

## Rotondes en voorrangsregelingen II

J. van Minnen



## Rotondes en voorrangregelingen II

*Uniformering voorrangregeling op oudere pleinen, veiligheid fietsvoorzieningen en tweestrooks rotondes*

R-98-12

J. van Minnen

Leidschendam, 1998

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

## Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-98-12
Titel:	Rotondes en voorrangregelingen II
Ondertitel:	Uniformering voorrangregeling op oudere pleinen, veiligheid fietsvoorzieningen en tweestrooks rotondes
Auteur(s):	J. van Minnen
Onderzoeksmanager:	Ir. S.T.M.C. Janssen
Projectnummer SWOV:	55.355
Projectcode opdrachtgever:	HVVV 96.655
Opdrachtgever:	De inhoud van dit rapport berust op gegevens verkregen in het kader van een project, dat is uitgevoerd in opdracht van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat.
Trefwoord(en):	Roundabout, traffic lane, two, priority (traffic), cyclist, cycle track, safety, traffic flow, standardisation, layout, capacity (road, footway), evaluation (assessment), specifications, Netherlands.
Projectinhoud:	In dit rapport worden vier actuele onderwerpen behandeld die betrekking hebben op de toepassing en uitvoering van rotondes: (1) de regeling van de voorrang op de oudere pleinen; (2) de mate van discomfort voor fietsers die ontstaat als zij bij het kruisen van de rijbaan voorrang moeten geven aan autoverkeer; (3) de voorrangregeling en vormgeving van rotondes met vrijliggende fietspaden; (4) de capaciteit en veiligheid van tweestrooks rotondes.
Aantal pagina's:	50 + 10 blz.
Prijs:	f 22,50
Uitgave:	SWOV, Leidschendam, 1998

## Samenvatting

In dit rapport wordt een aantal actuele onderwerpen behandeld die betrekking hebben op de toepassing en uitvoering van rotondes. Aanleiding voor voor het onderzoek naar deze kwesties was de behoefte om rotondes een plaats te geven in de duurzaam-veilige infrastructuur, rekening houdend met de gewenste uniformiteit in voorrangregelingen en vormgeving. De resultaten van deze studie zouden ook een onderbouwing moeten vormen voor de nieuwe publikatie over rotondes, die door een werkgroep van het CROW wordt voorbereid.

Het eerste onderwerp betreft de regeling van de voorrang op de oudere pleinen, waar vaak nog de regel 'verkeer van rechts gaat voor' van toepassing is, in tegenstelling tot de regeling op nieuwere rotondes. Gelijkschakeling van de voorrangregeling op alle pleinen wordt van belang geacht omdat van deze uniforme regeling een positieve bijdrage aan de verkeersveiligheid wordt verwacht. Aanpassing van de regeling op de oudere pleinen zou bij voorkeur gepaard moeten gaan met een reconstructie die bewerkstelligt dat het autoverkeer met lage snelheid het plein nadert en oprijdt. Voor de veiligheid en het comfort van de fietsers zijn geschikte maatregelen nodig, ten minste in de vorm van vrijliggende fietspaden en bij hoge auto-intensiteiten en meerstrooks rijbanen door middel van ongelijkvloerse oplossingen.

In een volgend deel komt de voorrangregeling en vormgeving van rotondes met vrijliggende fietspaden aan de orde. Aan de hand van een uitgebreide studie naar de ongevallen op ruim twintig pleinen met fietsers in de voorrang, is onderzocht welke vormgevingskenmerken positief bijdragen aan de veiligheid. Gedragsobservaties op een deel van deze pleinen compleeteerden dit deel van het onderzoek.

Het onderzoek leverde onder meer belangrijke informatie op over de aantallen slachtoffers onder fietsers en bromfietsers en de invloed van het rijden van (brom)fietsers in de onverwachte richting.

Verder heeft dit onderzoek de volgende aandachtsgebieden voor de vormgeving opgeleverd:

- De vormgeving van het fietspad moet de oplettendheid van fietsers stimuleren.
- De plaats waar de fietser de rijbaan kruist moet voldoende duidelijk en opvallend zijn.
- Fietsers moeten in de buurt van de plaats waar zij de rijbaan kruisen, goed zichtbaar zijn.

Een zuiver cirkelvormig fietspad lijkt voor de veiligheid van *fietsers* wat gunstiger dan andere vormen, terwijl dit bij bromfietsers net andersom was. Dit gegeven is van belang wanneer de bromfietser in de toekomst binnen de kom op de rijbaan gaat rijden.

Toepassing van een uniforme regeling voor de voorrang van het fietsverkeer rond pleinen is belangrijk. Ook zullen de regelingen consequent moeten zijn door toepassing van zebra's voor voetgangers op de plaatsen waar fietsers voorrang hebben.

Ter ondersteuning van de andere onderzoeken waarbij kruisend fietsverkeer is betrokken, werd nagegaan welke mate van discomfort voor fietsers ontstaat als zij bij het kruisen van de rijbaan voorrang moeten geven aan autoverkeer. Voor dat doel werd een rekenmodel ontwikkeld en geïnterpreteerd met behulp van waarnemingen op een aantal locaties.

De kans dat een fietser moet stoppen om voorrang te verlenen en de gemiddelde wacht- en verliestijden werden berekend als functie van de intensiteit van het autoverkeer. De uitkomsten van waarnemingen en berekeningen waren meestal goed met elkaar in overeenstemming. Onder bepaalde omstandigheden, bijvoorbeeld wanneer autoverkeer in een wachtrij staat, is de feitelijke situatie voor de fietser aanzienlijk gunstiger dan uit het model volgt.

Het laatste deel van dit rapport betreft een studie naar de capaciteit en veiligheid van tweestrooks rotondes. Gegevens van de onveiligheid en van waarnemingen op pleinen in Nederland werden aangevuld met informatie uit buitenlandse literatuur, voorzover relevant voor de Nederlandse situatie.

Het gegeven dat zowel de rijbaan op het plein als die van de toe- en afritten enkelstrooks of tweestrooks kunnen zijn, blijkt een complicerende factor. De capaciteit van een volledig tweestrooks plein kan op 3.500 à 4.000 auto's per uur worden gesteld. Bij enkelstrooks afritten neemt de capaciteit weinig af, bij enkelstrooks toeritten kan de beperking veel groter zijn.

De veiligheid van tweestrooks pleinen is wat minder gunstig dan van enkelstrooks pleinen maar ruimschoots voldoende wanneer aan bepaalde eisen wordt voldaan. Door een geschikte vormgeving, waaronder radiaal gerichte toeritten, zal de snelheid van het autoverkeer voldoende laag blijven en kan een veiligheidsniveau worden gehaald dat gelijk of beter is dan dat van een kruispunt met verkeerslichten. Doorslaggevend is ook nu weer de oplossing voor het fietsverkeer, waarvoor ten minste vrijliggende fietspaden nodig zijn of ongelijkvloerse kruisingen bij hogere auto-intensiteiten en meerstrooks rijbanen.

## Summary

### **Roundabouts and right-of-way regulations II: standardising right-of-way regulations on older roundabouts, the safety of cycling facilities, and two-lane roundabouts**

This report discusses a number of topical subjects involving the use and realisation of roundabouts. Sparking the report was the need to include these roundabouts in a system of sustainably safe infrastructure whilst taking the desired consistency in right-of-way regulations and lay-out into consideration. The results of this study should also form a basis for the new publication about roundabouts being prepared by a study group in the Netherlands Centre for Research and Contract Standardisation in Civil and Traffic Engineering CROW.

The first subject concerns regulating the right-of-way at older roundabouts where the rule of 'traffic from the right has priority' is still being applied, this rule being unlike the regulation applied to the newer roundabouts. Making the right-of-way regulations for all roundabouts consistent is deemed important since such a uniform regulation would be expected to contribute positively to road safety.

Modifying the regulation for the older roundabouts should preferably be coupled with a reconstruction that causes motorised traffic to approach and drive through the roundabout at a low speed. Suitable measures are needed to ensure the safety and comfort of cyclists. A minimal requirement would be to create separate cycle tracks; in the case of high-volume motorised traffic and multi-lane carriageways, split level solutions could be used.

The next part of the report discusses the right-of-way regulation and the lay-out of roundabouts with separate cycle tracks. Based on an extensive study of the accidents at more than twenty roundabouts where cyclists have the right-of-way, an attempt was made to discover which lay-out characteristics contributed positively to safety. Behaviour observations at some of these roundabouts were included in this part of the study.

The study provided important information, including data about the numbers of casualties among cyclists and moped riders as well as the effect of riding mopeds and bicycles in the unexpected direction. This study also provided the following points to consider for lay-out:

- The lay-out of the cycle track must stimulate cyclists to pay attention to the situation.
- The location where cyclists cross the carriageway must be sufficiently visible and conspicuous.
- Cyclists must be easily visible when in the vicinity of the location where they cross the carriageway.

A perfectly circular cycle track appears to be more favourable for the safety of *cyclists* than other shapes, but just the opposite is true for moped riders. This information will be important to know when moped riders start riding on the carriageway in future. Applying a consistent regulation for the right-of-way of cyclists around a roundabout is essential. The regulations will also have to be consistent by using pedestrian zebra paths at the locations where cyclists have the right-of-way.

To provide information for other studies involving intersecting cycle traffic, this study also examined the degree of discomfort experienced by cyclists in having to lend the right-of-way to motorised traffic when crossing the carriageway. To accomplish this, observations at several locations were used to develop and verify a calculation model.

The probability that a cyclist would have to stop to lend the right-of-way, as well as the average lengths of time lost due to waiting were calculated as functions of the motorised traffic volume. The results of the calculations usually agreed well with the observations. Under certain conditions, however (e.g., when the motorised traffic is standing in a queue), the actual situation benefits cyclists considerably more than what the model suggests.

The last part of this report concerns a study into the capacity and safety of two-lane roundabouts. Both data concerning the safety as well as observations made at roundabouts in the Netherlands were supplemented with information from foreign literature, in so far as it would be relevant to the Dutch situation. A complicating factor here is the fact that both the carriageway on the roundabout as well as that of the entries and exits can contain either one or two lanes. The capacity of a completely two-lane roundabout can be put at 3500 to 4000 cars per hour. One-lane exits have little effect on decreasing this capacity, but one-lane entries can diminish it to a much greater degree.

The safety of two-lane roundabouts is somewhat less than that of one-lane roundabouts, but amply sufficient when certain requirements are met. With a suitable lay-out, including radially oriented entries, the speed of motorised traffic remains sufficiently low, with a level of safety equal to or better than that achieved at signalised junctions. Once again, there was overriding evidence in favour of a solution for cycle traffic in which a minimum requirement would be the creation of separate cycle tracks, or the creation of grade-separated interchanges in the case of higher volumes of motorised traffic and multi-lane carriageways.



# Inhoud

1.	<i>Inleiding</i>	8
2.	<i>Opzet van de studie</i>	10
2.1.	Voorrangsregeling op oudere pleinen	10
2.2.	Relatie tussen veiligheid en vormgeving op pleinen met vrijliggende fietspaden en fietsers in de voorrang	10
2.3.	Discomfort voor fietsers en verkeersintensiteit	11
2.4.	Tweestrooks rotondes	11
3.	<i>De voorrangsregeling op oudere pleinen</i>	14
3.1.	Probleemstelling	14
3.2.	Onderzoek	14
3.3.	Adviezen	16
3.4.	Analyse en aanbevelingen	17
4.	<i>Fietsers in de voorrang en vormgeving</i>	19
4.1.	Probleemstelling	19
4.2.	Het onderzoek	22
4.3.	Conclusies uit deze studie	25
4.4.	Bespreking van enkele conclusies en aanvullende analyse	27
4.5.	Conclusies en aanbevelingen	30
5.	<i>Discomfort fietsers</i>	31
5.1.	Opzet van het onderzoek	31
5.2.	Resultaten waarnemingen	31
5.3.	Resultaten computerberekeningen	33
5.4.	Gebruik van de resultaten	35
5.5.	Conclusies	36
6.	<i>Tweestrooks pleinen</i>	37
6.1.	Probleemstelling	37
6.2.	Capaciteit	37
6.3.	Veiligheid	41
6.4.	Overige aspecten	45
	<i>Literatuur</i>	48
	<i>Bijlage 1</i>	51
	<i>Bijlage 2</i>	53
	<i>Bijlage 3</i>	55

# 1. Inleiding

Het SWOV-rapport *Rotondes en voorrangsregelingen* (Van Minnen, 1995) heeft duidelijkheid verschaft over een aantal kenmerken van rotondes, waaronder de ontwikkeling van de veiligheid op langere termijn. Op een aantal gestelde vragen kon echter geen afdoende antwoord worden gegeven en bovendien bleek dat bepaalde uitkomsten nieuwe vragen oproepen. Met name de vergelijking van de veiligheid van verschillende voorrangsregelingen voor fietsers gaf aanleiding tot veel discussie en publiciteit. Ook bleek er een groeiende behoefte te bestaan aan uniforme oplossingen; een van de uitgangspunten van een duurzaam-veilig wegverkeer.

Bevordering van de uniformiteit was de aanleiding om het *eerste* onderwerp, de regeling van de voorrang op de oudere rotondes, in het onderzoek te betrekken. Het gaat hier in het algemeen om pleinen die ruim voor 1985 werden aangelegd. In de SWOV-studie van 1995 werd geadviseerd om ook op deze rotondes voorrang te geven aan het verkeer op het plein, bij voorkeur in combinatie met een reconstructie van het plein, waarbij de toeritten radiaal worden gesitueerd en de rijbanen worden versmald. Indien reconstructie op korte termijn niet mogelijk is, zo luidde het advies, dan is wijziging van de voorrang toch wenselijk, onder voorwaarde dat er ten minste wordt gezorgd voor veilige oplossingen voor het fietsverkeer. Deze voorwaarde vraagt om een nadere uitwerking.

Sinds een aantal jaren worden pleinen met vrijliggende fietspaden aangelegd waarbij de fietsers voorrang hebben op het autoverkeer. Een oplossing die paste in het streven om het fietsverkeer te bevorderen, onder meer door fietsers meer voorrang te geven. Bovendien bleken er juridische problemen te bestaan met het *uit* de voorrang halen van fietsers bij bepaalde uitvoeringsvormen van rotondes.

Echter, op de rotondes met fietsers *in* de voorrang bleek de onveiligheid gemiddeld aanzienlijk groter dan op pleinen waar fietsers geen voorrang hebben. Wel bleek dat de onveiligheid per locatie sterk verschilde, en die verschillen konden slechts ten dele worden toegeschreven aan verschillen in verkeersintensiteiten. Het lag daarom voor de hand te veronderstellen dat ook andere aspecten, zoals de vormgeving van de pleinen, van belang zouden zijn voor de veiligheid (zie Van Minnen, 1995; p. 24 en 40).

Overleg tussen het ministerie van Verkeer & Waterstaat, de Fietsersbond enfb en de SWOV leidde tot de conclusie dat het zinvol zou zijn een nader onderzoek naar de relatie tussen vormgeving en veiligheid op deze pleinen uit te voeren. Dat is het *tweede* onderwerp in deze studie, mede ingegeven door de behoefte aan meer uniformiteit van voorrangsregelingen.

Voor een goed afgewogen keus van geschikte oplossingen voor het fietsverkeer is het van belang behalve informatie over de veiligheid ook de kennis over het discomfort voor fietsers uit te breiden. Het gaat daarbij om het stoppen en wachten van fietsers in relatie tot de voorrangsregeling en de intensiteit van het snelverkeer. Het werd daarom nuttig geacht in deze studie ook aan die problematiek aandacht te besteden: dit is het *derde* onderwerp.

De nieuwe rotondes in enkelstrooks uitvoering zijn snel populair geworden, mede door de grote veiligheid en een heel behoorlijke capaciteit. Uit capaciteitsoverwegingen wordt soms de toepassing van tweestrooks pleinen gekozen of overwogen. Er is daarom behoefte aan meer kennis over dit type

plein; het *vierde* en laatste onderwerp van deze studie is daarom gericht op de capaciteit en veiligheid van tweestrooks rotondes.

De genoemde onderzoeken houden nauw verband met de opdracht van Rijkswaterstaat (HW-V) aan het CROW om tot een nieuwe publikatie te komen over enkelstrooks en tweestrooks rotondes, waarin ook aandacht zal worden besteed aan de uniformering van voorrangsregelingen.

Het onderzoek werd uitgevoerd door de SWOV in opdracht van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) van Rijkswaterstaat.

Een belangrijk deel van het onderzoek, de studie naar de relatie tussen vormgeving en veiligheid van rotondes, werd uitgevoerd door ing. K.J.B. Erné van bureau AVE. De uitkomsten van die studie zijn in hoofdstuk 4 samengevat; de volledige verslaglegging is te vinden in het betreffende rapport (AVE, 1997).

Voor het onderzoek werd een begeleidingsgroep ingesteld, bestaande uit:

- D.O. van Boggelen (Fietzersbond enfb);
- Ing. E.O. Mansvelder (Grontmij);
- Ing. W. Salomons (Gemeente Enschede);
- Ing. P. van Vliet, voorzitter (AVV);
- Ing. J. Walraven (Goudappel Coffeng);
- Ing. A.G.C. Wonders (Provincie Gelderland).

## 2. Opzet van de studie

### 2.1. Voorrangsregeling op oudere pleinen

In tegenstelling tot voorrangsregeling op de nieuwe rotondes, waar het pleinverkeer voorrang heeft, geldt op een deel van de oudere pleinen 'voorrang voor verkeer van rechts'. Dit is uit veiligheidsoverwegingen minder gewenst en past ook niet in het streven naar uniforme voorrangsregelingen.

Uit een eerder onderzoek is gebleken dat uitsluitend het wijzigen van de voorrang op deze pleinen in sommige gevallen negatieve gevolgen heeft voor de veiligheid van met name het fietsverkeer. Daarom werd aanbevolen om op pleinen met fietsverkeer waar een volledige reconstructie op korte termijn niet mogelijk is, ten minste te zorgen voor voldoende veiligheid voor dat fietsverkeer.

Het doel van dit onderzoek kan nu als volgt worden geformuleerd:

*Aan welke veiligheidseisen voor het fietsverkeer dient een oudere rotonde ten minste te voldoen bij het aanpassen van de voorrang, en welke criteria worden daarbij gehanteerd?*

De criteria dienen betrekking te hebben op de veiligheid en het comfort van het fietsverkeer. Het comfort kan worden afgeleid uit de wacht- en verlies-tijden van fietsers en kans dat zij moeten stoppen.

Voor het opstellen van de criteria is gebruik gemaakt van relevante informatie uit eerder verrichte onderzoeken naar de veiligheid van fietsers op rotondes en naar de gevolgen van wijziging in de voorrangsregeling. Het discomfort voor het fietsverkeer wordt beoordeeld op basis van de betreffende studie (zie hoofdstuk 5).

### 2.2. Relatie tussen veiligheid en vormgeving op pleinen met vrijliggende fietspaden en fietsers in de voorrang

De veronderstelling luidt dat de vormgeving en uitvoering van de rotonde en de daarbijbehorende fietspaden van invloed kunnen zijn op de verkeers-onveiligheid, in termen van ongevallen en slachtoffers.

Door middel van een diepergaande analyse van de onveiligheid op de betreffende pleinen zou een dergelijk verband opgespoord kunnen worden. Rekening is gehouden met het gegeven dat de onderzoeksmogelijkheden beperkt zullen zijn, gelet op het betrekkelijk kleine aantal pleinen dat voor dit onderzoek in aanmerking kwam.

Indien het verband tussen veiligheid en pleinkenmerken met voldoende zekerheid kan worden vastgesteld, is het wellicht mogelijk de meest geschikte vormgeving en uitvoering van een rotonde met fietsers in de voorrang vast te stellen.

Het doel van dit onderzoek kan als volgt worden geformuleerd:

*Door middel van een nader onderzoek op bestaande rotondes met fietsers in de voorrang vast te stellen welke pleinkenmerken in positieve zin bijdragen aan een zo veilig mogelijke vormgeving en uitvoering van deze pleinen.*

In het onderzoek werden zowel pleinen die al eerder in een onderzoek betrokken waren als enkele nieuwere pleinen betrokken, in totaal ongeveer twintig locaties.

Het onderzoek vormt een nadere analyse van de onveiligheid op de betreffende pleinen, op een zelfde wijze als gebruikelijk is bij een AVOC-analyse. De geregistreerde ongevallen t/m het jaar 1995 kwamen daarvoor in aanmerking. Bij deze analyse is vooral gelet op de relatie tussen de geconstateerde onveiligheid en de relevant geachte pleinkenmerken. Op de betreffende rotondes werd rekening gehouden met de verkeersintensiteiten van zowel het auto- als het fietsverkeer.

Op acht pleinen werden tevens observaties verricht, bedoeld om het voorrangsgedrag en andere relevante gedragingen zoals het kijkgedrag, vast te leggen. De pleinen werden geselecteerd in overleg met de begeleidingsgroep.

De conclusies en aanbevelingen werden gebaseerd op de uitkomsten van de ongevallenstudie en op basis van de waarnemingen.

De gedetailleerde beschrijving van het onderzoek en de uitkomsten zijn in het betreffende rapport weergegeven (AVE, 1996).

### 2.3. **Discomfort voor fietsers en verkeersintensiteit**

Op rotondes met vrijliggende fietspaden is het oponthoud voor fietsers afhankelijk van de gekozen voorrangregeling. Heeft het fietsverkeer voorrang, dan zullen fietsers bij het kruisen van de takken van de rotonde weinig oponthoud ondervinden. Wanneer daarentegen het autoverkeer voorrang heeft, dan zullen fietsers meer moeten stoppen en tijdverlies ondervinden, afhankelijk van de verkeersintensiteit en breedte van de over te steken rijbanen.

In een vorig onderzoek is die relatie proefondervindelijk vastgesteld voor verkeersintensiteiten tot circa 700 auto's per uur op een enkelstrooks rijbaan (Van Minnen & Braimaister, 1994).

In dit onderzoek is de studie uitgebreid tot hogere intensiteitswaarden en met tweestrooks rijbanen, zoals die bij tweestrooks pleinen verwacht kunnen worden. De mogelijkheden om het oponthoud voor fietsers bij hoge verkeersintensiteiten empirisch vast te stellen, zijn beperkt.

Er is daarom gebruikgemaakt van een methode waarbij het verkeer met behulp van een computerprogramma wordt gesimuleerd. Tevens zijn op enkele drukkere pleintakken waarnemingen verricht om de berekende waarden te kunnen toetsen en de gebruikte parameters bij te stellen. Bovendien kan met behulp van de waarnemingen het veronderstelde 'modelgedrag' worden vergeleken met het feitelijke gedrag, waarin het informele voorrangsgedrag een belangrijke rol speelt.

De uitkomsten van dit deel van het onderzoek worden betrokken bij de keuze van oplossingen en voorrangregelingen voor het fietsverkeer, zoals die bij de andere delen van dit onderzoek aan de orde komen.

### 2.4. **Tweestrooks rotondes**

Rotondes wil men ook wel toepassen op drukkere kruispunten, bijvoorbeeld als alternatief voor een verkeerslichtenregeling. Maar op kruispunten met een verkeersaanbod van meer dan 2.200 tot 2.400 auto's per uur komt een enkelstrooks rotonde in het algemeen niet meer in aanmerking. Er is dan

behoefte aan pleinen met een grotere capaciteit en daarvoor kan een tweestrooks plein uitkomst bieden.

Aan de andere kant mag worden verwacht dat de veiligheid op deze pleinen wat minder gunstig is dan van de enkelstrooks pleinen. Die verwachting is gebaseerd op de wat hogere snelheden die op deze pleinen in principe mogelijk zijn en op de wat meer gecompliceerde verkeerssituatie.

De veiligheid van de automobilist lijkt geen groot probleem, gelet op onder meer de gunstige ervaringen in andere landen. Maar ook in dit geval zal de veiligheid en het comfort van de fietsers en de voetgangers de meeste aandacht vragen.

Gebruikmakend van de beschikbare informatie over capaciteit en veiligheid op tweestrooks rotondes zal deze problematiek nader geanalyseerd kunnen worden. Daarbij is ook gebruik gemaakt van de ervaring met enkele oudere pleinen waar de voorrang werd gewijzigd.

Ook bij dit onderwerp is het van belang dat de al eerder genoemde kennis over het discomfort van de fietsers wordt uitgebreid tot het bereik van de hogere verkeersintensiteiten.

Bij tweestrooks pleinen kan ook het aantal rijstroken op toe- en afritten worden gevarieerd, waardoor de capaciteit van deze pleinen een minder eenduidig begrip is geworden. Ook de veiligheid kan afhankelijk zijn van de uitvoering, onder meer omdat fietsers bij vrijliggende fietspaden in het ene geval een enkelstrooks rijbaan moeten oversteken en in het andere geval een tweestrooks rijbaan.

Voor de veiligheid is onder meer de positie van het fietsverkeer van belang en, voorzover het een vrijliggend fietspad betreft, de voorrangsregeling voor de fietsers.

Deze voorrangsregeling is weer bepalend voor het discomfort van de fietsers en tot op zekere hoogte ook voor de capaciteit van de rotonde voor het autoverkeer.

Het doel van dit onderzoek kan als volgt worden geformuleerd:

*Wat is het toepassingsbereik van tweestrooks rotondes, gelet op de uitvoering van toe- en afritten, en hoe kan op deze pleinen ook voor het langzaam verkeer voldoende comfort en veiligheid worden bereikt?*

Het onderzoek betreft in hoofdzaak een literatuurstudie, gericht op ervaringen en onderzoek in eigen land en aangevuld met relevante literatuur uit andere landen.

Speciale aandacht werd besteed aan de voor- en nadelen die verbonden zijn aan de toepassing van verschillende rijbaanbreedten op toe- en afritten, rekening houdend met de gewenste uniformiteit in de uitvoering van rotondes.

De veiligheid van het langzaam verkeer en de oversteekbaarheid van de toe- en afritten zal onder meer afhankelijk zijn van de verkeersintensiteiten en de oversteeklengte. Omdat tweestrooks rotondes vooral daar worden toegepast waar de (auto)intensiteiten hoog zijn, is met name aandacht besteed aan deze relaties. Het discomfort voor de fietsers is ook in dit deel van de studie afgeleid uit de resultaten van het deelonderzoek dat in hoofdstuk 5 is behandeld. Criteria voor de fietsvoorzieningen zijn op gelijke wijze geformuleerd als in de voorgaande paragraaf is besproken bij de 'oude' rotondes.

Ten slotte nog een opmerking.

In deze studie is geen aandacht besteed aan de specifieke problemen voor de (overstekende) voetgangers. Voor wat de veiligheid betreft, is die keuze gebaseerd op het gegeven dat de nieuwe rotondes zeer veilig voor voetgangers blijken te zijn. Het discomfort voor de voetgangers is bijna gelijk aan dat van de overstekende fietsers en kan uit de resultaten van dat onderzoek worden afgeleid.

### 3. De voorrangregeling op oudere pleinen

#### 3.1. Probleemstelling

Sinds enkele jaren zijn er in Nederland meer nieuwe dan oude rotondes. Aangezien het verkeer op de nieuwe pleinen voorrang heeft, komt deze regeling nu ook het meest voor. Uit het oogpunt van verkeersveiligheid is dit een ongewenste situatie. Wanneer voor alle pleinen eenzelfde voorrangregeling geldt, weet de weggebruiker bij het naderen van een plein steeds wat hij kan verwachten, waardoor de kans op vergissingen klein is.

Het zou dus voor de hand liggen de voorrangregeling op de oudere pleinen aan te passen, ook al omdat daardoor de capaciteit van een plein toeneemt. Die oplossing lijkt eenvoudig, maar de situatie is nogal gecompliceerd. In de eerste plaats als gevolg van de grote variatie binnen de verzameling oude pleinen. Er zijn kleine, grote en zeer grote pleinen, ronde, ellipsvormige en min of meer vierkante pleinen, met één, twee of drie rijstroken. Op enkele pleinen, zoals in Venlo, heeft het pleinverkeer al sinds tientallen jaren voorrang. Ook in de jaren negentig is op een beperkt aantal oudere pleinen de voorrangregeling gewijzigd.

Verder bestaan er in Den Haag, Utrecht en Amersfoort enkele pleinen met een volledig afwijkende voorrangregeling. Ten slotte zijn er ook nog pleinen waarop het verkeer met verkeerslichten wordt geregeld. Maar wellicht het grootste probleem is dat veel van de oudere pleinen tangentiële toeritten hebben, een vormgeving die niet goed past bij voorrang voor het pleinverkeer.

Aan deze problematiek is al eerder aandacht besteed en een belangrijk deel van het nu volgende is ontleend aan de studie van 1995 (Van Minnen, 1995). Die studie bevatte onder meer een vergelijking van de onveiligheid op een aantal pleinen waar de voorrangregeling werd gewijzigd. Ook werd een aantal experts geraadpleegd.

#### 3.2. Onderzoek

De ongevallenstudie had betrekking op twee groepen pleinen. De eerste groep van zeven pleinen was onderdeel van een uitgebreidere studie naar de veiligheid van tweehonderd nieuwe rotondes. Het ging om overwegend enkelstrooks pleinen waar in de periode 1985-1990 de voorrang werd gewijzigd. Bij drie van deze pleinen was er tevens sprake van een min of meer ingrijpende reconstructie (zie *Tabel 1*).

Gemiddeld over deze zeven pleinen was het aantal slachtoffers met 25% afgenomen. Bij vijf pleinen werd een verbetering van de veiligheid waargenomen, bij de andere twee pleinen was het resultaat echter negatief. Op zich is dat niet zo vreemd omdat bij deze kleine aantallen slachtoffers relatief grote verschillen door toeval kunnen ontstaan. Merkwaardiger is het gegeven dat in het algemeen de drie gereconstrueerde pleinen geen beter resultaat vertoonden dan de andere pleinen.



Locaties waar op een bestaand plein de voorrang werd gewijzigd (uit het bestand van het onderzoek 1993)												
nr.	plein	diam. buiten	fietsvoorz.	maand	ook reconstr.	maanden		slachtoffers		slachtoffers/jaar		verh.
						voor	na	voor	na	voor	na	
67	Deventer 2	35	strook	89-10	ja	66	59	<i>11*</i>	6	2,00	1,22	
78	Maastricht 1	55	strook	86-06	ja	26	99	5	11	2,31	1,33	
149	Zierikzee 1	64	pad	90-11	ja	79	46	4	3	0,61	0,78	
68	Deventer 3	44	strook	89-07	nee	63	62	8	11	1,52	2,13	
48	Maasbracht 2	30	geen	87-11	nee	43	82	4	1	1,12	0,15	
97	Vught 1	42	strook	89-07	nee	63	62	2	1	0,38	0,19	
110	Zeewolde 1	45	pad	87-10	nee	42	83	0	0	-	-	
totaal						382	493	34	33	1,07	0,80	0,75
subtotaal met reconstructie						171	204	20	20	1,40	1,18	0,84
subtotaal excl. reconstructie						211	289	14	13	0,80	0,54	0,68
* cursief = gedeeltelijke schatting												

Tabel 1. Onveiligheid op enkelstrooks pleinen met voorrangswijziging.

Een tweede onderzoek had betrekking op twaalf wat grotere en meestal tweestrooks pleinen waarop in de jaren negentig de voorrang was gewijzigd. Als argument voor deze wijziging werd vaak aangevoerd dat de voorrangswijziging op deze pleinen in de pas moest lopen met de regeling op nieuwere pleinen in de directe omgeving.

De geregistreerde aantallen ongevallen namen af na de voorrangswijziging, maar de aantallen slachtoffers namen gemiddeld toe (zie Tabel 2 en, meer uitgebreid, Tabel B1 in Bijlage 1).

Ook op deze pleinen werden vaak reconstructies of minder ingrijpende aanpassingen uitgevoerd. Wanneer we de verandering van de veiligheid relateren aan de aard van de wijzigingen van de pleinen, dan blijkt het volgende:

- Op drie van de twaalf pleinen waar uitsluitend de voorrang werd gewijzigd, namen de jaarlijkse aantallen ongevallen af maar op twee van deze pleinen namen de aantallen slachtoffers toe. Op het derde plein bleef het aantal slachtoffers nagenoeg ongewijzigd op ongeveer twee per jaar.
- Op vijf pleinen werd de belijning aangepast, bedoeld om de toeritten te versmallen en meer radiaal te richten. Op twee van deze pleinen nam het aantal ongevallen toe, en op vier van de vijf nam het aantal slachtoffers toe.
- Op de twee pleinen waar de toeritten werden versmald met fysieke maatregelen namen de aantallen slachtoffers af, maar op één van beide pleinen steeg het aantal ongevallen.
- Op de twee pleinen met een beperkte reconstructie werd een heel ander resultaat bereikt; op het ene plein nam het aantal ongevallen af en steeg het aantal slachtoffers, terwijl dit op het andere plein juist andersom was.

Een dergelijk gevarieerd beeld biedt weinig houvast voor conclusies.

In een enkel geval was de toename van de onveiligheid het gevolg van een aantoonbaar minder geschikte oplossing. Het betrof een druk plein met fietsstroken aan de rand van de rijbaan in combinatie met een zeer complexe situatie van winkels, taxistandplaatsen, enzovoort.

Pleinen waar de voorrang werd gewijzigd						
Naam	ongevallen/pleinjaar		slachtoffers/pleinjaar		etmaalintensiteit (ca.)	reconstructie
	voor	na	voor	na		
Maastricht 1	31,32	25,71	2,05	2,00	35000	nee
Maastricht 2	22,83	15,14	1,17	2,86	25000	nee *
Maastricht 3	8,49	7,43	0,59	1,14	?	nee
Lelystad 1	20,67	14,90	0,89	1,66	30000	belijning
Lelystad 2	1,33	2,90	0,22	0,41	10000	belijning
Lelystad 3	0,44	5,38	1,33	1,24	15000	belijning
Lelystad 4	7,78	5,38	0,22	1,24	10000	belijning
Veendam	6,71	7,00	0,41	0,50	> 26000	belijning **
Lelystad 5	10,00	2,07	0,44	-	7000	fysiek
Lelystad 6	3,78	5,79	0,89	0,41	15000	fysiek
Terneuzen 1	1,66	1,44	-	0,48	14000	beperkt
Terneuzen 2	7,45	8,64	0,62	-	19000	beperkt
Totaal	10,30	9,37	0,69	1,12		
<i>Gemiddeld</i>	<i>11,04</i>	<i>8,48</i>	<i>0,74</i>	<i>1,00</i>		

\* Maastricht 2: geen reconstructie, wel VRI op één tak buiten werking gesteld  
\*\* Veendam werd voorjaar 1995 gereconstrueerd

Tabel 2. Onveiligheid op grotere pleinen waar de voorrang werd gewijzigd (een uitgebreide versie van deze tabel is opgenomen als Tabel B1 in Bijlage 1).

Opvallend bij dit onderzoek was het gegeven dat de toename van de aantallen slachtoffers nagenoeg volledig onder fietsers en bromfietsers was te vinden.

### 3.3. Adviezen

De mening over deze problematiek werd gevraagd aan een aantal deskundigen op het gebied van rotondes, waaronder wegbeheerders die ervaring met de wijziging van de voorrang op pleinen hadden opgedaan. Gelijkschakeling van de voorrang werd door allen bepleit, maar het merendeel van de ondervraagden was van mening dat daar bepaalde voorwaarden aan verbonden moesten worden.

Nagenoeg allen waren ervan overtuigd dat bij wijziging van de voorrang het plein ook gereconstrueerd zou moeten worden. Aanbevolen werd:

- de toeritten radiaal op het plein te richten;
- waar mogelijk toeritten en rijbaan op het plein te versmallen;
- de afrondingsstralen bij toe- en uitrit te verkleinen;
- bij hogere auto-intensiteiten geen fietsstroken op het plein toe te passen maar vrijliggende fietspaden;
- bij zwaar belaste pleinen geen vrijliggende fietspaden met fietsers in de voorrang toe te passen.

Het laatstgenoemde niet zozeer uit veiligheids- maar uit capaciteits-overwegingen.

Sommigen leek het verstandig de afwijkende voorrang met borden en wegmartering aan te duiden in die situaties waarin de nieuwe voorrang-regeling op een plein (nog) niet van toepassing is.

### 3.4. Analyse en aanbevelingen

Op basis van de verzamelde informatie werd de problematiek zo goed mogelijk geanalyseerd. Daaruit volgde onder meer dat een reconstructie positief bijdraagt aan de verkeersveiligheid wanneer die ook op de juiste wijze wordt uitgevoerd. Verder werd het duidelijk dat de veiligheid van de (brom)fietsers de meeste aandacht vraagt.

En ten slotte is er op gewezen dat er een (niet van te voren te becijferen) positief effect op *alle* rotondes, dus ook de nieuwere, verwacht mag worden als gevolg van de uniformiteit die door de gelijkschakeling van de voorrangregelingen kan worden bereikt.

De analyse leidde tot de volgende aanbevelingen:

- zo spoedig mogelijk de voorrang voor het pleinverkeer op alle pleinen instellen;
- bij voorkeur tegelijkertijd een goede reconstructie uitvoeren waarbij er ten minste voor wordt gezorgd dat het autoverkeer met lage snelheid het plein nadert en oprijdt;
- geschikte maatregelen treffen om de veiligheid en het comfort van het fietsverkeer te waarborgen; bij matige en hogere intensiteiten door de toepassing van vrijliggende fietspaden; bij echt hoge intensiteiten via andere oplossingen zoals tunneltjes of verplaatsing van de fietsroute.

Voor fietsers op vrijliggende fietspaden rond rotondes worden sinds een jaar of vijf verschillende voorrangregelingen toegepast. De problematiek van deze voorrangregelingen wordt in hoofdstuk 4 aan de orde gesteld en zal hier worden besproken voorzover van belang voor dit onderwerp.

Hebben fietsers voorrang, dan zijn de verliestijden gering. Bij relatief zwaar belaste pleinen kunnen dan wel problemen optreden met de capaciteit voor het autoverkeer. Bij deze voorrangregeling neemt het aantal ongevallen in het algemeen toe met de intensiteit van het fietsverkeer. Bij veel fietsverkeer vinden daardoor ook betrekkelijk veel aanrijdingen met fietsers plaats.

Hebben fietsers geen voorrang, dan zal het oponthoud voor fietsers toenemen met de auto-intensiteit op de over te steken pleintak. Bovendien ontstaat er discomfort voor de fietsers in de vorm van stoppen en afstappen. Het is inmiddels voldoende duidelijk welke mate van discomfort voor de fietsers verwacht mag worden, gegeven de intensiteit van het autoverkeer (zie hoofdstuk 5). Wanneer een grens wordt gekozen voor het nog te accepteren gemiddelde tijdverlies, ligt daarmee vast bij welke verkeers-intensiteit deze oplossing nog kan worden toegepast. Is de intensiteit van het autoverkeer hoger, dan zijn andere en ingrijpendere oplossingen noodzakelijk.

Wanneer tweestrooks toeritten en afritten uit capaciteitsoverwegingen nodig zijn, dan mag worden verwacht dat de intensiteit van het autoverkeer in feite al te hoog is voor een gelijkvloerse fietskruising. Daar komt nog bij dat tweestrooks rijbanen ongunstig zijn voor de veiligheid van kruisend fietsverkeer (en overstekende voetgangers) als gevolg van het risico van 'afdekongevallen'. In die gevallen moet de toepassing van gelijkvloerse oplossingen worden afgeraden.

De belangrijkste voorwaarde voor het wijzigen van de voorrang is dus dat voor de fietsers een oplossing wordt gevonden die voldoet aan de eisen van veiligheid en discomfort, dus:

- geen gelijkvloerse kruising met het autoverkeer als er rijbanen van twee of meer rijstroken overgestoken moeten worden;
- bij enkelstrooks rijbanen de naderingssnelheid laag houden door toepassing van smalle rijbanen en tangentiële toeritten;
- eventueel de fietsoversteek met een drempel of plateau combineren.

Is aan deze voorwaarden voldaan, dan blijft over de vraag: mag op elk ouder plein (waar dat nog niet is gebeurd) de voorrang worden omgedraaid, ook wanneer een reconstructie op korte termijn nog niet mogelijk is? Hetzelfde geldt uiteraard ook voor pleinen zonder fietsverkeer.

Wanneer het gaat om pleinen waar de naderingssnelheid niet erg hoog is, lijkt dat geen probleem. Dat kan het geval zijn bij pleinen met min of meer radiale toeritten of pleinen die in een omgeving liggen waar de snelheden al laag zijn.

Bij pleinen met hogere snelheden op de toeritten lijkt een beslissing moeilijker. Maar als men zich realiseert dat op pleinen die met hoge snelheid opgereden kunnen worden ook de snelheid op het plein zelf hoog is, dan betekent het dat er sprake is van voorrang verlenen tussen snelverkeer dat uit beide richtingen snel nadert. Dat is geen gewenste situatie, maar door het omdraaien van de voorrang wordt het niet slechter.

De situatie wordt eerder beter, omdat een automobilist die een plein nadert via een tangentiële toerit, een beter zicht heeft op het verkeer op het plein dan omgekeerd. En uit het oogpunt van uniformiteit dient dan de voorkeur gegeven te worden aan de wijziging van de voorrang.

## 4. Fietsers in de voorrang en vormgeving

### 4.1. Probleemstelling

Uit de vele discussies over dit onderwerp is inmiddels wel duidelijk geworden welke problemen hier aan de orde zijn.

Uit vergelijkingen van de ongevalgegevens op pleinen met vrijliggende fietspaden en fietsers wel of niet in de voorrang, is gebleken dat de onveiligheid bij fietsers in de voorrang *gemiddeld* aanzienlijk groter was dan bij de andere voorrangsregelingen. Ter illustratie de resultaten van een dergelijke vergelijking uit het onderzoek van 1995 (Tabel 3).

plein nr.	naam	maanden	ongevallen naar jaar						per jaar	slachtoffers naar jaar						per jaar	intensiteiten	
			91	92	93	94	95	tot.		91	92	93	94	95	tot.		auto	fiets
301	Enschede	37		4	3	2	2	11	3,57		0	0	0	0	0	-	14000	3000
302	Oldenzaal 1	24			3	8	0	11	5,50			0	4	0	4	2,00	16000	10.000
303	Oldenzaal 2	31		1	4	2	0	7	2,71		0	0	0	0	0	-	11000	2000
304	Steenwijk	38		0	0	1	0	1	0,32		0	0	1	0	1	0,32	3750	
305	Hengelo 1	29		2	0	1	1	4	1,66		0	0	0	0	0	-	9060	4840
306	Hengelo 2	29		0	3	4	0	7	2,90		0	0	1	0	1	0,41	14000	4100
307	Oudewater	18			2	4	0	6	4,00			0	2	0	2	1,33	10000	2800
308	Veenendaal	12				4	1	5	5,00				1	0	1	1,00		
309	Deventer 1	50	5	1	2	9	1	18	4,32	1	1	2	3	0	7	1,68	12200	
310	Deventer 2	37		2	3	4	0	9	2,92		0	1	1	0	2	0,65	14500	
311	Alkmaar	10				9	4	13	15,60				2	1	3	3,60	35000	
312	Maastricht	6				1	1	2	4,00				0	0	0	-	9500	3000
313	Tilburg	7				2	1	3	5,14				0	0	0	-	9160	4800
314	Nw. Venne	9				0	0	0	-				0	0	0	-	4000	500
315	Amersfoort 1	6				0	0	0	-				0	0	0	-	11600	4100
316	Amersfoort 2	7				0	1	1	1,71				0	0	0	-	9800	2750
317	Amersfoort 3	7				1	6	7	12,00				0	4	4	6,86	9400	5600
	samen	357	5	10	20	52	18	105	3,53	1	1	3	15	5	25	0,84	12061	3958
	excl. Alkmaar	347	5	10	20	43	14	92	3,18	1	1	3	13	4	22	0,76	10531	3958
	onderzoek AVE (excl. Alkm 18 pl.)	542						145	3,21						36	0,80	12348	4584
	fietsers uit voorrang (62 pleinen)								1,88							0,12	9758	1471
Fietsers voorrang:				ja	ja (AVE)		nee											
	personenauto			0	0		14											
	motor/scooter			0	1		5											
	brom- of snorfiets			6	9		3											
	fiets			17	24		10											
	voetganger			2	2		0											
	overige vervoermiddelen			0	0		5											
	Totaal			25	36		37											

Tabel 3. Onveiligheid op pleinen met fietspaden en fietsers in de voorrang.

Dat onderzoek had betrekking op zeventien pleinen met fietsers in de voorrang. Het plein in Alkmaar bleek sterk afwijkend van alle andere pleinen, zowel wat de vormgeving betreft als de verkeersintensiteit. De resultaten zijn daarom ook weergegeven van alle pleinen exclusief het plein in Alkmaar.

De door bureau AVE uitgevoerde ongevallenstudie had betrekking op negentien pleinen, waarvan er vijftien ook tot de eerder genoemde pleinen behoorden. Deze studie is recenter, zodat ongevallengegevens van ruim een jaar konden worden toegevoegd. Enkele uitkomsten van deze studie zijn in *Tabel 3* toegevoegd, eveneens met uitzondering van het plein in Alkmaar. Uit de vergelijking blijkt dat de nieuwere informatie geen ander beeld van de onveiligheid op deze pleinen oplevert, ook niet als het gaat om de verdeling van de slachtoffers over de wijze van verkeersdeelname.

Tegen de conclusies uit deze vergelijking werd onder meer het volgende ingebracht:

- Er zijn pleinen bij betrokken die zo sterk afwijken van wat als een veilige uitvoering wordt gezien, dat deze pleinen buiten beschouwing hadden moeten blijven.
- Er is onvoldoende rekening gehouden met de veel hogere fiets-intensiteiten op de pleinen met fietsers in de voorrang.
- Er is te weinig aandacht besteed aan de grote verschillen in onveiligheid die tussen de pleinen onderling vastgesteld kunnen worden.

Onderzoek rotondes met vrijliggende fietspaden													
locatie ligt:	fietsers uit de voorrang						fietsers in de voorrang			strook		geen	
	buiten	grens	binnen excl. Z.	Zterm.	totaal	excl. Zterm.	binnen	excl. Alk.	excl. Alk. en Dev. 1	alle	binnen	alle	binnen
aantal pleinen	18	15	28	1	62	61	17	16	15	111	98	23	20
ongevallen	169	76	285	28	558	530	105	92	74	1359	1267	169	152
slacht. totaal	12	3	20	2	37	35	25	22	15	252	241	31	26
waarvan fiets	3	2	4	1	10	9	17	16	9	149	144	13	11
bromfiets	2	0	1	0	3	3	6	4	4	62	60	9	7
auto	2	0	11	1	14	13	0	0	0	19	17	7	7
voetganger	0	0	0	0	0	0	2	2	2				
overig	5	1	4	0	10	10	0	0	0	22	20	2	1
gem. int. auto	9435	7618	10880	16255	9758	9651	12061	10531	10411	10414	10565	7114	7097
gem. int. fiets	825	616	2147	4130	1471	1418	3958	3958	3958	2966	3245	1540	1611
pleinmaanden	1014	779	1697	64	3554	3490	357	347	297	6554	5807	1596	1415
ong./pleinjaar	2,00	1,17	2,02	5,25	1,88	1,82	3,53	3,18	2,99	2,49	2,62	1,27	1,29
sla./pleinjaar	0,14	0,05	0,14	0,38	0,12	0,12	0,84	0,76	0,61	0,46	0,50	0,23	0,22
(br.)fietsl./pl.j.	0,06	0,03	0,04	0,19	0,04	0,04	0,77	0,69	0,53	0,39	0,42	0,17	0,15
(br)fietsrisico	0,20	0,14	0,05	0,12	0,08	0,08	0,54	0,48	0,36	0,36	0,36	0,29	0,26
Toelichting:	buiten = buiten de bebouwde kom grens = op de grens van de bebouwde kom binnen = binnen de bebouwde kom strook = rotonde met fietsstrook of fietssuggestiestrook op het plein geen = rotonde zonder fietsvoorziening AVE = resultaten van het onderzoek van adviesbureau AVET												

Tabel 4. *Overzicht resultaten van onderzoek rotondes met vrijliggende fietspaden, met fietsers in en uit de voorrang, waarbij rekening is gehouden met onzuiverheden.*

De eerstgenoemde opmerking is terecht, waar het de rotonde in Alkmaar betreft. Daarom werd de vergelijking ook nog eens gemaakt voor de pleinen exclusief de rotonde in Alkmaar. Maar ook het opnemen van het plein 'Deventer 1' wordt door sommigen als niet reëel bestempeld. Het lijkt dus zinnig ook een vergelijking zonder 'Deventer 1' te maken.

Wanneer we nieuwe vergelijkingen maken, kunnen we tevens met andere onzuiverheden in de vergelijking rekening houden, waaronder de verschillen in aantallen fietsers. Op deze wijze is *Tabel 4* samengesteld. Ter toelichting het volgende.

#### *Keuze pleinen voor de vergelijkingen*

De pleinen met vrijliggende fietspaden en fietsers *in* de voorrang liggen alle binnen de bebouwde kom. Voor een juiste vergelijking is daarom ook gekeken naar de pleinen binnen de bebouwde kom met de andere voorrang-regeling.

Het plein in *Zoetermeer* is apart gehouden; daar geldt een gemengde voor-rangsregeling.

Bij de pleinen met fietsers *in* de voorrang is *Alkmaar* een uitzonderlijk plein: groot, geen echte cirkel, zeer druk en fietspaden zo dicht op het plein dat sommigen geneigd zijn dit fietsstrook te noemen.

Het plein *Deventer 1* wordt ook wel eens 'ongeschikt' genoemd; het is een relatief oud plein met nog geen echte radiale toeritten. Het weglaten van dit plein blijkt een gunstige invloed op de gemiddelde risicocijfers te hebben. De informatie die de ongevalstudie van bureau AVE heeft opgeleverd, is eveneens gebruikt, waardoor een groter aantal pleinjaren voor de verge-lijking beschikbaar kwam.

Ter completering van de vergelijkingen zijn soortgelijke risicocijfers berekend voor de pleinen met fietsstrook en die zonder fietsvoorziening.

#### *Nauwkeurigheid en betrouwbaarheid*

De aantallen slachtoffers zijn vaak gering of soms zeer gering; maar voor de beoordeling van de nauwkeurigheid zijn de aantallen in de vergelijkings-groep mede bepalend.

De gemiddelde auto- en fietsintensiteiten zijn niet erg nauwkeurig:

- soms betreft het tellingen gedurende een relatief korte tijd;
- soms zijn het slechts schattingen;
- in sommige gevallen zijn de intensiteiten totaal onbekend.

De registratie van de verkeersongevallen is niet altijd compleet; zo is onder meer gebleken dat enkele *wel* geregistreerde ongevallen *niet* bij de VOR bekend waren omdat de registratieformulieren door de politie aan iemand waren uitgeleend voor een onderzoek.

Ten slotte de laatstgenoemde opmerking over de verschillen tussen de pleinen onderling. Die opmerking is zeker van belang, want het is mogelijk dat de geconstateerde verschillen voor een deel het gevolg zijn van verschillen in uitvoering en vormgeving van het plein. Met name die veronderstelling was aanleiding om een uitgebreider onderzoek naar de veiligheid van deze pleinen, in relatie tot de vormgeving, op te zetten en uit te voeren.

Ook kan nog worden verondersteld dat het grotere risico op pleinen met fietsers *in* de voorrang voor een deel wordt veroorzaakt door de onbekend-

heid met deze oplossing. Dat is zeker niet uitgesloten, maar uit het gegeven dat de onveiligheid op deze pleinen in een recenter jaar gemiddeld niet is afgenomen, mag worden geconcludeerd dat de gewenning geen erg grote rol speelt. Maar ook in dat opzicht zijn er weer duidelijk verschillen tussen de individuele pleinen geconstateerd. Gelet op de geringe aantallen per plein kunnen die verschillen door toeval ontstaan.

#### 4.2. Het onderzoek

Een volledige beschrijving van de uitvoering en resultaten van het onderzoek is te vinden in het rapport 'Onderzoek naar een veilige vormgeving van fietspaden op rotondes' van adviesbureau AVE (AVE, 1996). De opzet van deze studie en de uitkomsten worden hier in het kort beschreven.

##### *Onderzoekspleinen*

Een eerste inventarisatie van pleinen met vrijliggende fietspaden en fietsers in de voorrang, leverde veertig rotondes op. Voor de definitieve selectie werden nog de volgende criteria gehanteerd:

- de rotonde diende ten minste vanaf augustus 1995 voor het verkeer opengesteld te zijn;
- uitsluitend pleinen met enkelstrooks toe- en afritten kwamen in aanmerking;
- op het plein diende voldoende verkeer voor te komen om een studie naar de relatie tussen veiligheid en vormgeving zinvol te maken; daarom werden pleinen uitgezocht met ten minste 8.000 motorvoertuigen en 2.000 (brom)fietsers per etmaal.

Deze selectie leverde ruim twintig pleinen op die voor de nadere analyse in aanmerking kwamen. De volledige lijst en de basisgegevens per plein, inclusief een schets van elk plein, zijn opgenomen in het betreffende rapport.

##### *Gegevens*

De gegevens van de pleinen, zoals afmetingen, vormgeving en verkeersintensiteiten, werden verkregen door informatie van de betreffende gemeenten. In veel gevallen werd de verstrekte informatie aangevuld door eigen waarnemingen en verkeerstellingen, ook van het fietsverkeer.

De gegevens van de verkeersongevallen werden verstrekt door de afdeling Basisgegevens van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat. Het betroffen de ongevallen in de periode vanaf het tijdstip waarop de rotonde drie maanden in gebruik was tot 1 april 1996.

Deze gegevens werden per rotonde verwerkt in een ongevallenschema met manoeuvreendiagrammen, waarbij werd aangegeven in welke gevallen een betrokken fietser het fietspad in de onverwachte richting bereed.

##### *Onderzoek*

Op grond van een AVOC-analyse van de ongevallen werden per rotonde één of meer hypothesen opgesteld. Daarna werden de uitkomsten per plein met elkaar vergeleken. De beide analyses leverden hypothesen op die de basis vormden voor een uitgebreid locatieonderzoek op een deel van de onderzochte rotondes.

Ten slotte werd een nadere analyse uitgevoerd op de ongevallen met fietsers.

##### *Ongevallenanalyse*

Bij de analyse van de onveiligheid op de betreffende pleinen werd onderscheid gemaakt naar vijf belangrijke groepen ongevallen:



- voorrangsongevallen tussen motorvoertuigen onderling;
- voorrangsongevallen tussen fietsers en motorvoertuigen;
- afslaanongevallen tussen fietsers en motorvoertuigen;
- kop/staart-botsingen;
- rijongevallen, meestal eenzijdige ongevallen.

Bij de eerste vier groepen werd een verband met de aanwezigheid van fietsers verondersteld. Op een zestal pleinen werden in de beschouwde periode geen ongevallen met letsel geregistreerd.

De hypothesen uit de analyse per plein zijn voor het vervolg van het onderzoek als volgt in algemene termen samengevat:

1. Op aansluitingen waar men met wat hogere snelheid de rotonde kan verlaten ontstaan meer ongevallen met fietsers.
2. Ongevallen op de kruisingen van fietspad en rijbaan ontstaan eerder bij duisternis, met sportfietsers en met snor- of bromfietsers.
3. Op rotondes met smalle fietspaden waarin krappe bochten voorkomen, rijden fietsers meer defensief.
4. Bij fietspaden voor twee richtingen ontstaan eerder ongevallen met (brom)fietsers die uit de onverwachtse of 'tegendraadse' richting op de rotonde naar rechts afslaan. Het sterkst komt dit voor bij brom- en snorfietsers.
5. Een substantieel deel van de kop/staart-botsingen en voorrangsongevallen ontstaat doordat verkeer op de rotonde onverwachts tot stilstand komt om voorrang te verlenen aan (brom)fietsers.
6. Tussen de hoofdvormen van de rotondes (cirkelvormig of meer vierkant fietspad) bestaan geen verschillen in de kans op (brom)fietsongevallen met letsel.
7. Op rotondes met een fietspad met een sterk doorgaand karakter van het fietspad rond de rotonde heeft een (brom)fietsers in het algemeen een minder defensieve instelling.
8. Een dominante autostroom heeft invloed op het voorrangsgedrag van fietsers die deze stroom moeten kruisen.
9. Het rijgedrag van automobilisten is afhankelijk van de allure van de naderingsweg en/of van het totale beeld van de rotonde.
10. De aankleding van de rotonde en de zichtbaarheid van het fietspad en (brom)fietsers op het fietspad zijn van invloed op de verkeersveiligheid.

#### *Vergelijking van de onveiligheid tussen rotondes onderling*

Deze studie had betrekking op 171 geregistreerde ongevallen, waarvan bij 74 ongevallen (43%) direct (brom)fietsers waren betrokken. Veertig ongevallen (31%) waren letselongevallen. Bij 36 ongevallen met letsel waren (brom)fietsers betrokken. De aantallen ongevallen per pleinjaar werden gerelateerd aan de verkeersintensiteiten.

Uit dit deel van de studie kwamen onder meer de volgende conclusies naar voren:

- Afgezien van de vormgeving is de tegendraadse rijrichting zeer gevoelig voor het ontstaan van ongevallen.
- Fietsers in de contra-richting blijken in het algemeen iets oplettender over te steken.
- Het aantal fietsers is van grotere invloed op het aantal ongevallen dan het aantal auto's; een hogere fiets-intensiteit leidt tot een minder overzichtelijk verkeersbeeld.
- Uit het *totaal*beeld van de ongevallen met fietsers blijkt geen kwaliteitsverschil tussen de beide hoofdvormen van een rotonde (cirkelvormig of meer vierkant fietspad). Wel ziet het er naar uit dat de cirkelvorm wat

beter scoort ten opzichte van de aantallen fietsongevallen en wat minder gunstig bij voorrangsongevallen.

#### *Locatieonderzoek*

Op een achttal pleinen, geselecteerd in overleg met de begeleidingsgroep, werden observaties uitgevoerd. Om voldoende waarnemingen te kunnen doen werd de voorkeur gegeven aan pleinen met hoge fiets- en auto-intensiteit. Van elk rotonde zijn gegevens vastgelegd die van belang zijn voor het berijden van het plein en voor de wijze waarop de weggebruiker de situatie ervaart. Het kijk- en voorrangsgedrag van automobilisten en fietsers werd systematisch vastgelegd via directe observaties; ook werden meer algemene indrukken genoteerd. Voor het verzamelen van referentiegegevens werden verkeersintensiteiten en potentiële botskoersen genoteerd, waarvoor onder andere video-opnamen werden gebruikt.

Bij deze observaties bleek onder meer dat fietsers eerder naar rechts naar het toerijgende verkeer kijken dan schuin naar achteren naar het achteropkomende en eventueel afslaande verkeer. Dat heeft vermoedelijk te maken met een aantal factoren, zoals de hogere snelheid van toerijgend verkeer en de mogelijkheid achteropkomend verkeer aan te horen komen.

Ook is bij de waarnemingen gebleken dat toerijgend autoverkeer soms moeite heeft tijdig voor het fietspad te stoppen om voorrang te verlenen. In bepaalde gevallen bestond de indruk dat automobilisten geen voorrang verleenden omdat de heersende voorrangregeling voor hen onbekend of onduidelijk was.

Op sommige pleinen werd door fietsers vaak de linkerhand uitgestoken. Op rotondes die niet in een bebouwde omgeving liggen, lijkt het er op dat automobilisten minder bedacht zijn op het voorrang verlenen aan fietsers, en zich daardoor anders gedragen.

Opvallend was verder dat overstekende voetgangers bijna zonder uitzondering van mening waren dat ze voorrang hadden op het autoverkeer, ook als er geen VOP-markering aanwezig was.

Om een goed beeld van de aard en mogelijkheden van de observaties te verkrijgen, heeft een aantal leden van de begeleidingsgroep de observaties op het plein in Veenendaal bijgewoond en soms zelf uitgeprobeerd.

#### *Analyse type fietsverkeer en omstandigheden*

Het onderscheid tussen fietsers en bromfietsers lijkt van belang voor het geval dat de bromfietser in de toekomst meer van de hoofdrijbaan gebruik zal gaan maken. In *Tabel 5 (Tabel 8.1 uit het betreffende rapport)* zijn de aantallen betrokkenen aangegeven naar ernst en type ongeval.

	VF-ongevallen		AF-ongevallen	
	bromfiets	fiets	bromfiets	fiets
Totaal	12	21	13	14
Letsel:	3	12	6	12
waarvan bij duisternis	2	4	2	2
waarvan bij regen	1	5	0	2
waarvan contra-rijders	3	8	5	3

*Tabel 5. Aantallen ongevallen onder fietsers en bromfietsers met gemotoriseerd verkeer, naar ernst en type ongeval.*

VF-ongevallen zijn voorrangsongevallen, AF-ongevallen de ongevallen bij het afrijden van het plein; in beide gevallen tussen (brom)fietsers en gemotoriseerd verkeer.

Rekening houdend met een aandeel bromfietsers van 10 à 15%, is het duidelijk dat het risico voor deze groep aanzienlijk groter is dan dat van de fietsers.

Een andere vergelijking heeft te maken met de vorm van het fietspad: cirkelvormig of vierkant (ook wel aangeduid als 'stuiervorm', verwijzend naar de oude vierkante stuivers met afgeronde hoeken).

In onderstaande *Tabel 6*, (*Tabel 8.3* uit het betreffende rapport), zijn de ongevallen met contra-rijders buiten beschouwing gebleven.

		VF-ongevallen		AF-ongevallen		Totaal per jaar
		bromfiets	fiets	bromfiets	fiets	
Stuivervorm	Veenendaal	0,46	1,84	0,92	0,46	
	Deventer 1	0,19	0,38	0	0,95	
	Hengelo 1	0	0	0	0	
Totaal		0,65	2,22	0,92	1,41	5,2
Cirkelvorm	Oldenzaal 1	0,63	0,31	0,31	0,31	
	Castricum	0,7	0	0,7	0	
	Tilburg	0	0,6	0,6	0	
Totaal		1,33	0,91	1,61	0,31	4,16

*Tabel 6. Aantal ongevallen onder fietsers en bromfietsers naar vorm van fietspad en locatie.*

Bekijken we deze tabel, dan lijkt de cirkelvorm gunstiger voor fietsers en de stuiervorm gunstiger voor bromfietsers. Maar gelet op de aantallen pleinen en ongevallen waarop dit is gebaseerd, is voorzichtigheid bij het trekken van conclusies geboden.

#### 4.3. Conclusies uit deze studie

Op de rotondes waar fietsers op vrijliggende fietspaden voorrang hebben, ontstaat voor de automobilist een wat gecompliceerder situatie dan op de pleinen waar de fietsers geen voorrang hebben. Die complicatie lijkt op zich geen probleem, maar bij dit onderzoek ontstond de indruk dat niet alle automobilisten goed om kunnen gaan met het snel wisselende verkeersbeeld op de kort op elkaar liggende deelskruisingen. De (brom)fietsers uit een onverwachte richting vormen daarbij een extra complicatie. Oudere en minder ervaren autobestuurders lijken meer bij ongevallen betrokken te zijn en ook was er sprake van een toename van de ongevallen in de middaguren zonder dat de verkeersintensiteit daarvoor een aanleiding was. Beide aspecten wijzen op een zekere mate van overbelasting van de verkeersdeelnemers. De nadelige gevolgen daarvan kunnen voor een deel worden opgevangen door defensief rijgedrag van de fietsers.

*Een vormgeving gericht op het bevorderen van defensief gedrag van fietsers, vermindert de kans op ongevallen.*

Uit de waarnemingen bleek dat naderende automobilisten soms niet of nauwelijks in de gaten hadden dat een fietspad hun weg kruiste. En hoewel de bebakening en markering wel volgens de bestaande normen was uitgevoerd, bleek deze niet duidelijk genoeg voor alle weggebruikers.

*De vormgeving, bebakening en markering van het fietspad met de rijbaan onderscheidt zich onvoldoende van die bij andere voorrangstellingen bij rotondes.*

Het rijden in de 'contra-richting' is op bijna alle rotondes van het locatie-onderzoek waargenomen. De grotere ongevallenkans bij deze rijrichting, bij bromfietsers nog sterker dan bij fietsers, was zelfs bepalend voor het ongevallenbeeld op sommige rotondes.

Passende maatregelen om het rijden in deze richting tegen te gaan zijn niet eenvoudig. En waar het rijden in deze richting niet te vermijden is, zal extra aandacht van de voorrang gevende automobilist noodzakelijk zijn.

*Bij (brom)fietsverkeer in twee richtingen is de kans op (letsel)ongevallen veel groter.*

Het aantal ongevallen is vaak een functie van de verkeersintensiteit. Bij de rotondes van dit type blijkt een duidelijk verband tussen aantal ongevallen en intensiteit van het fietsverkeer. Meer fietsers leidt meestal tot grotere oplettendheid van automobilisten, maar in dit geval heeft dat blijkbaar onvoldoende effect. Wellicht heeft deze toename van de ongevallen te maken met de onoverzichtelijkheid die kan ontstaan wanneer veel verkeer op vrij korte afstand van elkaar kruist: dus een te complex verkeersbeeld. Een wat grotere afstand tussen opeenvolgende takken, bijvoorbeeld door toepassing van een wat grotere diameter, zou positief kunnen werken.

*Het aantal ongevallen met fietsers wordt bij voorrang voor fietsers mede bepaald door de intensiteit van het fietsverkeer.*

Er zijn situaties binnen de bebouwde kom die door de omgeving en de allure van de aansluitingen wat meer lijken op situaties buiten de bebouwde kom. Dat kan tot gevolg hebben dat autoverkeer met hogere snelheid nadert en wellicht ook minder geconcentreerd rijdt. Minder concentratie kan op die locaties ook nog in de hand gewerkt worden door relatief weinig fietsverkeer.

*Het voorrangrecht voor fietsers op wegen binnen de bebouwde kom is moeilijker te realiseren op wegen met een ruraal karakter, waarop men snel en minder geconcentreerd rijdt.*

Dit onderzoek was te beperkt om de invloed van de detaillering van de vormgeving op de onveiligheid duidelijk vast te kunnen leggen. Wel heeft het enkele aandachtsgebieden voor de vormgeving opgeleverd:

- De voorrangstelling moet voor de automobilist duidelijk zijn.
- De vormgeving van het fietspad moet de oplettendheid van fietsers stimuleren.
- Fietsers moeten in de buurt van de plaats waar zij de rijbaan kruisen, goed zichtbaar zijn.

- Een wat grotere rotonde verdient de voorkeur omdat daardoor het totale verkeersbeeld wat rustiger wordt.
- Bij de vormgeving is meer aandacht voor de overstekende voetgangers noodzakelijk.

#### 4.4. **Bespreking van enkele conclusies en aanvullende analyse**

In hoofdstuk 9 van het rapport van AVE zijn de conclusies uit het onderzoek geformuleerd. In aanvulling daarop volgen nu nog de volgende opmerkingen.

De conclusies in § 9.1 van het rapport hebben betrekking op het gedrag van de automobilist en de fietser. Daar waar de één een steek laat vallen, is het noodzakelijk dat de andere weggebruiker de fout opvangt om een aanrijding te voorkomen. In dit verband zijn de resultaten van de observaties die in *Tabel 7.4* van het rapport zijn weergegeven, van belang. De aantallen ‘informeel voorrang’ per plein lijken te gering om daaruit relaties met de vormgeving van de diverse pleinen af te leiden. Het aandeel ‘informeel voorrang’, ruim 4%, is ook belangrijk kleiner dan de bijna 20% die uit eerder onderzoek op dit type rotonde was gebleken (Van Minnen & Braimaister, 1994). Het is niet waarschijnlijk dat dit uitsluitend het gevolg is van de andere (plein)situaties. Vermoedelijk heeft hier ook de interpretatie van de waarnemer meegespeeld.

Kijken we naar het totaal van alle geobserveerde pleinen, dan blijkt dat de automobilist zestien keer ten onrechte voorrang neemt. Daartegenover is zeven keer waargenomen dat een fietser de voorrang min of meer afdwingt. Deze constatering kan mede verklaren waarom in het rapport de noodzaak van defensief rijgedrag door de fietser wordt benadrukt. Maar minstens zo belangrijk is de conclusie dat de voorrangssituatie voor de automobilist niet of te laat duidelijk wordt.

Uit de conclusies kan verder worden afgeleid dat deze voorrangsregeling kritischer is als het gaat om de eisen die aan de weggebruiker worden gesteld, dan in de situatie waar autoverkeer voorrang heeft op het fietsverkeer. De voorrangsregeling is ook kritischer ten aanzien van de vormgeving van de rotonde die het gewenste (defensieve) gedrag van de weggebruiker moet uitlokken, ook dat van de automobilist. Dat betekent enerzijds dat er veel aandacht nodig is voor een goede vormgeving, anderzijds dat de mogelijkheden voor veilige toepassing van deze voorrangsregeling wellicht beperkter zijn.

In § 9.2 wordt geconstateerd dat het rijden in ‘contra-richting’ een sterk verhoogd risico met zich meebrengt en daardoor verantwoordelijk is voor een niet onbelangrijk deel van de ongevallen. Voor bromfietzers geldt dat in nog sterkere mate dan voor fietsers. Dit gegeven onderstreept nog eens de constatering dat deze voorrangsregeling kritischer is bij de toepassing en de vormgeving van de pleinen.

Wanneer we de relatie met de verkeersintensiteiten bezien (§ 9.3), blijkt dat bij fietsers in de voorrang de fietsintensiteit belangrijk bijdraagt tot de kans op ongevallen. Bij fietsers uit de voorrang was het in de eerste plaats de intensiteit van het autoverkeer. Dat kan betekenen dat op locaties met (zeer) veel fietsverkeer het verschil in veiligheid tussen beide voorrangsregelingen erg groot zou kunnen worden.

In § 9.4 wordt de omgeving van de locatie genoemd, waarbij hoge naderingssnelheden van het autoverkeer en misschien ook geringe aantallen fietsers een nadelige invloed kunnen hebben. Toepassing van deze voorrangregeling buiten de bebouwde kom wordt ter discussie gesteld, zelfs op wegen binnen de bebouwde kom met een ruraal karakter. Ook hieruit zou kunnen blijken dat deze voorrangregeling kritieker is, met name waar het de toepassingsmogelijkheden betreft.

De conclusie in § 9.5 luidt dat een cirkelvormig fietspad onvoldoende bijdraagt aan een defensief rijgedrag onder (brom)fietsers. Het kan ook anders geformuleerd worden: de cirkelvorm kan aanleiding geven tot hogere snelheid van het bromfietsverkeer. Dat zou dan verklaren waarom op deze pleinen de bromfietsers relatief vaker bij ongevallen betrokken is, zoals uit *Tabel 8.3* van het rapport blijkt. Voor de fietser hoeft deze vormgeving niet ongunstig te zijn.

Om wat meer zicht op te krijgen is het beschikbare cijfermateriaal hier nog eens op een andere wijze bewerkt. De achttien pleinen (Alkmaar is buiten beschouwing gebleven) werden ingedeeld op hoofdvorm van de fietsvoorziening, op een wijze die ten dele afwijkt van de indeling die door AVE is gehanteerd. Er is een viertal typen onderscheiden, te weten:

Type V:

- een min of meer Vierkante structuur van de fietsvoorziening;
- vier pleinen werden tot dit type gerekend, waaronder beide pleinen in Hengelo.

Type N:

- een Niet goed in te delen fietsvoorziening;
- het plein is niet duidelijk vierkant maar evenmin een echte cirkel;
- eveneens vier pleinen, waaronder de drie in Amersfoort, werden hiertoe gerekend.

Type BC:

- de Bijna Cirkel heeft betrekking op fietsvoorzieningen die de cirkelvorm benaderen maar toch geen zuivere cirkel zijn;
- er waren drie pleinen van dit type, waaronder het plein in Veenendaal.

Type C:

- ten slotte de zuivere Cirkel die bij zeven pleinen werd aangetroffen.

In *Tabel 7* (zie volgende pagina) zijn voor de verschillende pleinmodellen de aantallen bij ongevallen betrokken fietsers en bromfietsers weergegeven en gerelateerd aan pleinjaren en aantallen passages. De aanrijdingen met (brom)fietsers in de contra-richting zijn buiten beschouwing gebleven.

Het risico voor (brom)fietsers blijkt nauwelijks afhankelijk te zijn van het model van het fietspad. Het risico voor fietsers en bromfietsers afzonderlijk kan niet worden vastgesteld omdat de bijbehorende intensiteiten niet gegeven zijn.

Wel valt het op dat de verhouding fiets-bromfiets belangrijk varieert. Bij het vierkant betreft driekwart een fietser, bij de cirkel nog maar een derde deel. Deze uitkomsten bevestigen de indruk dat een cirkelvormig fietspad gunstig is voor de fietser, maar minder gunstig voor de bromfietser.

type	aantal pleinen	gemiddelde		maanden	ongevallen met		aandeel fiets	ongevallen/pleinjaar		'risico' f. + br.
		auto-int.	fietsint.		fiets	bromf.		fiets	bromf.	
V	4	12400	4680	178	9	3	0,75	0,61	0,20	0,48
N	4	10450	3610	103	4	2	0,67	0,47	0,23	0,54
BC	3	13160	6795	118	7	7	0,50	0,71	0,71	0,58
C	7	12970	3970	143	3	6	0,33	0,25	0,50	0,53

V = model fietspad rond het plein is bij benadering een vierkant  
N = het fietspadmodel is niet in te delen bij een standaard model  
BC = het fietspad benadert de vorm van een cirkel  
C = het fietspad heeft de vorm van een cirkel  
'risico' is de kans voor een (brom)fietsers betrokken te raken bij een ongeval per miljoen passages

Tabel 7. Bij ongevallen betrokken fietsers en bromfietsers naar vorm van de fietsvoorziening.

Een nadere bestudering van de gegevens uit dit onderzoek door de enfb leverde onder meer de volgende conclusies op (zie Tabel 8):

Toedracht ongeval	Fietser		Brom- /snorfietsers		Totaal	
	n	%	n	%	n	%
Auto op <i>toerit</i> verleent geen voorrang	12	36	9	33	21	35
Auto op <i>afrit</i> verleent geen doorgang	11 (5 Deventer)	33	8	30	20	33
Auto op <i>toerit</i> verleent geen voorrang aan (brom)fietsers in contra-richting	6	18	4 (2 legaal)	15	10	17
Auto op <i>afrit</i> verleent geen doorgang aan (brom)fietsers in contra-richting	4 (3 Oudewater)	12	5 (5 legaal)	19	9	15
Diversen	0		1			
Totaal	33	55 vd (brom)- fietsongevallen	27	45 vd (brom)- fietsongevallen	60	100

Tabel 8. Overzicht van de aantallen bij ongevallen betrokken fietsers en bromfietsers op de verschillende pleinmodellen gerelateerd aan pleinjaren en aantallen passages.

- Bijna de helft van de (brom)fietsongevallen betreft gemotoriseerde tweewielers.
- Bij ongeveer een derde van de (brom)fietsongevallen reed de (brom)fietsers legaal of illegaal tegen de gebruikelijke richting in. De ongevallen met brommers uit de tegenrichting doen zich vooral voor wanneer het contra-rijden gelegaliseerd is (zeven van de negen). Deze brommers komen met name in conflict met automobilisten die de rotonde verlaten (vijf van de zeven).  
De ongevallen met fietsers uit de tegenrichting gebeuren op plekken waar het contra-rijden illegaal is. Deze ongevallen leiden relatief minder vaak tot letsel (vier van de tien).
- Op de onderzochte rotondes werden geen fietsongevallen met (rechtsafslaande) vrachtauto's geregistreerd. Op rotondes met fietsstroken zijn rechtsafslaande vrachtauto's een belangrijke oorzaak van ernstige ongevallen.

#### 4.5. Conclusies en aanbevelingen

Uit deze studie zijn verschillende belangrijke conclusies getrokken over diverse variabelen die van invloed zijn op de veiligheid, waaronder de omgeving van een rotonde en het hoge risico van contrarijders. Het ziet er naar uit dat de voorrangsregeling waarbij fietsers voorrang hebben aanzienlijk kritieker is wat vormgeving en toepassingsmogelijkheden betreft.

Kijken we naar typische vormgevingsaspecten, dan blijkt het moeilijk om uit deze studie voldoende relaties tussen vormgevingsdetails en veiligheid met enige betrouwbaarheid vast te stellen. Slechts bij een indeling naar hoofdvorm van het fietspad is een verband vastgesteld met de aandelen fietsers en bromfietsers onder de ongevalsbetrokkenen.

Wel is gebleken dat sommige andere vormgevingsaspecten negatieve gevolgen (kunnen) hebben, zoals de fietspaden bij een plein in Amersfoort die hoge passeersnelheden voor bromfietsers mogelijk maken, en de nog niet voldoende aangepaste vormgeving van een plein in Deventer, waar autoverkeer het plein met te hoge snelheid kon verlaten.

Verder verdient het aanbeveling veel aandacht te besteden aan een goede zichtbaarheid en opvallendheid van de plaats waar naderend autoverkeer voorrang aan kruisend fietsverkeer moet geven.

Herhaling en uitbreiding van dit onderzoek binnen afzienbare tijd kan in principe aanvullende informatie opleveren. Dit wordt echter niet noodzakelijk geacht, omdat het niet aannemelijk is dat daardoor een nieuw licht op de problematiek wordt geworpen.

Wanneer de voorkeur wordt gegeven aan de regeling waarbij fietsers voorrang krijgen, is het aan te bevelen op basis van de hypothesen en conclusies uit deze studie een nieuw type plein te ontwerpen. Daarna kan proefondervindelijk worden vastgesteld of dat type ook voor het fietsverkeer voldoende veiligheid kan bieden.

Gaan we uit van de veronderstelling dat bromfietsers binnen afzienbare tijd binnen de kom niet meer op het fietspad rijden, dan is voor de ontwikkeling van een goed plein met fietsers in de voorrang het volgende aan te bevelen:

- duidelijk onderscheid ten opzichte van een plein met fietsers uit de voorrang;
- toepassing van een cirkelvormig fietspad;
- het splitsingspunt waar fietsers kiezen voor al of niet het plein volgen, zo ver mogelijk van de oversteek leggen;
- goede waarneembaarheid van de naderende fietsers;
- het fietspad, waar dit de weg kruist, ten minste op 5 m van het plein;
- betere herkenning (plaats van het) fietspad, bijvoorbeeld door verhoogde ligging en rode uitvoering;
- extra aandacht besteden op plaatsen waar fietsverkeer in twee richtingen kan worden verwacht;
- waar fietsers voorrang hebben dit ook voor de voetgangers regelen via zebra.



## 5. Discomfort fietsers

### 5.1. Opzet van het onderzoek

Bij de keuze van de geschikte oplossing voor het fietsverkeer, inclusief de keuze van de voorrangregeling, is het van belang te weten hoe groot het discomfort voor de fietser zal zijn. Dat discomfort is uit te drukken in het tijdverlies dat ontstaat door het voorrang verlenen aan ander verkeer en de kans dat men om die reden moet stoppen.

Al in 1994 werd gerapporteerd over het verband tussen de verkeersintensiteit op takken van een rotonde en het discomfort voor de fietsers (Van Minnen & Braimaister, 1994). Het onderzoek had toen betrekking op enkelstrooks toe- en afritten en verkeersintensiteiten tot ongeveer zeventienhonderd voertuigen per uur, beide rijrichtingen samengeteld.

Op drukke pleinen komen hogere intensiteiten voor en dat geldt zeker voor tweestrooks pleinen. Ook zullen toe- en afritten dan vaak tweestrooks zijn. Om ook voor die situaties het discomfort vast te kunnen stellen zouden op diverse geschikte locaties waarnemingen uitgevoerd moeten worden. Het is echter een probleem om voldoende geschikte locaties voor dit soort waarnemingen te vinden.

Mede uit efficiency-overwegingen is daarom gekozen voor een aanpak waarbij de kans op moeten stoppen en het tijdverlies worden vastgesteld met behulp van computerberekeningen (verkeerssimulatie). Het daarvoor toegepaste model kan worden getoetst en bijgesteld aan de hand van de uitkomsten van een beperkt aantal waarnemingen. Het getoetste model is dan geschikt voor extrapolatie tot relatief hoge verkeersintensiteiten.

### 5.2. Resultaten waarnemingen

De waarnemingen zijn uitsluitend uitgevoerd op pleinen waar de overstekende fietser voorrang moet verlenen aan het autoverkeer. Er is een drietal drukkere pleinen uitgezocht, waar tijdens de waarnemingen intensiteiten tot ongeveer 1.200 auto's per uur per tak voorkwamen. De waarnemingen zijn uitgevoerd op pleinen in Nijmegen, Rosmalen en Pijnacker. Om aansluiting met de waarnemingen van 1993 te verkrijgen zijn ook op de betreffende rotonde in Woerden weer observaties verricht.

Bij deze methode wordt de tijd gemeten die een fietser nodig heeft om de afstand tussen twee passeerlijnen te overbruggen. De passeerlijnen worden ruim vóór en voorbij de fietsoversteek gekozen, waardoor ook het grootste deel van het afremmen en weer optrekken binnen de meettijd valt.

Ook wordt vastgesteld of de overstekende fietser voor de eerste en/of voor de tweede oversteek is gestopt of afgestapt, of er in contra-richting werd gereden en of er sprake was van voorrang verlenen door autoverkeer.

Een voorbeeld van de gebruikte observatieformulieren is gegeven in *Bijlage 2*.

Bij de aldus waargenomen oversteektijden zijn duidelijk de kortere tijden te onderscheiden van fietsers die ongehinderd door kunnen rijden.

De gemiddelde waarde van deze tijden wordt de basistijd genoemd, in feite de tijd die nodig is om de afstand tussen beide passeerlijnen met een

normale fietssnelheid af te leggen. Deze snelheid bleek in de meeste gevallen tussen 13 en 15 km/uur te liggen.

Het verschil tussen de oversteektijd en de basistijd wordt nu als verliestijd gedefinieerd. De verliestijd is opgebouwd uit een deel wachttijd en een deel als gevolg van afremmen en weer optrekken tot normale kruissnelheid.

Omdat het stoppen en afstappen eveneens is genoteerd, kan worden vastgesteld hoe de verliestijd samenhangt met het al of niet hoeven stoppen of afstappen.

september 1996	Nijmegen		Rosmalen		Woerden		Pynacker	
	aantal	tijd	aantal	tijd	aantal	tijd	aantal	tijd
intensiteit auto's	1163		1195		644		967	
oversteeklengte (m)	57		22		30		28	
tijd overall	71	25,5	129	10,1	132	12,6	112	12,3
basistijd	71	14,5	129	5,3	132	7,0	112	7,0
<b>verliestijd</b>	71	<b>11,0</b>	129	<b>4,8</b>	132	<b>5,6</b>	112	<b>5,3</b>
aandeel vk in %	0		27		4		23	
zonder a of s	41	17,7	88	6,8	96	8,8	70	8,1
1 x a	12	37,3	12	18,3	18	23,8	6	19,8
1 x s	13	29,8	23	16,8	15	20,3	27	15,3
2 x a	2	43,0	1	21,0	0		1	15,0
2 x s	2	58,0	1	18,0	2	26,5	5	32,0
a + s	1	50,0	1	22,0	1	27,0		
lopen of stappen			3	13,0			3	33,3
aantal 1 x a/s	25	33,4	35	17,3	33	22,2	33	16,1
aantal 2 x a/s	5	50,4	3	20,3	3	26,7	6	29,2
samen	30		38		36		39	
aandeel a/s in %	42		29		27		35	
verliestijd niet a/s		3,2		1,5		1,8		1,1
verliestijd 1 x a/s		18,9		12,0		15,2		9,1
<i>extra tijd 1 x a/s</i>		<i>15,7</i>		<i>10,6</i>		<i>13,4</i>		<i>8,0</i>
verliestijd 2 x a/s		35,9		15,0		19,7		22,2
<i>extra tijd 2 x a/s</i>		<i>32,7</i>		<i>13,6</i>		<i>17,8</i>		<i>21,0</i>
vk = voorrang krijgen (fietser krijgt voorrang van automobilist)								
s = stoppen, maar op zadel blijven zitten								
a = afstappen								

Tabel 9. Waarnemingen discomfort van fietsers op een viertal pleinen.

In Tabel 9 zijn de belangrijkste uitkomsten van de waarnemingen samengevat. Ter toelichting het volgende.

De rotonde in Nijmegen betreft een vrij groot plein met tangentiële toe- en afritten die elk twee rijstroken breed zijn. De oversteek voor de fietsers is daardoor groter dan op de andere pleinen en de snelheid van het autoverkeer is hoger. De afstand tussen beide oversteeken is groot, waardoor een totale afstand van 57 m tussen de beide passeerlijnen wordt verklaard.

Een gemiddelde verliestijd van 11 s is de tot nu toe hoogste geobserveerde waarde. En 42% van de fietsers moest ten minste één maal stoppen of afstappen.

Voorrang krijgen van het autoverkeer werd hier niet waargenomen, wellicht als gevolg van de hogere snelheid van het autoverkeer.

Bij de beoordeling van de uitkomsten op dit plein dient men te bedenken dat een dergelijke vormgeving zeker niet past bij een modern tweestrooks plein met voorrang voor het pleinverkeer en radiale toeritten. Het plein is daardoor wat minder geschikt om model te staan voor de nieuwe pleinen. Anderzijds is te verwachten dat de afwijkingen die daardoor ontstaan in de uitkomsten van de verliestijden niet erg groot zijn. Gebruik van deze waarnemingen voor het toetsen van de modellen blijft dan ook zinvol.

Op de gemeten tak van de rotonde in Rosmalen is de verkeersintensiteit nog net iets hoger dan in Nijmegen. Maar in dit geval zijn het enkelstrooks toeren afritten en is er een smalle middenberm. De snelheid van het autoverkeer is lager en bij de toerit was er vaak sprake van congestie, waardoor de fietsers in veel gevallen ongehinderd tussen de wachtende auto's konden oversteken. Dat is tevens de verklaring voor het feit dat er bij 27% van de overstekende fietsers sprake was van voorrang krijgen. Ook het relatief lage percentage van 29% van de fietsers die stoppen of afstappen, zal daarmee te maken hebben.

In Woerden was de auto-intensiteit het laagst. De gemiddelde verliestijd van 5,6 s was weinig meer dan de 5,2 s die enkele jaren geleden werd waargenomen bij eenzelfde verkeersintensiteit. Daartegenover bleek het aandeel stoppende fietsers afgenomen van 42% toen tot 27% nu.

Voorrang krijgen van het autoverkeer komt hier betrekkelijk weinig voor, slechts in 4% van de gevallen waarin sprake was van een voorrangssituatie. Ook in Pijnacker werd relatief veel voorrang verleend aan de overstekende fietsers, en anders dan in Rosmalen is dit hier slechts ten dele verklaarbaar door drukte en wachtende auto's voor het plein. De gemiddelde verliestijd is daardoor nog iets lager dan in Woerden, ondanks een 60% hogere verkeersintensiteit. Wel was het aandeel stoppende fietsers, in dit geval 35%, groter dan in Woerden.

### 5.3. Resultaten computerberekeningen

Voor deze berekeningen is uitgegaan van een reeds eerder ontwikkeld programma waarmee verkeer kan worden gesimuleerd en dat werd gebruikt om de capaciteit en wachttijden van het autoverkeer op toeritten van rotondes te berekenen (zie *Figuur 21* in CROW-publikatie 79).

Het programma werd nu geschikt gemaakt voor het berekenen van wacht- en verliestijden van overstekende fietsers. In het model dat voor de simulatie wordt gebruikt, wordt van de volgende veronderstellingen uitgegaan:

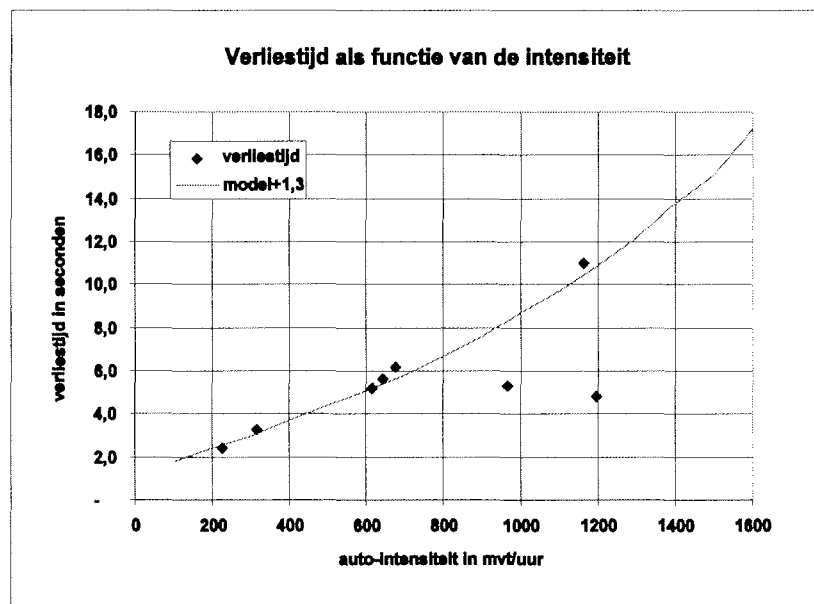
- autoverkeer arriveert in principe op willekeurige tijden;
- elke auto neemt een volgtijd van ten minste 2 s in acht;
- fietsverkeer arriveert op willekeurige tijden;
- een fietser steekt pas over wanneer de volgtijd tussen twee opeenvolgende auto's ten minste 5 s bedraagt;
- een fietser die 1 à 2 s eerder arriveert dan de tijd waarop hij kan oversteken, houdt even in maar stopt niet; er wordt in die gevallen met een verliestijd van 2 tot 4 s gerekend;
- er is aangenomen dat een fietser vertraagt met gemiddeld ca. 1 m/s<sup>2</sup> en weer versnelt met gemiddeld ca. 0,5 m/s<sup>2</sup>;
- aangenomen is dat de wacht- en verliestijden van fietsers onafhankelijk zijn van de intensiteit van het fietsverkeer.

N.B. In het model is niet meegenomen dat een deel van de automobilisten de fietser voor laten gaan. De uitkomsten moeten dus worden opgevat als maximum waarden die gelden in situaties waar automobilisten altijd voor gaan.

De berekeningen zijn in eerste instantie uitgevoerd voor een enkele rijbaan met één rijstrook waarbij de verkeersintensiteit werd gevarieerd. Voor elke intensiteitswaarde wordt 25 maal een uur verkeer gesimuleerd en wordt de gemiddelde waarde van de 25 uitkomsten berekend.

Daarna is het model uitgebreid tot een overstek van twee opeenvolgende rijbanen van elk één rijstrook breed en voor verschillende combinaties van verkeersintensiteiten op de beide rijbanen. Uitgebreide resultaten van deze berekeningen zijn te vinden in de *Tabellen B3.1 en B3.2 in Bijlage 3*.

Het is nu mogelijk de berekende waarden te vergelijken met de waarnemingen, zoals in *Afbeelding 1* is weergegeven (zie ook *Bijlage 1*).



Afbeelding 1. De berekende en waargenomen verliestijden als functie van de intensiteit van het autoverkeer.

De gemiddelde verliestijden die volgen uit de waarnemingen, zowel die van 1993 als de recente, zijn in de grafiek weergegeven. Voor de vergelijking zijn de uitkomsten van de berekeningen genomen voor takintensiteiten van 100 tot 1.600 auto's per uur. Daarbij is verondersteld dat de intensiteiten in beide rijrichtingen 20 à 30% verschillen. Het bleek nu dat de berekende waarden beter met de waarnemingen in overeenkomst gebracht kunnen worden door ze alle met 1,3 s op te hogen. Zes van de acht waarnemingen passen dan goed bij de modelberekeningen en de benodigde verhoging van de uitkomsten met 1,3 s kan wellicht worden verklaard door een wat te optimistisch gekozen basistijd bij de berekening van de verliestijden uit de waarnemingen. Ook is het denkbaar dat overstekende fietsers toch wat meer tijd gebruiken om op naderend autoverkeer te letten dan in het model is verondersteld.

Verder blijkt ook dat de uitkomsten van de waarnemingen in Nijmegen nauwelijks van de berekende waarden afwijken, ondanks het feit dat het hier een sterk afwijkende vormgeving betreft. Het lijkt wel alsof een tweestrooks

rijbaan niet of nauwelijks hogere verliestijden oplevert dan een enkelstrooks rijbaan. Het is nog niet duidelijk in welke mate dat ook opgaat voor een tweestrooks plein met moderne vormgeving en voorrangsregeling. Verder is in de grafiek goed zichtbaar dat op de beide rotondes waar fietsers vaak voorrang krijgen de gemiddelde verliestijden belangrijk lager liggen; op de rotonde van Rosmalen zelfs minder dan helft van de model-uitkomst. Zo bezien kan de berekende curve als bovengrens voor de te verwachten verliestijden worden opgevat; in de praktijk kunnen lagere waarden voorkomen.

De volgende stap was een uitbreiding van het model tot het oversteken van een rijbaan met twee rijstroken. Aangenomen is dat voor een dergelijke oversteek een wat grotere minimum volgtijd nodig is, voordat een fietser durft over te steken. De berekeningen werden daarom uitgevoerd voor minimum volgtijden van 5 s en 6 s en voor verschillende intensiteitscombinaties op beide rijstroken (zie *Tabel B3.2 in Bijlage 3*).

Uitsluitend de waarnemingen in Nijmegen zijn nu beschikbaar voor toetsing. De intensiteiten op toe- en afrit verschilden niet veel en kunnen op 600 respectievelijk 560 auto's per uur worden gesteld. Verder nemen we aan dat bij die intensiteit ongeveer 1/3 van het verkeer op de linker rijstrook rijdt. Volgens de modelberekeningen vinden we dan een gesommeerde verliestijd van 8,2 s en 11,9 s voor minimum volgtijden van 5 s, respectievelijk 6 s. De waargenomen verliestijd bedraagt 11,0 s en het lijkt er dus op dat minimaal 6 s volgtijd en wat betere benadering is dan 5 s.

#### 5.4. Gebruik van de resultaten

De berekeningen en de waarnemingen verschaffen informatie over het discomfort dat bij verschillende verkeersintensiteiten verwacht mag worden. Uitkomsten zijn beschikbaar in de vorm van gemiddelde verliestijd, gemiddelde wachttijd, aandeel fietsers dat één of twee maal dient te stoppen en aandeel fietsers dat meer dan 30 of 60 s moet wachten.

Deze informatie is van belang maar er behoort een criterium bij om na te gaan of een bepaalde mate van discomfort acceptabel is of niet, en de keuze van een dergelijk criterium (of criteria) is een beleidsbeslissing. Men kan daartoe kiezen uit verschillende mogelijkheden of combinaties daarvan, zoals:

- maximaal 1/3 van de passerende fietsers wordt gedwongen te stoppen;
- de gemiddelde verliestijd mag niet meer dan 8 s bedragen;
- niet meer dan 3% van de passerende fietsers wacht langer dan 30 s.

Daarbij dient men zich af te vragen hoe het criterium moet worden toegepast: een etmaalgemiddelde leidt tot aanzienlijk andere uitkomsten dan waarden die betrekking hebben op het drukste spitsuur!

Vanzelfsprekend zal bij een dergelijke keuze rekening gehouden moeten worden met de 'omgeving' omdat een fietser tijdens de rit meerdere locaties zal passeren waar discomfort kan optreden.

Een voorbeeld is te vinden in de handleiding *Tekenen voor de fiets* (CROW-publicatie 74) waarin voor verschillende fietsroutes wordt aangegeven welke stopkants per afgelegde kilometer maximaal toelaatbaar is. Ten slotte zal men bij de toepassing van criteria moeten inschatten of de maximale verlieswaarden van toepassing zullen zijn of dat er, bijvoorbeeld als gevolg van wachtrijvorming, op de drukste uren lagere uitkomsten waarschijnlijk zijn.

## 5.5. Conclusies

Informatie over verliestijden en het moeten stoppen om voorrang te geven is zowel door middel van waarnemingen als met behulp van modelberekeningen te verkrijgen.

Gemiddelde verliestijden blijven beperkt bij matige verkeersintensiteiten, maar kunnen sterk oplopen bij hogere intensiteiten, vooral omdat de verliestijd meer dan evenredig toeneemt met de intensiteit.

De uitkomsten van modelberekeningen en van de waarnemingen zijn goed met elkaar in overeenstemming wanneer de automobilisten geen voorrang aan fietsers verlenen. Gebeurt dat wel, bijvoorbeeld bij wachtend autoverkeer, dan zijn de waargenomen verliestijden belangrijk lager.

Zoals te verwachten is de minimum volgtijd van het autoverkeer waarbij fietsers oversteken op een tweestrooks rijbaan wat groter dan op een enkelstrooks rijbaan. De verschillen tussen de verliestijden zijn echter minimaal.

Via de modelberekeningen is extrapolatie naar hogere intensiteiten mogelijk, hetgeen van belang kan zijn voor beslissingen over fietsvoorzieningen op drukke takken.

### *Opmerking*

Ook voor voetgangers geldt een soortgelijke relatie tussen verkeersintensiteit en verliestijd, waarbij rekening gehouden moet worden met de lagere snelheid van een voetganger en daardoor een wat grotere oversteektijd. Maar daartegenover zijn de vertragings- en versnellings tijden bij voetgangers zeer gering, zodat de verliestijden niet groter hoeven te zijn dan bij fietsers. Verder betekent het moeten stoppen voor een voetganger in het algemeen minder discomfort dan voor een fietser.

## 6. Tweestrooks pleinen

### 6.1. Probleemstelling

Sinds een aantal jaren is er veel belangstelling voor de toepassing van tweestrooks rotondes, zowel binnen als buiten de bebouwde kom. Die belangstelling betreft zowel de bestaande als nieuw aan te leggen pleinen, bijvoorbeeld als alternatief voor een verkeersregelininstallatie. De ervaring met nieuwe pleinen is nog gering en ondanks gunstige ervaringen in diverse andere landen is men vaak onzeker over de capaciteit en veiligheid van deze pleinen. Daarnaast is er onduidelijkheid over de uitvoering van deze pleinen, zoals de aantallen rijstroken op toe- en afritten.

Hierna zal in het kort wat relevante informatie over capaciteit en veiligheid aan de orde worden gesteld, naast enkele andere aspecten zoals de uniformiteit en de voorzieningen voor fietsverkeer.

### 6.2. Capaciteit

Bij de *enkelstrooks* pleinen is de capaciteit van een plein geen hard gegeven, onder andere omdat de verdeling van het verkeer over de toe- en afritten mede bepalend is voor de hoeveelheid verkeer die het plein kan verwerken. We volstaan daarom meestal met globale indicaties van 2.000 à 2.200 auto's per uur.

Een wat nauwkeuriger beeld ontstaat wanneer we de capaciteit per toerit willen weergeven. De hoeveelheid verkeer die op dat zogenaamde conflict-punt kan worden verwerkt is redelijk nauwkeurig bekend via berekeningen en waarnemingen. We komen dan op waarden van 1.300 tot 1.400 auto's per uur. Uit waarnemingen is gebleken dat die capaciteit enigszins afhankelijk is van de hoeveelheid afslaand verkeer op de afrit die tot dezelfde weg behoort als de betreffende toerit. Die afhankelijkheid van de hoeveelheid afslaand verkeer wordt weer beïnvloed door de breedte van de berm tussen de toe- en afrit. Zo is vastgesteld dat bij een wat groter enkelstrooks plein de capaciteit van een conflictpunt met ongeveer 5% kan toenemen indien de middenberm wordt verbreed van 8 naar 14,5 m (Erné, 1995).

Ook werd onderzocht in hoeverre fietsverkeer de capaciteit van het autoverkeer zou kunnen verminderen als aan dat fietsverkeer voorrang gegeven zou moeten worden (Van Minnen, 1995).

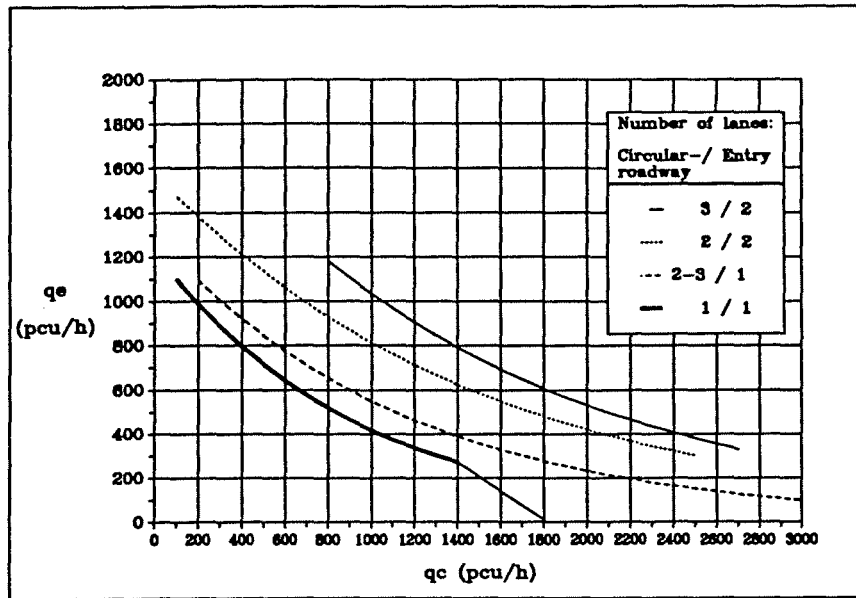
Bij een *tweestrooks* rotonde is de situatie aanzienlijk gecompliceerder. In de eerste plaats omdat 'tweestrooks' betrekking kan hebben op de rijbaan op het plein, op de toeritten en op de afritten. Daardoor zijn er in principe al acht verschillende combinaties mogelijk die alle tot verschillende capaciteiten zullen leiden. Maar niet alle mogelijkheden zullen zinvol zijn. Indien het al of niet toepassen van twee rijstroken per individuele toe- en afrit wordt geregeld, dan is het aantal mogelijke combinaties niet meer te overzien en het heeft weinig zin ook voor al die mogelijkheden de capaciteit te onderzoeken.

Een tweede reden waarom de capaciteit van een tweestrooks plein een minder hard gegeven is, is de invloed van het verkeersgedrag. Indien een tweestrooks plein zo wordt bereden dat alle verkeer strikt rechts houdt, dan is de capaciteit niet of nauwelijks groter dan van een enkelstrooks plein. Ervaringen in Duitsland wijzen soms in die richting.

Worden de beide rijstroken volledig benut, zowel op het plein als op de aansluitende wegen, dan wordt de maximale capaciteit bereikt. Het feitelijke

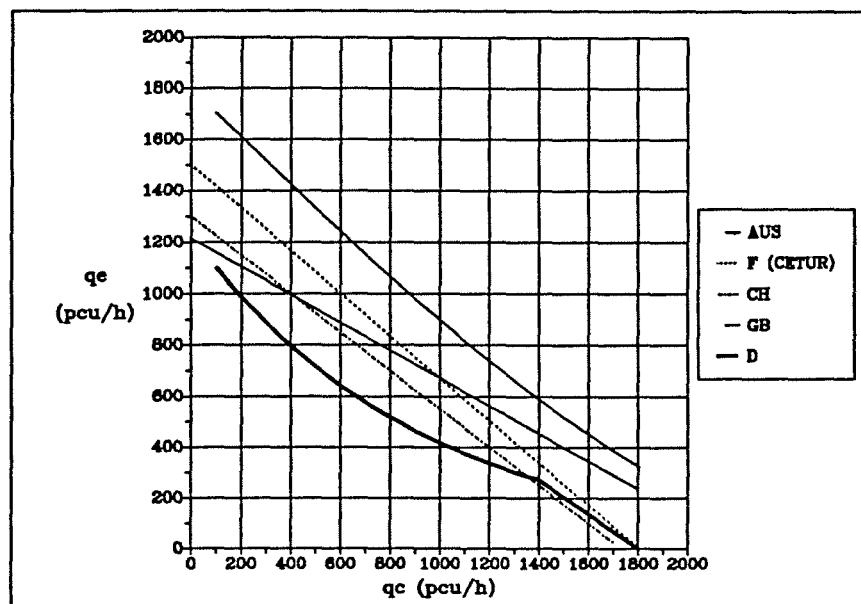
gedrag beweegt zich meestal tussen deze twee uitersten, en dat verklaart ook de verschillen in waargenomen capaciteiten.

Een artikel van Brilon & Stuwe (1993) is wat dat betreft illustratief. Zo geven zij een bundel grafieken voor de capaciteit van de conflictpunten op enkel- en meerstrooks rotondes. Met die curven wordt gesuggereerd dat er een goed beeld van de capaciteit van diverse typen rotondes bestaat (Afbeelding 2a).



Afbeelding 2a. Regressiecurven voor de bepaling van de capaciteit van rotondes.

In Afbeelding 2b is een andere grafiek uit het artikel van Brilon & Stuwe weergegeven, waarin een aantal curven van de capaciteit van conflictpunten op enkelstrooks rotondes zijn getekend.



Afbeelding 2b. Vergelijking van capaciteitsformules voor enkelstrooks rotondes uit verschillende landen.



Nu blijkt hoe groot de variatie in resultaten kan zijn. Bij 800 auto's per uur op het plein kunnen er vanaf de toerit 520 tot 1.070 oprijden, afhankelijk van de curve die men kiest. Een dergelijk grote variatie biedt te weinig houvast voor de capaciteitsbepaling. En bij tweestrooks pleinen is die variatie nog groter omdat, zoals eerder toegelicht, de capaciteit nog sterker afhankelijk is van het (lokale) verkeersgedrag. Brilon en Stuwe komen ten slotte uit op een maximum capaciteit van 35.000 tot 40.000 auto's per etmaal voor een tweestrooks rotonde, wanneer beide rijstroken van de toeritten ook daadwerkelijk worden benut.

Dit komt bij benadering overeen met 3.500 tot 4.000 auto's per uur in het (avond)spitsuur.

Ondanks de grote variatie in uitkomsten is het toch mogelijk gebleken wat meer inzicht te krijgen in de capaciteit van tweestrooks pleinen in een uitvoering zoals die in Nederland werd en wordt toegepast.

In het nu volgende gaan we uit van de veronderstelling dat alle takken van een rotonde identiek worden uitgevoerd. Verder zal weinig aandacht worden besteed aan de minder logische combinaties, zoals een enkelstrooks rijbaan op het plein in combinatie met tweestrooks toe- en/of afritten.

Wanneer uitsluitend de rijbaan op het plein twee rijstroken heeft, in combinatie met enkelstrooks toe- en afritten, dan zal de capaciteit weinig hoger zijn dan die van een enkelstrooks plein. Waarnemingen op een plein in Lelystad wijzen op een capaciteitstoename van ongeveer 10% (Erné, 1995). De binnenste strook wordt weinig gebruikt en de hiaten nemen daardoor niet veel toe. De enkelstrooks toeritten staan slechts het oprijden van één auto tegelijk toe en dat maakt een forse verhoging van de capaciteit onwaarschijnlijk.

Worden ook de toeritten tweestrooks uitgevoerd, dan ontstaat een geheel andere situatie. Nu kunnen hiaten in de verkeersstroom op het plein door meer auto's tegelijk worden benut, en daardoor is wel een flinke toename van de capaciteit mogelijk. Afhankelijk van de verkeersdruk op de toerit zijn uit waarnemingen op het Tongerseplein in Maastricht conflictpunt-capaciteiten vastgesteld van 2.700 tot bijna 3.000 auto's per uur (Smeets, 1994).

Dit lijkt een verdubbeling ten opzichte van een enkelstrooks plein, maar we moeten er rekening mee houden dat dit type waarnemingen meestal wordt gebaseerd op (zeer) korte tijdseenheden, en dan is extrapolatie naar een uurwaarde niet reëel. Het is daarom waarschijnlijk dat de capaciteitstoename in de praktijk merkbaar minder is dan 100%. Maar omdat op dit plein intensiteiten van ruim boven de 3.500 auto's per uur zijn waargenomen (gehele plein) moet een capaciteitswinst ten opzichte van een enkelstrooks plein van 60% à 70% zeker mogelijk zijn.

Bovy (1991) bespreekt het Zwitserse handboek voor rotondes, waarin het zwaartepunt wordt gelegd op de kleinere pleinen met buitendiameters van 22 tot 35 m. Bij de bespreking van de capaciteit wordt ook een formule gegeven voor de capaciteit een toerit van een tweestrooks plein:

$$L_e = 1500 - 8/9 * Q_b \text{ (pae/uur)}$$

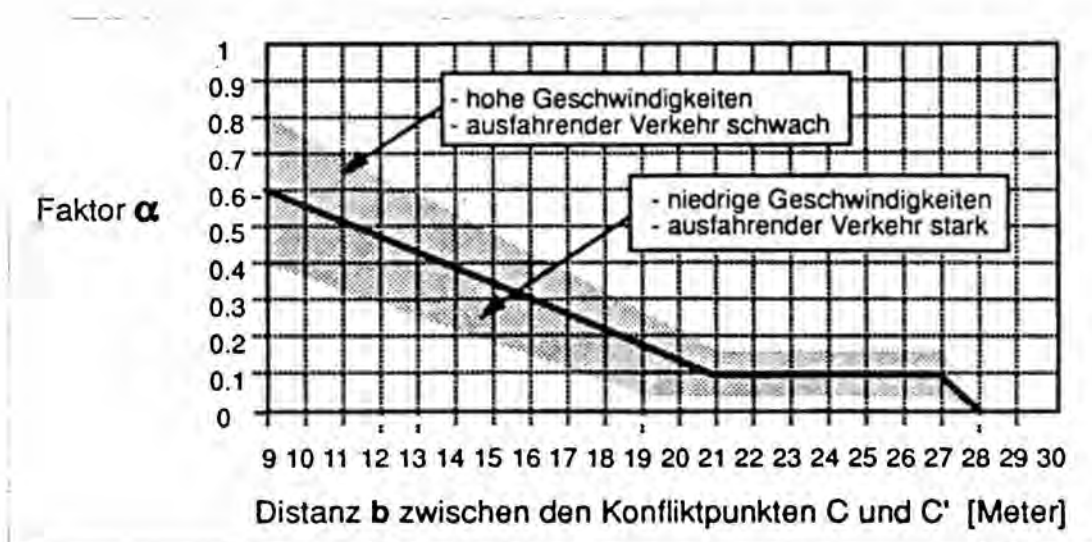
voor  $Q_b$  wordt ingevuld:  $Q_b = \beta * Q_k + \alpha Q_a$

waarin:

$Q_k$  = de verkeersintensiteit op het plein ter plaatse van de toerit

$Q_a$  = de verkeersintensiteit op de afrit, direct voorafgaande aan de toerit

De factor  $\beta$  is 0,6 tot 0,8 voor een tweestrooks rijbaan op het plein.  
 De factor  $\alpha$  is een functie die samenhangt met de afstand tussen de afrit en de toerit, af te leiden uit de grafiek van *Afbeelding 3*.



Afbeelding 3. Diagram voor het vaststellen van de factor  $\alpha$ .

Opvallend is dat het aantal rijstroken op de toerit niet in de capaciteitsformule is opgenomen, hoewel die later wel weer verschijnt in formules die de benuttingsgraad ('Auslastungsgrad') beschrijven. Daarin wordt een factor 1 gebruikt voor enkelstrooks toeritten en een factor 0,6 tot 0,7 voor tweestrooks toeritten. Hieruit valt af te leiden dat een tweestrooks toerit een capaciteit zou hebben die 40% tot 65% groter is dan die van een enkelstrooks.

In Engeland werd het computermodel 'Arcady' ontwikkeld waarmee onder meer de capaciteit van rotondes kan worden berekend onder sterk wisselend verkeersaanbod, waarbij de uitkomsten ook wachttijden en wachtrijlengten vermelden (Webb & Taylor, 1993). Het is een interessant pakket maar wel sterk toegesneden op de Engelse ontwerppraktijk, zoals bijvoorbeeld blijkt uit de variabelen die in het model worden toegepast:

- de breedte van de toerit bij het plein;
- de halve breedte van de toeleidende weg;
- de effectieve lengte van het trechtervormige deel van de toerit;
- de 'sharpness of flare', waarmee wordt aangegeven de verhouding tussen de toename van de breedte van de toerit en de lengte waarover deze toename zich uitstrekt;
- de boogstraal van de toerit;
- de hoek tussen toerijgend verkeer en verkeer op het plein;
- de buitendiameter van het plein.

Het model is toegesneden op pleinen met trechtervormige toeritten die min of meer tangentiaal op het plein aansluiten, een vormgeving die nogal afwijkt van de nieuwere pleinen in ons land.

Een ander bezwaar is dat de breedte van de rijbaan op het plein niet van invloed lijkt te zijn. Ook daardoor is het model zeker niet toepasbaar voor ons om de capaciteit van enkelstrooks en tweestrooks pleinen te onderzoeken en te vergelijken.

Bij gebruik van het model blijft een standaardfout over van 15% van de voorspelde capaciteit tussen verschillende locaties. Door middel van waarnemingen (tellingen) op een gegeven locatie kan die fout nagenoeg geheel worden geëlimineerd via aanpassing van een aantal geometrische parameters.

In een interessante Zwitserse studie (Lindenmann, 1995) wordt vermeld dat het aantal rijstroken op de toerit van groot belang is voor de capaciteit maar het aantal rijstroken op de afrit nauwelijks. De diameter van een plein heeft tot circa 40 m geen en daarboven een geringe invloed op de capaciteit. Concrete waarden voor tweestrooks pleinen worden door hem echter niet genoemd.

Eveneens in Zwitserland, in Muttenz is een voorbeeld te vinden van een rotonde met een brede enkele rijstrook op het plein (7,5 m) en trechtervormige toeritten die kort voor het plein via markering als tweestrooks zijn ingedeeld (Riedel, 1991). Dit plein verwerkt dagelijks 25.000 motorvoertuigen waarvan ongeveer 2.400 in het spitsuur.

De hogere capaciteit van dit plein wordt *niet* bereikt doordat men *naast* elkaar van de toerit het plein oprijdt maar wel afwisselend kort *na elkaar*.

Op een workshop over tweestrooks rotondes in de provincie Utrecht kwam men tot de conclusie dat een conflictpunt van een volledige tweestrooks rotonde circa 1.800 auto's per uur kan verwerken en dat de capaciteit van het gehele plein 3.500 à 4.000 auto's per uur zal zijn (Van Klaveren, 1995).

De capaciteit wordt vooral bepaald door mogelijkheden bij het conflictpunt, en daarom ligt het voor de hand ten minste de rijbaan op het plein en de (drukkere) toeritten tweestrooks uit te voeren. Het is nu de vraag of het zinvol is ook de afritten twee rijstroken te geven. Dat lijkt van weinig belang, gelet op de eerder genoemde waarnemingen in Maastricht waaruit bleek dat tot 1.100 pae/uur de linker rijstrook van de afrit nauwelijks werd gebruikt. Aan de andere kant is het waarschijnlijk dat de linker strook van een toerit minder wordt gebruikt als men weet dat bij het afrijden altijd rechts gereden moet worden. Dat kan betekenen dat een enkelstrooks afrit de capaciteit van een dergelijk plein toch wel wat vermindert. Recente ervaringen op het Tongerseplein doen iets dergelijks vermoeden, maar omdat tegelijkertijd de voorrang voor de overstekende fietsers werd gewijzigd, is het niet duidelijk wat de bijdrage van de versmalling van de afritten is geweest. Want ook bij tweestrooks pleinen zal het voorrang moeten verlenen aan fietsverkeer een nadelig effect hebben op de capaciteit voor het autoverkeer.

Samengevat kan worden gesteld dat de maximum capaciteit van een tweestrooks plein wordt bereikt wanneer alle rijbanen tweestrooks worden uitgevoerd. Een capaciteit van 3500 tot 4000 auto's per uur voor het gehele plein lijkt dan haalbaar. Indien de afritten enkelstrooks worden uitgevoerd, zal de capaciteit wat afnemen en hetzelfde geldt voor de toepassing van vrijliggende fietspaden met fietsers in de voorrang.

Wanneer de toeritten enkelstrooks worden uitgevoerd dan is de capaciteitswinst ten opzichte van de enkelstrooks rotonde niet veel meer dan 10%.

### 6.3. Veiligheid

Ervaringen in onder andere Engeland en Frankrijk wijzen uit dat een tweestrooks rotonde met voorrang voor het pleinverkeer in het algemeen een

veilige oplossing is. Daarbij worden vaak diverse aanbevelingen geformuleerd om die veiligheid te bevorderen, zoals het vermijden van tangentiële toeritten en van niet zuiver cirkelvormige pleinen (AVE, 1994; Gambard & Alphan, 1991). De negatieve invloed van ellipsvormige pleinen is betrekkelijk groot zoals de Franse studie aantoonde: 54 ongevallen per 100 pleinen tegenover 12,6 ongevallen per 100 pleinen op cirkelvormige rotondes.

Uit een vergelijking van onderzoeken in Denemarken, Zweden en Nederland valt ook iets over de onveiligheid van tweestrooks pleinen af te leiden (Brüde & Larsson, 1996). Zweden heeft een predictiemodel ontwikkeld om aantallen fietsongevallen te voorspellen op basis van auto- en fietsintensiteiten. Het model maakt geen onderscheid naar het type of de uitvoering van een rotonde. De uitkomsten van het model werden vergeleken met die van rotondestudies in Nederland, Denemarken en Zweden. Het model heeft de volgende gedaante:

$$CACCPERYEAR = 0.0000180 * TOTINC^{0.52} * TOTCYC^{0.65}$$

waarin:

CACCPERYEAR = aantal fietsongevallen per jaar

TOTINC = aantal motorvoertuigen per dag

TOTCYC = aantal fietsen per dag

In Zweden gaat men uit van 0,71 gewonden per geregistreerd fietsongeval (inclusief UMS-ongevallen). Bij de waarnemingen in Denemarken vond men een waarde van 0,67, niet veel anders dan in Zweden.

Ook de resultaten van het onderzoek in *Nederland* werden vergeleken met de verwachtingen volgens het Zweedse model:

- op rotondes zonder fietsvoorziening werden 8 gewonden onder fietsers geregistreerd; het model voorspelde 9,6;
- op rotondes met fietsstrook werden 79 fietsers gewond; het model voorspelde 57; het verschil deed zich vooral voor bij de drukke rotondes (meer dan 11.000 auto's per etmaal);
- op rotondes met vrijliggend fietspad werden slechts 3 gewonden geregistreerd terwijl het model er 21,3 voorspelde.

Bij het *Deense* onderzoek, waar meestal fietsstroken worden toegepast, zijn op 31 rotondes binnen de kom twaalf ongevallen met fietsers geregistreerd tegenover een voorspelling van 7,2. Dat lijkt in overeenstemming met de Nederlandse pleinen, hoewel de verkeersintensiteiten op de Deense pleinen lager waren vooral waar het de fietsers betreft.

Op negen pleinen bubeko werden geen ongevallen met fietsers geregistreerd tegen 0,32 voorspeld (op al deze pleinen passeren minder dan honderd fietsers per dag).

Het *Zweedse* onderzoek is van belang omdat daar ook tweestrooks pleinen bij betrokken waren.

De enkelstrooks pleinen geven aantallen ongevallen die redelijk kloppen met het model: op twaalf pleinen werden vijf ongevallen met fietsers geregistreerd tegenover 5,8 berekende.

Op de tweestrooks pleinen lag die verhouding belangrijk anders.

In de eerste plaats kan worden vastgesteld dat het drukste plein meer dan 46.000 auto's per dag verwerkte, een aanwijzing dat de capaciteit van een tweestrooks plein in de buurt van 4.500 auto's per uur kan liggen.

De aantallen fietsers varieerden van 200 tot ruim 2.000 per etmaal.

Op zeven tweestrooks pleinen werden 65 ongevallen met fietsers geregistreerd tegenover 9,6 berekend volgens het model! Vooral twee grote pleinen (diameter middenplein 55 en 60 m) met verkeersintensiteiten van rond de 35.000 auto's per etmaal scoorden bijzonder ongunstig. Hoewel er slechts 350 à 450 fietsers per dag passeerden werden op deze pleinen 22 en achttien ongevallen met fietsers in 6 jaar geregistreerd, ongeveer zestien keer zo veel als uit het model volgt.

Dit is een belangrijke aanwijzing dat bij drukke tweestrooks pleinen veiliger oplossing voor het fietsverkeer noodzakelijk zijn, zelfs wanneer de fietsintensiteiten gering zijn.

Details over de vormgeving van deze pleinen ontbreken. Wel wordt vermeld dat in Zweden meestal vrijliggende fietspaden worden toegepast en uit de tekst kan worden afgeleid dat het fietsverkeer voorrang heeft op het autoverkeer.

De ervaringen met fietsverkeer op en rond tweestrooks pleinen in het buitenland zijn betrekkelijk gering en dat is één van de redenen waarom er in Nederland vaak wordt gearzeld, met name wanneer er fietsverkeer in het geding is.

Een dergelijke aarzeling is begrijpelijk gelet op de verschillen tussen enkelstrooks en tweestrooks rotondes. De laatstgenoemde heeft, voor zover het de veiligheid betreft, de volgende nadelen:

- bredere rijbanen, waardoor de kans op hogere snelheden toeneemt, met name in de stillere uren bij lagere verkeersintensiteiten (Mansvelder, 1995);
- rijstrookwisselingen en weven op het plein, dus een complexer verkeersproces;
- tweestrooks rijbanen betekenen een langere oversteek voor fietsers en voetgangers en kunnen aanleiding geven tot de zogenaamde 'afdekongevallen'.

Een deel van deze problemen kan worden opgevangen, bijvoorbeeld door een zorgvuldige vormgeving van het plein met radiale toeritten, en ongelijkvloerse kruisingen voor het langzaam verkeer (zie hoofdstuk 5).

Resterende ongevallen zullen dan vooral aanrijdingen tussen auto's onderling betreffen en bij lage snelheden zijn die zelden ernstig van aard. Aan de langere oversteek voor voetgangers werd aandacht besteed bij de eerder genoemde rotonde in Muttenz in Zwitserland, waar zebra's werden toegepast (Riedel, 1991). Video-opnamen toonden aan dat er voor de voetgangers geen hogere risico's zouden bestaan, maar op het moment van rapportage was de rotonde pas drie maanden in gebruik, te kort om de veiligheid van voetgangers via ongevallengegevens vast te stellen.

Inmiddels is de veiligheid op een aantal bestaande tweestrooks pleinen in een verschillende gemeenten bestudeerd, waaronder Maastricht, Venlo, Lelystad, Terneuzen en Veendam (AVE, 1994). Geconcludeerd wordt dat een tweestrooks plein een veilige oplossing betekent, mits goed geconstrueerd. Tangentiële toeritten kunnen problemen geven, vooral wanneer daarbij ook aan fietsers op het plein voorrang gegeven moet worden.

Een verkanting naar de buitenzijde van de rijbaan op het plein geeft voor de aankomende weggebruiker een beter zicht op het plein en wordt daarom aanbevolen.

De toepassing van fietsstroken op deze pleinen wordt afgeraden en bij de toepassing van vrijliggende fietspaden wordt uit veiligheidsoverwegingen de

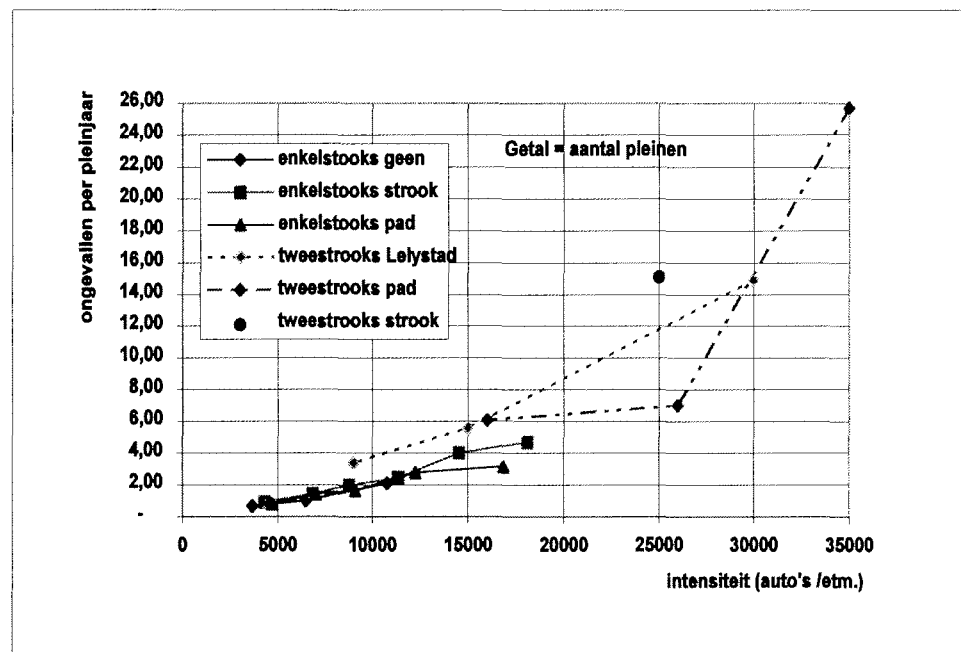
voorkeur gegeven aan fietsers 'uit de voorrang'. Maar daar wordt aan toegevoegd dat dit een fietsonvriendelijke oplossing betekent en dus zou een ongelijkvloerse oplossing de voorkeur verdienen.

Om te weten te komen hoe de onveiligheid van tweestrooks pleinen zich verhoudt tot die van enkelstrooks pleinen, zijn de gegevens van de twaalf pleinen waar de voorrang werd gewijzigd (zie *Tabel 2*) vergeleken met die van enkelstrooks pleinen uit een eerder onderzoek (Van Minnen, 1995). Daarbij passen de volgende kanttekeningen.

De pleinen in Lelystad hebben tweestrooks rijbanen maar enkelstrooks toegen afritten en functioneren dan ook overwegend als enkelstrooks pleinen. Op deze pleinen komt geen fietsverkeer voor maar er rijden wel bromfietsers.

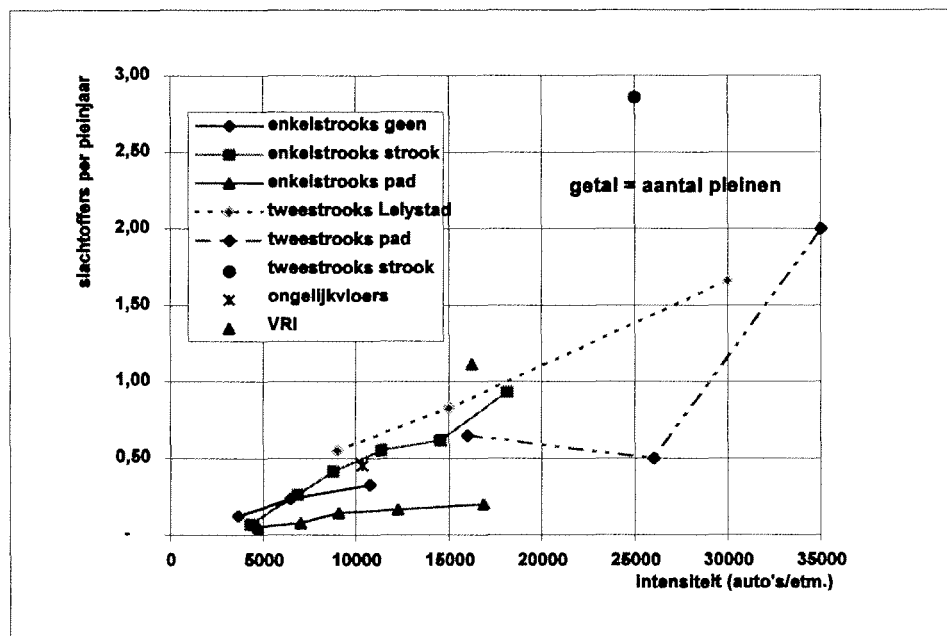
De curven in de grafiek die de onveiligheid van enkelstrooks pleinen weergeven, hebben steeds betrekking op gemiddelde waarden van een aantal pleinen in eenzelfde intensiteitsklasse en zijn daardoor redelijk betrouwbaar. De uitkomsten van de tweestrooks pleinen daartegenover hebben betrekking op één of enkele pleinen, zodat aan deze vergelijking geen absolute betekenis gehecht mag worden.

Op tweestrooks pleinen worden meer ongevallen geregistreerd dan op enkelstrooks pleinen (*Afbeelding 4*). Het plein in Veendam is hierop een gunstige uitzondering. Ook de semi-tweestrooks pleinen in Lelystad scoren wat ongunstiger.



Afbeelding 4. Aantallen ongevallen op enkelstrooks en tweestrooks pleinen.

Bij de aantallen slachtoffers is het beeld wat wisselend (*Afbeelding 5*).



Afbeelding 5. Aantallen slachtoffers op enkelstrooks en tweestrooks pleinen.

Op bijna alle pleinen is het aantal slachtoffers gelijk of iets groter dan op enkelstrooks pleinen met fietsstrook, terwijl het bijna steeds pleinen met fietspad of zonder fietsverkeer betreft. Ook nu weer is Veendam de gunstige uitzondering. Op het Emmaplein in Maastricht, dat met een fietsstrook is uitgerust, is het aantal slachtoffers ongeveer het dubbele van wat op een enkelstrooks plein met fietsstrook mag worden verwacht. Het is duidelijk dat fietsstroken op deze pleinen ongewenst zijn.

En bij de overige pleinen lijkt door geschikte maatregelen een verbetering van de veiligheid nog wel mogelijk, hoewel het zeer gunstige niveau van de enkelstrooks pleinen met vrijliggend fietspad niet gehaald zal kunnen worden.

Ter vergelijking is in de grafiek van *Afbeelding 4* nog een tweetal uitkomsten van een onderzoek uit 1992 opgenomen (Janssen, 1992). Het gaat in dit geval om aantallen slachtoffers op kruispunten buiten de bebouwde kom, overwegend in provinciale wegen. De aantallen slachtoffers per jaar hebben betrekking op ongelijkvloerse kruispunten (ruim 40) en op kruispunten met verkeerslichtenregeling (85).

#### 6.4. Overige aspecten

Om de veiligheid op deze en andere pleinen te bevorderen is een grote mate van uniformiteit van belang, passend in de gedachte van 'duurzaam-veilig'. In het ideale geval zou daarom elk tweestrooks plein identiek zijn uitgevoerd, bijvoorbeeld met twee rijstroken op de rijbaan van het plein en op alle toeritten. In de praktijk zal dat lang niet altijd lukken en daarbij dient gelet te worden op het belang van uniformiteit voor de verschillende onderdelen.

Zo zal de toepassing van tweestrooks en enkelstrooks toeritten naast elkaar op eenzelfde plein niet gauw tot problemen leiden. Een ter plaatse onbekende weggebruiker mag bij een enkelstrooks toerit misschien ook een enkelstrooks plein verwachten, maar bij het oprijden van het plein wordt de

situatie snel duidelijk. Maar bij de afritten kan wel verwarring ontstaan. Wanneer een automobilist op het plein de linker rijstrook kiest in de veronderstelling dat de door hem gekozen afrit ook twee rijstroken zal hebben, kan hij in de problemen komen als die tweede rijstrook ontbreekt. Dat zou pleiten voor consequente toepassing van tweestrooks afritten. Maar voor de capaciteit is dat lang niet altijd mogelijk en bovendien is een enkelstrooks afrit prettiger en wellicht veiliger over te steken door fietsers en voetgangers.

Hier zou dan ook een keuze gemaakt moeten worden tussen altijd tweestrooks of altijd enkelstrooks, afhankelijk van de vraag of men streeft naar maximale veiligheid of maximale capaciteit.

Een ander facet betreft de wijze waarop de rijbaan van een tweestrooks plein wordt ingedeeld. Zo is er de Australische opvatting dat men geen rijstrookmarkering op het plein hoeft toe te passen. Bij lagere intensiteiten wordt het plein als een enkelstrooks plein bereiden. Bij hogere intensiteiten rijdt men naast elkaar op het plein zodat de capaciteit zo volledig mogelijk wordt benut. Misschien is dat een geschikte oplossing, maar ook in dit geval is het uit een oogpunt van uniformiteit gewenst dat deze oplossing voor *alle* tweestrooks pleinen wordt gekozen.

Hetzelfde geldt voor de zogenaamde spiraalmarkeringen op het wegdek die al bij het oprijden van het plein aangeven welke strook bij welke route past en in Nederland op grotere pleinen ook wel werd en wordt toegepast.

McCann (1996) besteedt aandacht aan deze spiraalmarkeringen op het plein. De studie van McCann heeft betrekking op grote pleinen met drie of vier stroken op het plein. Hij bespreekt een experiment met een verbetering van de uitvoering van de markering op een plein in Edinburgh. Op dit plein, dat is voorzien van een verkeerslichtenregeling, passeren dagelijks meer dan 70.000 motorvoertuigen.

De schrijver vermeldt dat spiraalmarkeringen zinvol zijn op pleinen met een diameter van meer dan 30 m. Toepassing van spiraalmarkering zou tot een beter gebruik van de rijstroken leiden, minder weven op het plein, een betere 'gap-acceptance' en de veiligheid zou daardoor verbeteren. Maar er worden vraagtekens bij deze uitkomsten geplaatst omdat deze tot nu toe onvoldoende onderbouwd zijn. De ervaring met deze markering is nog te kort om met voldoende zekerheid vast te stellen wat de resultaten voor de veiligheid zijn en bovendien wordt de toepassing van spiraalmarkering vaak gecombineerd met de toepassing van verkeerslichten, waardoor de effecten van beide maatregelen niet onderscheiden kunnen worden.

McCann noemt de resultaten van een studie naar de veiligheid op een plein in Edinburgh waar zes maanden voor de installatie van een VRI spiraalmarkering werd aangelegd. De verbetering van de veiligheid in die zes maanden noemt hij 'bemoedigend' maar de periode blijkt te kort voor significante resultaten. Nadat de verkeerslichten in werking zijn gekomen werd een vermindering van het aantal letselongevallen met 51% vastgesteld. Bij de beoordeling van deze uitkomsten dienen we te bedenken dat het hier om grote en zeer drukke pleinen gaat met een typisch Engelse vormgeving, zoals trechtersvormige en tangentiaal gerichte toeritten die vlak voor het plein vaak vier rijstroken breed zijn.

Voor tweestrooks pleinen komt deze oplossing uitsluitend in aanmerking voor een rotonde met drie takken. Bij viertaks pleinen zou men over drie rijstroken op het plein moeten beschikken. Alleen al daardoor is uniforme toepassing bij tweestrooks pleinen nauwelijks mogelijk en daarom moeten dit soort uitvoeringen uit veiligheidsoverwegingen worden afgeraden.



In § 6.2 werd er al op gewezen dat de grootste capaciteit wordt bereikt wanneer het toerijnde verkeer beide rijstroken van een toerit gebruikt. Om dit te bevorderen zou men de toerit kunnen indelen met voorsorteer- vakken; via pijlen op het wegdek wordt aangegeven welke rijstrook bij welke rijrichting behoort. Dit lijkt een geschikte oplossing, maar er kunnen ook risico's aan kleven. Indien op de linker rijstrook pijlen staan die (ook) naar links wijzen, bestaat de mogelijkheid dat de ter plaatse onbekende weggebruiker direct bij het oprijden van het plein naar links wil. Bij radiale toeritten is dat in principe goed uitvoerbaar en om deze vorm van 'spookrijden' te voorkomen lijkt het niet verstandig deze pijlen toe te passen. Een goede bewegwijzering, eventueel al ruim voor het plein, is in dat verband veel nuttiger. De weggebruiker weet dan van tevoren welke afrit hij moet nemen en kan de meest geschikte rijstrook kiezen. En de nog twijfelende automobilist kiest veiligheidshalve de rechter rijstrook.

Ten slotte de fietsvoorzieningen. Hiervoor geldt dat wanneer een tweestrooks plein wordt gekozen uit capaciteitsoverwegingen, de verkeersintensiteiten op tenminste een deel van de takken te hoog is voor een gelijkvloerse fiets- en voetgangersoversteek. Geeft men in die situatie het langzame verkeer voorrang dan kunnen er zowel veiligheidsproblemen als capaciteitsproblemen ontstaan, mede afhankelijk van de vraag of fietsers in beide richtingen mogen rijden. Geeft men het autoverkeer voorrang, dan is de oversteekbaarheid slecht en ontstaan er lange wachttijden, die eveneens tot hoger risico kunnen leiden. Een ongelijkvloerse kruising is in dat geval de aangewezen oplossing (zie ook hoofdstuk 3 en 5).

## Literatuur

AVE (1994). *Onderzoek verkeersonveiligheid op tweestrooks pleinen te Maastricht en Venlo; Samenvatting van de resultaten van 5 AVOC-studies*. Adviesburo Verkeersveiligheid Erné B.V.

AVE (1994). *Verkeersonveiligheid op twee-strooks rotondes*. Adviesburo Verkeersveiligheid Erné B.V.

AVE (1996). *Onderzoek naar een veilige vormgeving van fietspaden op rotondes*. Delen ANALYSE en BASISGEGEVENS. Adviesbureau Verkeersveiligheid Erné.

Bovy, P.H. (1991). *Zusammenfassung des schweizerischen Kreisellhandbuchs*. In: *Strasse und Verkehr* 3, maart 1991, p. 129 t/m 139.

Brilon, W. & Stuwe, B. (1993). *Roundabouts in Germany, recent results regarding capacity and safety*. Actes du séminaire international 'Giratoires 92', p. 41-52.

Br de, U. & Larsson, J. (1996). *The safety of cyclists at roundabouts. A comparison between Swedish, Danish and Dutch results*. In: VTI meddelande No. 810 A. 1996. Swedish National Road and Transport Research Institute.

Ern , K.J.B. (1995). *Meer verkeer over de rotonde?* In: *Verkeerskunde* 11, p. 40 t/m 44.

Gambard, J.M. & Alphand, F. (1991). *Les carrefours giratoires: recherches et développements en France*. In: *Strasse und Verkehr* 3, maart 1991, p. 140 t/m 144.

Janssen, S.T.M.C. (1992). *Veiligheid van ongelijkvloerse kruispunten op enkelbaanswegen; Een verslag van een onderzoek voor de Werkgroep 'Ongelijkvloerse kruisingen enkelbaanswegen' van de Stichting Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water en Wegenbouw en de Verkeerstechniek CROW*. R-92-35. SWOV, Leidschendam.

Klaveren, D.R. van (1995). *Tweestrooks rotonden: ook in de provincie Utrecht!* In: *CROW - Verkeerskundige werkdagen* 1995, p. 227 t/m 235.

Lindenmann, H.P. (1995). *Leistungsberechnung f r Kreiselanlagen*. In: *Strasse und Verkehr* 11, p. 555 t/m 560.

McCann, V. (1996). *Spiral lane-markings at roundabouts - a different angle*. In: *Traffic Engineering & Control*, july/august 1996, p. 447-451.

Mansvelder, E.O. (1995). *Tweestrooksrotonde, een praktijkvoorbeeld*. In: *CROW - Verkeerskundige werkdagen* 1995, p. 237 t/m 245.

Minnen, J. van & Braimaister, L.G. (1994). *De voorrangregeling voor fietsers op rotondes met fietspaden; Een studie naar de meest geschikte voorrangregelingen voor rotondes, met speciale aandacht voor de fietsers op vrijliggende fietspaden*. R-94-73. SWOV, Leidschendam.

Minnen, J. van (1995). *Rotondes en voorrangregelingen; Verslag van een drietal onderzoeken: de ontwikkeling van de veiligheid op nieuwe rotondes, het wijzigen van de voorrang op oudere pleinen en de regeling van de voorrang voor fietsers rond rotondes*. R-95-58. SWOV, Leidschendam.

Riedel, H. (1991). *Der Kreisel Warteckplatz, Muttenz*. In: *Strasse und Verkehr* 3, maart 1991, p. 159-160.

Smeets, P.G.A. (1994). *De tweestrooks rotonde - ook in Nederland ?..!* Een onderzoek naar toepassingsmogelijkheden en vormgevingsaspecten. Afstudeerverslag NHTV/CROW Ede, 1994

Webb, P.J. & Taylor, M.C. (1993). *U.K. techniques for predicting roundabout performance*. In: *Actes du séminaire international 'Giratoires 92'*, p. 201-210.

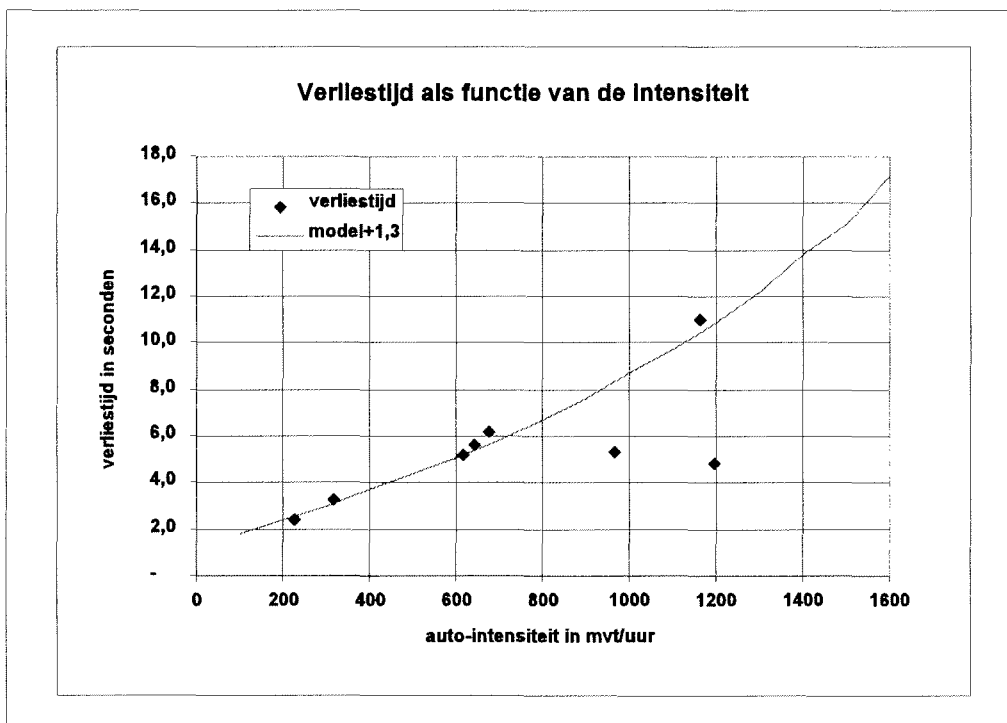


## Bijlage 1

Pleinen waar de voorrang werd gewijzigd								Ongevallen en slachtoffers					
plein nr.	naam	mnd.		ongevallen		slachtoffers		ongev./pleinjaar		slachtoff./pleinjaar		etmaal int. (ca.)	reconstr.
		voor	na	voor	na	voor	na	voor	na	voor	na		
401	Lelystad 1	54	29	93	36	4	4	20,7	14,9	0,89	1,66	30000	belijning
402	Lelystad 2	54	29	6	7	1	1	1,3	2,9	0,22	0,41	10000	belijning
403	Lelystad 3	54	29	47	13	6	3	10,4	5,4	1,33	1,24	15000	belijning
404	Lelystad 4	54	29	35	13	1	3	7,8	5,4	0,22	1,24	10000	belijning
405	Lelystad 5	54	29	45	5	2	0	10,0	2,1	0,44	-	7000	fysiek
406	Lelystad 6	54	29	17	14	4	1	3,8	5,8	0,89	0,41	15000	fysiek
407	Maastricht 1	41	42	107	90	7	7	31,3	25,7	2,05	2,00	35000	nee
408	Maastricht 2	41	42	78	53	4	10	22,8	15,1	1,17	2,86	25000	nee*
409	Maastricht 3	41	42	29	26	2	4	8,5	7,4	0,59	1,14	?	nee
410	Terneuzen 1	58	25	8	3	0	1	1,7	1,4	-	0,48	14000	beperkt
411	Terneuzen 2	58	25	36	18	3	0	7,4	8,6	0,62	-	19000	beperkt
412	Veendam	59	24	33	14	2	1	6,7	7,0	0,41	0,50	>26000	belijn.**
<b>totaal</b>		<b>622</b>	<b>374</b>	<b>534</b>	<b>292</b>	<b>36</b>	<b>35</b>	<b>10,3</b>	<b>9,4</b>	<b>0,69</b>	<b>1,12</b>		
<i>gemiddelde waarden</i>								<i>11,04</i>	<i>8,48</i>	<i>0,74</i>	<i>1,00</i>		
* Maastricht 2: geen reconst., wel VRI op één tak buiten werking gesteld													
** Veendam voorjaar 1995 gereconstrueerd													
		aantallen			per jaar								
Wijze deelname		voor	na	totaal	voor	na	factor						
10 Personenauto		17	12	29	0,33	0,39	1,17						
11 Vrachtauto		0	0	0	-	-							
12 Bestelauto		0	1	1	-	0,03							
13 Bus		0	1	1	-	0,03							
14 Motor/scooter		3	2	5	0,06	0,06	1,11						
15 Bromfiets.snorf.		9	10	19	0,17	0,32	1,85						
16 Fiets		7	8	15	0,14	0,26	1,90						
17 Voetganger		0	1	1	-	0,03							
totaal		36	35	71	0,69	1,12	1,62						

Tabel B1.

Locatie	Intensiteit	Verliestijd	Model+1,3	Model
Woerden1	617			
Losser	315			
Velp	226			
Arnhem	675			
<b>Woerden2</b>	<b>644</b>			
<b>Rosmalen</b>	<b>1195</b>			
<b>Pynacker</b>	<b>967</b>			
<b>Nijmegen</b>	<b>1163</b>			
	100			
	200			
	300			
	400			
	500			
	600			
	700			
	800			
	900			
	1000			
	1100			8,4
	1200			9,6
	1300			10,9
	1400			12,5
	1500			13,8
	1600			15,9



Afbeelding 1. Oude en nieuwe waarnemingen + modeluitkomsten, enkelstrooks.

# Bijlage 2

<b>FIETSERS OP ROTONDES. 51.543.</b>					
<b>OVERSTEEKTIJDEN FIETSERS.</b>					
DATUM :			PERIODE:		
LOKATIE :			TAK :		
WEERSGESTELDHEID :					
<b>INTENSITEITEN AUTOVERKEER. (zelfde tak als oversteek)</b>					
<b>RICHTING</b>	<b>1 KWART</b>	<b>2 KWART</b>	<b>3 KWART</b>	<b>4 KWART</b>	<b>TOTAAL</b>
1 UUR					
TOERIJDEND					
AFRIJDEND					
2 UUR					
TOERIJDEND					
AFRIJDEND					
<b>SITUATIESCHETS ROTONDE.</b>					
<p>The diagram shows a circular roundabout with a central island. Four entry roads approach from the top, left, bottom, and right. Each entry road has a dashed line indicating a lane. The roundabout has four exit roads. The central island is shaded with a stippled pattern. The entry and exit roads are shaded with diagonal lines to indicate traffic flow directions. The diagram is drawn on a grid background.</p>					





## Bijlage 3

Resutataten modelberekeningen					2 rijbanen met elk 1 rijstrook				
Werktabel		oktober	1996		% w1 +				
i1	i2	it	% w1	% w2	w2	tv-gem	tw-gem	% > 30	% > 60
100	0	100	5,80	-	-	0,6	0,1	-	-
50	50	100	2,80	2,8	0,1	0,5	0,1	-	-
200	0	200	11,90	-	-	1,2	0,3	-	-
100	100	200	5,80	5,7	0,3	1,1	0,2	-	-
300	0	300	18,20	-	-	1,9	0,6	-	-
200	100	300	11,90	5,9	0,7	1,7	0,4	-	-
150	150	300	8,80	8,8	0,8	1,7	0,4	-	-
400	0	400	24,70	-	-	2,7	1,1	-	-
300	100	400	18,10	5,8	1,1	2,4	0,7	-	-
200	200	400	11,90	11,9	1,4	2,3	0,6	-	-
500	0	500	31,00	-	-	3,6	1,7	0,1	-
400	100	500	24,80	5,6	1,4	3,3	1,2	-	-
300	200	500	18,20	12,1	2,3	3,1	1,0	-	-
250	250	500	15,10	15,1	2,3	3,0	0,9	-	-
600	0	600	37,50	-	-	4,8	2,4	0,3	-
500	100	600	31,10	5,4	1,6	4,1	1,7	0,1	-
400	200	600	24,70	11,9	3,0	3,9	1,4	0,1	-
300	300	600	18,20	18,2	3,3	3,7	1,2	-	-
700	0	700	43,80	-	-	6,1	3,5	0,9	-
600	100	700	37,50	5,7	2,1	5,2	2,5	0,2	-
500	200	700	31,10	11,5	3,6	4,7	1,9	-	-
400	300	700	24,50	17,9	4,3	4,5	1,6	-	-
350	350	700	21,40	21,4	4,6	4,5	1,7	-	-
800	0	800	50,30	-	-	8,0	5,1	2,4	0,2
700	100	800	43,70	5,7	2,4	6,6	3,5	0,8	-
600	200	800	37,40	12,4	5,0	5,9	2,7	0,2	-
500	300	800	31,20	18,3	5,7	5,5	2,3	0,1	-
400	400	800	24,50	24,7	6,0	5,4	2,1	-	-
900	0	900	56,10	-	-	10,1	6,9	4,7	0,5
800	100	900	50,20	5,6	2,8	8,3	4,9	2,0	0,1
700	200	900	43,80	11,5	5,0	7,2	3,7	0,8	-
600	300	900	37,50	17,7	6,5	6,5	3,0	0,3	-
500	400	900	31,20	24,3	7,6	6,3	2,7	0,2	-
450	450	900	28,10	27,8	7,7	6,3	2,7	0,1	-
1000	0	1000	62,10	-	-	12,7	9,2	7,9	0,9

Tabel B 3.1. (1e deel)

Resutaten modelberekeningen					2 rijbanen met elk 1 rijstrook				
Werktabel		oktober	1996		% w1 +				
i1	i2	it	% w1	% w2	w2	tv-gem	tw-gem	% > 30	% > 60
900	100	1000	56,20	5,9	3,4	10,6	7,0	4,6	0,4
800	200	1000	50,40	12,2	6,3	9,0	5,2	2,2	-
700	300	1000	43,80	17,7	7,5	7,9	4,0	1,0	-
600	400	1000	37,50	24,6	9,3	7,5	3,5	0,5	-
500	500	1000	31,10	30,9	9,4	7,2	3,3	0,3	-
1100	0	1100	68,10	-	-	16,8	13,1	13,9	3,2
1000	100	1100	62,20	6,7	4,5	13,4	9,4	8,0	1,1
900	200	1100	56,00	12,4	7,0	10,9	6,9	3,9	0,3
800	300	1100	50,20	18,4	9,2	9,7	5,5	2,3	0,1
700	400	1100	43,80	24,7	11,1	8,9	4,6	1,1	-
600	500	1100	37,30	31,2	11,5	8,4	4,1	0,6	-
550	550	1100	34,40	33,8	11,5	8,2	3,9	0,5	-
1200	0	1200	73,00	-	-	23,0	19,1	21,7	7,7
1100	100	1200	67,90	6,6	4,7	17,4	13,2	14,1	3,1
1000	200	1200	62,20	12,7	8,1	14,0	9,7	8,4	1,1
900	300	1200	56,20	18,4	10,4	11,9	7,4	4,8	0,4
800	400	1200	50,30	25,5	12,9	10,7	6,1	2,9	0,2
700	500	1200	44,00	30,9	13,4	9,7	5,1	1,3	-
600	600	1200	37,60	37,3	14,0	9,5	4,8	1,1	-
1300	0	1300	78,20	-	-	29,6	25,5	30,4	12,4
1200	100	1300	72,80	5,2	3,6	22,3	18,0	21,4	6,3
1100	200	1300	68,00	11,6	7,7	18,1	13,5	14,4	3,2
1000	300	1300	62,10	19,5	12,5	15,1	10,3	9,1	1,6
900	400	1300	56,30	24,6	14,0	12,8	8,0	5,2	0,4
800	500	1300	50,10	31,7	16,0	11,5	6,5	2,9	0,1
700	600	1300	43,80	37,1	15,9	10,8	5,8	1,7	-
650	650	1300	40,60	40,7	16,6	10,8	5,8	1,8	-
1400	0	1400	83,40	-	-	44,6	40,3	42,9	23,4
1300	100	1400	78,20	5,6	4,4	30,7	26,1	30,5	12,9
1200	200	1400	73,10	12,4	9,3	23,6	18,8	21,7	7,0
1100	300	1400	67,80	18,7	12,9	18,8	13,7	14,5	3,3
1000	400	1400	62,00	24,8	15,3	15,6	10,5	9,0	1,5
900	500	1400	56,50	31,4	17,7	13,8	8,5	5,8	0,4
800	600	1400	50,40	37,2	18,7	12,7	7,5	3,9	0,2
700	700	1400	43,80	44,1	19,4	12,2	6,9	2,8	0,1
1500	0	1500	87,80	-	-	70,3	65,7	55,7	37,4
1400	100	1500	83,20	6,0	5,0	45,3	40,5	42,3	23,2
1300	200	1500	78,60	11,8	9,1	33,8	28,8	32,6	14,8

Tabel B 3.1 (vervolg).

Resutataten modelberekeningen					2 rijbanen met elk 1 rijstrook				
Werktabel		oktober	1996		% w1 +				
i1	i2	it	% w1	% w2	w2	tv-gem	tw-gem	% > 30	% > 60
1200	300	1500	73,30	17,7	13,1	24,6	19,4	22,8	7,7
1100	400	1500	68,00	25,3	17,1	19,7	14,4	15,1	3,5
1000	500	1500	62,00	31,0	19,2	16,6	11,1	9,9	1,3
900	600	1500	56,10	38,2	21,9	14,7	9,1	6,2	0,4
800	700	1500	50,40	43,8	21,7	13,8	8,2	4,2	0,1
750	750	1500	47,20	47,5	22,4	14,0	8,4	4,8	0,2
1600	0	1600	92,10	-	-	128,7	124,0	69,7	55,3
1500	100	1600	88,00	4,4	3,8	71,9	67,1	56,2	38,0
1400	200	1600	83,30	10,7	8,7	45,0	39,8	42,6	23,4
1300	300	1600	78,20	17,9	13,9	31,2	25,8	30,5	12,4
1200	400	1600	73,00	25,3	18,6	24,9	19,3	22,2	7,0
1100	500	1600	67,70	31,3	21,1	20,4	14,7	15,3	3,3
1000	600	1600	62,30	37,5	23,5	17,8	12,0	10,7	1,5
900	700	1600	56,40	44,4	24,9	16,1	10,2	7,2	0,6
800	800	1600	50,00	49,6	24,4	15,4	9,6	6,2	0,3
1700	0	1700	96,10	-	-	305,4	300,5	84,6	76,3
1600	100	1700	91,90	6,5	6,1	132,6	127,4	68,8	54,1
1500	200	1700	88,10	12,9	11,5	73,8	68,4	57,2	38,8
1400	300	1700	83,40	18,3	15,3	46,9	41,3	43,2	23,5
1300	400	1700	78,50	25,2	20,0	32,7	26,9	32,4	13,4
1200	500	1700	73,40	30,6	22,2	25,3	19,4	22,5	6,7
1100	600	1700	67,70	37,2	25,1	21,7	15,6	16,7	3,9
1000	700	1700	62,00	44,2	27,6	19,0	12,9	12,1	1,7
900	800	1700	56,00	49,7	27,7	17,9	11,8	10,0	0,9
850	850	1700	53,30	53,8	29,0	17,8	11,6	9,5	1,0
1600	200	1800	92,20	12,2	11,4	126,6	121,1	69,7	54,7
1500	300	1800	87,80	18,0	15,7	71,3	65,6	55,9	37,4
1400	400	1800	83,10	24,4	20,2	48,5	42,5	43,1	23,8
1300	500	1800	78,10	31,9	25,0	34,0	27,8	32,2	14,0
1200	600	1800	73,00	37,8	27,5	27,4	21,1	24,0	7,8
1100	700	1800	68,00	43,5	29,4	23,3	17,0	18,2	4,5
1000	800	1800	62,30	50,8	31,8	21,2	14,8	14,8	2,4
900	900	1800	56,20	56,3	31,5	20,1	13,7	13,0	1,6
1500	400	1900	87,90	24,2	21,3	75,1	68,9	57,1	38,5
1400	500	1900	83,40	34,3	29,4	47,7	41,2	44,8	24,4
1300	600	1900	78,20	36,6	28,6	35,6	29,2	33,6	14,7
1200	700	1900	73,30	45,0	33,2	28,8	22,1	25,9	8,4
1100	800	1900	67,60	50,5	34,2	25,7	19,0	21,3	5,7

Tabel B 3.1. (vervolg).

Resultaten modelberekeningen					2 rijbanen met elk 1 rijstrook				
Werktabel		oktober	1996		% w1 +				
i1	i2	it	% w1	% w2	w2	tv-gem	tw-gem	% > 30	% > 60
1000	900	1900	62,40	56,0	34,8	23,0	16,3	17,5	2,7
950	950	1900	59,40	58,7	34,6	22,8	16,1	17,0	2,8
1500	500	2000	87,80	31,1	27,3	75,3	68,8	57,3	37,9
1400	600	2000	83,00	37,8	31,6	48,3	41,6	44,4	23,7
1300	700	2000	78,50	42,5	32,9	36,0	29,2	34,9	14,2
1200	800	2000	73,00	50,4	36,9	30,1	23,2	27,8	8,6
1100	900	2000	67,80	55,9	37,7	27,2	20,2	23,7	6,1
1000	1000	2000	62,10	61,9	38,3	25,6	18,7	21,7	4,2
1400	700	2100	83,10	44,7	37,3	48,7	41,7	45,7	24,2
1300	800	2100	78,50	50,0	39,3	40,2	33,1	37,6	17,3
1200	900	2100	73,10	57,9	42,6	33,0	25,8	30,9	10,6
1100	1000	2100	67,70	62,0	41,8	29,4	22,2	27,4	7,0
1050	1050	2100	65,10	66,5	43,8	29,5	22,2	27,3	7,0
1400	800	2200	83,00	51,3	42,6	52,2	44,9	47,9	26,0
1300	900	2200	78,40	56,2	43,9	40,2	32,8	40,0	16,9
1200	1000	2200	73,20	62,9	46,4	35,9	28,4	35,4	12,8
1100	1100	2200	68,00	68,7	47,2	33,5	26,0	33,1	10,0

Tabel B 3.1. (laatste deel).

Rijbaan met twee rijstroken			november 1996									
intensiteiten			met gaptijd van 5 s					met gaptijd van 6 s				
i1	i2	it	% wacht	tv-gem	tw-gem	%	%	% wacht	tv-gem	tw-	% +30	% +60
100	100	200	11,5	1,1	0,3	-	-	16,3	1,6	0,5	-	-
150	50	200	11,7	1,0	0,3	-	-	16,4	1,6	0,6	-	-
150	150	300	17,4	1,8	0,6	-	-	24,0	2,6	1,0	-	-
200	100	300	17,6	1,8	0,6	-	-	24,0	2,6	1,1	-	-
200	200	400	23,4	2,5	1,0	-	-	31,5	3,6	1,7	-	-
250	150	400	23,5	2,5	0,9	-	-	31,4	3,6	1,7	0,1	-
300	100	400	23,7	2,5	0,9	-	-	31,8	3,7	1,7	0,1	-
250	250	500	29,1	3,3	1,4	-	-	38,6	4,8	2,5	0,3	-
300	200	500	29,4	3,3	1,4	-	-	38,6	4,8	2,5	0,3	-
350	150	500	29,7	3,4	1,4	0,1	-	38,7	4,9	2,6	0,4	-
300	300	600	34,8	4,2	2,0	0,1	-	45,1	6,2	3,6	0,9	-
350	250	600	34,9	4,2	2,0	0,2	-	45,0	6,0	3,4	0,6	-
400	200	600	35,2	4,2	2,0	0,1	-	45,2	6,2	3,5	0,8	0,1
350	350	700	40,3	5,2	2,7	0,4	-	51,0	7,7	4,8	1,7	0,1
400	300	700	40,8	5,2	2,7	0,3	-	50,9	7,8	4,9	2,1	0,2
450	250	700	40,9	5,3	2,8	0,3	-	51,4	7,9	5,0	2,0	0,1
500	200	700	41,0	5,3	2,8	0,5	-	51,6	7,9	5,0	2,0	0,1
400	400	800	45,7	6,3	3,6	0,9	-	56,6	9,7	6,5	3,8	0,2
450	350	800	45,7	6,4	3,6	0,9	-	56,9	9,7	6,5	3,8	0,3
500	300	800	45,9	6,4	3,7	0,9	0,1	57,1	9,8	6,6	4,0	0,3
550	250	800	46,3	6,5	3,7	0,9	-	57,6	9,9	6,7	4,1	0,3
600	200	800	46,8	6,8	4,0	1,3	-	57,5	10,1	6,8	4,2	0,3
450	450	900	50,8	7,7	4,7	1,9	0,1	61,8	11,7	8,2	5,9	0,7
500	400	900	50,9	7,7	4,7	1,6	0,1	61,2	11,6	8,1	6,2	0,5
550	350	900	51,2	7,9	4,9	1,9	0,1	61,8	12,1	8,6	6,9	0,9
600	300	900	51,5	8,1	5,0	2,1	0,1	62,4	12,0	8,5	6,4	0,7
650	250	900	52,1	8,2	5,2	2,3	0,1	62,6	12,5	9,0	7,3	1,0
500	500	1000	55,6	9,3	6,0	3,0	0,1	66,4	14,7	11,0	10,2	1,9
600	400	1000	55,9	9,3	6,1	3,2	0,2	66,8	14,4	10,8	9,8	1,4
700	300	1000	56,8	9,9	6,6	3,9	0,3	67,1	15,3	11,7	11,2	2,3
800	200	1000	57,9	10,4	7,1	4,7	0,4	67,9	15,7	11,9	11,8	2,1
550	550	1100	59,8	10,9	7,5	5,0	0,3	71,0	17,5	13,6	14,4	2,8
600	500	1100	60,0	11,0	7,6	5,2	0,4	70,5	17,1	13,3	14,2	2,5
700	400	1100	60,5	11,3	7,8	5,4	0,5	71,0	17,8	13,9	14,9	3,0
800	300	1100	61,7	12,0	8,5	6,6	0,8	71,6	17,9	14,1	14,9	3,3
600	600	1200	64,6	13,6	9,9	8,7	1,2	74,6	21,3	17,3	20,1	5,2
700	500	1200	64,5	13,5	9,9	8,8	1,1	74,8	21,5	17,5	20,1	5,5
800	400	1200	64,9	13,7	10,1	9,0	1,1	75,1	21,9	17,9	20,9	5,9

Tabel B 3.2 (1e deel)

900	300	1200	66,9	15,5	11,8	11,7	2,2	76,1	23,3	19,2	23,0	6,8
650	650	1300	68,3	15,8	12,1	12,0	2,1	77,9	25,7	21,6	26,0	8,7
750	550	1300	68,4	15,8	12,1	11,8	2,2	78,2	26,0	21,8	26,1	8,8
850	450	1300	69,0	16,8	13,0	13,5	2,8	78,4	25,2	21,0	25,5	8,0
950	350	1300	70,3	18,1	14,3	15,4	3,6	79,2	28,2	24,0	28,9	11,1
700	700	1400	72,0	18,8	14,8	16,4	3,8	80,9	30,7	26,4	31,7	12,3
800	600	1400	72,0	19,0	15,0	16,8	3,9	80,7	30,6	26,4	31,7	12,3
900	500	1400	72,5	19,5	15,6	17,5	4,4	81,9	33,6	29,3	34,6	14,9
1000	400	1400	73,7	21,7	17,7	20,6	6,1	82,3	34,3	30,0	35,5	15,4
1100	300	1400	75,6	23,9	19,8	23,2	7,5	83,5	37,5	33,2	38,7	18,0
750	750	1500	75,1	21,2	17,1	20,0	5,1	83,7	37,7	33,3	39,2	18,4
850	650	1500	75,4	22,9	18,8	22,1	6,5	83,8	36,5	32,1	38,8	17,4
950	550	1500	76,2	23,7	19,6	23,6	7,3	84,4	39,7	35,3	41,0	20,0
1050	450	1500	77,5	27,2	23,1	27,3	10,1	84,6	40,5	36,1	41,7	21,5
1150	350	1500	78,7	29,0	24,8	30,0	11,9	86,1	47,3	42,8	46,2	25,2
800	800	1600	78,0	26,1	21,9	26,2	8,9	86,1	45,0	40,5	45,6	24,0
900	700	1600	78,5	26,7	22,5	27,6	9,2	86,0	45,8	41,3	45,1	24,4
1000	600	1600	79,2	29,3	25,0	30,5	12,0	86,8	49,1	44,6	47,7	26,6
1100	500	1600	80,2	30,8	26,5	32,3	13,1	87,5	52,3	47,8	50,2	29,0
1200	400	1600	81,9	35,4	31,1	36,5	16,6	88,4	56,0	51,4	53,3	31,7

Tabel B 3.2 (laatste deel).