dat van fietsers en bromfietsers, is het gewenst om de invloedsfactoren op het ongevallenpatroon van motorvoertuigen ook in beschouwing te nemen bij het analyseren van ongevallen waarbij fietsers en/of bromfietsers zijn betrokken.
In de volgende paragraaf worden een aantal studies behandeld waarin de fietsers en/of bromfietsers wel in beschouwing genomen zijn.

3.2. Studies betreffende de verkeersveiligheid van fietsers en bromfietsers op kruispunten die met behulp van verkeerslichten geregeld zijn

De enige bron die iets vermeldt over het effect van een verkeerslichtenregeling op het aantal ongevallen met fietsers en bromfietsers, is een studie van Brand (1970). Daarin worden onder andere alle geregistreerde ongevallen op kruispunten met verkeerslichten vergeleken met alle geregistreerde ongevallen op kruispunten zonder verkeerslichten. In beide groepen heeft de helft van de kruispunten vrijliggende fietspaden op tenminste twee van de aanvoerwegen. De aantallen ongevallen zijn gegeven in tabel 1.
Bij beschouwing van deze aantallen blijken er op kruispunten met

verkeerslichten 2,5 maal zoveel botsingen tussen fietsers en auto's en ruim 3 maal zoveel botsingen tussen bromfietsers en auto's plaats te vinden als op kruispunten zonder verkeerslichten. Maar, Brand citerend: "de gesommeerde intensiteit van de 22 kruispunten met verkeerslichten is relatief beduidend hoger dan die van de 78 kruispunten zonder verkeerslichten, zodat bijvoorbeeld uit de cijfers niet geconcludeerd mag worden dat verkeerslichten onveilig zijn (het tegendeel is waar)". Brand geeft geen nadere informatie om het tussen haakjes geplaatste deel van zijn conclusie te staven. Vooralsnog lijkt het dan ook moeilijk om op basis van de door hem verstrekte informatie een oordeel te geven over het effect van verkeerslichten op het aantal ongevallen met fietsers en bromfietsers.

3.2.1. Kenmerken van de verkeerslichtenregeling

Meer gedetailleerde gegevens die betrekking hebben op ongevallen met fietsers en bromfietsers op kruispunten die door middel van een verkeerslichteninstallatie zijn geregeld, kunnen worden ontleend aan een concept van het eindverslag van een werkgroep van het Studiecentrum Verkeerstechniek (SVT, 1980). Van deze werkgroep "Fiets- en bromfietsvoorzieningen op met verkeerslichten geregelde kruispunten" maakt de auteur van dit rapport sinds september 1977 deel uit. De werkgroep heeft gegevens verzameld van ± 850 ongevallen met fietsers en/of bromfietsers die gedurende de jaren 1971 t/m 1977 op met verkeerslichten geregelde kruispunten hebben plaatsgevonden.
De enige eis die aan de kruispunten is gesteld, was dat ze van een verkeerslichteninstallatie waren voorzien op het tijdstip dat het ongeval plaatsvond. Alvorens inhoudelijk op de resultaten van het onderzoek in te gaan is het gewenst om enige aandacht aan de werkwijze te besteden. Terwijl de werkgroep geïnteresseerd is in de verkeersvoorzieningen voor fietsers en bromfietsers, heeft ze ongevallen geselecteerd en daarbij gegevens over de ongevalslocatie opgezocht. Een bezwaar daarvan is dat locaties waar geen ongevallen zijn gebeurd, niet in het onderzoek zijn opgenomen.

Informatie over de mate waarin fietsvoorzieningen aanwezig zijn, is zodoende niet beschikbaar. Daardoor is het moeilijk om tot voorstellen voor maatregelen met betrekking tot die voorzieningen te komen. Te meer omdat het effect van die voorzieningen op de veiligheid van andere categorieën verkeersdeelnemers dan de fietsers en de bromfietsers niet kan worden onderzocht. Immers, ongevallen waarbij geen fietser of bromfietser is betrokken, zijn niet in het ongevallenbestand opgenomen. Ook eenzijdige ongevallen van fietsers of bromfietsers zijn trouwens uit het bestand geweerd. Van de ± 850 ongevallen was de afloop bij 2% dodelijk, bij 49% was er letsel en bij 44% was er alleen sprake van materiële schade; bij 3% was er geen schade en bij 2% waren de gevolgen van het ongeval onbekend. Bij vergelijking van deze ongevallen met landelijke gegevens over dodelijke en letselongevallen op een aantal kenmerken, lijkt het door de werkgroep gehanteerde bestand desondanks representatief. De vergelijking betrof de verhouding van het aandeel ongevallen met fietsers en dat met bromfietsers, de leeftijdsopbouw van de fietsers en bromfietsers en de verdeling van de ongevallen over de uren van de dag.

Ondanks bovenstaande opmerkingen levert het concept-eindverslag van de werkgroep een aantal aanknopingspunten voor onderzoeksvragen op. Het gebruik van een deel van de gegevens uit het concept-eindverslag in dit rapport heeft dus slechts een functie bij de ideevorming. Er zullen geen conclusies aan worden verbonden. Bij de bespreking van de gegevens wordt gebruik gemaakt van de manoeuvrenummering zoals die in afbeelding 1 is weergegeven. De manoeuvre van de fietser of bromfietser is daarbij steeds 01, 02 of 03 terwijl de manoeuvre van de daarmee conflicterende verkeersdeelnemer, die ook een fietser of bromfietser kan zijn, daaraan gekoppeld is (01 t/m 12).
Bij het benoemen van de regelingstypen zijn door de werkgroep de volgende definities gehanteerd. Twee potentieel conflicterende manoeuvres zijn "parallel" geregeld, als de betreffende verkeersdeelnemers gelijktijdig groen licht krijgen. Dat betekent dat de verkeersdeelnemers het mogelijke conflict zelf moeten oplossen

met inachtneming van de geldende voorrangsregels. Twee potentieel conflicterende manoeuvres zijn "exclusief" - of conflictvrij - geregeld, als de betreffende verkeersdeelnemers niet gelijktijdig groen licht krijgen. Als de verkeersdeelnemers toch met elkaar in botsing komen, betekent dit dat één van hen het rode licht heeft genegeerd. Ten slotte kunnen nog zogenaamde "niet geregelde" potentiële conflicten worden onderscheiden, zoals die in paragraaf 2.1. zijn beschreven.

Bij analyse van de ongevallen waarbij een fietser betrokken was, blijkt dat er 132 plaatsvonden bij een parallelle regeling en 89 bij een exclusieve regeling. Dat wil zeggen dat bij 60% van die ongevallen sprake was van overtreding van voorrangsregels en bij 40% van een rood-lichtovertreding door één van de betrokkenen. Voor de ongevallen met bromfietsers was dit respectievelijk 64% (306 ongevallen) en 36% (175 ongevallen).
Deze cijfers verdienen een nader onderzoek. Daartoe kan een onderscheid worden gemaakt tussen rechtdoorgaande en linksafslaande fietsers en bromfietsers (rechtsafslaan levert nauwelijks verkeersveiligheidsproblemen op). Het valt op dat bij parallelle regeling 34% van de ongevallen met rechtdoorgaande fietsers (nl. 26 van de 76) voortvloeit uit een conflict met een andere verkeersdeelnemer die in dezelfde richting rijdt. Van de ongevallen met rechtdoorgaande bromfietsers is dit slechts 10% (nl. 25 van de 244). De vraag rijst of het hier steeds ongevallen betreft waarbij fietsers en bromfietsers onderling conflicteren. Indien dat zo is, kan van een conflictvrije fase geen gunstig effect op dit type ongeval worden verwacht. Bij zo'n conflictvrije fase worden immers de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers niet van elkaar gescheiden. Wel mag van een conflictvrije fase een gunstig effect worden verwacht op het aantal ongevallen met een van dezelfde kruispunttak vertrekkende rechtsafslaande conflictpartner (richting 01) of met een tegemoetkomende linksafslaande conflictpartner (richting 09). Van de ongevallen met rechtdoorgaande fietsers bij parallelle regeling gebeurde 58% (20% + 38%) bij deze manoeuvrecombinaties. Van de ongevallen met rechtdoorgaande bromfietsers was dit 86% (56% + 30%).

In het ongevallenbestand van de SVT-werkgroep komt een aantal ongevallen voor bij een conflictvrije regeling van deze manoeuvrecombinaties. Ondanks het geringe aantal en ondanks het feit dat geen informatie gegeven wordt over de mate van voorkomen van dit soort regeling, lijkt het nuttig om wat getallen te ordenen.
In tabel 2 zijn de aantallen ongevallen aangegeven tussen rechtdoorgaande fietsers/bromfietsers en conflictpartners die de manoeuvres 01 of 09 uitvoeren. Daarbij is een onderscheid gemaakt naar parallelle en conflictvrije regeling van de betreffende manoeuvrecombinaties. In de tabel is ook het verwachte aantal ongevallen bij conflictvrije regeling van die manoeuvrecombinaties opgenomen. Dit aantal is bepaald door de werkelijke aantallen ongevallen van beide manoeuvrecombinaties op te tellen en vervolgens weer over de beide manoeuvrecombinaties te verdelen volgens de verhouding bij parallelle regeling. Bij een conflictvrije regeling lijken er verhoudingsgewijs minder ongevallen te gebeuren tussen een rechtdoorgaande fietser/bromfietser en een conflictpartner die manoeuvre 01 uitvoert, dan bij een parallelle regeling. Als dat inderdaad het geval is, zal het aandeel van de botsingen met een conflictpartner die manoeuvre 09 uitvoert, bij conflictvrije regeling groter zijn.

Van een conflictvrije fase voor de linksafslaande fietsers en bromfietsers zou ook een gunstig effect verwacht mogen worden. Bij een parallelle regeling leveren vooral de rechtdoorgaande conflictpartners die van dezelfde of de tegenoverliggende kruispunttak vertrekken (richting 02 en 08) problemen op. Van de ongevallen met linksafslaande fietsers gebeurde 91% (75% + 15%) bij deze manoeuvrecombinaties. Van de ongevallen met linksafslaande bromfietsers was dit 87% (55% + 32%).
In tabel 3 is voor de linksafslaande fietsers en bromfietsers dezelfde excercitie uitgevoerd als in tabel 2 voor de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers. Omdat ook hier geen gegevens beschikbaar zijn over de mate van voorkomen van een conflictvrije regeling van deze manoeuvrecombinaties, is wederom geen uitspraak mogelijk over het effect ervan. Er lijkt echter ook hier een ver-

schuiving plaats te vinden, en wel van botsingen met een conflictpartner die de manoeuvre 02 uitvoert, naar botsingen met een conflictpartner die de manoeuvre 08 uitvoert.
Opgemerkt dient nog te worden dat de ongevallen bij parallelle regeling zowel het gevolg kunnen zijn van een overtreding van voorrangsregels (indien de fietser of bromfietser de linksafmanoeuvre in één beweging uitvoert) als van een rood-lichtovertreding (indien de fietser of bromfietser de linksafmanoeuvre in twee delen, dus haaks, moet uitvoeren). Op welke wijze de manoeuvre uitgevoerd wordt, is afhankelijk van de vormgeving van een kruispunt. Bij aanwezigheid van vrijliggende fietspaden tot aan het kruisingsvlak moet de manoeuvre meestal in twee delen worden uitgevoerd.

Een indruk van de ernst van de ongevallen uit de tabellen 2 en 3 kan worden verkregen door van het totale aantal ongevallen met bekende afloop het aandeel van de ongevallen met letsel of met dodelijke afloop te bepalen. Dat aandeel is voor de verschillende manoeuvrecombinaties aangegeven in tabel 4. Een vergelijking tussen fietsers en bromfietsers kan moeilijk gemaakt worden vanwege verschillen in registratieniveau. Een ongeval met uitsluitend materiële schade bijvoorbeeld zal eerder geregistreerd worden als er een bromfietser bij betrokken is, dan als er een fietser bij betrokken is. Dit omdat het schadebedrag in het eerste geval meestal hoger zal zijn. Ook de verplichte verzekering voor bromfietsers speelt hierbij een rol.
Bij beschouwing van tabel 4 rijst de vraag of de gevolgen van rood-lichtovertredingen ernstiger zijn dan van overtredingen van voorrangsregels. Als de conflicten met de haaks kruisende verkeersstromen (richting 05 en 11) een goed beeld geven van conflicten waarbij van een rood-lichtovertreding sprake is, dan lijkt vooral voor fietsers de afloop van ongevallen ernstiger te zijn indien één van de betrokkenen door rood licht rijdt.

Meer informatie over de invoering van conflictvrije fasen voor fietsers en bromfietsers in verkeerslichtenregelingen kan aan het concept-rapport van de SVT-werkgroep niet worden ontleend.

Gezien de vermoedelijk geringe mate waarin dergelijke conflictvrije fasen in het onderzoek voorkwamen, zijn de percentages ongevallen bij conflictvrije regeling (tabel 2 en 3) tamelijk hoog. Een eventueel effect lijkt voor de fietsers anders te zijn dan voor de bromfietsers. Vooral voor fietsers lijken ongevallen ten gevolge van rood-lichtovertredingen ernstiger af te lopen dan ongevallen ten gevolge van een overtreding van voorrangsregels. En bij een conflictvrije regeling kan alleen van rood-lichtovertredingen sprake zijn.
De geconstateerde verschuivingen in conflicterende manoeuvrecombinaties bij instelling van een conflictvrije fase zouden kunnen worden verklaard uit een combinatie van de twee volgende veronderstellingen:
a. Doordat het aantal fasen per cyclus toeneemt, neemt de groentijd voor de fietsers en bromfietsers af en/of neemt de gemiddelde wachttijd toe. Daardoor is de kans groter dat de fietser of bromfietser door "beginrood" rijdt.
b. Ook voor de conflictpartner, meestal een motorvoertuig, neemt de gemiddelde wachttijd toe. Deze zal daarom waarschijnlijk niet alleen vaker door "beginrood" rijden, maar ook meer alert zijn op het begin van de groenfase, sneller reageren en optrekken.
Juistheid van één of beide veronderstellingen betekent een ongunstige invloed op het effect van een conflictvrije fase. Een verlenging van de kruisingsontruimingstijd zou in dat geval een oplossing kunnen bieden.

Bovenstaande excercities met ongevallengegevens die door de SVT-werkgroep zijn verzameld, zijn riskant. Vooral bij vergaande onderverdeling van het ongevallenbestand gaat de betrouwbaarheid achteruit. Veel alternatieven zijn er echter niet.

3.2.2. Rood-lichtovertredingen

Een onderwerp waar regelmatig de aandacht naar uitgaat, ook in de pers, is dat van fietsers en bromfietsers die door rood-licht rijden. In Nederland is nauwelijks onderzoek verricht naar de mate

waarin en de omstandigheden waaronder rood-lichtovertredingen worden gemaakt. Er kan slechts melding worden gemaakt van een steekproef van Veilig Verkeer Nederland op tien met verkeerslichten geregelde kruispunten in en rond Hilversum en Utrecht (VVN, 1978). Daarbij bleek dat van de 857 fietsers die voor rood licht hadden moeten stoppen, er 172 doorreden. Twintig procent dus. Dit percentage varieerde echter tussen nul en 48% per kruispunt. Er zijn dus blijkbaar factoren die op het aandeel rood-lichtrijders van invloed zijn.
Ferrarra (1975) constateert dat fietsers die voor een stopbord moeten stilstaan alvorens een weg over te steken, kortere intervallen tussen twee opeenvolgende motorvoertuigen zullen benutten naarmate het oponthoud groter wordt. Een verkeerslicht wordt door fietsers beter gerespecteerd dan een stopbord of een voorrangsbord, blijkens een door Ferrarra aangehaald, niet gepubliceerd rapport; maar een analogie tussen de situatie met een verkeerslicht en de situatie met een stopteken ligt voor de hand. Naarmate de wachttijd toeneemt, zal de kans op een rood-lichtovertreding dus ook toenemen.
Deze weinig verrassende uitspraak is alles wat met betrekking tot het gedrag van fietsers (en bromfietsers?) aan de literatuur kan worden ontleend. Het is interessant om de, noodgedwongen, zijsprong naar het gedrag van voetgangers op geregelde voetgangersoversteekplaatsen te maken. Dit was onderwerp van een Duitse studie (Retzko & Androsch, 1974). Uit de resultaten van waarnemingen van het gedragspatroon van voetgangers op met verkeerslichten geregelde oversteekplaatsen leiden de auteurs af dat onjuist voetgangersgedrag vooral optreedt, of zelfs wordt bevorderd, bij een afstelling van de lichtenregeling die voor de voetgangers ongunstig is. Die algemene uitspraak wordt geprecisseerd. Met het aandeel voetgangers dat voor rood licht moet wachten, neemt ook het aantal voetgangers toe dat te vroeg oversteekt. Naarmate de tijd tussen het einde van de groenfase voor de voetgangers en het begin van de groenfase voor de motorvoertuigen toeneemt, neemt ook het aandeel toe van de voetgangers die te laat oversteken. Het aandeel van de voetgangers die oversteken

terwijl het licht voor de motorvoertuigen op groen staat, neemt eveneens toe naarmate het aandeel van de groentijd voor motorvoertuigen in de totale cyclustijd minder in overeenstemming is met de intensiteit van de motorvoertuigen. Dat blijkt uit het feit dat met het aantal passerende motorvoertuigen per seconde het aandeel "harde" rood-lichtovertredingen van voetgangers afneemt.
Concluderend kan worden gesteld dat het gedrag van de voetgangers op geregelde oversteekplaatsen minder goed is naarmate de regeling minder goed is afgestemd op de voetgangers. Dit kan ook worden geconcludeerd uit de resultaten van enkele ongevallenstudies (Zibuschka, 1979; Beumer & Zwart, 1980): "Het aantal ongevallen ten gevolge van rood-lichtovertredingen/haakse conflicten is onafhankelijk van de intensiteit". Ofwel: het aandeel ongevallen ten gevolge van rood-lichtovertredingen/haakse conflicten is hoger naarmate de intensiteit lager is. En dit terwijl het totale aantal ongevallen toeneemt met de intensiteit.
Tussen het gedrag van fietsers en bromfietsers en dat van voetgangers bestaat waarschijnlijk overeenkomst; ook het gedrag van fietsers en bromfietsers zal op kruispunten die met verkeerslichten geregeld zijn minder goed zijn naarmate de regeling minder goed is afgestemd op deze groepen verkeersdeelnemers.

Een dubieus aspect van ongevallen ten gevolge van rood-lichtovertredingen is de schuldvraag. Dubieus, omdat de schuldtoekenning plaatsvindt aan de hand van getuigenverklaringen. Deze wijze van vaststelling is mogelijk één van de oorzaken van de verschillen die met betrekking tot de schuldvraag worden geconstateerd tussen drie verschillende bronnen.
Jouve (1977) heeft in vier Franse departementen onderzoek gedaan naar ongevallen waarbij een fietser of een bromfietser was betrokken. Bij 49% van de ongevallen (45 van de 92) op kruispunten met verkeerslichten was sprake van een rood-lichtovertreding.
Bij 21 van die ongevallen (47%) was de tweewieler de schuldige, bij 12 ongevallen (27%) de conflictpartner en bij 12 ongevallen kon geen schuldige worden aangewezen.

Een rapport van de Dienst Ruimtelijke Ordening en Verkeer van de gemeente Eindhoven (1977a) geeft informatie over alle ongevallen die gedurende de jaren 1972 t/m 1976 op 55 gesignaliseerde kruispunten hebben plaatsgevonden. Daarvan werden er 580, ofwel 16,5% van het totaal van 3519 ongevallen, veroorzaakt door negeren van rood licht. Bij 69% van die 580 ongevallen werd het rode licht genegeerd door de bestuurder van een motorvoertuig, bij 16% door een bromfietser, bij 10% door een fietser en bij 5% door een voetganger. Een vergelijking met de getallen van Jouve kan niet worden gemaakt, omdat het Eindhovense rapport de ongevallen waarbij een fietser of een bromfietser betrokken was, niet als een aparte groep in beschouwing neemt.
Eerder is al aangegeven dat van de ongevallen op geregelde kruisingen die door de SVT-werkgroep zijn geïnventariseerd (SVT, 1980), een belangrijk deel het gevolg was van rood-lichtovertredingen: voor de fietsers 40% en voor de bromfietsers 36% van de ongevallen. Waar het mogelijk was om de schuldvraag te beantwoorden, bleek in ongeveer twee derde van de gevallen de fietser of de bromfietser de schuldige te zijn. Zo blijkt uit een eerdere rapportage van de werkgroep (Stoovelaar, 1979).

Over de ernst van ongevallen ten gevolge van rood-lichtovertredingen geeft het Eindhovense rapport duidelijke informatie. Vielen bij alle 4749 ongevallen in 1976 in Eindhoven 1069 slachtoffers, bij de 138 ongevallen ten gevolge van het negeren van rood licht waren dat er 77. Een verhouding die 2,5 maal zo ongunstig is voor de rood-lichtongevallen. Het aantal dodelijke ongevallen bedroeg respectievelijk 28 en 8, een bijna tienmaal zo ongunstige verhouding voor de rood-lichtongevallen. Een onderverdeling naar de verschillende categorieën verkeersdeelnemers is niet gemaakt.

3.2.3. Knipperen van verkeerslichteninstallaties

Een ander rapport van de Eindhovense Dienst Ruimtelijke Ordening (Gemeente Eindhoven, 1977b) besteedt aandacht aan het effect op

de verkeersveiligheid van het al dan niet laten functioneren van verkeerslichteninstallaties tijdens de nachtelijke uren. Met ingang van 1 januari 1975 zijn wijzigingen aangebracht in de knippertijden van een aantal verkeerslichteninstallaties. De essentie van de wijzigingen bestond uit het 's nachts laten functioneren van de verkeerslichten. Slechts voor de weekeinden werd een korte knipperperiode gehandhaafd. Tijdens de nachtelijke uren werd bovendien een aangepast regelprogramma ingeschakeld. De aantallen geregistreerde ongevallen vóór de uitvoering van de maatregel zijn vergeleken met de aantallen na de uitvoering. Bovendien is een vergelijking gemaakt met een controlegroep kruispunten ter uitschakelijk van het trendeffect.
Als netto-effect van de maatregel is gedurende de nachtelijke uren een reductie van het aantal ongevallen per tijdseenheid van 77% gemeten (tabel 5). Het nuttig effect van de maatregel is duidelijk. De indruk bestaat dat de kruispunten uit de proefgroep en de controlegroep van elkaar verschillen qua verkeersfunctie, aantal passerende verkeersdeelnemers, de verdeling daarvan over de te onderscheiden manoeuvremogelijkheden en qua vormgeving van de kruispunten. Bij generalisering van dit onderzoeksresultaat moet men hier rekening mee houden.
Ook de SVT-werkgroep (SVT, 1980) doet uitspraken over het al dan niet in werking zijn van verkeerslichteninstallaties. Knipperen gedurende de periode 22.00-01.00 uur levert per uur 70% meer ongevallen met fietsers of bromfietsers op dan indien een installatie in bedrijf is. Gedurende de periode 01.00-07.00 uur blijkt knipperen per uur zelfs driemaal zoveel ongevallen met fietsers of bromfietsers op te leveren. Een andere opmerkelijke uitkomst van het onderzoek van de SVT-werkgroep betreft het buiten bedrijf zijn van verkeerslichteninstallaties overdag. Op basis van een schatting van het aantal storingsdagen per installatie per jaar komt de werkgroep tot de constatering dat het aantal ongevallen per uur storing ongeveer vijfmaal zo groot is als bij normaal functioneren van de installatie.
De bevindingen uit Eindhoven en van SVT-werkgroep worden nog eens onderstreept door het in Gelderland uitgevoerde onderzoek van

Beumer & Zwart (1980). Ook op met verkeerslichten geregelde kruispunten buiten de bebouwde kom gebeuren volgens hen verhoudingsgewijs veel ongevallen indien de installaties op stille uren knipperen of om een of andere reden niet in bedrijf zijn. Opgemerkt moet worden dat bij dit onderzoek alleen ongevallen in beschouwing zijn genomen waarbij uitsluitend auto's zijn betrokken.

De resultaten van de drie genoemde onderzoeken (Gemeente Eindhoven, 1977b; Beumer & Zwart, 1980; SVT, 1980) zijn moeilijk vergelijkbaar en elk van de onderzoeken roept vragen op ten aanzien van de betrouwbaarheid van de eraan ontleende uitspraken. Toch lijkt geconcludeerd te kunnen worden dat de verkeersveiligheid op met verkeerslichten geregelde kruispunten in ongunstige zin wordt beïnvloed indien de lichten knipperen of buiten werking zijn. Zo'n conclusie lijkt moeilijk te rijmen met de bevindingen uit paragraaf 3.1. waar onder andere gesteld wordt dat in geval van lage verkeersintensiteiten de installatie van verkeerslichten in het algemeen een ongunstig effect heeft op de verkeersveiligheid. Wel dient erop gewezen te worden dat daar over etmaalintensiteiten gesproken wordt, terwijl de drie hier behandelde onderzoeken voornamelijk betrekking hebben op de nachtelijke uren.

3.2.4. Weg- en verkeerskenmerken

In deze paragraaf worden enkele rapporten behandeld, die betrekking hebben op de vormgeving van kruispunten en de invloed daarvan op de veiligheid van het langzame verkeer. Ze zijn in het onderzoek betrokken, omdat de vormgeving van een kruispunt medebepalend kan zijn voor het effect van een conflictvrije fase voor fietsers en bromfietsers.

Het eerste rapport, dat de resultaten van een Zweeds onderzoek weergeeft (Hydén e.a., 1978), is slechts beoordeeld aan de hand van de Engelstalige samenvatting. Bij het vaststellen van de ongevalsrisico's voor voetgangers en fietsers is gebruik gemaakt van

waargenomen conflicten van deze categorieën verkeersdeelnemers met andere categorieën. Het ongevalsrisico is gedefinieerd als het aantal ernstige conflicten per minuut, vermenigvuldigd met een factor die de relatie weergeeft tussen ernstige conflicten en door de politie geregistreerde ongevallen. Als expositiemaat is de wortel uit het produkt van de intensiteiten van de betreffende conflictpartners gehanteerd. De belangrijkste bevindingen uit het onderzoek voorzover zij fietsers betreffen zijn:

a. Het ongevalsrisico voor fietsers is hoger naarmate de snelheden van motorvoertuigen hoger zijn en naarmate de te kruisen straat breder is.

b. Een aparte strook voor linksafslaande fietsers reduceert het ongevalsrisico voor fietsers.

c. Een verkeerseiland in de te kruisen verkeersader reduceert het ongevalsrisico voor fietsers op kruispunten waar de motorvoertuigen met hoge snelheid rijden.

Analoog aan het onder c gestelde, mag ook op met verkeerslichten geregelde kruispunten een gunstig effect verondersteld worden van de aanwezigheid van een vluchtheuvel of een middenberm. De hoeveelheid informatie die de overstekende fietser of bromfietser moet verwerken, wordt door de aanwezigheid van een rustpunt in de middenberm per deeloversteek minder. Daardoor neemt de kans op onjuiste beslissingen af. Zo'n onjuiste beslissing kan zowel het door rood licht rijden betreffen als het niet verlenen van voorrang.

Een rapport van Jörgensen en Herrstedt (1979) is eveneens beoordeeld op basis van de Engelstalige samenvatting en de Engelstalige onderschriften bij tabellen. De onderzoekers vergelijken onder andere de veiligheid van twee manieren waarop een fietspad kan aansluiten op een kruisingsvlak van een kruispunt dat met verkeerslichten is geregeld.

Bij de ene manier (type 1) loopt het fietspad door tot aan het kruisingsvlak, bij de andere manier (type 2) wordt het fietspad op een afstand van ongeveer 30 m voor het kruisingsvlak afgeknot. Dat wil zeggen dat de rechtsafslaande motorvoertuigen en de recht-

doorgaande fietsers en bromfietsers bij type 1 kruisen nā de verkeerslichten, dus op het kruisingsvlak, en bij type 2 vōōr de verkeerslichten, dus nog op de kruispunttak (het zogenaamde "weven"). In tabel 6 is voor een aantal kruispunten met vrijliggende fietspaden op twee van de vier takken het aantal letselongevallen vermeld waarbij een fietser of bromfietser was betrokken. Daarbij is onderscheid gemaakt naar aansluitingen van type 1 respectievelijk type 2. Behalve het aantal ongevallen is tevens het aantal kruispunten en het gemiddelde aantal passerende fietsers respectievelijk bromfietsers per kruispunt per dag gegeven. Uit de tabel blijkt dat het ongevallenquotiënt van de fietsers (aantal ongevallen gerelateerd aan het aantal kruispunten en aan het gemiddelde aantal passerende fietsers) bij beide typen oplossing gelijk is. Voor bromfietsers is het ongevallenquotiënt bij type 2 veel lager. Weven is dus blijkbaar voor de bromfietsers relatief veilig, maar levert voor de fietser geen winst op.
De verdeling van de ongevallen over de manoeuvrecombinaties van de betrokken verkeersdeelnemers is voor de fietsers bij beide oplossingen nagenoeg gelijk. Bij de bromfietsers neemt het aantal ongevallen waarbij een rechtdoorgaande bromfietser en een rechtsafslaande conflictpartner betrokken zijn, drastisch af (van 42% naar 0%) ingeval van de oplossing met het afgeknotte fietspad.

Brand (1970) komt tot soortgelijke resultaten als Jörgensen & Herrstedt bij een vergelijking tussen 11 kruispunten met verkeerslichten en vrijliggende fietspaden en 11 kruispunten met verkeerslichten maar zonder vrijliggende fietspaden. Brand maakt gebruik van alle geregistreerde ongevallen die op die kruispunten hebben plaatsgevonden in 1967 en 1968. Over de intensiteiten (per categorie verkeersdeelnemers) op elk van de twee groepen kruispunten wordt geen informatie gegeven, zodat een vergelijking alleen gebaseerd kan zijn op het aantal geregistreerde ongevallen. Deze ongevallen zijn weergegeven in tabel 7. Behalve het totale aantal ongevallen is het aantal ongevallen gegeven tussen een fietser en een auto, respectievelijk

een bromfietser en een auto. Deze groepen zijn onderverdeeld naar een aantal manoeuvrecombinaties.
Voor de fietsers blijkt het aantal botsingen met auto's op beide groepen kruispunten ongeveer gelijk te zijn. Wel is het aandeel van de ongevallen waarbij één van de betrokken verkeersdeelnemers afslaat, groter op kruispunten met vrijliggende fietspaden, maar het aantal ongevallen per manoeuvrecombinatie is te gering om daar conclusies aan te verbinden.
Voor de bromfietsers is het aantal botsingen met auto's op kruispunten met vrijliggende fietspaden ongeveer het dubbele van het aantal op kruispunten zonder vrijliggende fietspaden. De grootste bijdrage aan die verdubbeling wordt geleverd door ongevallen tussen een rechtdoorgaande bromfietser en een auto die, komende uit dezelfde richting, rechtsafslaat of, komende uit tegengestelde richting, linksafslaat.

Het afknotten van een vrijliggend fietspad (Jörgensen & Herrstedt, 1979) en het niet aanwezig zijn van een vrijliggend fietspad (Brand, 1970) resulteren voor de kruising zelf in een vormgeving die in hoofdlijnen identiek is. Bij handhaving van de bromfietsers op vrijliggende fietspaden lijkt dit een vormgeving te zijn die vooral een gunstige invloed heeft op het aantal botsingen tussen bromfietsers en motorvoertuigen. Bij een dergelijke vormgeving lijkt het toepassen van een conflictvrije fase voor rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers niet meer gewenst.

4. HYPOTHESEN EN ONDERZOEKSVRAGEN

De probleemanalyse en het literatuuroverzicht zijn bedoeld om een beeld op te bouwen over de verkeersveiligheid van fietsers en bromfietsers op kruispunten die met verkeerslichten geregeld zijn. Er blijkt echter maar weinig materiaal aangedragen te kunnen worden om mee te bouwen. De contouren tekenen zich weliswaar af, maar over de invulling daarvan bestaan nog vele vragen. Het antwoord op een deel van die vragen ligt al verscholen in de informatie die de literatuur aandraagt. De betreffende antwoorden worden in paragraaf 4.1. in de vorm van hypothesen geformuleerd. Door middel van analyse van de gegevens die in het kader van dit onderzoek zijn geïnventariseerd, zullen de hypothesen worden getoetst. De resterende vragen worden in dit rapport niet beantwoord. Er wordt volstaan met een opsomming van die vragen in paragraaf 4.2.

4.1. Hypothesen

Hypothese 1:
Een conflictvrije fase voor rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers in een verkeerslichtenregeling heeft geen effect op het ongevallenquotiënt van die categorieën verkeersdeelnemers, voor zover het botsingen met motorvoertuigen betreft.

Hypothese 2:
Een conflictvrije fase voor rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers in een verkeerslichtenregeling heeft een gunstig effect op het ongevallenquotiënt van die categorieën verkeersdeelnemers, voor zover het botsingen betreft met uit dezelfde richting komende rechtsafslaande motorvoertuigen en met uit tegengestelde richting komende linksafslaande motorvoertuigen.

Hypothese 3:
Een conflictvrije fase voor rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers in een verkeerslichtenregeling heeft een ongunstig effect op het ongevallenquotiënt van die categorieën verkeersdeelnemers, voor zover het botsingen betreft met van links of rechts komende, haaks kruisende motorvoertuigen.

De hypothesen beperken zich tot rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers, omdat de verzamelde gegevens betrekking hebben op kruispunten met een vormgeving die het in de meeste gevallen voor linksafslaande fietsers moeilijk maakt om de linksafmanoeuvre in één beweging uit te voeren. Ongevallen waarbij linksafslaande fietsers of bromfietsers zijn betrokken, zullen daarom veelal niet als zodanig geregistreerd zijn.
De hypothesen beperken zich ook tot botsingen van fietsers respectievelijk bromfietsers met motorvoertuigen (personenauto's, bestelauto's, motoren, vrachtauto's en bussen). De conflictvrije fase is bedoeld om die conflictpartners in de tijd van elkaar te scheiden. Wel dient bezien te worden wat het effect van de conflictvrije fase is op andere ongevalstypen.

Op basis van theoretisch inzicht en van de informatie uit de literatuur wordt een gunstig effect verwacht op het aantal botsingen tussen rechtdoorgaande fietsers/bromfietsers en afslaande motorvoertuigen (hypothese 2). Bij toepassing van conflictvrije fasen kunnen echter ook de wachttijden langer worden, wat weer kan leiden tot een toename van rood-lichtovertredingen. Zo'n toename kan vooral een ongunstig effect hebben op het aantal ongevallen tussen rechtdoorgaande fietsers/bromfietsers en haaks kruisende motorvoertuigen (hypothese 3). Combinatie van de hypothesen 2 en 3 heeft geleid tot het opstellen van hypothese 1.
Bij de toetsing van de hypothesen zal steeds een onderscheid worden gemaakt tussen fietsers en bromfietsers, omdat verwacht wordt dat de effecten voor elk van beide categorieën verschillend zullen zijn. Factoren die daarbij een rol spelen zijn o.a.: de doorgaans hogere snelheid van de bromfiets, verschillen in leeftijd en gedrag tussen fietsers en bromfietsers, een betere bescherming van de bromfietser (helm). Bovendien is het registratieniveau van ongevallen met bromfietsers waarschijnlijk hoger dan van ongevallen met fietsers.

Een eerste voorwaarde om de resultaten van de toetsing van de drie hypothesen te kunnen interpreteren is dat informatie be-

schikbaar is over de vergelijkbaarheid van de twee te onderscheiden groepen kruispunttakken: met en zonder een conflictvrije regeling voor de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers. Zo'n vergelijking kan plaatsvinden op basis van gegevens over de vormgeving van het kruispunt, over het verkeer en over de verkeerslichteninstallatie. Van belang zijn de volgende gegevens:

a. De vormgeving:

- type fietsvoorziening op de kruispunttakken en ter plaatse van de aansluiting op het kruisingsvlak;
- de over de vier takken van het kruispunt gesommeerde conflictlengte voor de overstekende fietsers en bromfietsers;
- de aanwezigheid van een middenberm/vluchtheuvel per tak;
- het aantal doorgaande rijstroken, gesommeerd over de vier kruispunttakken.

b. Het verkeer:

- het totale aantal passerende fietsers, bromfietsers en motorvoertuigen;
- het aandeel rechts- en linksafslaande fietsers, bromfietsers en motorvoertuigen;
- het aandeel van vrachtauto's + bussen in de groep motorvoertuigen.

c. De verkeerslichteninstallatie:

- werkingsduur per etmaal;
- aard van de regeling;
- (minimale/maximale) cyclustijd;
- aantal fasen waarin de oversteek van de linksafslaande fietsers en bromfietsers is geregeld.

Verder dient ook op de volgende vragen een antwoord gegeven te zijn alvorens de toetsingsresultaten kunnen worden geïnterpreteerd:

a. Op welke wijze worden de resultaten van de toetsing beïnvloed door het opnemen in het betreffende analysebestand van

- ongevallen die plaatsvonden terwijl de verkeerslichten knipperden of buiten werking waren, en
- ongevallen die plaatsvonden op delen van de kruispunttakken die direct aan het kruisingsvlak grenzen (een zône van ± 30 m lang)?

b. Hoe verhoudt zich het aantal ongevallen van fietsers respectievelijk bromfietsers met vrachtauto's + bussen tot het aantal ongevallen met de andere categorieën motorvoertuigen? Hoe is de verdeling van beide ongevalstypen over de te onderscheiden manoeuvrecombinaties? Is de afloop van een ongeval voor een fietser of bromfietser ernstiger als de botsingspartner een vrachtauto of bus is dan als het een personenauto, bestelauto of motorfiets is?

4.2. Onderzoeksvragen

Ten aanzien van de verkeersdeelnemers die betrokken zijn bij botsingen tussen rechtdoorgaande fietsers/bromfietsers en motorvoertuigen, zijn er vragen over:
- de leeftijd van de verkeersdeelnemers, onderscheiden naar categorie verkeersdeelnemers;
- de mate waarin deze leeftijdsverdelingen overeenstemmen met landelijke cijfers over letselongevallen binnen de bebouwde kom.

Daarnaast is het van belang om een onderscheid te maken tussen de leeftijdsverdeling van betrokken verkeersdeelnemers bij een conflictvrije en bij een parallelle regeling.

Vooral de groep ongevallen die het gevolg is van rood-lichtovertredingen, vergt nadere aandacht. De volgende vragen moeten worden beantwoord:
a. Hebben deze ongevallen in het algemeen een ernstiger afloop dan de overige ongevallen op kruispunten met verkeerslichten:
- voor fietsers;
- voor bromfietsers;
- voor inzittenden van motorvoertuigen?

Het is hierbij ook van belang om de groep ongevallen in beschouwing te nemen waarbij geen fietsers of bromfietsers betrokken zijn.
b. In welke mate is er een samenhang tussen het optreden van deze ongevallen en:
- de intensiteit van het kruisend verkeer;
- het uur van de dag en de lichtgesteldheid;
- de cyclustijd per kruispunt, danwel de groentijd per tak per verkeersdeelnemerscategorie;

- de oversteeklengte (of conflictlengte) voor fietsers en bromfietsers per tak, gekoppeld aan de aanwezigheid van een middenberm of vluchtheuvel?

Niet alleen voor de fietsers en de bromfietsers, maar ook voor de overige categorieën verkeersdeelnemers kan worden onderzocht in hoeverre er relaties bestaan tussen aantallen ongevallen, onderverdeeld naar betrokken verkeersdeelnemers en manoeuvrecombinatie, en de intensiteiten van de betreffende verkeersstromen. De intensiteiten kunnen worden onderverdeeld naar categorie verkeersdeelnemer, naar uur van de dag en naar richting.

5. BESCHRIJVING VAN INVENTARISATIES

Binnen elke stedelijke wegenstructuur kan een net van doorgaande routes worden aangegeven. De wegen waaruit dit net is opgebouwd, worden verkeersaders genoemd. Dat wil zeggen dat deze wegen overwegend een verkeersfunctie hebben. De kruispunten die in dit onderzoek zijn opgenomen, zijn óf kruisingen van verkeersaders onderling óf kruisingen van verkeersaders met andere wegen. De benaming verkeersader is tamelijk willekeurig en garandeert nog geenszins de mogelijkheid van onderlinge vergelijkbaarheid. Hierop wordt nog teruggekomen bij de behandeling van de weg- en verkeerskenmerken.

In de bijlage bij dit rapport is een opsomming gegeven van de kruispunten die in het onderzoek zijn opgenomen. Behalve de namen van de kruisende wegen is eveneens een nummer gegeven voor elk kruispunt. Indien in het vervolg van dit rapport over afzonderlijke kruispunten wordt gesproken, zal steeds gerefereerd worden aan deze nummers. De kruispunten worden gekenmerkt door de aanwezigheid van een verkeerslichteninstallatie en door de kruispuntvorm: elk kruispunt heeft vier takken, waarvan tenminste twee met een vrijliggend fietspad ter plaatse van de aansluiting op het kruisingsvlak. Behalve kruispunt 3074 in Eindhoven heeft geen van de kruispunten in Eindhoven of Rijswijk conflictvrije fasen voor fietsers en bromfietsers in de verkeerslichtenregeling. Daarom is een uitbreiding van het bestand gerealiseerd door kruispunten uit Tilburg en Delft in het bestand op te nemen. Dit aantal is mede om financiële redenen beperkt. Van de vijf Tilburgse kruispunten hebben de kruispunten 7701, 7702, 7703 en 7705 conflictvrije fasen voor de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers. In Delft geldt dit ook voor kruispunt 8801, terwijl kruispunt 8802 slechts een conflictvrije fase heeft op twee van de vier takken. Aldus zijn twee groepen kruispunten geselecteerd: 20 met een conflictvrije fase en 7 zonder een conflictvrije fase. Omdat kruispunt 8802 op twee takken geen conflictvrije fase heeft, moet een onderscheid worden gemaakt tussen groepen kruispunttakken.

Op grond van de beschikbare informatie is getracht kruispunten te selecteren die qua weg- en verkeerskenmerken goed vergelijkbaar zijn.

5.1. Inventarisatie van ongevallengegevens

De ongevallengegevens zijn verzameld over de periode 1972 t/m 1977. Van kruispunt 8802 in Delft en kruispunt 7702 in Tilburg zijn de gegevens gebruikt over de periode 1975 t/m 1977, van kruispunt 7703 in Tilburg de gegevens over de periode 1973 t/m 1977 en van kruispunt 3074 in Eindhoven de gegevens over de periode na 31 maart 1976. Deze afwijkingen zijn het gevolg van drastische wijzigingen in de vormgeving of de verkeerslichtenregeling tijdens de onderzoekperiode. Bij het berekenen van de expositiegegevens ten behoeve van de analyse is met deze afwijkingen rekening gehouden. Dat is de reden waarom 81 kruispunttakken met parallelle regeling vergeleken worden met 18,833 kruispunttakken met conflictvrije regeling.
Er zijn alleen gegevens verzameld van ongevallen met dodelijke afloop en ongevallen met gewonden; ze zijn ontleend aan de zogenaamde politieregistratiesets van het CBS. De gegevens over Rijswijk, Tilburg en Delft zijn afkomstig van de politie aldaar. Voor Eindhoven is het geautomatiseerde ongevallenbestand van deze gemeente gebruikt.

5.2. Inventarisatie van verkeerskenmerken

In het najaar van 1977 en het voorjaar van 1978 zijn op de kruispunten in Eindhoven, Rijswijk en Delft visuele verkeerstellingen uitgevoerd. Geteld is over de periode 07.00-19.00 uur van een werkdag. Er is onderscheid gemaakt tussen de volgende categorieën verkeersdeelnemers:
- fietsers;
- bromfietsers;
- personenauto's, bestelauto's en motorfietsen;
- vrachtauto's en bussen;
- overige.

De telstaten zijn voor elk van de richtingen 1 t/m 12 (zie afbeelding 1) per kwartier ingevuld en voor iedere verwerking per uur gesommeerd. Vergelijkbare gegevens betreffende de kruispunten in Tilburg zijn geïnventariseerd in het kader van het demonstratieproject "Fietsroutes" en beschikbaar gesteld door de Rijkswaterstaat. In Tilburg zijn de intensiteiten geteld in november 1976.

5.3. Inventarisatie van wegkenmerken en kenmerken van de verkeerslichteninstallatie

Van de kruispunten waarop het onderzoek betrekking heeft, zijn de wegkenmerken en de kenmerken van de verkeerslichteninstallaties verzameld door een stagiair van de Verkeersacademie Tilburg, in samenwerking met ambtenaren van de gemeenten.
Per kruispunttak betreft het de volgende wegkenmerken:
- het type fietsvoorziening op het wegvak;
- het type fietsvoorziening bij de aansluiting van het wegvak op het kruisingsvlak;
- de breedte van de fietsvoorziening ter plaatse van de aansluiting op het kruisingsvlak;
- de aanwezigheid van kanalisatiestrepen voor linksafslaand verkeer;
- de voorzieningen ten behoeve van kruisende voetgangers;
- de oversteeklengte op de te kruisen tak (in één of in twee delen);
- de aanwezigheid van een middenberm op de te kruisen tak;
- de breedte van een eventuele middenberm op de te kruisen tak;
- het aantal doorgaande rijstroken;
- de voorrangsregeling indien de verkeerslichteninstallatie knippert of buiten werking is.

Van de verkeerslichteninstallaties zijn per kruispunt de volgende gegevens verzameld:
- de periode waarin de installatie in werking is;
- de aard van de regeling (star, verkeers- of voertuigafhankelijk);
- de cyclustijd (minimum en maximum).

Per tak zijn de volgende gegevens verzameld:
- de groentijd voor de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers (minimum en maximum);
- het type regeling voor de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers (conflictvrij, niet-conflictvrij, nastart, voorstart etc.);
- de verschiltijd in het geval een nastart, voorstart, nastop of voorstop;
- de aanwezigheid van opvanglichten in de middenberm;
- het aantal fasen waarin de oversteek van de linksafslaande fietsers en bromfietsers is geregeld.

De cyclustijd en de groentijden zijn voor de twee Delftse kruispunten geschat op basis van een beperkt aantal waarnemingen tijdens de ochtendspits. Van deze verkeersafhankelijke installaties waren geen fasediagrammen meer beschikbaar.

6. UITVOERING VAN HET ONDERZOEK

6.1. Expositiematen

Bij het formuleren van de hypothesen in hoofdstuk 4 zijn veronderstellingen uitgesproken over mogelijke verschillen tussen twee soorten met verkeerslichten geregelde kruispunten, namelijk mét en zonder een conflictvrije fase voor de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers. Het gehanteerde vergelijkingscriterium daarbij is het ongevallenquotiënt, ofwel het aantal ongevallen gedeeld door een expositiemaat. Aan het gebruik van een expositiemaat ligt de veronderstelling ten grondslag dat er meer ongevallen zullen gebeuren naarmate er meer situaties zijn die de kans op een ongeval in zich bergen.
Bij de toetsing van hypothese 1 worden drie expositiematen gehanteerd. De eerste maat is het aantal kruispunttakken. Een conflictvrije fase voor fietsers en bromfietsers kan namelijk per kruispunttak gerealiseerd worden. Door deze maat te hanteren gaat men er impliciet vanuit dat er tussen de twee groepen kruispunttakken geen belangrijke verschillen zijn in de omvang en samenstelling van de verkeersstromen. En ook niet tussen de kenmerken van de vormgeving. Deze maat is grof, maar erg betrouwbaar.
De tweede maat is het aantal rechtdoorgaande fietsers respectievelijk bromfietsers. Bij hantering van deze maat wordt er vanuit gegaan dat de omvang en de samenstelling van de verkeersstromen waarmee deze categorieën verkeersdeelnemers kunnen botsen, niet belangrijk van elkaar afwijken voor de situaties met en zonder conflictvrije fase.
De derde maat is het produkt van de intensiteit van de rechtdoorgaande fietsers respectievelijk bromfietsers en de intensiteit van de potentieel met hen conflicterende verkeersstromen. Aangenomen wordt dat dit produkt evenredig is met het aantal ontmoetingen tussen deze verkeersdeelnemers.
Aan het begrip "ontmoeting" wordt uitgebreider aandacht gegeven in SWOV (1980; blz. 11 t/m 16). Voor een meer uitgebreide verhandeling over het gebruik van expositiegegevens kan worden verwezen naar Noordzij (1980).

Bij de toetsing van de hypothesen 2 en 3 wordt alleen de derde maat, het aantal ontmoetingen, als expositiemaat gehanteerd. Per manoeuvrecombinatie worden ongevallen aan de bij die manoeuvres behorende intensiteiten gekoppeld.
Omdat de expositiemaat in dit kader slechts gebruikt wordt als onderdeel van het vergelijkingscriterium ongevallenquotiënt, is niet getracht om de intensiteit per stroom voor de gehele onderzoekperiode vast te stellen. Alleen de ruwe telgegevens, gesommeerd over de telperiode van 07.00-19.00 uur van een werkdag, zijn gebruikt. Aan de absolute waarde van de ongevallenquotiënten dient om deze reden geen enkele waarde te worden toegekend. Slechts een vergelijking van ongevallenquotiënten is toegestaan. Uiteraard is er rekening mee gehouden dat een aantal kruispunten slechts voor een deel van de onderzoekperiode in het ongevallenbestand voorkomen. De daarbij behorende intensiteitsgegevens zijn dan ook voor een daaraan evenredig deel meegeteld bij de vaststelling van de expositiemaat "aantal ontmoetingen". Ook bij de vaststelling van de beide andere expositiematen is hiervoor gecorrigeerd.

6.2. Methoden van hypothesetoetsing

Voor de toetsing van de hypothesen is gebruik gemaakt van een loglineair Poissonmodel voor gewogen aantallen. Voor de beschrijving van een dergelijk model wordt verwezen naar SWOV (1976). Bij gebruik van dit model wordt er vanuit gegaan dat er een groot aantal onafhankelijke experimenten zijn met een relatief kleine kans op "succes" (in dit geval een letselongeval).
Indien op basis van de expositiegegevens per conditie (conflictvrije regeling dan wel parallelle regeling) het verwachte aantal ongevallen onder een zekere minimumwaarde komt, mag het model niet meer gehanteerd worden. Voor de hier uit te voeren toetsingen is als minimumwaarde een verwacht aantal van 15 ongevallen per cel gekozen. Bij kleinere aantallen is een exacte toets gebruikt die gebaseerd is op de veronderstelling dat de ongevallen binomiaal over de beide condities verdeeld zijn, met kansen die afgeleid zijn uit de expositie.

In dit onderzoek zal toetsing steeds op 5%-niveau plaatsvinden. Dat wil zeggen dat de nulhypothese ("er is geen verschil tussen conditie A en conditie B") pas wordt verworpen als de kans dat zij onjuist is, groter is dan 95%.

7. RESULTATEN

De belangrijkste resultaten van dit onderzoek zijn ontleend aan de toetsing van de hypothesen die in hoofdstuk 4 zijn geformuleerd met betrekking tot ongevallen waarbij een rechtdoorgaande fietser of bromfietser en een motorvoertuig zijn betrokken. De voor de toetsing benodigde gegevens zijn voor de fietsers vermeld in tabel 8 en voor de bromfietsers in tabel 9.

Van de 105 botsingen tussen een rechtdoorgaande fietser en een motorvoertuig waren er 100 botsingen (= 95%) met een motorvoertuig dat de richting 01, 05, 09 of 11 volgde. Bij de rechtdoorgaande bromfietsers waren het er 230 (= 96%) van de 239. Vanwege dit hoge aandeel van de vier genoemde manoeuvres van de motorvoertuigen is hypothese 1 getoetst met de aantallen ongevallen en de expositiegegevens die bij die vier manoeuvres horen.
Als het aantal ontmoetingen met motorvoertuigen als expositiemaat wordt gebruikt, is het aantal letselongevallen van rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers kleiner bij conflictvrije regeling dan bij parallelle regeling; zie tabel 8 en 9. Voor de fietsers is het verschil ± 30% en voor de bromfietsers ± 15%. Bij toetsing op 5%-niveau blijken deze verschillen echter niet significant te zijn, zodat hypothese 1 wordt geaccepteerd. De hypothese wordt eveneens geaccepteerd bij gebruik van het aantal passerende fietsers respectievelijk bromfietsers als expositiemaat en eveneens indien het aantal kruispunttakken als expositiemaat wordt gehanteerd. In tabel 10 zijn de aantallen letselongevallen van rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers gerelateerd aan de drie verschillende expositiematen.
Wanneer alleen gekeken wordt naar botsingen met vrachtauto's en bussen, is het aantal letselongevallen van rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers wel significant kleiner bij conflictvrije regeling dan bij parallelle regeling. Deze analyse is uitsluitend uitgevoerd met het aantal ontmoetingen tussen deze categorieën verkeersdeelnemers als expositiemaat (tabel 8 en 9). Vanwege de kleine aantallen ongevallen zijn de fietsers en bromfietsers bij de analyse als één categorie beschouwd.

Van de waarden voor de expositiematen uit tabel 10 zijn er in tabel 11 enkele met elkaar vergeleken om na te gaan in hoeverre er verschillen zijn tussen de twee groepen kruispunttakken wat betreft de omvang en de samenstelling van de verkeersstromen. Er blijkt nauwelijks een verschil te zijn tussen het gemiddelde aantal rechtdoorgaande fietsers per kruispunttak. Dat geldt ook voor het gemiddelde aantal rechtdoorgaande bromfietsers per kruispunttak en voor het aantal ontmoetingen tussen rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers enerzijds en motorvoertuigen die de richtingen 01, 05, 09 of 11 volgen anderzijds.
Met behulp van gegevens uit de tabellen 8 en 9 is vastgesteld dat het aandeel van de ontmoetingen met vrachtauto's en bussen voor de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers wat hoger is bij een conflictvrije dan bij een parallelle regeling (8,3% versus 6,9%). Uit deze vergelijkingen mag worden geconcludeerd dat de twee groepen kruispunttakken slechts geringe verschillen vertonen ten aanzien van de omvang en de samenstelling van de verkeersstromen.

Hypothese 2 wordt zowel voor de fietsers als voor de bromfietsers geaccepteerd na toetsing op 5%-niveau. Dat betekent dat een conflictvrije fase van rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers voldoet aan de oorspronkelijke bedoeling om de veiligheid van deze categorieën verkeersdeelnemers te verhogen door ze in de regeling te scheiden van de potentieel conflicterende afslaande motorvoertuigen. De grootte van het effect is, voor de fietsers en bromfietsers afzonderlijk, gegeven in tabel 12. In vergelijking met de reductie bij de andere manoeuvrecombinaties is de reductie van het aantal ongevallen met rechtdoorgaande bromfietsers en tegemoetkomende linksafslaande motorvoertuigen gering. Een verklaring hiervoor kan vooralsnog niet worden gegeven.

Hypothese 3 kan na toetsing op 5%-niveau niet worden geaccepteerd voor de fietsers, hoewel tabel 13 een aanzienlijk groter aantal letselongevallen per ontmoeting laat zien bij conflictvrije regeling dan bij parallelle regeling.
Voor de bromfietsers wordt hypothese 3 na toetsing op 5%-niveau

wel geaccepteerd. Hierbij moet echter worden aangetekend dat van de in tabel 13 vermelde ongevallen met een kruisend motorvoertuig er zes plaatsvonden terwijl de verkeerslichten knipperden of buiten werking waren. Twee van die ongevallen vonden plaats op kruispunttakken met parallelle regeling en vier op kruispunttakken met conflictvrije regeling. Het betrokken motorvoertuig was bij alle zes ongevallen een personenauto. Het is overigens opvallend dat het verschil tussen conflictvrije en parallelle regeling groot is voor botsingen met kruisende motorvoertuigen die van rechts komen (richting 11) en klein voor botsingen met kruisende motorvoertuigen die van links komen (richting 05); zie tabel 13.

Over de ernst van de 344 letselongevallen waarbij een rechtdoorgaande fietser of bromfietser betrokken was, kan aan de hand van de geïnventariseerde gegevens weinig worden gezegd. Bij deze letselongevallen zijn 8 personen gedood. De verdeling daarvan over de manoeuvrecombinaties is aangegeven in tabel 14. Vijf doden zijn het gevolg van botsingen met van links komende kruisende personenauto's (richting 05), waarbij één van de betrokkenen door rood licht is gereden. Drie doden zijn het gevolg van een botsing met een rechtsafslaande vrachtauto (richting 01).

In tabel 15 wordt een overzicht gegeven van de verdeling van alle 768 letselongevallen uit dit onderzoek over de verschillende categorieën verkeersdeelnemers die erbij betrokken waren.
In tabel 16 zijn de 205 letselongevallen waarbij uitsluitend motorvoertuigen waren betrokken, onderverdeeld naar kruispunten met een conflictvrije en een parallelle regeling. Geen van deze ongevallen is gebeurd op kruispunt 8801 in Delft, zodat geen problemen zijn ontstaan bij de toewijzing van ongevallen aan takken met een conflictvrije respectievelijk parallelle regeling. Uit gegevens in tabel 16 kan worden opgemaakt dat het aantal ongevallen waarbij uitsluitend motorvoertuigen zijn betrokken, bij een conflictvrije regeling wat groter is. Een deel van dat effect kan waarschijnlijk worden toegeschreven aan het wat grotere aandeel vrachtauto's op de kruispunten met een conflictvrije regeling.

8. CONCLUSIES

Op grond van de uitgevoerde analyses kan niet worden gesteld, dat een conflictvrije fase een gunstig effect heeft op het aantal letselongevallen van rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers waarbij de conflictpartner een motorvoertuig is. De ongevallenquotiënten van de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers waren bij conflictvrije regeling weliswaar 30% respectievelijk 15% lager dan bij parallelle regeling. Maar bij toetsing op 5%-niveau bleken deze verschillen niet significant te zijn.
Een conflictvrije fase heeft wel een significant gunstig effect op het aantal letselongevallen van rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers waarbij de conflictpartner een vrachtwagen of autobus is. Deze conclusie is vooral van belang, omdat botsingen met dergelijke zware motorvoertuigen doorgaans een ernstige afloop hebben.

Een conflictvrije fase voldoet ook aan haar primaire doel: beperken van het aantal botsingen tussen rechtdoorgaande fietsers/bromfietsers en afslaande motorvoertuigen. Het ongevallenquotiënt voor deze manoeuvrecombinaties is bij conflictvrije regeling significant lager dan bij parallelle regeling.
Daar staat echter tegenover dat een conflictvrije fase een ongunstig effect heeft op het aantal letselongevallen van rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers waarbij de conflictpartner een kruisend motorvoertuig is. Dit effect bleek bij toetsing op 5%-niveau alleen significant te zijn voor de bromfietsers. Het merendeel van dit soort ongevallen is het gevolg van een rood-lichtovertreding. In dat geval is de afloop vermoedelijk ernstiger dan bij een ongeval dat voortvloeit uit overtreding van een voorrangsregel.

Tot slot moet worden geconcludeerd dat conflictvrije fasen een ongunstige invloed hebben op het aantal ongevallen waarbij alleen motorvoertuigen zijn betrokken, waarschijnlijk als gevolg van de langere wachttijden.

Om de criteria voor de invoering van conflictvrije fasen in de verkeerslichtenregeling van kruispunten te kunnen vaststellen is verder onderzoek noodzakelijk. Daartoe zullen onder andere de in paragraaf 4.2. van dit rapport geformuleerde onderzoeksvragen beantwoord moeten worden. De nu beschikbare informatie is hiervoor niet toereikend.

LITERATUUR

Baier, H. & Schlabbach, K. (1976). Linksabbiege-Unfälle an Lichtsignalanlagen in Darmstadt. Strassenverkehrstechnik 20 (1976) 6: 197 t/m 204.

Beumer, C. & Zwart, A. (1980). Verkeersveiligheidsaspecten op met verkeersregelinstallaties beveiligde aansluitpunten in Gelderland. Verkeerskunde 31 (1980) 9: 465 t/m 469.

Box, P.C. & Associates (1970). Traffic Control and Roadway Elements - Their Relationship to Highway Safety / Revised. Chapter 4, "Intersections". Highway Users Federation for Safety and Mobility, 1970.

Brand, H. (1970). Het langzame verkeer in steden. Verkeerstechniek 21 (1970) 9: 436-445.

Ferrara, T.C. (1975). A study of two-lane intersections and crossings under combined motor vehicle and bicycle demands. Report No. 75-5. Civil Engineering Department, University of California, Davis, 1975.

Gemeente Eindhoven (1977a). Verkeersongevallen in Eindhoven, Overzicht 1e kwartaal 1977. Hoofdafdeling Verkeer van de Dienst Ruimtelijke Ordening en Verkeer, Gemeente Eindhoven, Eindhoven, 1977.

Gemeente Eindhoven (1977b). Beveiliging ..... ook 's nachts. Hoofdafdeling Verkeer van de Dienst Ruimtelijke Ordening en Verkeer, Gemeente Eindhoven, Eindhoven, 1977.

Gunnarsson, S.O. & Olsson, L. (1974). Traffic accidents in urban areas, 2. Analysis of traffic accidents before respectively after signal regulation of intersections. Chalmers Tekniska Högskola, Institutionen för Stadsbyggnad, Göteborg, 1974.

Hakkert, A.S. & Mahalel, D. (1978). Estimating the number of accidents at intersections from a knowledge of the traffic flows on the approaches. Accident Analysis & Prevention, Vol. 10. pp. 69-79. 1978.

Hydén, C., Gårder, P. & Linderholm, L. (1978). Relation between accident risk and different explained variables. Lunds Tekniska Högskola, Instituionen för Trafiktechnik, Lund, 1978.

Jørgensen, N.O. & Herrstedt, L. (1979). Sikkerhed for Cyklister og Knallertkørere i Københavnsområdet. Rådet for Trafiksikkerhedsforskning, København, 1979.

Jouve, J.P. (1977). Typologie des accidents des deux-rouges légers en Ile de France. TEC (1977) 23: 8-12.

Noordzij, P.C. (1980). Naar een veiliger verkeer voor voetgangers en (brom)fietsers. Verkeerskunde 31 (1980) 4: 155-160.

Retzko, H.G. & Androsch, W. (1974). Pedestrian behaviour at signalised intersections. Traffic Engineering & Control 15 (1974) 16-17: 735-738.

Stoovelaar, F. (1979). Fiets- en bromfietsvoorzieningen op met verkeerslichten geregelde kruispunten. Voordracht, gehouden tijdens het Wegencongres op 14 december 1978 te Rotterdam. In: Jaarverslag 1978 van het Studiecentrum Verkeerstechniek: p. 15-20. Studiecentrum Verkeerstechniek, 's-Gravenhage, 1979.

SVT (1980). (Brom)fietser in verkeersregelsysteem. Conceptrapport van de SVT-werkgroep "Fiets- en bromfietsvoorzieningen op met verkeerslichten geregelde kruispunten". Studiecentrum Verkeerstechniek, Driebergen-Rijsenburg, 1980.

SWOV (1976). De verkeersonveiligheid in de provincie Noord-Brabant II. Appendix II.II. Analyse van kruistabellen: log-lineaire Poisson modellen voor gewogen aantallen (J. de Leeuw & S. Oppe).

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Voorburg, 1976.

SWOV (1980) (S. Oppe). Praktijkonderzoek ten behoeve van de methodiek voor black-spot studies. Verslag van onderzoek o.a. gerealiseerd binnen het demonstratieproject Herindeling en herinrichting van stedelijke gebieden (in de gemeenten Eindhoven en Rijswijk). Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Voorburg, 1980. (W9/OVv/80-15).

Thorpe, J.D. (1968). Accident rates at signalized intersections. Australian Road Research Board Proceedings 4 (1968) 1: 995-1004.

VVN (1978). 1 op 5 fietsers reed door rood. Actueel (1978) 54: 4.

Zibuschka, F. (1979). Analyse charakteristischer Unfalltypen signalgeregelter Knotenpunkte. Strassenverkehrstechnik 23 (1979) 6: 188-190.

Zibuschka, F. & Svec, H. (1979). Unfälle an signalgeregelten Kreuzungen. Zeitschrift für Verkehrssicherheit 25 (1979) 4: 172-175.

	kruispunten met verkeerslichten		kruispunten zonder verkeerslichten	
	abs.	%	abs.	%
aantal kruispunten	22		78	
aantal geregistreerde ongevallen				
- totaal	837	100	1191	100
- gemiddeld per kruispunt	38,0		15,3	
aantal ongevallen fietser x auto				
- totaal	65	7,8	92	7,7
- gemiddeld per kruispunt	3,0		1,2	
aantal ongevallen bromf. x auto				
- totaal	197	23,5	221	18,6
- gemiddeld per kruispunt	9,0		2,8	

Tabel 1. Aantal geregistreerde ongevallen in 's-Gravenhage op kruispunten mét en zonder een verkeerslichteninstallatie, over de periode 1967-1968. Bron: Brand (1970).

	fietser manoeuvre 02			bromfietser manoeuvre 02			fietser + bromfietser manoeuvre 02		
manoeuvre van de conflictpartner	01	09	01 + 09	01	09	01 + 09	01	09	01 + 09
parallelle regeling:									
werkelijk aantal ongevallen	15	29	44 (100%)	136	73	209 (100%)	151	102	253 (100%)
exclusieve regeling:									
werkelijk aantal ongevallen	0	7	7 (16%)	11	11	22 (10,5%)	11	18	29 (11,5%)
verwacht aantal ongevallen	2	5	7	14	8	22	17	12	29

Tabel 2. Ongevallen waarbij rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers en afslaande conflictpartners zijn betrokken. Bron: SVT (1980).

	fietser manoeuvre 03			bromfietser manoeuvre 03			fietser + bromfietser manoeuvre 03		
manoeuvre van de conflictpartner	02	08	02 + 08	02	08	02 + 08	02	08	02 + 08
parallelle regeling:									
werkelijk aantal ongevallen	40	8	48 (100%)	33	19	52 (100%)	73	27	100 (100%)
exclusieve regeling:									
werkelijk aantal ongevallen	7	4	11 (23%)	8	7	15 (29%)	15	11	26 (26%)
verwacht aantal ongevallen	9	2	11	10	5	15	19	7	26

Tabel 3. Ongevallen waarbij linksafslaande fietsers en bromfietsers en rechtdoorgaande conflictpartners zijn betrokken. Bron: SVT (1980).

		conflictpartner		
		overtreding voorrangsregel		rood-lichtovertreding
		01 of 09	02 of 08	05 of 11
fietser	02	52%		73%
fietser	03		60%	71%
bromfietser	02	47%		53%
bromfietser	03		49%	50%

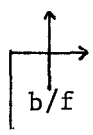
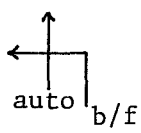
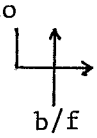
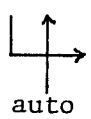
Tabel 4. Aandeel van de fietsers- en bromfietsersongevallen met letsel of dodelijke afloop op het totale aantal ongevallen met bekende afloop, naar manoeuvrecombinatie. Bron: SVT (1980).

	voorperiode jan. '72 t/m okt. '74	naperiode jan. '75 t/m juni '76
proefgroep (18 kruispunten)	5,41	0,61
controlegroep (27 kruispunten)	3,24	1,61

Tabel 5. Gemiddeld aantal ongevallen per maand gedurende de periode 00.00-07.00 uur. Bron: Gemeente Eindhoven (1977b).

	fietsers		bromfietsers	
	type 1	type 2	type 1	type 2
aantal letselongevallen	54	17	113	11
aantal kruispunten	75	13	75	13
gemiddeld aantal letselongevallen per kruispunt	0,72	1,31	1,51	0,85
aantal passages per dag per kruispunt	2000	3500	800	1500
aantal letselongevallen per kruispunt, gecorrigeerd voor het aantal passages	0,36	0,37	1,88	0,56

Tabel 6. Aantallen letselongevallen van fietsers en bromfietsers op kruispunten, per type aansluiting van een vrijliggend fietspad op het kruisingsvlak. Bron: Jörgensen & Herrstedt (1979).

		11 kruispunten met vrijliggende fietspaden			11 kruispunten zonder vrijliggende fietspaden		
		abs.	%	%	abs.	%	%
totaal aantal geregistreerde ongevallen		448 (100%)			389 (100%)		
aantal ongevallen fietser x auto		30 (6,7%)	100		35 (9,0%)	100	
aantal ongevallen bromfietser x auto		134 (29,9%)		100	63 (16,2%)		100
	fietser x auto	7	23,3		4	11,4	
	bromf. x auto	36		26,9	6		9,5
	fietser x auto	4	13,3		2	5,7	
	bromf. x auto	7		5,2	2		3,2
auto 	fietser x auto	3	10,0		2	5,7	
	bromf. x auto	23		17,2	2		3,2
b/f 	fietser x auto	2	6,7		2	5,7	
	bromf. x auto	10		7,5	3		4,7
overige ongevallen:							
- fietser x auto		14	46,7		25	71,4	
- bromfietser x auto		58		43,3	50		79,4

Tabel 7. Ongevallen waarbij een fietser/bromfietser en een auto betrokken zijn, op met verkeerslichten geregelde kruispunten in 's-Gravenhage gedurende de jaren 1967 en 1968; naar manoeuvrecombinatie. Bron: Brand (1970).

manoeuvre motor-voertuig	categorie motorvt.*	conflictvrije regeling: aantal ongev. fietsers	conflictvrije regeling: expositie**	parallelle regeling: aantal ongev. fietsers	parallelle regeling: expositie**
↗ 01	I	0	26,070	10	64,551
	II	1	2,324	7	4,759
→ 05	I	7	68,230	20	353,966
	II	0	6,123	1	26,509
↘ 09	I	3	23,820	40	68,742
	II	0	2,471	0	4,518
← 11	I	3	68,350	8	354,328
	II	0	5,957	0	26,597
totaal voor de manoeuvres 01, 05, 09 en 11	I	13	186,470	78	841,587
	II	1	16,875	8	62,383
	I + II	14	203,345	86	903,970
overige manoeuvres	I	0	300,863	5	1014,756
	II	0	24,453	0	69,778
totaal voor alle manoeuvres	I	13	487,333	83	1856,343
	II	1	41,328	8	132,161
	I + II	14	528,661	91	1988,504

* I = personenauto's, bestelauto's en motoren; II = vrachtauto's en bussen

** aantal ontmoetingen x 10^{-6} gedurende de periode 07.00-19.00 uur van één werkdag

Tabel 8. Aantallen ongevallen van rechtdoorgaande fietsers met een motorvoertuig als conflictpartner, naar manoeuvre van het motorvoertuig (zie afbeelding 1) en naar kruispunttakken met een conflictvrije resp. parallelle regeling.

		conflictvrije regeling		parallelle regeling	
manoeuvre motor-voertuig	categorie motorvt.*	aantal ongev. bromf.	expositie**	aantal ongev. bromf.	expositie**
↗ 01	I	5	7,320	88	19,655
	II	1	0,734	12	1,450
→ 05	I	6	21,772	20	97,498
	II	0	1,945	3	7,273
↘ 09	I	17	8,124	50	20,545
	II	0	0,812	1	1,354
← 11	I	12	22,124	14	97,826
	II	0	1,965	1	7,220
totaal voor de manoeuvres 01, 05, 09 en 11	I	40	59,340	172	235,524
	II	1	5,456	17	17,297
	I + II	41	64,796	189	252,821
overige manoeuvres	I	2	100,489	7	328,316
	II	0	9,047	0	23,643
totaal voor alle manoeuvres	I	42	159,829	179	563,840
	II	1	14,503	17	40,940
	I + II	43	174,332	196	604,780

* I = personenauto's, bestelauto's en motoren; II = vrachtauto's en bussen

** aantal ontmoetingen x 10^{-6} gedurende de periode 07.00-19.00 uur van één werkdag

Tabel 9. Aantallen ongevallen van rechtdoorgaande bromfietsers met een motorvoertuig als conflictpartner, naar manoeuvre van het motorvoertuig (zie afbeelding 1) en naar kruispunttakken met een conflictvrije resp. parallelle regeling.

	expositiemaat	conflictvrije regeling: aantal ongevallen	conflictvrije regeling: expositie	conflictvrije regeling: ongevallenquotiënt	parallelle regeling: aantal ongevallen	parallelle regeling: expositie	parallelle regeling: ongevallenquotiënt	reductie ongevallenquotiënt conflictvrij t.o.v. parallel
fietsers 02	aantal ontmoetingen (x 10^{-6}) met motorvt. 01, 05, 09 en 11	14	203,345	0,069	86	903,970	0,095	27,7%
	aantal fietsers 02 (x 10^{-3})	14	19,175	0,730	91	79,921	1,139	35,9%
	aantal kruispunttakken	14	18,833	0,743	91	81,0	1,123	33,8%
bromfietsers 02	aantal ontmoetingen (x 10^{-6}) met motorvt. 01, 05, 09 en 11	41	64,796	0,633	189	252,821	0,748	15,4%
	aantal bromf. 02 (x 10^{-3})	43	6,142	7,001	196	23,890	8,204	14,7%
	aantal kruispunttakken	43	18,833	2,283	196	81,0	2,420	5,6%
fietsers 02 + bromf. 02	aantal ontmoetingen (x 10^{-6}) met motorvt. 01, 05, 09 en 11	55	268,141	0,205	275	1156,791	0,238	13,7%
	aantal fietsers 02 + aantal bromfietsers 02 (x 10^{-3})	57	25,317	2,251	287	103,811	2,765	18,6%
	aantal kruispunttakken	57	18,833	3,027	287	81,0	3,543	14,6%

Tabel 10. Verschillen in letselongevallenquotiënten van rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers (manoeuvre 02) bij vergelijking van conflictvrije en parallelle regeling, bij gebruik van drie verschillende expositiematen.

	conflictvrije regeling	parallelle regeling
gemiddeld aantal fietsers 02 per kruispunttak	1018 (19175/18,833)	987 (79921/81)
gemiddeld aantal bromfietsers 02 per kruispunttak	326 (6142/18,833)	295 (23890/81)
gemiddeld aantal ontmoetingen tussen fietsers 02 + bromfietsers 02 en motorvoertuigen 01, 05, 09 en 11 per kruispunttak	$14,24 \times 10^6$ $(\frac{268,141 \times 10^6}{18,833})$	$14,28 \times 10^6$ $(\frac{1156,791 \times 10^6}{81})$

Tabel 11. Vergelijking van de groep kruispunttakken met een conflictvrije regeling voor de rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers met de groep kruispunttakken met een parallelle regeling op basis van drie verkeerskenmerken.

	aantal letselongevallen (x 10^6) per ontmoeting met een motorvoertuig		reductie conflictvrij t.o.v. parallel
	bij conflictvrije regeling	bij parallelle regeling	
fietsers 02:			
x motorvt. 01	0,0352	0,2453	85,7%
x motorvt. 09	0,1141	0,5460	79,1%
x motorvt. 01 of 09	0,0731	0,3998	81,7%
bromfietsers 02:			
x motorvt. 01	0,7450	4,7382	84,3%
x motorvt. 09	1,9024	2,3289	18,3%
x motorvt. 01 of 09	1,3537	3,5113	61,4%

Tabel 12. Vergelijking van de groep kruispunttakken met een conflictvrije regeling en de groep met een parallelle regeling op basis van het aantal letselongevallen van rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers (manoeuvre 02) per ontmoeting met een afslaand motorvoertuig (manoeuvre 01 of 09).

	aantal letselongevallen (x 10^6) per ontmoeting met een motorvoertuig		verhoging conflictvrij t.o.v. parallel
	bij conflictvrije regeling	bij parallelle regeling	
fietsers 02:			
x motorvt. 05	0,0941	0,0552	70,5%
x motorvt. 11	0,0404	0,02~~10~~01	92,4%
x motorvt. 05 of 11	0,0673	0,0381	76,6%
bromfietsers 02:			
x motorvt. 05	0,2530	0,2195	15,3%
x motorvt. 11	0,4891	0,1428	248,8%
x motorvt. 05 of 11	0,3765	0,1811	107,9%

Tabel 13. Vergelijking van de groep kruispunttakken met een conflictvrije regeling en de groep met een parallelle regeling op basis van het aantal letselongevallen van rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers (manoeuvre 02) per ontmoeting met een kruisend motorvoertuig (manoeuvre 05 of 11).

categorie motor-voertuig*	manoeuvre motor-voertuig	gedode fietsers 02		gedode bromf. 02	
		conflictvrij	parallel	conflictvrij	parallel
	01	-	-	-	-
I	05	1	3	-	1
	overige	-	-	-	-
	01	-	1	-	2
II	05	-	-	-	-
	overige	-	-	-	-

* I = personenauto's, bestelauto's en motoren;
II = vrachtauto's en bussen

Tabel 14. Aantallen rechtdoorgaande fietsers en bromfietsers die gedood werden bij een conflict met een motorvoertuig, onderscheiden naar conflictvrije en parallelle regeling, naar categorie motorvoertuig en naar manoeuvre van het motorvoertuig.

	voet-ganger	fietser	brom-fietser	motor-fiets	pers. auto	bestel-auto	vracht-auto	bus	overige motorvt.	overige verkeers-deelnemers	eenzijdig ongeval	totaal
voetganger	0	0	10	0	23	2	1	0	0	0	0	36
fietser	1	6	21	1	49	7	2	0	0	0	7	94
bromfietser	3	9	13	0	71	3	3	0	1	0	28	131
motorfiets	0	2	2	0	3	1	0	0	0	0	2	10
personenauto	12	59	155	8	153	5	10	5	0	0	19	426
bestelauto	3	1	18	2	4	0	1	0	0	1	0	30
vrachtauto	2	7	18	0	6	0	3	2	0	0	0	38
bus	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
overige verk.deeln.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
totaal	21	84	237	11	311	19	20	7	1	1	56	768

Tabel 15. Overzicht van de bij het onderzoek betrokken letselongevallen, naar de betrokken verkeersdeelnemers.

regelingstype	betrokken categorieën motorvoertuigen*				aantal kruispunten (gecorrigeerd)	gemiddeld aantal ongevallen per kruispunt
	I x I	I x II	II x II	totaal		
conflictvrij	41	11	2	54	4,71	11,46
parallel	135	13	3	151	20,25	7,46
totaal	176	24	5	205		

* I = personenauto's, bestelauto's en motoren;
II = vrachtauto's en bussen.

Tabel 16. Aantallen letselongevallen waarbij uitsluitend motorvoertuigen zijn betrokken, onderscheiden naar categorieën motorvoertuigen en naar conflictvrije en parallelle regeling.

OVERZICHT VAN KRUISPUNTEN DIE IN HET ONDERZOEK ZIJN BETROKKEN

Eindhoven:

1151 Boutenslaan/Leostraat/Aalsterweg
1153 Leostraat/Leenderweg/Piuslaan
1155 Piuslaan/Heezerweg
1148 Hoogstraat/Keizer Karel V singel/Boutenslaan
1040 Zeelsterstraat/Botenlaan/Strijpsestraat/Venstraat
1375 Kronehoefstraat/Pastoriestraat/Kloosterdreef
1157 Piuslaan/Geldropseweg/Hugo v.d. Goeslaan
1347 Marconilaan/Galileistraat
2776 Berlagelaan/le Lieven de Keylaan/Oude Bossche Baan
0938 Noord-Brabantlaan/Beukenlaan/Cederlaan
7276 Europalaan/Montgomerylaan
3074 Roelantlaan/B. Bekkerslaan/Rode Kruislaan/Genovevalaan
1260 Rembrandthobbemastraat/Zegherslaan/Jeroen Boschlaan
1158 St. Bonifatiuslaan/Piuslaan

Rijswijk:

0310 Gen. Spoorlaan/Lindelaan/Burg. Elsenlaan
0311 Churchilllaan/Burg. Elsenlaan
0410 Gen. Spoorlaan/Huis te Landelaan
0411 Churchilllaan/Huis te Landelaan/Volmerlaan
1029 Gen. Spoorlaan/Steenvoordelaan
1129 Churchilllaan/Steenvoordelaan/Harpsingel

Delft:

8801 Westlandseweg/Provinciale weg S15
8802 Papsouwselaan/Mercuriusweg

Tilburg:

7701 Ringbaan West/Wandelboslaan
7702 Gorichemse Baan/Zevenheuvelenweg
7703 Ringbaan Noord-Oost/Quirijnstoklaan
7704 Gilzerbaan/Bredaseweg/Conservatoriumlaan
7705 Ringbaan West/Hart van Brabantlaan