

Rotondes en voorrangsregelingen

Verlag 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

J. van Minnen

Leidschendam, 1995

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-95-58
Titel:	Rotondes en voorrangregelingen
Ondertitel:	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
Auteur(s):	J. van Minnen
Onderzoeksmanager:	Ir. S.T.M.C. Janssen
Projectnummer SWOV:	55.354
Projectcode opdrachtgever:	HVVL 95.115
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 (AVV) van Rijkswaterstaat. Projectbegeleiders bij AVV: ing. P. Van Vliet en mw. M.G.A. Storm.
Trefwoorden:	Traffic regulations, priority (traffic), cyclist, cycle track, roundabout, safety, traffic flow, standardization, evaluation (assessment), specifications, Netherlands.
Projectinhoud:	Dit rapport doet 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.
Aantal pagina's:	42 pp. + 19 pp.
Prijs:	f 25,-
Uitgave:	SWOV, Leidschendam, 1995

Samenvatting

Er is onderzoek verricht naar drie onderwerpen die betrekking hebben op de veiligheid van rotondes.

Het eerste onderwerp betreft de *ontwikkeling van de veiligheid op langere termijn*. Resultaten van een eerder onderzoek wekten de indruk dat na verloop van tijd het aantal slachtoffers op rotondes weer toenam. Met dit nieuwe onderzoek, waarin de ongevalshistorie van circa 200 pleinen werd uitgebreid met de jaren 1992 t/m 1994, is aangetoond dat de veiligheid op langere termijn zeker niet afneemt.

De uitbreiding van de eerder uitgevoerde ongevallenstudie toont opnieuw aan dat vervanging van een kruising door een rotonde zowel het aantal als de ernst van de ongevallen sterk vermindert. Ook de vervanging van een kruising met verkeerslichten door een rotonde levert positieve resultaten op. Nog duidelijker dan in het vorige onderzoek wordt aangetoond dat bijna altijd, en zeker op de wat drukker pleinen, een vrijliggend fietspad een veiliger oplossing is dan een fietsstrook of geen fietsvoorziening.

Het tweede onderwerp betreft de *regeling van de voorrang voor het fietsverkeer op vrijliggende fietspaden rond rotondes*. In aansluiting op een onderzoek in 1994 is de onveiligheid op 17 pleinen met fietsers in de voorrang vergeleken met die op 62 pleinen waar de fietsers geen voorrang hebben. Opnieuw is vastgesteld dat op de pleinen met fietsers in de voorrang gemiddeld meer ongevallen en slachtoffers werden geregistreerd. Meer dan 90% van deze slachtoffers betroffen fietsers en bromfietsers.

De grote variatie in aantallen slachtoffers op deze rotondes is een aanwijzing dat de uitvoering en vormgeving van het plein bij deze voorrangregeling een grote invloed op de veiligheid kunnen hebben.

Behalve aan de veiligheid is in deze studie ook aandacht besteed aan de invloed van de voorrangregeling voor fietsers op de capaciteit van het plein voor autoverkeer. Fietsers in de voorrang hebben inderdaad een nadelige invloed op die capaciteit, maar dat heeft pas betekenis bij zeer drukke pleinen met ook veel fietsverkeer.

Het derde onderwerp heeft betrekking op de *wijziging van de voorrang op bestaande oudere en meestal wat grotere rotondes*. Ongevallenstudies op pleinen waar de voorrang werd gewijzigd, al of niet in combinatie met (beperkte) reconstructies, leveren een wisselend beeld. De aantallen ongevallen nemen steeds af maar de aantallen slachtoffers nemen soms toe en dat betreft meestal fietsers en bromfietsers.

Geraadpleegde deskundigen zijn bijna unaniem van mening dat voorrangswijziging gepaard zou moeten gaan met een reconstructie van het plein in de zin van radiale toeritten, geringere afrondingen en vaak versmalling van de rijbanen.

Een analyse van de problematiek, waarbij ook de gewenste uniformiteit is betrokken, leidt tot de aanbeveling op korte termijn op alle pleinen de voorrang voor het pleinverkeer in te stellen, mits tegelijkertijd wordt gezorgd voor een veilige oplossing voor het fietsverkeer. Afhankelijk van de verkeersintensiteiten en de mogelijkheden ter plaatse komen daarvoor vrijliggende fietspaden, ongelijkvloerse oplossingen of alternatieve fietsroutes in aanmerking.

Een volledige reconstructie van het plein wordt aanbevolen, maar om vertraging van de voorrangswijziging te voorkomen, zou dat ook in een later stadium kunnen.

Summary

Roundabouts and the priority rule

Research has been conducted into three subjects that relate to the safety of roundabouts.

The first subject concerns the *development of safety in the long term*.

The results of a previous study gave the impression that, after some time, the number of road accident victims on roundabouts was again increasing. This new study, in which the accident history of about 200 roundabouts was expanded by the years 1992 to 1994 inclusive, shows that safety is certainly not declining in the long term.

The expansion of the previously performed accident study again shows that replacement of an intersection by a roundabout reduces both the number and the severity of accidents. Also, the replacement of an intersection controlled by traffic lights by a roundabout leads to positive results. The study demonstrates, even more clearly than the previous study did, that - certainly on the somewhat busier roundabouts - a separate cycle path is almost always a safer solution than a cycle lane on the carriageway or the absence of a cycle facility. The second subject concerns the *regulation of priority for cycle traffic on separate cycle paths around roundabouts*. In follow up to a study conducted in 1994, the road hazard on 17 roundabouts where cyclists have priority was compared with the road hazard on 62 roundabouts where cyclists do not have right of way. Again, it was determined that more accidents and road accident victims were registered, on average, on those roundabouts where cyclists had right of way. More than 90% of these victims related to cyclists and moped riders. The large variation in the number of road accident victims on these roundabouts represents an indication that the design and organisation of the roundabout could have a major influence on safety where this priority rule applies. Apart from considering safety, this study also devotes attention to how the priority rule for cyclists influences the capacity of the roundabout for motorised traffic. Cyclists who have priority indeed exert a deleterious effect on that capacity, but this is only of significance with very busy roundabouts that carry a large volume of cycle traffic.

The third subject relates to the *change in the priority rule for existing roundabouts that are older and generally somewhat larger*. Accident studies on roundabouts where the priority rule was amended, whether or not in combination with (limited) reconstruction, offer a conflicting impression. The number of accidents continues to fall, while the number of road accident victims sometimes increases - and this generally relates to cyclists and moped riders.

Experts that have been consulted on this matter tend to be unanimous in their opinion that the priority rule should be linked to a reconstruction of the roundabout in the sense of radially-oriented approach roads, tighter curves and often narrowing of the carriageways.

An analysis of the problem, which also involves the desired uniformity, led to the recommendation to impose priority for traffic on the roundabouts for all roundabouts in the short term, provided that a safe solution for cycle traffic is ensured at the same time. Depending on traffic intensities and the local possibilities, these will be in the form of separate cycle paths, flyover solutions or alternative cycle roads.

A full reconstruction of the roundabout is recommended, but in order to prevent a delay in the priority rule amendment, this could also be done at a later stage.

Inhoud

1.	<i>Inleiding</i>	6
2.	<i>De ontwikkeling van de veiligheid op langere termijn</i>	8
2.1.	Doel en opzet van de studie	8
2.2.	De uitvoering van het onderzoek	9
2.2.1.	Informatie van de wegbeheerder	9
2.2.2.	Ongevallengegevens	10
2.2.3.	Bewerking gegevens	10
2.3.	Bespreking van de resultaten	11
2.3.1.	Alle pleinen samen	11
2.3.2.	Ontwikkeling naar type fietsvoorziening	12
2.3.3.	Vergelijking voor en na	13
2.3.4.	Relatie tussen veiligheid en intensiteiten	14
2.4.	Samenvatting en conclusies	18
3.	<i>De voorrangsregeling voor fietsers</i>	20
3.1.	Inleiding en discussie	20
3.2.	Doel en opzet van het onderzoek	21
3.3.	Uitvoering van het onderzoek	22
3.3.1.	De veiligheid	22
3.3.2.	De capaciteit	23
3.4.	Bespreking van de resultaten	23
3.4.1.	De veiligheid	23
3.4.2.	De capaciteit	25
3.4.3.	Fietsers op vrijliggend fietspad	27
4.	<i>Regeling van de voorrang op oudere pleinen</i>	30
4.1.	Inleiding en discussie	30
4.2.	Opzet van het onderzoek	31
4.2.1.	Ongevallenstudies	31
4.2.2.	Overig onderzoek	31
4.3.	Uitvoering van het onderzoek	31
4.3.1.	Ongevallenstudies	31
4.3.2.	Overig onderzoek	32
4.4.	Bespreking van de resultaten	33
4.4.1.	De ongevallenstudies	33
4.4.2.	Overig onderzoek	34
5.	<i>Samenvatting, conclusies en aanbevelingen</i>	39
5.1.	De veiligheid van nieuwe rotondes	39
5.2.	De voorrangsregeling voor fietsers	40
5.3.	Regeling van de voorrang op oudere pleinen	40
	<i>Literatuur</i>	42
	<i>Tabellen 1 t/m 11</i>	43
	<i>Afbeeldingen 1 t/m 5</i>	55
	<i>Bijlage: Enquêteformulier voor wegbeheerders</i>	61

1. Inleiding

Sinds de opkomst van de nieuwe rotondes in de jaren tachtig is door ervaring en onderzoek de kennis over de veiligheid en de toepassingsmogelijkheden van rotondes aanzienlijk toegenomen. Maar voor een goede onderbouwing van het beleid bleek de kennis van bepaalde facetten nog niet of onvoldoende aanwezig en was er behoefte aan aanvullend onderzoek. De Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat (AVV) heeft daarom de SWOV opdracht gegeven een drietal onderwerpen nader te onderzoeken. Deze onderwerpen hadden betrekking op de ontwikkeling van de veiligheid op rotondes op langere termijn en op de voorrangsregelingen op en rond de pleinen.

De ongevalstudies van 1990 (Van Minnen, 1990) en 1993 (Schoon & van Minnen, 1993) hebben duidelijk aangetoond welke mate van veiligheid met deze kruispuntoplossing kan worden bereikt. Maar in de laatstgenoemde studie kwam naar voren dat het niet helemaal zeker is of die mate van veiligheid ook van blijvende aard is, want met name de ontwikkeling van de aantallen slachtoffers gaf enige reden tot twijfel. Maar als gevolg van de betrekkelijk geringe aantallen en de nog korte historie was het niet mogelijk deze trend met zekerheid vast te stellen.

Op dit moment is het mogelijk de ongevalshistorie met drie jaar uit te breiden, zodat een eventuele trendmatige ontwikkeling met meer zekerheid kan worden vastgesteld. Een onderzoek daarnaar is het eerste onderwerp van deze studie en daarover wordt in hoofdstuk 2 gerapporteerd.

Een tweede onderwerp betreft de regeling van de voorrang voor fietsers op vrijliggende fietspaden rond rotondes. Tot voor enkele jaren was dit nauwelijks een onderwerp van discussie; bij de aanleg van dit type plein werd bijna zonder uitzondering gekozen voor de oplossing waarbij de fietsers voorrang dienen te geven aan het autoverkeer. Vanaf 1991 evenwel, verschenen er pleinen waar fietsers 'in de voorrang werden gezet' of werd op bestaande pleinen de voorrangsregeling in die zin gewijzigd. Als belangrijkste motief werd het bevorderen van het fietsverkeer aangevoerd. Eind 1994 is een beknopte studie naar de veiligheid van deze voorrangsregeling uitgevoerd (van Minnen & Braimaster, 1994). In deze studie werd onder meer de feitelijk geregistreerde onveiligheid op deze pleinen vergeleken met die waar fietsers geen voorrang hebben. Maar de gegevens van pleinen met fietsers in de voorrang waren beperkt en hadden betrekking op de letselongevallen van negen pleinen over een periode van gemiddeld nog geen twee jaar.

Bij de herhaling van deze studie kon het aantal pleinen worden uitgebreid, de ongevalshistorie met een half jaar worden verlengd en konden ook de ongevallen met uitsluitend materiële schade (UMS-ongevallen) in de vergelijking worden betrokken. Bovendien is op verzoek van de opdrachtgever aandacht besteed aan de invloed van de voorrangsregeling op de capaciteit van rotondes. Het onderzoek naar de voorrangsregeling van fietsers is in hoofdstuk 3 gerapporteerd.

Het laatste onderwerp heeft betrekking op de regeling van de voorrang op oudere pleinen (aangelegd voor 1985). Naarmate het aantal nieuwe rotondes toeneemt, wordt steeds vaker de vraag gesteld of het uit een oogpunt van uniformiteit niet gewenst is dat ook op de oudere pleinen de

voorrang aan het verkeer op het plein wordt gegeven. Belangrijk discussiepunt daarbij is de vraag of het wijzigen van de voorrang altijd gepaard dient te gaan met een reconstructie van het plein, zodat de vormgeving in overeenstemming is met de voorrangsregeling. Het onderzoek naar deze problematiek is beschreven in hoofdstuk 4.

Bij een bespreking van de eerste resultaten met de opdrachtgever werd gevraagd om aanvullende informatie over de veiligheid van rotondes, waarvoor gebruik gemaakt zou kunnen worden van de gegevens die voor het trendonderzoek waren verzameld. Bovendien leek het nuttig de ongevalgegevens van het voorrangsonderzoek op oudere pleinen nog eens te verifiëren, gelet op de toch wel wat onverwachte uitkomsten. Beide wensen resulteerden in een aanvullende opdracht, waarvan de resultaten in dit rapport zijn opgenomen.

2. De ontwikkeling van de veiligheid op langere termijn

2.1. Doel en opzet van de studie

Bij een eerder verricht onderzoek naar de veiligheid van rotondes (Schoon & van Minnen, 1993) is onder andere nagegaan hoe de onveiligheid op nieuwe rotondes zich in de loop van de tijd ontwikkelt. Op p. 34 en in *Tabel 19* van het genoemde rapport is de ontwikkeling van de aantallen ongevallen weergegeven over een periode van maximaal vier jaar. Die ontwikkeling bleek redelijk stabiel en gaf geen aanleiding tot ongerustheid. De ontwikkeling van de geregistreerde aantallen slachtoffers kon worden weergegeven over een periode van maximaal drie jaar (p. 35 en *Tabel 19s*). Die ontwikkeling was anders en vooral het tweede jaar liet een duidelijke toename van de aantallen slachtoffers zien. De vraag werd gesteld of de verbetering van de veiligheid na verloop van tijd geheel of gedeeltelijk zou verdwijnen en de winst in de eerste plaats gezien moest worden als een inschakelverschijnsel. Maar de lichte verbetering in het derde jaar leek die verklaring weer tegen te spreken.

Het aantal pleinen waarvan de ontwikkeling over verscheidene jaren gevolgd kon worden was echter te klein om conclusies te trekken. Het werd niet uitgesloten dat de geconstateerde ontwikkeling het gevolg was van toevallige fluctuaties. Een nader onderzoek naar de ontwikkeling op de wat langere termijn werd daarom aanbevolen.

Het doel van dit onderzoek kan daarom als volgt worden geformuleerd:
Aan de hand van de geregistreerde ongevallen en slachtoffers op een groot aantal nieuwe rotondes nagaan of de aanvankelijk vastgestelde grote verbetering van de veiligheid al of niet een permanent karakter heeft.

Bij de aanvang van deze studie was het mogelijk nog eens drie jaar aan de ongevalshistorie van de betreffende pleinen toe te voegen. Daardoor kan van een veel groter aantal pleinen de ontwikkeling over drie of meer jaren worden beoordeeld. Dat grotere aantal biedt tevens de mogelijkheid onderscheid te maken naar type fietsvoorziening, wellicht van belang omdat uit eerder onderzoek is gebleken dat het type fietsvoorziening invloed heeft op de veiligheid van de rotonde.

Voor een zo zuiver mogelijk beeld van de trendmatige ontwikkeling is het gewenst dat de pleinen waar in de afgelopen jaren een belangrijke reconstructie plaats vond, buiten het onderzoek blijven. In dit verband zijn vooral de wijzigingen van fietsvoorziening van belang, voor zover die van invloed is op de veiligheid, dus op de wat drukkere pleinen.

Ten opzichte van het vorige onderzoek is de aanpak nog op twee onderdelen gewijzigd. Anders dan toen worden in de beoordeling van de trendmatige ontwikkeling nu ook de pleinen meegenomen waar in de betreffende periode geen enkel ongeval heeft plaats gevonden, respectievelijk geen slachtoffer is gevallen. Daardoor is niet alleen de vergelijking tussen opeenvolgende jaren binnen één 'jaargang' mogelijk, maar kunnen de jaargangen ook onderling worden vergeleken (met jaargang wordt in dit geval bedoeld alle pleinen die binnen eenzelfde jaar zijn gerealiseerd). Eveneens

om die vergelijkbaarheid te verbeteren is nu de onveiligheid per kalenderjaar weergegeven en niet per geheel jaar na het in gebruik nemen van de rotonde.

Voor de uitvoering van deze studie is de volgende opzet gekozen.

Er wordt gebruik gemaakt van de nog beschikbare informatie van de oorspronkelijke verzameling van 200 pleinen. Deze informatie heeft betrekking op zowel pleinkenmerken als ongevalgegevens over de jaren 1984 t/m 1991.

Bij de betreffende wegbeheerders wordt geïnformeerd op welke van de drukkere pleinen de fietsvoorziening is gewijzigd dan wel een andere belangrijke reconstructie heeft plaatsgevonden. In dit verband worden alle pleinen met meer dan 8.000 passerende auto's per etmaal tot de drukkere pleinen gerekend. De pleinen met belangrijke wijzigingen worden uit het onderzoeksbestand verwijderd.

Aan de hoofdafdeling Basisgegevens van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV/BG) wordt gevraagd de ongevalgegevens te leveren van alle onderzoekspleinen over de jaren 1992 t/m 1994.

De pleinen worden nu verdeeld naar jaargang en naar fietsvoorziening en de ontwikkeling van de onveiligheid wordt weergegeven in aantallen ongevallen en aantallen slachtoffers per kalenderjaar.

Ter verduidelijking worden nog enkele bewerkingen uitgevoerd zoals het omrekenen van de onveiligheid in aantallen per pleinjaar en het samenvoegen van verschillende jaargangen over de jaren die ze gemeenschappelijk hebben.

Uit de aldus gepresenteerde ontwikkelingen wordt afgeleid of er voor het totaal of voor bepaalde pleintypen sprake is van een trendmatige ontwikkeling en zo ja, in welke richting die ontwikkeling zich manifesteert.

De toegevoegde ongevalgegevens over de meest recente jaren maken het in principe mogelijk om ten minste een deel van de studie van 1993 te herhalen. Voor een beperkte selectie van pleinkenmerken, met name de intensiteitsgegevens, kan de relatie met de onveiligheid opnieuw worden vastgesteld.

Koppeling met de ongevalgegevens uit de voorperiode maakt het mogelijk ook een deel van de voor/na-studie te herhalen, waardoor de verbetering van de veiligheid door aanleg van een rotonde nog wat nauwkeuriger kan worden vastgesteld.

2.2. De uitvoering van het onderzoek

2.2.1. Informatie van de wegbeheerder

In eerste instantie werden de wegbeheerders geselecteerd van de pleinen met intensiteiten boven 8.000 auto's per etmaal. Aan deze wegbeheerders werd een enquêteformulier toegestuurd om te weten te komen welke pleinen in de afgelopen jaren werden gereconstrueerd (zie *Bijlage*). Van de gelegenheid werd gebruik gemaakt om in het formulier tevens een vraag op te nemen over de aanwezigheid van rotondes met vrijliggende fietspaden waarop de fietsers voorrang hebben op het autoverkeer (zie hoofdstuk 3).

Uit deze enquête kwam naar voren dat op twee pleinen de fietsstroken waren verwijderd en vervangen door vrijliggende fietspaden (Wassenaar en Ambt Delden). In beide gevallen naar aanleiding van een ongeval met dodelijke afloop op het betreffende plein.

Bij twee andere pleinen was de voorrangsregeling voor de fietsers gewijzigd (Hengelo). De oorspronkelijk gemengde regeling, waarbij fietsers wel voorrang hadden op het toerijgende autoverkeer maar niet op het afrijdende verkeer, werd vervangen door een regeling waarbij de fietsers volledig voorrang kregen op het autoverkeer.

Deze vier pleinen werden uit de verzameling verwijderd waarna er 196 resteerden voor het onderzoek.

2.2.2. *Ongevallengegevens*

Aan AVV/BG werd aan de hand van de lijst met de pleinen gevraagd om de bijbehorende knooppuntnummers op te zoeken of te verifiëren. Daarbij diende rekening gehouden te worden met het gegeven dat het aantal knooppunten dat op eenzelfde plein betrekking heeft kan variëren tussen één en twaalf. Bovendien kunnen bij de reconstructie van een kruispunt of op een ander moment binnen de onderzoeksperiode knooppuntnummers vervallen en door andere nummers vervangen zijn. Ook daarop zijn alle locaties onderzocht.

Daarna zijn de bijbehorende ongevallengegevens over de jaren 1992 t/m 1994 geselecteerd en geleverd in SX 88-formaat op CD, samen met de voor de beide andere onderzoeken benodigde gegevens (zie hoofdstukken 3 en 4).

2.2.3. *Bewerking gegevens*

De nieuwe ongevallengegevens werden samen met de reeds beschikbare tot één bestand verwerkt. De pleinen werden ingedeeld naar bouwjaar ('jaargang') en naar type fietsvoorziening. Per jaargang werden de jaarlijkse aantallen ongevallen en slachtoffers berekend, zowel voor het gehele rotonde-bestand als voor de indeling naar de drie fietsvoorzieningen. De aantallen ongevallen en slachtoffers werden verder nog gerelateerd aan de aantallen pleinen van de betreffende jaargang zodat ook tussen verschillende jaargangen vergelijkingen mogelijk zijn.

Ten slotte werden de aantallen ongevallen en slachtoffers van de verschillende jaargangen samengevoegd voor de gemeenschappelijke kalenderjaren.

Voor het opnieuw vaststellen van de verbetering van de onveiligheid door aanleg van een rotonde werden diverse berekeningen uitgevoerd, betrekking hebbend op:

- de ernst van het ongeval, respectievelijk van het letsel
- de situering van het plein
- de verkeersregeling op het kruispunt in de voorsituatie
- de bij ongevallen betrokken objecten
- de wijze van verkeersdeelname van de slachtoffers
- de fietsvoorzieningen in voor- en nasituatie

Om opnieuw de relatie tussen intensiteiten en verkeersveiligheid vast te kunnen stellen, werden verschillende berekeningen uitgevoerd op de

aantallen ongevallen en aantallen slachtoffers. In alle gevallen is onderscheid gemaakt naar de drie typen fietsvoorziening.

Voor de relatie met de auto-intensiteit werden alle pleinen ingedeeld naar intensiteitsklasse. De klassen werden zo gekozen dat er per klasse voldoende pleinen waren om redelijk betrouwbare uitkomsten te verkrijgen. Voor de pleinen zonder fietsvoorzieningen werden drie klassen gecreëerd, pleinen met fietsstrook werden in zes klassen opgedeeld en de pleinen met fietspad in vijf klassen. De onveiligheid werd berekend in de vorm van aantallen ongevallen en slachtoffers per pleinjaar, waarbij de aantallen slachtoffers onder fietsers en bromfietzers ook nog afzonderlijk werden vastgesteld.

Opnieuw werd de relatie tussen onveiligheid en de *combinatie* van auto- en fietsintensiteit uitgerekend, gebaseerd op die pleinen waarvan zowel de auto- als de fietsintensiteit bekend was. Ook in dit geval is met intensiteitsklassen gewerkt, per type fietsvoorziening zes of negen combinaties, rekening houdend met de hoeveelheid beschikbare informatie.

Tot slot is de relatie tussen onveiligheid en de verhouding van de intensiteiten in hoofd- en dwarsrichting opnieuw berekend, gebruik makend van die pleinen waarvan beide intensiteiten bekend waren. Voor elk type fietsvoorziening werden de intensiteitsverhoudingen in drie klassen ingedeeld.

2.3. Bespreking van de resultaten

2.3.1. *Alle pleinen samen*

De ontwikkeling van de onveiligheid, uitgedrukt in aantallen ongevallen, is weergegeven in *Tabel 1*. De aantallen hebben betrekking op alle geregistreerde ongevallen, inclusief die met uitsluitend materiële schade, in totaal 1.900 ongevallen op 196 pleinen.

Aantallen ongevallen, in absolute zin en gemiddeld per plein, zijn per kalenderjaar weergegeven. De pleinen zijn gegroepeerd naar 'jaargangen', dat is naar jaar van ingebruikneming, in de eerste kolom aangeduid met 'leeftijd'. Om aanloopverschijnselen zo veel mogelijk buiten beeld te houden zijn de eerste drie maanden na opening van het plein buiten beschouwing gebleven. Een leeftijd van drie jaar betekent daarom (op dit moment) dat het plein gereed kwam in de periode oktober 1990 t/m september 1991, enzovoort.

Omdat het aantal pleinen met een ongevalshistorie van meer dan zes jaar erg klein is, kunnen voor die jaargangen geen conclusies worden getrokken. Bij de overige jaargangen zien we dat de aantallen ongevallen in de meeste gevallen een licht dalende tendens vertonen. Deze ontwikkeling is in overeenstemming met het beeld dat bij de studie van 1993 werd verkregen. Wanneer we de verschillende jaargangen onderling vergelijken via de waarden in de laatste kolom, dan zien we dat de verschillen betrekkelijk klein zijn. De zeven en acht jaar oude pleinen vallen wel uit de toon maar dat kan geweten worden aan de geringe aantallen pleinen, waardoor toevallige verschillen in intensiteit en fietsoplossing grote afwijkingen kunnen veroorzaken.

In het tweede deel van de tabel zijn jaargangen samengevoegd en beoordeeld op de uitkomsten in de gemeenschappelijke kalenderjaren. Door de grotere aantallen pleinen per regel ontstaat nu een nog wat stabiel beeld en dat bevestigt de eerder genoemde dalende tendens.

Op dezelfde wijze als bij de aantallen ongevallen is in *Tabel 2* het verloop van de aantallen slachtoffers (gewonden + doden) weergegeven, waarvan er in totaal 288 werden geregistreerd. Als gevolg van de kleinere aantallen zijn de fluctuaties in dit geval wat groter. Maar ook hier kan worden vastgesteld dat er in het algemeen geen ongunstige ontwikkeling valt te constateren, waarbij de uitkomsten van de samengestelde jaargangen het duidelijkste beeld geven. De ontwikkeling op de pleinen van zes jaar en ouder lijkt in 1994 een sterke toename te vertonen. Maar dat verschijnsel wordt bijna volledig verklaard door een uitzonderlijk ongeval op één van de betrokken rotondes in dat jaar. Een wagen met jongeren achter een trekker kantelde op het plein, waardoor dat ene ongeval zeven gewonden tot gevolg had.

De aanwijzing uit de vorige studie dat de aantallen slachtoffers in de loop der jaren wel eens zouden kunnen toenemen, wordt door de uitkomsten van deze studie zeker niet bevestigd.

Ook bij de vergelijking van de jaargangen onderling in de laatste kolom zien we dat de verschillen niet erg groot zijn wanneer we de zeven en acht jaar oude pleinen buiten beschouwing laten.

2.3.2. *Ontwikkeling naar type fietsvoorziening*

In de *Tabellen 3, 4 en 5* zijn gelijksoortige gegevens als in de hiervoor besproken tabellen opgenomen, maar nu afzonderlijk voor elk type fietsvoorziening. Hier geldt nog sterker dat door kleine aantallen de toevallige fluctuaties betrekkelijk groot kunnen zijn.

Op de 23 pleinen waar *geen* fietsvoorziening aanwezig is, is zowel bij de ongevallen als bij de slachtoffers geen duidelijke trend waarneembaar. De verschillen tussen de jaargangen lijken nu betrekkelijk groot, maar rekening houdend met de geringe aantallen zullen die niet of nauwelijks significant zijn. Het verschil tussen de pleinen van vijf en zes jaar oud zal voor een deel aan verschillen in auto- en fietsintensiteiten toegeschreven kunnen worden.

Ook op de pleinen met een *fietsstrook*, waarvan er 111 in dit onderzoek waren betrokken, is geen duidelijke trend waarneembaar. De wat uitzonderlijke waarde bij de aantallen slachtoffers in 1994 op de pleinen van zes jaar is vooral het gevolg van het eerder genoemde bijzondere ongeval. Bij vergelijking van de jaargangen bestaat de indruk dat de jongste pleinen zowel in aantallen ongevallen als aantallen slachtoffers wat gunstiger scoren. Dit zou het gevolg kunnen zijn van lagere gemiddelde intensiteiten maar dat blijkt uitsluitend op de aantallen fietsers van toepassing te zijn. Bij het acht jaar oude plein is er sprake van zeer hoge auto- en fietsintensiteiten, circa 21.000 respectievelijk 7.500 per etmaal. Dit kan de relatief ongunstige score voor een deel verklaren.

De ontwikkeling op de 62 pleinen met *fietspad* is in het algemeen redelijk - stabiel. Alleen bij de aantallen ongevallen valt in enkele jaargangen een licht dalende trend te ontdekken.

De vier jaar oude pleinen blijken zowel in aantallen ongevallen als in aantallen slachtoffers relatief gunstig te scoren. De gemiddelde intensiteiten van deze jaargang wijken echter niet belangrijk af van de andere jaargangen.

2.3.3. *Vergelijking voor en na*

De vergelijking voor een drietal kenmerken is opgenomen in *Tabel 6*. Het bovenste deel heeft betrekking op aantallen ongevallen, het onderste deel op de aantallen slachtoffers.

De uitkomsten die betrekking hebben op de ernst van een ongeval en het letsel van slachtoffers zijn hieronder samengevat. De uitkomsten van de studie 1993 zijn tussen haakjes vermeld.

Ernst ongeval		Ernst letsel	
Dodelijk	0,06 (0,21)	Dood	0,07 (0,24)
Letsel	0,28 (0,34)	Ziekenhuis	0,20 (0,19)
UMS	0,47 (0,54)	Overig	0,27 (0,32)
Totaal	0,43 (0,49)	Totaal	0,24 (0,28)

Bij deze vergelijkingen gaat het om *ongecorrigeerde* waarden; de algemene trend van ongevallen en slachtoffers op kruispunten is hierin niet verdisconteerd. Bij het onderzoek van 1993 is vastgesteld dat er rekening gehouden moest worden met een daling van ruim 6% voor alle geregistreerde ongevallen en ongeveer 13% voor de ongevallen met dodelijke afloop. Voor letselongevallen en aantallen slachtoffers bleek geen correctie nodig.

Nieuwe correctiefactoren werden niet berekend, maar gezien de recente ontwikkelingen is het aannemelijk dat de nu te hanteren correctiepercentages iets hoger zullen uitvallen. Ook voor de geregistreerde aantallen slachtoffers zou nu met een kleine correctie rekening gehouden moeten worden.

De in het algemeen wat gunstiger uitkomsten dan in de vorige studie kunnen echter niet volledig hierdoor worden verklaard. Hier vinden we de overwegend gunstige trend terug die in de vorige paragraaf aan de orde is gesteld.

Het overzicht geeft een wat vertekend beeld waar het de opmerkelijke verbetering bij de aantallen doden en dodelijke ongevallen betreft. Uit de het oorspronkelijke bestand van 181 pleinen zijn er onder andere twee verwijderd waar de fietsvoorziening is gewijzigd na een dodelijk ongeval. In dat opzicht wordt nu een te gunstig beeld geschetst. Anderzijds is het toch positief te noemen wanneer uit de vergelijking van beide studies volgt dat op de 177 pleinen gedurende een periode van drie jaar (1972 t/m 1974) slechts één dodelijk ongeval heeft plaatsgevonden.

Kijken we naar de situering van de pleinen (*Tabel 6*), dan blijkt opnieuw dat op de locaties op de grens van de bebouwde kom de gunstigste resultaten werden bereikt. Gunstiger uitkomsten bij de aantallen slachtoffers op pleinen buiten de bebouwde kom en op de grens hoeven geen toeval te zijn. Het is te verwachten dat juist daar de rotonde de grootste snelheidsvermindering teweegbrengt en daardoor de ernst van ongevallen doet afnemen.

Een verbetering van de veiligheid door aanleg van een rotonde wordt steeds bereikt, ongeacht de verkeersregeling in de voorsituatie. Ook bij de negen pleinen die als vervanging van een verkeersregelininstallatie (VRI) werden

aangelegd, is nu een wat duidelijker positief effect vastgesteld. Daarbij moeten we bedenken dat het hier bijna altijd om drukker locaties gaat. Daar zou een vrijliggend fietspad rond het plein de aangewezen oplossing zijn maar die oplossing werd niet overal toegepast.

Ten slotte is ook de relatie tussen de fietsvoorzieningen en de verbetering van de veiligheid opnieuw bekeken. Daarbij is gelet op het type voorziening in de oude (kruispunt)situatie en in de rotonde-situatie. De resultaten zijn weergegeven in onderstaand overzicht.

Fietsvoorziening		Verhouding na-/voorperiode			Aantal
Kruispunt	Rotonde	Ongevallen	Slachtoffers totaal	(brom)fiets	locaties
Geen	Geen	0,53	0,29	0,50	15
	Strook	0,40	0,27	0,46	35
	Pad	0,39	0,09	0,00	8
Strook	Strook	0,44	0,40	0,69	20
Pad e.d.	Geen	0,67	0,73	0,87	3
	Strook	0,44	0,33	0,61	48
	Pad	0,44	0,09	0,11	49
Totaal		0,49	0,24	0,45	178

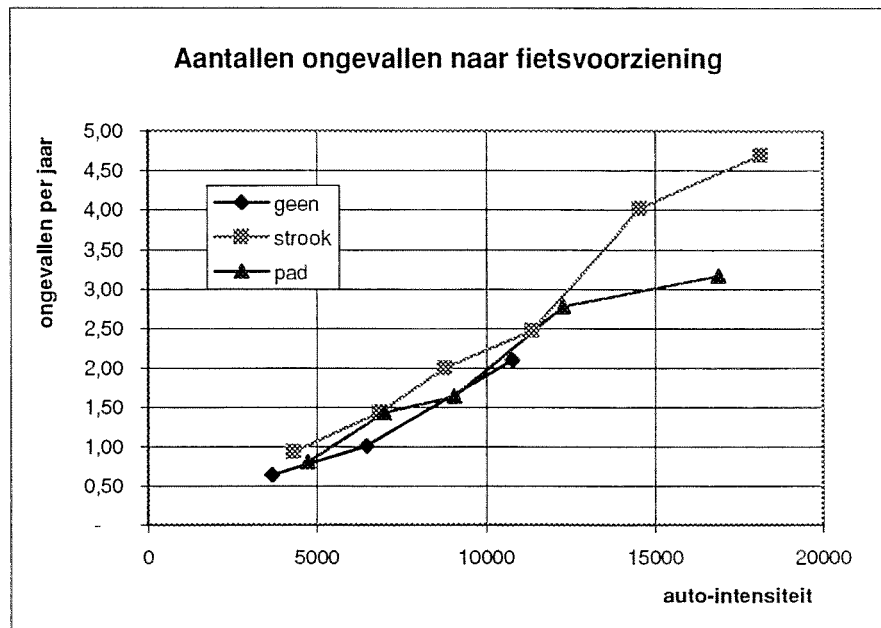
Op de twintig locaties waar fietsstroken aanwezig waren, is ook op de rotonde een fietsstrook toegepast. Was er een fietspad of geen fietsvoorziening, dan werd er voor verschillende oplossingen gekozen in de nasituatie.

Uit het overzicht blijkt dat de grootste verschillen worden geconstateerd bij de reducties van aantallen slachtoffers. Een fietspad in de nasituatie levert de grootste verbeteringen op terwijl het opheffen van de oorspronkelijk aanwezige fietspaden de minst gunstige uitkomsten laat zien; de laatstgenoemde heeft overigens betrekking op slechts drie locaties. De uitkomsten verschillen wel wat van die in het onderzoek 1993 (p. 22) en zijn in de meeste gevallen nog wat gunstiger.

2.3.4. Relatie tussen veiligheid en intensiteiten

De in deze paragraaf gepresenteerde onderzoeksresultaten hebben betrekking op de naperiode en betreffen maximaal 196 rotondes. Wanneer de relevante kenmerken niet van alle pleinen beschikbaar waren, zijn de aantallen betrokken pleinen wat geringer.

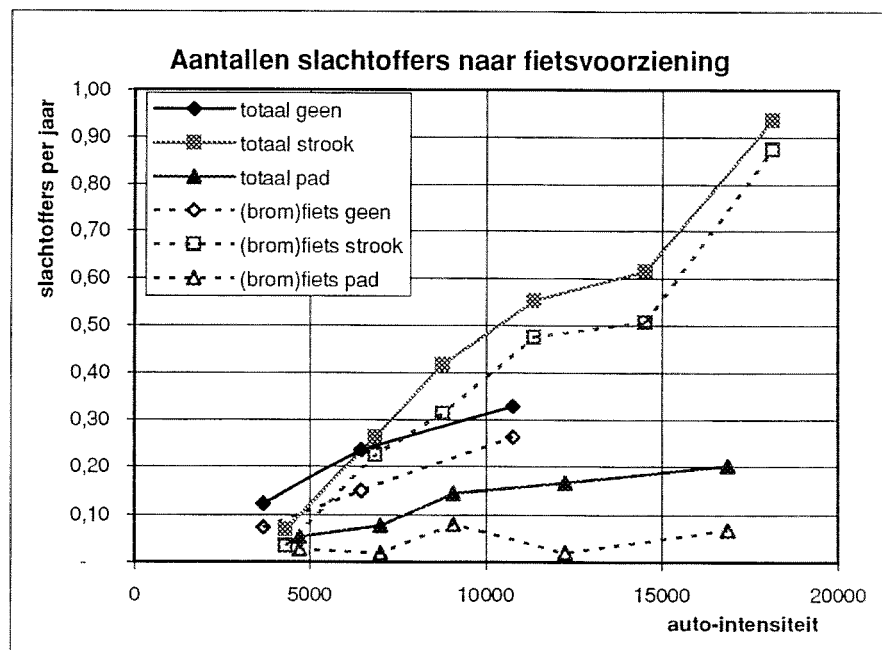
In *Afbeelding 1* zijn de gemiddelde aantallen ongevallen per plein per jaar weergegeven, in de vorm van klassegemiddelden. Het volgende valt daarbij op.



Afbeelding 1. Aantallen ongevallen per kalenderjaar als functie van intensiteit.

Er is een zeer duidelijk en bijna rechtlijnig verband tussen de intensiteit van het autoverkeer en de aantallen ongevallen op rotondes. Tot vrij hoge intensiteiten is er nauwelijks verschil tussen de drie verschillende typen fietsvoorziening. Pas boven circa 13.000 auto's per etmaal blijken pleinen met fietspaden wat gunstiger te scoren dan pleinen met fietsstrook. Daarbij moet wel worden bedacht dat binnen dit bestand de pleinen met fietsstrook in het algemeen meer fietsverkeer hebben. Pleinen zonder fietsvoorziening komen bij deze hogere intensiteiten nauwelijks voor.

De klassegemiddelden van aantallen slachtoffers per plein per jaar zijn uitgezet in Afbeelding 2. Ook nu is er weer een duidelijk verband met de verkeersintensiteit, hoewel in dit geval wat meer gevarieerd.

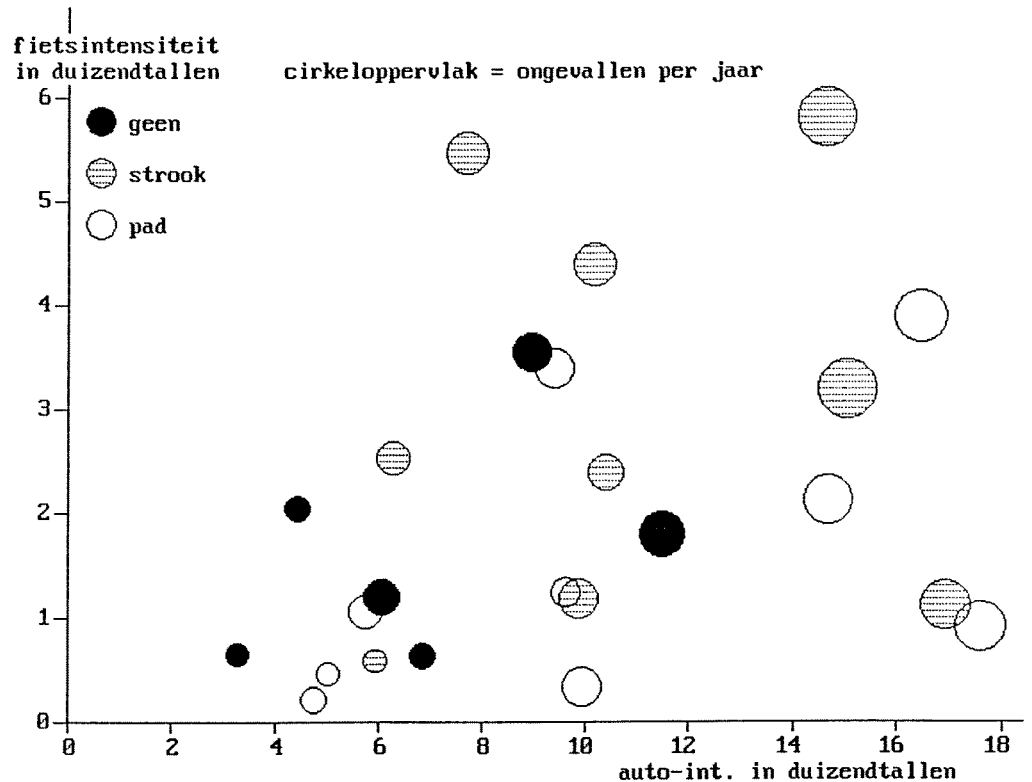


Afbeelding 2. Aantallen slachtoffers per pleinjaar als functie van intensiteit.

De pleinen met vrijliggend fietspad blijken over het gehele intensiteitsbereik het veiligst. Bij lagere intensiteiten zijn de verschillen minder groot en kunnen ten dele worden verklaard door verschillen in fietsintensiteit. Bij hogere auto-intensiteiten wordt het verschil te groot om aan verschillen in fietsverkeer toe te kunnen schrijven.

In deze afbeelding zijn ook de aantallen fiets- en bromfietssslachtoffers uitgezet en daardoor komen opmerkelijke verschillen tevoorschijn. Bij de pleinen met fietsstrook is het aandeel (brom)fietsers over het hele intensiteitsbereik zeer hoog. Bij de pleinen met een fietspad is niet alleen het aantal slachtoffers maar ook het aandeel (brom)fietsers belangrijk lager.

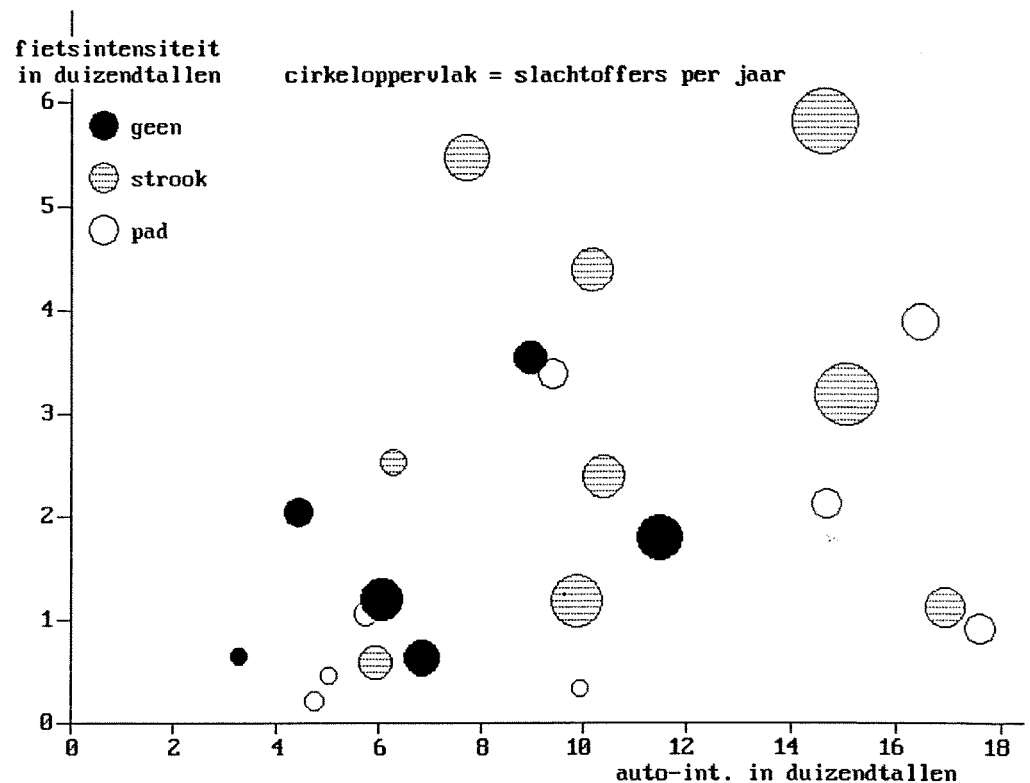
Wanneer de onveiligheid wordt gerelateerd aan de verkeersintensiteit, zou niet alleen de intensiteit van het autoverkeer maar ook die van het (brom)fietsverkeer van belang kunnen zijn. Bij het onderzoek van 1993 werd vastgesteld dat er geen duidelijk verband tussen fietsintensiteiten en veiligheid bestaat. Wel kon worden weergegeven hoe de veiligheid afhangt van de combinatie van auto- en fietsintensiteiten, en deze analyse is nu opnieuw uitgevoerd. Daarvoor kwamen uitsluitend de ruim 130 pleinen in aanmerking waarvan zowel de fiets- als de auto-intensiteiten bekend waren. De uitkomsten zijn weergegeven in de Afbeeldingen 3a en 3b. Aantallen ongevallen en slachtoffers per pleinjaar zijn gepresenteerd in de vorm van cirkeloppervlakken, en de plaats van de cirkel is bepaald door de klassegemiddelden van de auto- en de fietsintensiteiten. Afbeelding 3a laat zien dat de fietsintensiteit geen grote invloed heeft op de aantallen ongevallen. Ook blijkt dat de verschillen tussen de fietsoplossingen betrekkelijk klein zijn.



Afbeelding 3a. Aantal ongevallen naar fiets- en auto-intensiteit.

De aantallen slachtoffers in *Afbeelding 3b* laten een wat ander beeld zien. Hier lijkt in het gebied van de hoogste auto-intensiteiten wel een verband tussen veiligheid en fietsintensiteit waarneembaar. Verder is het opvallend dat bij alle intensiteitscombinaties waar fietsoplossingen vergeleken kunnen worden, de rotondes met vrijliggend fietspad als veiligste oplossing te voorschijn komen.

Omdat dit in *Afbeelding 3b* niet duidelijk zichtbaar is, wordt erop gewezen dat het stipje binnen de grijze cirkel bij 10.000 auto's en ongeveer 1.200 fietsers een witte cirkel voorstelt (pad) met nul slachtoffers.



Afbeelding 3b. Aantal slachtoffers naar fiets- en auto-intensiteit.

Bij de hier gepresenteerde vergelijkingen tussen verschillende fietsoplossingen dienen we te bedenken dat op alle pleinen met fietspad binnen dit bestand de overstekende fietsers voorrang moeten verlenen aan het autoverkeer.

Ten slotte is in *Tabel 8* het verband tussen onveiligheid en de intensiteitsverhouding tussen auto-intensiteiten in dwars- en hoofdstroom weergegeven. De uitkomsten hebben betrekking op in totaal 105 rotondes, die voor elk type fietsvoorziening in drie klassen van intensiteitsverhouding werden ingedeeld. Klassegrenzen werden gekozen bij de waarden 0,45 en 0,65. Wanneer er *geen* fietsvoorziening aanwezig is, lijkt een groot verschil tussen hoofd- en dwarsstroom ongunstig voor de aantallen ongevallen. Maar met slechts twee of drie pleinen per klasse zijn conclusies ten aanzien van deze groep rotondes niet verantwoord.

Bij rotondes met een *fietsstrook* zijn de verschillen tussen de klassen bijna volledig te verklaren door de verschillen in pleinintensiteiten.

Ook bij de rotondes met *fietspad* is dat het geval met uitzondering van het aantal slachtoffers in de eerste klasse, dat licht ongunstig afsteekt in relatie tot de gemiddelde pleinintensiteit. Maar deze relatief minder gunstige uitkomst is altijd nog aanzienlijk beter dan de overeenkomstige waarde bij de pleinen met fietsstrook.

Evenals bij het onderzoek van 1993 kan worden geconcludeerd dat de verhouding tussen de verkeersintensiteiten in het algemeen geen beletsel hoeft te zijn voor de aanleg van een rotonde.

2.4. **Samenvatting en conclusies**

Na toevoeging van recentere ongevalgegevens over de jaren 1992 t/m 1994 is de ontwikkeling van de veiligheid op nieuwe rotondes onderzocht. Het blijkt dat de aantallen ongevallen in het algemeen een licht dalende trend vertonen en de aantallen slachtoffers ongeveer gelijk blijven.

Wanneer de ontwikkelingen van de pleinen per fietsvoorziening worden beoordeeld, dan is een licht gunstige trend in de aantallen ongevallen alleen bij de pleinen met fietspad waarneembaar. Bij de aantallen slachtoffers kan in geen enkel geval een duidelijk positieve of negatieve trend worden vastgesteld.

Verschillen tussen de jaargangen kunnen voor een deel worden verklaard door verschillen in auto- en fietsintensiteiten.

De mogelijke negatieve ontwikkeling in aantallen slachtoffers die in het onderzoek van 1993 naar voren kwam, zal zo goed als zeker aan toevallige ontwikkelingen toegeschreven moeten worden.

De licht gunstige trend is ook terug te vinden in de opnieuw vastgestelde factoren die de verhouding tussen veiligheid in na- en voorperiode weergeven. Daaruit blijkt dat in het algemeen deze factor gunstiger is naarmate de gevolgen ernstiger zijn, waaruit kan worden afgeleid dat de aanleg van een rotonde niet alleen de aantallen maar ook de ernst van ongevallen reduceert.

De verbetering van de veiligheid is bij pleinen buiten de bebouwde kom en aan de komgrens nog wat gunstiger dan op locaties binnen de bebouwde kom.

Verder is vastgesteld dat ook bij aanleg van een rotonde op beperkt aantal locaties waar een kruispunt met VRI aanwezig was, de veiligheid in alle opzichten verbeterde.

Vergelijking van fietsvoorzieningen in voor- en nasituatie toont nog eens aan dat de pleinen met fietspad in alle gevallen het beste resultaat vertonen. Het minst gunstige resultaat werd geconstateerd wanneer een kruispunt met fietspaden werd vervangen door een rotonde zonder fietsvoorziening.

Ook het opnieuw uitgevoerde onderzoek naar de relatie tussen veiligheid en auto-intensiteit bevestigt dat de oplossing met fietspad de minste slachtoffers oplevert, zeker op de drukkere pleinen. Opvallend is daarbij dat het aandeel fietsers en bromfietzers onder de slachtoffers bij pleinen met fietspad betrekkelijk gering is. Bij pleinen zonder fietsvoorziening is dat aandeel groot en bij pleinen met fietsstrook zelfs zeer groot.

De gunstige uitkomsten voor pleinen met fietspad (fietsers 'uit de voorrang') vinden we eveneens terug in de relatie met de combinaties van auto- en fietsintensiteiten.

Een wat extremere verhouding tussen de auto-intensiteiten in de hoofd- en dwarsrichting leidt niet of nauwelijks tot meer ongevallen of slachtoffers en hoeft daarom geen beletsel te vormen voor de aanleg van een rotonde.

3. De voorrangregeling voor fietsers

3.1. Inleiding en discussie

Sinds in 1986 de eerste nieuwe rotondes werden aangelegd, is de discussie over de uitvoering van deze pleinen en de toe te passen voorrangregeling op gang gekomen. Die discussie concentreerde zich vooral rond de toe te passen fietsvoorziening en de voorrangregeling voor fietsers.

Over de eerste vraag is enige duidelijkheid geschapen door het tweede ongevallenonderzoek van de SWOV, waarover in 1993 werd gerapporteerd. Bij drukke pleinen wordt aanbevolen vrijliggende fietspaden toe te passen en bij minder drukke pleinen is de keuze van weinig invloed op de veiligheid.

Wanneer de fietser op het plein rijdt, al of niet op een fietsstrook, is de regeling van de voorrang vanzelfsprekend; net als het autoverkeer heeft ook de fietser voorrang op het toerijnde verkeer. En een auto die het plein verlaat moet de doorgaande fietser rechts naast hem de vrije doorgang verlenen.

Maar wanneer de fietser op een vrijliggend fietspad rijdt en een tak van de rotonde oversteekt, blijkt de gewenste voorrangregeling niet meer zo vanzelfsprekend. In eerste instantie leek dat wel zo, want op nagenoeg alle nieuwe pleinen met vrijliggende fietspaden werd een regeling toegepast waarbij fietsers aan het autoverkeer voorrang moesten verlenen.

De veiligheid van pleinen met vrijliggende fietspaden, voorzover die in de eerder genoemde ongevallenstudie aan de orde kwam, had dan ook betrekking op deze voorrangregeling.

Sinds 1991 worden er ook pleinen met fietspaden aangelegd waarbij de fietsers voorrang krijgen op het autoverkeer. Een aanzienlijk deel van deze pleinen bevindt zich in de provincie Overijssel en op één van deze pleinen in Enschede werd al eerder een onderzoek uitgevoerd (Van Dijk & Willekes, 1992).

Het aantal pleinen met deze voorrangregeling nam geleidelijk toe en daarmee de discussie over voor- en nadelen van deze regeling en over de toepasbaarheid op pleinen buiten de bebouwde kom en in situaties waarin de fietspaden voor tweerichtingsverkeer zijn bedoeld. Het belang van uniformiteit van verkeersregelingen, met de opkomst van het concept 'duurzaam-veilig' nog eens nadrukkelijk onderstreept, gaf een extra dimensie aan deze discussie.

Ook het ministerie van Verkeer en Waterstaat onderkende het belang van uniformiteit, één van de redenen waarom de AVV najaar 1994 aan de SWOV opdracht verleende voor een onderzoek naar de voorrangregeling voor fietsers rond verkeerspleinen. In dat onderzoek werd de problematiek op verschillende wijzen benaderd (SWOV, 1994), en de conclusie luidde dat het 'in de voorrang zetten' van fietsers vooralsnog uit veiligheids-overwegingen moest worden afgeraden.

Onderdeel van dat onderzoek was een ongevallenstudie op pleinen met fietsers in de voorrang. Voor dat doel konden op dat moment negen pleinen worden gevonden met een gemiddelde leeftijd van nog geen twee jaar. De hoeveelheid gegevens voor het vaststellen van de veiligheid was dan ook beperkt.

Inmiddels is het aantal pleinen met deze regeling toegenomen en kon de informatie over ongevallen met een half jaar worden uitgebreid, zodat een wat nauwkeuriger beeld van de veiligheid mogelijk moet zijn. Maar de keuze van de voorrangregeling heeft nog meer consequenties, zoals het comfort voor de fietsers en de capaciteit voor het autoverkeer. Aan het eerstgenoemde is in de studie van 1994 op beperkte schaal aandacht besteed; het tweede aspect werd nog niet onderzocht. Voor de opdrachtgever van deze studie was dit een reden om naast een hernieuwde ongevallenstudie ook aandacht voor de capaciteitsaspecten van de voorrangregelingen te vragen. In eerste instantie kan worden nagegaan of er door anderen al eerder onderzoek van deze aard werd verricht. Omdat zeer drukke enkelstrooks pleinen met fietsers in de voorrang niet of nauwelijks voorkomen is het nog niet mogelijk de capaciteit van deze pleinen empirisch vast te stellen. Wel is het mogelijk om via beredenering en berekeningen een enigszins betrouwbare schatting van de capaciteit te maken. Voor dat doel kan gebruik worden gemaakt van een eerder ontwikkeld computerprogramma waarmee verkeer op een conflictpunt van een rotonde wordt gesimuleerd

3.2. Doel en opzet van het onderzoek

Zoals in de vorige paragraaf geschetst zijn er twee aspecten van de voorrangregeling voor fietsers die een nader onderzoek vragen. De *doelstelling* is dan ook tweeledig en kan als volgt worden geformuleerd:

- a. Door middel van een ongevallenonderzoek opnieuw en nauwkeuriger de veiligheid van rotondes met vrijliggende fietspaden en fietsers in de voorrang vast te stellen en die te vergelijken met de veiligheid van pleinen met de andere voorrangregeling.
- b. Door middel van berekeningen en beredeneringen na te gaan welke invloed de keuze van de voorrangregeling voor fietsers heeft op de capaciteit van een rotonde voor het autoverkeer.

Voorts dienen de resultaten van ander onderzoek, voorzover die beschikbaar zijn, in deze studie te worden betrokken.

De *opzet* van dit onderzoek is als volgt.

a. Voor het vaststellen van de veiligheid:

Door middel van de in hoofdstuk 2 genoemde enquête onder ongeveer tachtig wegbeheerders en via andere informatiebronnen wordt getracht te achterhalen waar zich rotondes bevinden met vrijliggende fietspaden en fietsers in de voorrang.

Van deze pleinen worden enkele kenmerken en intensiteitsgegevens verzameld via de betreffende wegbeheerders.

Aan de AVV/BG wordt gevraagd van deze pleinen de ongevallengegevens te leveren vanaf het moment waarop ze in gebruik werden genomen of waarop de nieuwe voorrangregeling van kracht werd.

Deze gegevens in de vorm van totaal aantal geregistreerde ongevallen (inclusief UMS-ongevallen) en aantallen slachtoffers worden gerelateerd aan de lengte van de onderzoeksperiode en per plein en voor het totaal van de onderzochte pleinen gepresenteerd. De uitkomsten worden vergeleken met die van de pleinen met de andere voorrangregeling, waarbij mogelijke verschillen in verkeersintensiteiten worden verdisconteerd.

De uitkomsten zullen worden vergeleken met die van de studie in 1994.

b. *Voor het vaststellen van de invloed van de voorrangsregeling op de capaciteit:*

Nagegaan wordt of een dergelijke studie al door anderen is verricht, waarna de daaruit beschikbare resultaten kritisch zullen worden beoordeeld op hun bruikbaarheid en betrouwbaarheid.

Met behulp van een computer-simulatieprogramma wordt berekend welke capaciteit voor het autoverkeer mag worden verwacht op een zogenaamd conflictpunt wanneer aan fietser voorrang wordt gegeven, in relatie tot de hoeveelheid fietsverkeer.

Door middel van beredenering wordt nagegaan wat de vermindering van de afrijcapaciteit is voor het autoverkeer bij voorrang voor het fietsverkeer, eveneens in relatie tot de hoeveelheid fietsverkeer.

Onderzocht wordt welke van beide capaciteitsverminderingen bepalend is voor de feitelijke capaciteit van het plein voor autoverkeer. De uitkomsten worden vergeleken met die van andere studies, voorzover beschikbaar. (Het onderzoek naar de capaciteit van rotondes heeft in deze studie uitsluitend betrekking op enkelstrooks pleinen.)

3.3. **Uitvoering van het onderzoek**

3.3.1. *De veiligheid*

Door middel van de enquête onder wegbeheerders werden meer dan tien pleinen met fietsers in de voorrang gemeld. Bij navraag bleek dat in een aantal gevallen de vraag niet goed begrepen was, waardoor ook pleinen met een fietsstrook waren opgegeven. Uiteindelijk konden via deze aanpak vijf pleinen aan het bestand worden toegevoegd. Via andere bronnen konden nog eens drie pleinen worden toegevoegd, zodat samen met de reeds bekende negen pleinen in totaal zeventien pleinen in het onderzoek betrokken konden worden.

Door navraag bij de wegbeheerders is getracht gegevens over de auto- en fietsintensiteiten op deze pleinen te achterhalen. De verkregen informatie berust gedeeltelijk op tellingen, gedeeltelijk op waarden die via verkeersmodellen zijn becijferd of op schattingen. In enkele gevallen konden intensiteiten worden berekend uit waarnemingen die bij een eerder onderzoek door de SWOV waren verricht.

Van één plein kon geen enkele informatie over intensiteiten verkregen worden, van vier andere pleinen uitsluitend over de auto-intensiteiten.

In de meeste gevallen kon ook worden achterhaald of de fietspaden rond het plein geheel of gedeeltelijk voor verkeer in twee richtingen zijn bedoeld.

Door de AVV/BG werden de ongevalgegevens geleverd van de betreffende pleinen over de periode 1991 tot en met het eerste kwartaal 1995. Deze gegevens werden verwerkt waarbij zowel de aantallen ongevallen als de aantallen slachtoffers werden gerelateerd aan het aantal (plein)jaren, voor elk plein afzonderlijk en voor alle pleinen samen. De uitkomsten werden vergeleken met die van de pleinen waar fietsers geen voorrang hebben, waartoe voor deze pleinen de veiligheid opnieuw werd berekend uit de geregistreerde ongevallen tot en met 1994.

In de verzameling van zeventien pleinen komt één plein voor dat voor wat betreft afmetingen, vormgeving en intensiteiten duidelijk uit de toon valt. De berekeningen is daarom ook nog eens uitgevoerd voor de resterende zestien pleinen samen.

3.3.2. *De capaciteit*

In de literatuur die betrekking heeft op de capaciteit van rotondes werd nagegaan waar de invloed van het fietsverkeer op de capaciteit voor het autoverkeer aan de orde kwam. Een drietal benaderingen voor het vaststellen van de capaciteit, mede als functie van het fietsverkeer op het plein, werd aangetroffen. In twee gevallen ging het om de capaciteit van het zogenaamde conflictpunt. Over de oplossing waarbij de fietser op een vrijliggend fietspad rijdt en voorrang heeft op het autoverkeer, wordt wel naar bepaalde berekeningsmodellen verwezen, maar deze modellen zijn nog niet gevalideerd.

De uitkomsten van beide methoden die op het conflictpunt betrekking hebben, zijn met elkaar vergeleken en onderzocht op bruikbaarheid voor de toepassing in de fietspad-situatie. Eén van beide methoden is gebruikt om ook voor de rotondes met fietspaden de toeritcapaciteit te schatten. Daarnaast is door middel van een beredenering onderzocht wat de invloed van het fietsverkeer kan zijn op de afrijcapaciteit. Voor dat doel werden enkele waarnemingen op rotondes verricht om meer inzicht te verkrijgen in de opeenvolging van afslaand en rechtdoorgaand verkeer op een plein. Door vergelijking van toerit- en afrijcapaciteit is nagegaan welke van beide in het algemeen bepalend zal zijn voor de capaciteit van de gehele rotonde.

3.4. **Bespreking van de resultaten**

3.4.1. *De veiligheid*

De uitkomsten van deze studie zijn samengevat in *Tabel 9*. Per plein en per jaar zijn aantallen ongevallen en slachtoffers weergegeven. Het eerste kalenderjaar van een plein betreft in het algemeen geen volledig jaar en het jaar 1995 heeft uitsluitend betrekking op het eerste kwartaal. Voor zover bekend zijn auto- en fietsintensiteiten vermeld. De pleinen Nieuw Vennep en Amersfoort 1 hebben drie takken, de overige pleinen vier. Op de pleinen Oudewater, Maastricht en Nieuw Vennep mag het fietsverkeer op één oversteek in beide richtingen rijden; op de pleinen Amersfoort 2 en Amersfoort 3 is dat op twee van de vier oversteeken toegestaan. In vergelijking met het onderzoek van 1994 is het aantal pleinmaanden waarop dit onderzoek betrekking heeft met 60% gestegen van 225 naar 357 en bovendien konden nu ook de aantallen ongevallen worden vastgesteld.

Uit de tabel blijkt dat de uitkomsten sterk variëren, hetgeen voor een deel aan de relatief kleine aantallen kan worden geweten. Alle pleinen samen genomen komen we uit op een gemiddelde van ongeveer 3,5 ongeval en 0,84 slachtoffer per plein per jaar. Voor de ongevallen is dat bijna het dubbele van de waarde die voor pleinen met fietsers uit de voorrang werd vastgesteld. Voor de aantallen slachtoffers is het zelfs een factor 7 hoger. Voor een meer reële vergelijking dient rekening gehouden te worden met de intensiteitsverschillen. De pleinen met fietsers in de voorrang hebben gemiddeld een hogere auto-intensiteit en een veel hogere fiets-intensiteit (althans voorzover dat blijkt uit de beschikbare gegevens). En uit onderzoek is gebleken dat aantallen ongevallen en slachtoffers sterk gerelateerd zijn aan de intensiteiten van het autoverkeer (zie hoofdstuk 2 en *Afbeeldingen 1*

en 2). De *Afbeeldingen 3a* en *3b* laten zien dat de relatie tussen de fietsintensiteit en de veiligheid veel minder duidelijk is; datzelfde was ook al geconstateerd bij het vorige onderzoek (Schoon & Van Minnen, 1993). Als we rekening houden met deze intensiteitsverschillen kunnen we vaststellen dat de uitkomsten voor fietsers in de voorrang minder gunstig zijn dan voor fietsers uit de voorrang, maar dat de verschillen kleiner zijn dan uit de directe vergelijking van de waarden blijkt.

Beoordeling van *Tabel 9* laat toch wel wat merkwaardige verschillen zien. Enkele pleinen, zoals Oldenzaal 1, Alkmaar en Amersfoort 3, scoren belangrijk ongunstiger dan het gemiddelde. Bij Alkmaar is dat goeddeels te verklaren uit de zeer hoge intensiteit en afwijkende afmetingen, bij beide andere pleinen is dat minder of niet van toepassing. Amersfoort 3 valt daarbij op omdat daar alleen al in het eerste kwartaal van 1995 zes ongevallen en vier slachtoffers werden geregistreerd.

Enkele andere pleinen laten een belangrijk gunstiger beeld dan gemiddeld zien. Soms geldt dat voor zowel ongevallen als slachtoffers, zoals op de relatief rustige pleinen in Steenwijk en Nieuw Vennep, maar ook voor het drukker plein Amersfoort 1.

Andere pleinen scoren vooral gunstig ten aanzien van de aantallen slachtoffers; op acht van de zeventien pleinen is geen enkel slachtoffer geregistreerd. Dat is misschien niet zo bijzonder voor de vijf jonge pleinen met een ongevalshistorie van slechts zes tot negen maanden. Maar het komt ook voor bij drie relatief oude rotondes, waaronder het plein in Enschede.

Een deel van de verschillen tussen de pleinen zal met de genoemde intensiteitsverschillen en met toevalsfluctuaties te maken hebben. Maar het is erg waarschijnlijk dat ook de vormgeving en uitvoering van een plein van invloed zijn, al kan dat door de geringe omvang van dit bestand niet betrouwbaar worden vastgesteld.

In het laatste deel van *Tabel 9* is van de slachtoffers de verdeling naar wijze van verkeersdeelname weergegeven. Het is opmerkelijk dat bij fietsers in de voorrang ruim 90% van de slachtoffers tot de fietsers en bromfietsers behoort terwijl dat bij de andere voorrangsregeling nog geen 40% bedraagt. De hogere fietsintensiteiten op eerstgenoemde pleinen kunnen daaraan bijgedragen hebben, maar het is niet duidelijk in welke mate.

Omdat Alkmaar in deze groep rotondes duidelijk uit de toon valt is ook nog eens het totaal van de pleinen exclusief dit plein weergegeven.

De uitkomsten worden dan wat gunstiger en het aantal slachtoffers per pleinjaar is nu nagenoeg gelijk aan de uitkomst van het onderzoek in 1994. Daarmee is de uitkomst van dat onderdeel van het onderzoek bevestigd en nu met wat grotere betrouwbaarheid vastgesteld. Er is dan ook geen aanleiding de conclusies uit het vorige onderzoek in twijfel te trekken.

Bij deze conclusie past nog wel de kanttekening dat een plein met fietsers in de voorrang gemiddeld minder slachtoffers telt dan een gewone kruising.

3.4.2. De capaciteit

Waar in dit gedeelte over de capaciteit van een rotonde of van een toerit wordt gesproken, heeft die uitsluitend betrekking op de *capaciteit van het autoverkeer*. De capaciteit voor het fietsverkeer is een moeilijk te definiëren begrip. Bij toenemend auto- en fietsverkeer zullen de verliestijden voor fietsers wel kunnen toenemen, maar het zal in de praktijk niet of nauwelijks voorkomen dat er binnen een periode van bijvoorbeeld een kwartier meer fietsers arriveren dan er kunnen vertrekken.

Fietsers op het plein

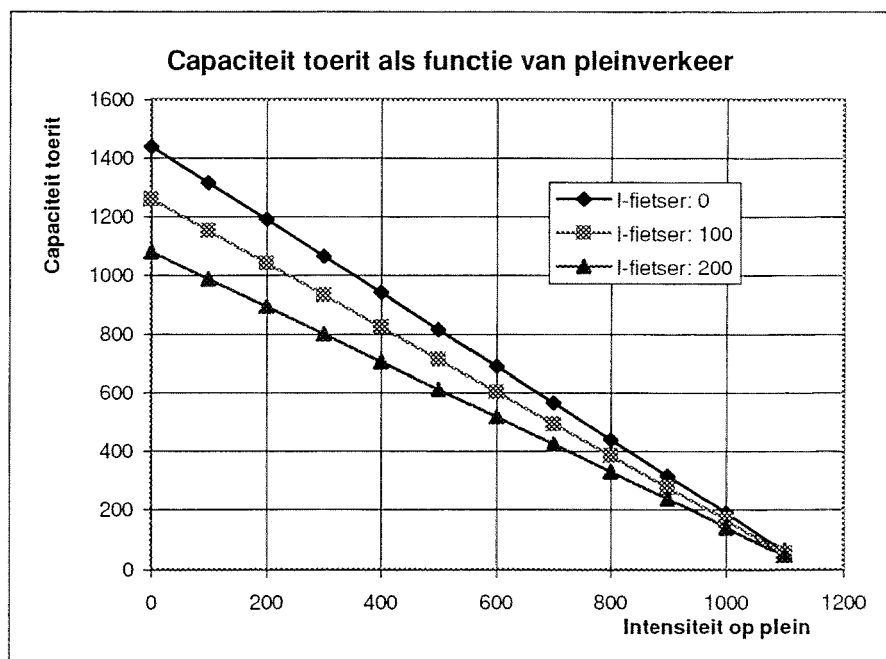
Informatie over de capaciteit van pleinen in relatie tot de hoeveelheid fietsverkeer is gevonden in de C.R.O.W-publicatie over rotondes (C.R.O.W, 1993). Die informatie is gebaseerd op studies van INRO/TNO, van Van Minnen en verder op het computerprogramma 'Ronde Verkenner'. INRO/TNO (1993) geeft een formule voor de capaciteit van een toerit waarbij ook aan fietsers op de rotonde voorrang verleend moet worden. De formule luidt:

$$C_{\text{toerit}} = (1440 - I_{\text{rotonde}} - 0,5 \times I_{\text{afrit}}) \times (1 - I_{\text{fiets}}/800)$$

waarin:

- C_{toerit} = capaciteit van de toerit in mvt/uur
- I_{rotonde} = intensiteit autoverkeer op de rotonde in mvt/uur
- I_{afrit} = intensiteit autoverkeer op afrit in mvt/uur
- I_{fiets} = intensiteit fietsverkeer op de rotonde in fietsen/uur

In *Afbeelding 4* is een voorbeeld gegeven van een uitwerking waarbij de intensiteit van de afrit gelijk aan de helft van die op de rotonde is gekozen. De tabel geeft de uitkomsten tot 600 fietsers per uur; de grafiek laat curven zien voor 0, 100 en 200 fietsers per uur.



Afbeelding 4. Capaciteit van de toerit van een rotonde, volgens INRO/TNO, 1993.

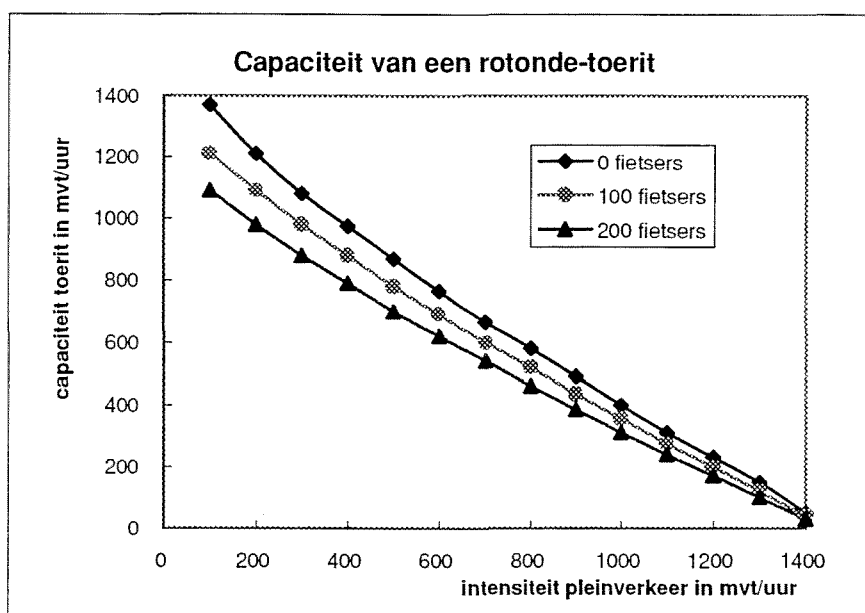
Naarmate het autoverkeer op de rotonde toeneemt, neemt de invloed van de fiets op de capaciteit in absolute zin af. Dat beeld lijkt reëel, want als het autoverkeer toeneemt zal steeds een groter deel van de fietsers tegelijk met autoverkeer passeren en daardoor geen extra capaciteitsverlies meer veroorzaken. Toch een tweetal kanttekeningen bij deze formule.

De eerste betreft de sterke mate waarin de intensiteit op de voorafgaande afrit van invloed is op de capaciteit van de toerit. Maar voor het hier besproken onderwerp, de invloed van het fietsverkeer, is dat probleem minder relevant.

Wel van belang is het gegeven dat volgens deze formule bij 800 passerende fietsers per uur de capaciteit van de toerit tot nul gereduceerd zou zijn. Dat is aannemelijk wanneer het fietsverkeer gelijkmatig over de tijd is verdeeld, dus niet of nauwelijks geclusterd zou zijn. In de praktijk komt die clustering wel vaak voor, zodat de invloed van het fietsverkeer vermoedelijk wat kleiner is dan deze formule aangeeft.

De grafiek voor de capaciteit van rotondes (*Afbeelding 5a*) van Van Minnen is het resultaat van een groot aantal computerberekeningen waarbij verkeer op een conflictpunt van een rotonde wordt gesimuleerd. Uitgangspunt is een gap-acceptance'-model, waarbij een gemiddelde wachttijd van 30 seconden als criterium voor de capaciteit is gehanteerd. De uitkomsten, getoetst via waarnemingen op twee drukke pleinen, hebben betrekking op een rotonde waar fietsers op een fietsstrook op het plein rijden.

In vergelijking met de hiervoor besproken formule zijn er enkele verschillen. Het verband tussen de toeritcapaciteit en de rotonde-intensiteit is volgens dit model niet zuiver lineair. De invloed van het verkeer op de voorafgaande afrit is verwaarloosd en de invloed van het fietsverkeer op de capaciteit blijkt in dit model wat geringer. Wel is er een duidelijke overeenkomst waar het de afnemende invloed van het fietsverkeer op de capaciteit betreft bij toenemend pleinverkeer.



Afbeelding 5a. Capaciteit van de toerit van een rotonde bij 0, 100 en 200 fietsers op fietsstrook, volgens Van Minnen.

Het computerprogramma 'Rotonde Verkenner', mede gebaseerd op de studie van INRO/TNO, is in principe bedoeld voor pleinen met fietsers uit de voorrang. Bij fietsers in de voorrang zijn de uitkomsten ook bruikbaar mits het om geringe fietsintensiteiten gaat (minder dan 50 à 100 fietsers per uur). Voor grotere aantallen fietsers op het plein is een andere benadering nodig; INRO/TNO noemt de benadering van Stuwe (1991), die de fietsintensiteit verdisconteert in de auto-intensiteit waarbij wordt verondersteld dat één fietser gelijk staat aan 0,5 pae.

Dit model voor de invloed van het fietsverkeer wijkt toch wel af van de beide hiervoor genoemde en in de Rotonde Verkenner wordt er op gewezen dat dit waarschijnlijk een onderschatting is van de invloed van het fietsverkeer. Bij geringe verkeersintensiteiten op het plein is de invloed van het fietsverkeer met dit model inderdaad aanzienlijk kleiner, bij hoge pleinintensiteiten daarentegen juist groter dan bij de andere modellen.

Verder wijst de Rotonde Verkenner er op dat de invloed van het fietsverkeer op de capaciteit kleiner zal zijn wanneer de fietsers niet op het plein rijden maar op een vrijliggend fietspad (fietsers in de voorrang). Dat geldt zowel voor de toerijgend verkeer als voor het afrijdend autoverkeer. Voor die situaties verwijst INRO/TNO naar modellen van Marlow & Maycock (1982) en van Griffiths (1979; 1981), die vermoedelijk een goede benadering geven, maar nog niet met behulp van waarnemingen zijn gevalideerd.

De grafieken (*Afbeeldingen 4 en 5a*) laten zien dat de invloed van fietsverkeer op het plein niet helemaal te verwaarlozen is. Daarbij moeten we wel bedenken dat een fietser op het plein gemiddeld ongeveer één zijtak passeert; dus 200 fietsers per uur ter plaatse van een toerit komt overeen met 800 fietsers per uur over het plein (viertaks plein). Dergelijke hoge fietsintensiteiten worden op slechts weinig pleinen bereikt.

3.4.3. *Fietsers op vrijliggend fietspad*

Wat mogen we nu verwachten op pleinen met vrijliggende fietspaden en fietsers in de voorrang? Om die vraag te kunnen beantwoorden is een stapsgewijze benadering gekozen. Zowel voor de toerit als voor de afrit is nagegaan hoe groot de capaciteitsvermindering zal zijn, waarna is beoordeeld welke van beide bepalend is voor de capaciteit van de rotonde. Er is verondersteld dat het fietspad op 5 meter afstand van het plein is gesitueerd, zodat zich steeds één auto tussen pad en plein kan opstellen.

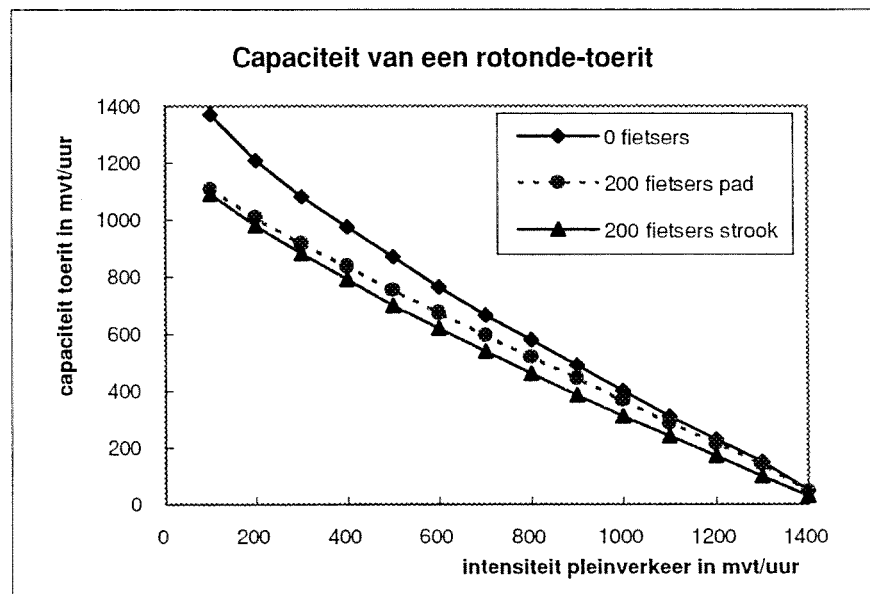
De toerit

Wanneer de auto-intensiteit op het plein zeer gering is, wordt de mogelijkheid van oprijden van auto's op de toerit bijna geheel bepaald door de aantallen fietsers waaraan voorrang verleend moet worden. Het maakt dan in principe weinig uit of die fietsers op het plein of op een fietspad rijden.

Wordt de intensiteit op het plein hoger, dan zal oprijdend verkeer vaker moeten wachten voor een auto en/of fietser. Maar de hindernissen kunnen nu in etappes worden genomen; als de ene auto moet wachten voor een fietser kan wellicht tegelijkertijd een andere auto, die het fietspad al was gepasseerd, het plein oprijden. De capaciteitsvermindering door het fietsverkeer is daardoor wat kleiner dan bij fietsers op het plein.

Bij zeer hoge pleinintensiteiten zullen auto's op de toerit bijna altijd kortere of langere tijd moeten wachten voordat ze het plein kunnen opdraaien. Een daaraan voorafgaand oponthoud door overstekende fietsers is daardoor nauwelijks meer van invloed op de capaciteit.

In *Afbeelding 5b* is het veronderstelde verloop van de capaciteitscurve geschetst, waarbij is uitgegaan van de curve voor 200 fietsers per uur uit *Afbeelding 5a*. Bij deze benadering is verondersteld dat het toerijgend verkeer altijd voorrang verleent aan fietsverkeer. In de praktijk komt het voor dat autoverkeer geen voorrang verleent of dat fietsers geen gebruik maken van hun recht op voorrang. De feitelijke vermindering van de capaciteit door fietsverkeer zal daardoor wat geringer zijn.



Afbeelding 5b. Capaciteit van de toerit van een rotonde bij 0 en 200 fietsers op fietsstrook en fietspad, volgens Van Minnen.

De afrit

Bij het verlaten van het plein kan één auto zich tussen plein en fietspad opstellen bij het voorrang verlenen aan fietsers. Een volgende afslaanende auto zal geheel of gedeeltelijk op het plein staan en achteropkomend verkeer gaan belemmeren. De vermindering van de capaciteit op dit deel van het plein zal dus niet alleen door de intensiteiten van auto- en fietsverkeer worden bepaald maar ook door het aandeel afslaanend verkeer en de volgorde van afslaanende en doorgaande auto's. Aangenomen mag worden dat die volgorde niet willekeurig is maar dat het afslaanende verkeer enigszins is geclusterd. Enkele waarnemingen hebben die veronderstelling bevestigd. Dit gegeven maakt het extra gecompliceerd om betrouwbare berekeningen van de capaciteit te maken. Daarom is gekozen voor een wat andere benadering.

De meest ongunstige situatie zou ontstaan als *alle* verkeer op het betreffende gedeelte van het plein rechtsaf zou slaan om het plein te verlaten. De doorstroming op de afrit wordt dan geheel door het aantal daar overstekende fietsers bepaald. Die situatie is bijna identiek aan die op de toerit bij I-rotonde gelijk aan nul, dus het uiterst linkse deel van de capaciteitscurve. Bij 200 fietsers per uur wordt dan een capaciteit van 1.080 (*Afbeelding 4*), respectievelijk 1.200 auto's bereikt (*Afbeelding 5a*). Dat is

bij benadering gelijk aan de capaciteit van het conflictpunt bij deze aantallen fietsers.

Wanneer slechts *een deel* van het verkeer op het plein afslaat wordt de situatie gunstiger en is de capaciteitsvermindering op het plein geringer.

Geconcludeerd kan worden dat in het algemeen de capaciteitsvermindering bij de toerit bepalend is voor de rotondecapaciteit. Slechts in het uitzonderlijke geval dat (bijna) alle verkeer op het plein bij de betreffende afrit afslaat *en* het aantal overstekende fietsers op deze afrit groter is dan op de voorafgaande toerit, kan de afrit bepalend gaan worden voor de capaciteit op het betreffende conflictpunt.

De vermindering van de capaciteit voor het autoverkeer door fietsverkeer waaraan voorrang verleend moet worden is bij de gangbare fietsintensiteiten niet erg groot. En de berekende capaciteitsvermindering zal in de praktijk nog wat kleiner uitvallen als gevolg van 'informeel' voorrangsgedrag.

4. Regeling van de voorrang op oudere pleinen

4.1. Inleiding en discussie

In Nederland komen nog veel pleinen voor die ruim voor 1985 werden aangelegd. De variatie binnen deze verzameling pleinen is zeer groot: er zijn grote en kleine pleinen, binnen en buiten de bebouwde kom, in rustige woonwijken of als aansluiting op een autosnelweg, met drie, vier en soms aanzienlijk meer takken, cirkelvormig, ellipsvormig en ruitvormig, met of zonder verkeerslichtenregeling, enzovoort. En sinds enkele jaren is daar de variatie in de voorrangsregeling aan toegevoegd. Er zijn nu pleinen waar het pleinverkeer altijd al voorrang had (Venlo, Zaandam), waar die voorrangsregeling in de jaren negentig werd ingesteld of pleinen waar het doorgaande verkeer in één richting voorrang krijgt (onder andere in Den Haag, Utrecht en Amersfoort).

Door de sterke toename van het aantal nieuwe rotondes waar het verkeer op het plein in alle gevallen voorrang heeft, is de voorrangsproblematiek van de oudere pleinen actueel geworden. Uit een oogpunt van uniformiteit lijkt het gewenst dat de nieuwe voorrangsregeling consequent op alle pleinen wordt toegepast en in een eerdere studie werd een advies in die zin uitgebracht (Van Minnen & Braimaster, 1994).

Voorrang voor het pleinverkeer zal zeker een positief effect hebben op de capaciteit van de oudere pleinen, zoals bijvoorbeeld in Maastricht is gebleken. Misschien kan dat in sommige gevallen zelfs betekenen dat de aanwezige verkeerslichtenregeling overbodig wordt.

Maar minder zekerheid bestaat er over de mogelijke gevolgen voor de veiligheid, met name wanneer de voorrang wel wordt gewijzigd maar de vormgeving van het plein (nog) niet wordt aangepast. Die aanpassing kan bijvoorbeeld betrekking hebben op de breedte van rijbanen, de richting van de toeritten en de afrondingsstralen. En zeker wanneer er fietsverkeer op of rond het plein voorkomt, is men vaak huiverig om de voorrang om te draaien.

Het is daarom van belang om te onderzoeken of het uitsluitend wijzigen van de voorrang uit veiligheidsoverwegingen aanbevelenswaardig is. Voor dat onderzoek kan gebruik worden gemaakt van de ervaringen die inmiddels met een aantal pleinen zijn opgedaan. Daarnaast kunnen ongevalgegevens worden gebruikt van die pleinen waar de voorrang kortere of langere tijd geleden werd gewijzigd. Het beeld kan dan worden gecompleteerd met een beredeneerde afweging waarin snelheidsgedrag, voorrangs-gedrag en het belang van uniformiteit worden betrokken.

Gezien de grote verscheidenheid binnen de kenmerken van de oudere pleinen is het aannemelijk dat een simpel en eenduidig advies met betrekking tot het veiligheidsaspect niet mogelijk zal zijn.

4.2. Opzet van het onderzoek

4.2.1. *Ongevallenstudies*

Een tweetal groepen rotondes kwam in aanmerking voor een voor- en nastudie van de onveiligheid op deze pleinen.

De eerste groep maakt deel uit van de 200 pleinen die bij het onderzoek naar de ontwikkeling op langere termijn waren betrokken (hoofdstuk 2). Een klein aantal van deze rotondes was niet nieuw, maar betrof pleinen waar de voorrang op een bepaald moment werd omgedraaid. Door vergelijking van aantallen ongevallen en slachtoffers in voor- en naperiode kan bij benadering worden vastgesteld wat het effect van de voorrangswijziging op de veiligheid is geweest.

Nagegaan zal worden op welke van deze pleinen bij het wijzigen van de voorrang tevens een reconstructie heeft plaatsgevonden. Door de pleinen daarna te verdelen in pleinen met en zonder reconstructie is het in principe mogelijk voor beide typen verandering de gevolgen voor de veiligheid vast te stellen. Bij deze rotondes gaat het zonder uitzondering om enkelstrooks pleinen, ten minste in de na-situatie.

Een tweede groep rotondes betreft wat grotere pleinen die soms al geruime tijd geleden werden aangelegd, maar waar in de jaren negentig de voorrang werd gewijzigd. Ook bij deze pleinen zal nagegaan worden of er bij de voorrangswijziging sprake was van reconstructies of beperkte veranderingen in de lay-out van het plein. Daarna kan door vergelijking van de ongevalgegevens in voor- en naperiode voor deze groep pleinen het effect van de voorrangswijziging worden gedemonstreerd, voorzover nodig rekening houdend met de overige wijzigingen die tegelijkertijd werden aangebracht.

4.2.2. *Overig onderzoek*

Ervaring met voorrangswijzigingen en inzichten op dit gebied van deskundigen zullen als aanvulling op de ongevallenstudie worden onderzocht. Daartoe worden de betrokken wegbeheerders benaderd om hun ervaring en inzichten te vernemen, en zijn gesprekken gevoerd met enkele deskundigen (intern en extern) op het gebied van verkeersveiligheid en/of de toepassing van rotondes. Daarbij wordt aandacht besteed aan meningen en opvattingen en aan de argumentatie die daarvoor wordt gebruikt.

Mede gelet op de hiervoor genoemde inbreng zal via een korte analyse van de problematiek tot een afweging te komen van mogelijke voor- en nadelen. Daarbij zal aandacht worden besteed aan zowel de lokale gevolgen voor een plein waar de voorrang wordt gewijzigd als de algemene gevolgen voor de veiligheid die voorrangswijzigingen kunnen hebben door veranderingen in de uniformiteit.

4.3. Uitvoering van het onderzoek

4.3.1. *Ongevallenstudies*

In de verzameling van 200 rotondes werden acht pleinen aangetroffen waar op een reeds bestaand plein de voorrang was omgedraaid. Uit de bij de wegbeheerders ingewonnen informatie bleek dat dit in één geval niet juist

was, zodat er zeven pleinen overbleven voor het onderzoek. Van deze pleinen is nagegaan of tegelijk met de voorrangswijziging ook een reconstructie heeft plaats gevonden.

Aan de ongevallengegevens die nog van de studie van 1993 beschikbaar waren, werden die van de jaren 1992 t/m 1994 toegevoegd. Deze gegevens werden in het kader van de studie naar de lange termijn ontwikkeling geleverd door AVV/BG (zie hoofdstuk 2). De verschillen in onveiligheid tussen voor- en nasituatie werden beoordeeld door de aantallen slachtoffers te relateren aan de duur van de betreffende perioden, per plein, voor het totaal van de zeven pleinen en voor de pleinen met en zonder reconstructie.

Van de oudere pleinen konden er twaalf worden gevonden waar in de afgelopen jaren de voorrang werd gewijzigd. Ook voor deze pleinen is bij de betreffende wegbeheerders geïnformeerd naar eventuele andere wijzigingen die tegelijkertijd werden aangebracht.

Aan de AVV/BG is gevraagd ook van deze pleinen de bijbehorende knooppuntnummers op te zoeken en de ongevallengegevens te leveren, in dit geval over de periode 1988 t/m 1994. Deze gegevens werden gelijk met de andere ongevallengegevens geleverd en bewerkt zodat de verschillen in voor- en nasituatie beoordeeld konden worden. Zowel aantallen ongevallen als aantallen slachtoffers werden in de vergelijking betrokken. De uitkomsten van deze vergelijkingen waren ten dele wat onverwacht. Door AVV-BG was inmiddels vastgesteld dat de toegezonden gegevens niet geheel correct en onvolledig waren. Daarom werd een verbeterd bestand toegestuurd en de analyse opnieuw uitgevoerd. De uitkomsten bleken ook nu nog voor een deel af te wijken van hetgeen vooraf was verondersteld, maar wel minder extreem dan voor de correctie.

Op verzoek van de opdrachtgever is daarom nog eens extra aandacht besteed aan de betrouwbaarheid van de ongevallengegevens voorzover het dit deel van het onderzoek betreft.

In de eerste plaats is aan AVV/BG gevraagd nog eens na te gaan of de geleverde ongevallengegevens van de betreffende pleinen volledig waren. Die vraag werd bevestigend beantwoord.

Als tweede controlemogelijkheid werd gebruik gemaakt van een bij de SWOV beschikbaar ongevallenbestand (letselongevallen). Met de opgegeven straatnamen als uitgangspunt werden alle letselongevallen en slachtoffers geselecteerd die in de betreffende periode op deze pleinen waren geregistreerd. De uitkomsten daarvan waren volledig identiek aan de reeds bekende gegevens.

Geconcludeerd kon worden dat bij dit onderzoek alle geregistreerde ongevallengegevens zijn gebruikt.

4.3.2. *Overig onderzoek*

De twaalf grotere pleinen waar de voorrang werd omgedraaid lagen in de gemeenten Lelystad, Maastricht, Terneuzen en Veendam. Deze gemeenten werden benaderd om informatie te krijgen over de pleinen en om na te gaan hoe de ervaringen met de gewijzigde voorrang zijn geweest. Ook werd geïnformeerd naar de redenen voor het wijzigen van de voorrangsregeling, welke veranderingen tegelijkertijd aan de pleinen werden aangebracht en welke aanpassingen naar hun mening nog noodzakelijk of gewenst zijn.

Bij twee van deze gemeenten werd daarvoor contact gelegd met medewerkers die op het gebied van rotondes veel ervaring en deskundigheid hebben opgebouwd. Het zijn ir. P. Klooster van de gemeente Lelystad en ing. H. Delfgaauw van de gemeente Maastricht. Zij waren tevens betrokken bij de totstandkoming van de C.R.O.W-publicatie *Rotondes* (C.R.O.W., 1993) als voorzitter, respectievelijk als lid van de betreffende werkgroep. Aan hen is ook gevraagd wat zij ten aanzien van het wijzigen van de voorrang op de oudere pleinen adviseren.

Deze vragen werden ook voorgelegd aan ing. K. Ern , die eveneens lid is van de genoemde werkgroep, en die van meet af aan nauw betrokken is bij onderzoek naar en realisatie van nieuwe rotondes.

Voor een nadere analyse van de problematiek is nagegaan welke weg- en verkeerskenmerken van invloed zijn op het snelheids- en voorrangsgedrag, welke regeling van de voorrang daar het beste op aansluit. Daarbij is ook aandacht besteed aan de problematiek en de veiligheid van de fietsers. De mogelijke gevolgen voor de veiligheid van de wijziging van de voorrang op bestaande pleinen is afgewogen tegen de mogelijke gevolgen van minder uniformiteit in voorrangregelingen wanneer de huidige situatie gehandhaafd blijft.

4.4. Bespreking van de resultaten

4.4.1. *De ongevallenstudies*

De resultaten van het onderzoek naar de voorrangswijziging op de zeven enkelstrookspleinen zijn weergegeven in *Tabel 10*. De wijziging van de voorrang vond plaats in de jaren 1986 t/m 1990 en bij drie van de zeven pleinen was er tevens sprake van een reconstructie van het plein. Op twee van de zeven pleinen is er in feite een toename van de onveiligheid geconstateerd. Gezien de geringe aantallen slachtoffers mag dit geen significante verandering worden genoemd, maar de ongunstige resultaten op het plein 'Deventer 3' zijn toch wel opvallend.

Beoordeeld over alle pleinen samen zijn de aantallen slachtoffers met een kwart afgenomen. Wanneer we onderscheid maken naar wel of niet reconstructie, dan blijkt dat op de vier pleinen waar uitsluitend de voorrang werd gewijzigd, het resultaat nog iets gunstiger was dan op de andere pleinen. Bij een dergelijk klein aantal pleinen is het niet mogelijk uitspraken te doen over de relatie tussen het type fietsvoorziening en de verbetering van de veiligheid.

De uitkomsten van het onderzoek naar voorrangswijziging op de grotere pleinen zijn weergegeven in *Tabel 11*. Het betreft twaalf pleinen met gezamenlijk 622 maanden voorperiode en 374 maanden naperiode. Ook in dit geval zijn de eerste drie maanden na de voorrangswijziging bij de vergelijking buiten beschouwing gebleven. Uit de informatie in deze tabel blijkt dat:

- de veranderingen sterk variëren van plein tot plein, zowel bij de aantallen ongevallen als bij de aantallen slachtoffers;
- over het totaal van de 12 pleinen het aantal ongevallen per pleinjaar; wat is gedaald terwijl het aantal slachtoffers aanzienlijk is gestegen
- ook op deze pleinen de aantallen ongevallen en slachtoffers voor een deel worden bepaald door de verkeersintensiteiten.

Bij de vergelijking van de totaalresultaten zullen de pleinen met veel ongevallen en slachtoffers een groter gewicht in de schaal leggen. Het is daarom nuttig ook de gemiddelde uitkomsten te vergelijken, in de tabel cursief weergegeven. Nu blijkt dat het aantal ongevallen gemiddeld wat sterker is gedaald en het aantal slachtoffers wat minder sterk is gestegen in vergelijking met de gesommeerde waarden.

In de laatste kolom van *Tabel 11* is aangegeven welke veranderingen gelijktijdig met de voorrangswijziging hebben plaats gevonden. Wanneer we nu de veranderingen in de onveiligheid aan deze wijzigingen relateren dan zien we het volgende.

Op de drie pleinen zonder reconstructie zijn de aantallen ongevallen afgenomen maar de aantallen slachtoffers op twee van de drie pleinen toegenomen. Op vijf pleinen is uitsluitend de belijning aangepast, vooral bedoeld om toeritten te versmallen en meer radiaal te richten. Op twee van deze vijf pleinen zijn de aantallen ongevallen wat toegenomen, de aantallen slachtoffers namen op vier pleinen toe.

Op twee pleinen zijn toeritversmalling enzovoort met fysieke maatregelen bereikt; in een geval nam het aantal ongevallen iets toe maar de aantallen slachtoffers daalden in beide gevallen.

Op één van de twee pleinen met een beperkte reconstructie is het aantal ongevallen gedaald en het aantal slachtoffers toegenomen; op het andere plein was dat juist andersom.

Het beeld van deze uitkomsten is zo sterk gevarieerd dat er nauwelijks conclusies mogelijk blijken. Het is zelfs niet duidelijk of aanvullende maatregelen zoals aanpassing van de belijning en reconstructies in gunstige zin aan het resultaat hebben bijgedragen.

Ten slotte is in het onderste deel van de tabel nog een verdeling van de aantallen slachtoffers naar wijze van verkeersdeelname gegeven. Rekening houdend met de verschillende lengten van voor- en naperiode blijkt dat de toename van aantallen slachtoffers in de eerste plaats bij fiets en bromfiets werd geregistreerd; daarnaast bij categorieën die in de voorperiode niet voorkwamen: bestelauto, bus en voetganger.

Geconcludeerd kan worden dat de beide ongevallenstudies geen eenduidig beeld geven. De enkelstrooks pleinen laten in het algemeen verbetering zien, de grotere pleinen vertonen een sterk wisselend beeld met gemiddeld een afname van aantallen ongevallen en een toename van aantallen slachtoffers. Een duidelijk verband tussen de veranderingen van de veiligheid en de aard van de veranderingen aan het plein kon niet worden vastgesteld.

4.4.2. Overig onderzoek

Informatie van wegbeheerders

De informatie met betrekking tot intensiteiten en reconstructies is opgenomen in *Tabel 8*. De reden voor het omdraaien van de voorrang is in alle gevallen geweest het in overeenstemming brengen met de voorrangregeling op nieuwere pleinen in de gemeente en/of in de omgeving. Wanneer de vier betrokken wegbeheerders wordt gevraagd naar hun ervaringen met deze pleinen, dan is men unaniem positief. Voorzover van toepassing op de drukke pleinen heeft men vastgesteld dat de capaciteit door de voorrangswijziging is toegenomen. Ook wat de veiligheid betreft heeft men in het algemeen een positieve indruk; slechts bij één plein in

Maastricht werd een kritische kanttekening geplaatst omdat daar de wijziging niet zo positief is ondervonden, met name voor de fietsers. Het betreft hier het vrij drukke Emmaplein, waar voor de fietsers een strook op het plein aanwezig is.

Ook blijkt er geen verschil van opvatting over de vraag of de toen genomen beslissing een juiste was. Wel wordt geadviseerd gelijk met het wijzigen van de voorrang ook de vormgeving van het plein aan te passen, ten minste door middel van belijning. Het verdient echter de voorkeur met fysieke maatregelen de toeritten meer radiaal georiënteerd te laten zijn en de afrondingsstralen te verkleinen. In een aantal gevallen zijn dit soort wijzigingen inmiddels uitgevoerd of gepland.

Meningen en adviezen van deskundigen

K. Ern  is van mening dat de wijziging van de voorrang op bestaande pleinen kan worden aanbevolen, mits de toeritten meer haaks op het plein worden uitgevoerd. Daarnaast stelt hij als voorwaarde dat het om een min of meer cirkelvormig plein moet gaan dat duidelijk als verkeersplein herkenbaar is.

Op de pleinen die (nog) niet in aanmerking komen voor wijziging van de voorrang zouden evenwel problemen kunnen ontstaan omdat dit type plein steeds meer tot de uitzonderingen gaat behoren. Overwogen kan worden op deze pleinen de rechts-voorrang regel te ondersteunen door ook daar met borden en haaietanden aan te geven wie voorrang heeft.

Verder wijst hij op de ervaringen die bij studies in onder andere Lelystad en Maastricht zijn opgedaan. Bij AVOC-studies in Maastricht is gebleken dat door de voorrangwijzigingen de ongevallen op het plein afnemen maar op de toeritten toenemen, meestal in de vorm van kop-staart botsingen.

Bij een AVOC-studie op het eerdergenoemde Emmaplein in Maastricht is onder meer gebleken dat de tak die het meest tangentiaal op het plein aansluit ook de meeste problemen geeft bij het voorrang verlenen door naderende automobilisten aan fietsers op het plein.

In Lelystad is experimenteel vastgesteld dat versmalling van de rijbaan een positief effect heeft op de rij snelheden en een rustiger verkeersbeeld geeft. Maar anderzijds blijkt de capaciteit daardoor iets af te nemen, ook al is hier sprake van enkelstrooks toeritten.

Daarnaast werd vastgesteld dat vergroting van de afstand tussen toerit en afrit van eenzelfde tak, dus verbreding van de middenberm, tot een verbetering van de capaciteit van de toerit leidt.

Op de pleinen in Lelystad is geen fietsverkeer, maar er rijden wel bromfietsers, zij het heel weinig. Ondanks dat zijn op het drukste plein in deze gemeente al vier voorrangsongevallen met bromfietsers geregistreerd.

Klooster adviseert de voorrang om te draaien uit een oogpunt van uniformiteit en daardoor duidelijkheid, maar geeft er de voorkeur aan dat te combineren met fysieke aanpassingen. Waar het verkeersaanbod dat toestaat, zouden plein, toe- en afritten enkelstrooks uitgevoerd moeten worden. Bij versmalling via belijning komt het voor dat autoverkeer de belijning negeert. Verder wijst hij op het belang van een goede voorlichting, ook vooraf, via de media, de plaatselijke afdeling van Veilig Verkeer Nederland, enzovoort, waardoor de weggebruikers goed zijn voorbereid op de veranderingen.

Delfgaauw adviseert bij het wijzigen van de voorrang op bestaande pleinen ten minste de kromtestralen te verkleinen, waardoor de snelheid voor en op het plein afneemt. Verder is hij van mening dat de oplossing voor het fietsverkeer veel aandacht verdient. Afgaande op de ervaring met het Tongerseplein in Maastricht is hij van mening dat bij (zeer) drukke pleinen de fietsers op vrijliggende fietspaden beter niet in de voorrang gedaan kunnen worden. Dat advies is vooral gebaseerd op de waargenomen vermindering van de capaciteit voor het autoverkeer. De gevolgen voor de veiligheid van de fietsers lijken beslist niet negatief, maar konden gezien de korte periode, nog niet nauwkeurig worden vastgesteld.

Ook bij intern overleg bij de SWOV kwam de aarzeling naar voren om de voorrang om te draaien zonder dat de toeritten radiaal worden uitgevoerd en te brede rijbanen worden versmald. Anderzijds wordt ingezien dat de steeds kleiner wordende groep van oudere rotondes met rechts voorrang tot problemen kan leiden. Om vergissingen te voorkomen zouden op deze pleinen de weggebruikers gewezen moeten worden op de daar van toepassing zijnde voorrangsregeling.

Analyse en discussie

De veiligheid op rotondes wordt voor een belangrijk deel bepaald door de snelheid van het autoverkeer bij nadering van en op de pleinen. Elke maatregel die tot snelheidsvermindering leidt, kan in principe een positieve bijdrage voor de veiligheid betekenen.

Een tweede belangrijke factor, voor een deel samenhangend met de eerstgenoemde, betreft de breedte van de rijbanen op het plein en op de toe- en afritten. Bredere rijbanen nodigen uit tot hogere snelheden en maken complexere verkeerssituaties mogelijk (inhalen, rijstrookwisselingen, weven enzovoort). Versmalling van de rijbanen zal in het algemeen ook een positieve bijdrage voor de veiligheid betekenen.

Een derde factor is de oplossing die wordt gekozen voor het fietsverkeer, voorzover aanwezig.

Wanneer de voorrang wordt gewijzigd, dus wanneer het toerijgend verkeer voorrang moet verlenen aan het verkeer op het plein, zou dat tot daling van de naderingssnelheden moeten leiden. Maar eenmaal op het plein kan men in principe doorrijden, zodat het mogelijk is dat de snelheden daar en bij het verlaten van het plein, wat toenemen.

Vooral op de grotere pleinen met uitgesproken tangentiale toeritten en grote afrondingsstralen, kan men met betrekkelijk hoge snelheid het plein berijden. Het is dan de vraag of de andere voorrangsregeling tot substantiële snelheidsvermindering leidt.

Het is dus heel goed mogelijk dat uitsluitend de wijziging van de regeling op dit type plein geen of slechts een gering effect op de veiligheid heeft. Een negatief effect kan hierdoor niet worden verklaard; daarvoor zullen andere oorzaken gezocht moeten worden.

Wanneer in samenhang met de voorrangwijziging ook de toeritten worden verlegd, dus meer haaks op het plein aansluiten, zal de naderingssnelheid wel afnemen. Een dergelijke haakse aansluiting onderstreept ook de nieuwe voorrangssituatie en kan ook daardoor voor meer duidelijkheid zorgen. Een extra positief effect mag worden verwacht wanneer het verkeersaanbod lager is dan de capaciteit van een enkelstrooks rotonde zodat de rijbanen kunnen worden versmald.

Zo beredeneerd wijst alles erop dat uitsluitend de voorrangswijziging in veel gevallen slechts een gering positief effect zal hebben maar dat daaraan gekoppelde reconstructies kunnen bijdragen tot een groter positief effect. De resultaten van de ongevallenstudies lijken deze conclusies tegen te spreken. Er zijn ook negatieve gevolgen vastgesteld, met name waar het het aantal slachtoffers betreft. Dan dringt zich de vraag op of de toegepaste aanpassingen en reconstructies wel doeltreffend zijn geweest. Dat is vermoedelijk pas te beoordelen wanneer de betreffende pleinen en de toegepaste veranderingen zorgvuldig worden bestudeerd. Wel is nu reeds duidelijk dat alleen het toepassen van belijningen niet altijd het bedoelde effect teweegbrengt.

De toename van aantallen slachtoffers onder fietsers en bromfietsers wijst ook in een bepaalde richting. Het voorrang verlenen door automobilisten aan deze categorieën weggebruikers laat te wensen over, zoals door de aanrijdingen op het drukste plein in Lelystad en het Emmapplein in Maastricht wordt bevestigd. In feite wordt hiermee onderstreept wat in de ongevallenstudie van 1993 al naar voren kwam: op drukkere pleinen dient er voor het fietsverkeer een vrijliggend fietspad te zijn. En gezien de uitkomsten van deze studie lijkt het vooralsnog verstandig de fietsers uit de voorrang te halen. Maar op zeer drukke pleinen is een goede oplossing voor het fietsverkeer moeilijk te realiseren, zoals de ervaringen op het Tongerseplein in Maastricht uitwijzen. In die gevallen is alleen de ongelijkvloerse oplossing afdoende.

Samenvattend kan worden vastgesteld dat een deel van de geconstateerde veranderingen in de onveiligheid kan worden toegeschreven aan minder doeltreffende aanpassingen en aan minder geschikte oplossingen voor het fiets- en bromfietsverkeer. Maar daarmee kunnen zeker niet alle negatieve veranderingen worden verklaard.

De veiligheid op een rotonde wordt niet uitsluitend bepaald door de situatie ter plaatse, maar houdt ook verband met wat er op andere pleinen aan de orde is. Weggebruikers herkennen bepaalde situaties en stellen hun verwachting en hun gedrag daarop in. Dit geeft aan dat ook de uniformiteit een belangrijk aspect is, en die betreft zowel de vormgeving als de voorrangregeling. Op alle nieuwe pleinen geldt eenzelfde voorrangregeling (wanneer we fietsers op fietspaden even buiten beschouwing laten) en ook in de vormgeving is een flinke mate van uniformiteit terug te vinden. Dit helpt de weggebruiker bij het snel herkennen van de situatie en hij kan daardoor vroegtijdig zijn rijgedrag daarop aanpassen.

De oudere en vaak grotere pleinen zijn meestal ook afwijkend van vormgeving en daardoor met niet al te veel moeite van de nieuwere pleinen te onderscheiden. Het aanpassen van het voorrangsgedrag op die pleinen, voorzover niet met lichten geregeld, hoefde daarom niet veel problemen op te leveren, ook al is de situatie uit een oogpunt van uniformiteit niet ideaal. Moeilijker werd het toen oude en nieuwe rotondes binnen eenzelfde gemeente voorkwamen en soms dicht bij elkaar op eenzelfde route.

Nu neemt de kans op vergissingen toch wel toe en het is begrijpelijk dat de betrokken wegbeheerders ten minste binnen hun eigen gebied uniforme regeling nastreven. Dus werd op een aantal bestaande pleinen de voorrangregeling gewijzigd, maar daarmee is tevens de betrekkelijke uniformiteit binnen de oude pleinen teniet gedaan. En het is niet uitgesloten dat daardoor een nieuwe vorm van verwarring ontstaat die kan bijdragen aan de minder gunstige uitkomsten op de oudere pleinen met nieuwe voor-

rangsregeling. Het is zelfs mogelijk dat ook op oudere pleinen met de rechts voorrang regel daardoor de veiligheid minder wordt. Om een eind aan deze verwarring te maken is het gewenst dat op de kortst mogelijke termijn de voorrang op alle pleinen op dezelfde wijze wordt geregeld. Om maximale veiligheid te waarborgen is het dan aan te bevelen:

- de wijziging van de voorrang gepaard te laten gaan aan reconstructie van de pleinen op een wijze die goed bij de nieuwe voorrangregeling past;
- bij de aanpassing van de pleinen de hoogste prioriteit te geven aan goede oplossingen voor het fietsverkeer;
- tijdens de overgangsfase op oudere pleinen waar de voorrang nog niet is gewijzigd, via waarschuwingsborden op de heersende voorrangregeling te wijzen.

De aanbeveling om op deze pleinen niet alleen de voorrang om te draaien maar ook reconstructies uit te voeren, kan vertragend werken op de uniformering van de voorrangregeling. Voor zover het wijzigen van de voorrang tot negatieve gevolgen heeft geleid, betref dat nagenoeg uitsluitend fietsers en bromfietsers. Daarom kan als minimum voorwaarde voor een voorrangwijziging worden gesteld dat die gepaard gaat aan een veilige oplossing voor het (brom)fietsverkeer.

5. Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

5.1. De veiligheid van nieuwe rotondes

De herhaling van een deel van het onderzoek naar de veiligheid op bijna 200 nieuwe rotondes heeft door de uitbreiding met ongevalgegevens van recentere jaren tot betrouwbaarder uitkomsten geleid. Het onderzoek heeft enkele nieuwe resultaten opgeleverd en sommige uitkomsten van het vorige onderzoek bevestigd.

Nieuwe rotondes blijken ook op langere termijn een veilige kruispuntoplossing. De aantallen ongevallen vertonen in het algemeen een licht dalende trend en de aantallen slachtoffers blijven ongeveer gelijk. Ook wanneer de pleinen worden onderscheiden naar type fietsvoorziening, blijkt dat er bij elk type een positief effect kan worden vastgesteld, ook op de langere termijn. De mogelijke negatieve ontwikkeling in aantallen slachtoffers die in een eerder onderzoek naar voren kwam, zal zo goed als zeker aan toevallige ontwikkelingen toegeschreven moeten worden.

Nog duidelijker dan in het vorige onderzoek werd vastgesteld dat de verbetering van de veiligheid door de aanleg van een rotonde groter is naarmate de gevolgen ernstiger zijn. Daaruit kan worden afgeleid dat de aanleg van een rotonde niet alleen de aantallen maar ook de ernst van ongevallen reduceert.

De verbetering van de veiligheid is bij pleinen buiten de bebouwde kom en aan de komgrens gunstiger dan op locaties binnen de bebouwde kom. Ook bij de aanleg van rotondes op een beperkt aantal locaties waar een kruispunt met verkeerslichtenregeling aanwezig was, is de veiligheid in alle opzichten verbeterd.

Het opnieuw uitgevoerde onderzoek naar de relatie tussen veiligheid en type fietsvoorziening (en auto-intensiteit) bevestigt dat de oplossing met fietspad de minste slachtoffers oplevert, zeker op de drukkere pleinen. Bij deze pleinen is bovendien het aandeel fietsers en bromfietzers onder de slachtoffers betrekkelijk gering. Bij pleinen zonder fietsvoorziening is dat aandeel groot en bij pleinen met fietsstrook zelfs zeer groot. Ook wanneer de relatie tussen de veiligheid en de combinaties van auto- en fietsintensiteiten wordt onderzocht, blijkt dat rotondes met vrijliggende fietspaden vrijwel altijd veiliger zijn dan de andere pleinen.

Ten slotte is vastgesteld dat een wat extremere verhouding tussen de auto-intensiteiten in de hoofd- en dwarsrichting niet of nauwelijks aanleiding geeft tot meer ongevallen of slachtoffers.

De grond van de uitkomsten van dit onderzoek kan het volgende worden aanbevolen:

- Op minder veilige kruispunten is de aanleg van een rotonde te overwegen, gezien de zeer positieve en blijvende gevolgen voor de veiligheid.

- Ook voor veel kruispunten met verkeerslichtenregeling is de vervanging door een rotonde aan te bevelen, tenminste wanneer een enkelstrooks plein uit capaciteitsoverwegingen voldoende is.
- Bij de aanleg van een rotonde verdient de uitvoering met vrijliggend fietspad de voorkeur, zeker wanneer het een wat drukkere locatie betreft.

5.2. De voorrangsregeling voor fietsers

De ongevallenstudie op rotondes met vrijliggende fietspaden waar fietsers voorrang hebben, die onderdeel uitmaakte van een in 1994 verricht onderzoek, werd op een wat grotere schaal opnieuw uitgevoerd. Ook nu werd vastgesteld dat de onveiligheid op deze pleinen *gemiddeld* veel groter is dan op soortgelijke pleinen met fietsers uit de voorrang, hoewel altijd nog gunstiger dan op kruispunten op vergelijkbare locaties. Meer dan 90% van de slachtoffers op deze pleinen betreffen fietsers en bromfietsers. Op een deel van de onderzochte rotondes zijn tot nu toe geen slachtoffers geregistreerd, waaronder enkele die al meerdere jaren met deze voorrangsregel functioneren. Maar uit de beschikbare informatie kan niet worden afgeleid welke kenmerken daarvoor bepalend zijn.

De capaciteit van een rotonde voor het autoverkeer wordt enigszins negatief beïnvloed wanneer aan fietsers op fietspaden voorrang wordt gegeven, hoewel in mindere mate dan op pleinen met fietsstrook. De capaciteit van de toerit is in het algemeen bepalend; alleen bij extreme intensiteitsverdelingen kan de capaciteit van de afrit het kritische punt zijn.

De invloed van het fietsverkeer is het grootst bij hoge intensiteiten op de toerit. In de praktijk zal capaciteitsvermindering alleen merkbaar zijn op zeer drukke pleinen waar ook nog veel fietsverkeer passeert.

Aanbevelingen:

- Gezien de onderzoeksresultaten van 1994 en van deze studie met betrekking tot de veiligheid van (brom)fietsers wordt vooralsnog aanbevolen op pleinen met vrijliggende fietspaden geen voorrang aan het fietsverkeer te geven.¹
- Bij de keuze van de voorrangsregeling voor fietsers kunnen de gevolgen voor de capaciteit van het autoverkeer buiten beschouwing blijven, tenzij het een zeer drukke locatie betreft (meer dan 2.000 auto's in het drukste uur) en daarnaast ook veel fietsers.
- Om de invloed van het fietsverkeer op de capaciteit te beperken, zal de fietsoversteek ten minste op 5 meter van de buitenrand van het plein moeten liggen.

¹ Kanttekening: de aanbeveling 'fietsers geen voorrang geven' is, gezien de vele uiteenlopende wijzen waarop rotondes thans ontworpen en aangelegd zijn, gerechtvaardigd. Het is echter niet uitgesloten dat bepaalde vormgevingsaspecten de veiligheid op rotondes positief kunnen beïnvloeden. Wanneer het aantal rotondes met vrijliggende fietspaden en fietsers in de voorrang blijft toenemen, zal over enige tijd vermoedelijk voldoende informatie verzameld kunnen worden om vast te stellen welke vormgevingsaspecten in positieve of negatieve zin aan de verkeersveiligheid ter plekke bijdragen. De praktische betekenis van een dergelijk onderzoek hangt af van de mogelijkheden om in de toekomst de vormgeving van rotondes door middel van richtlijnen (of anderszins) te beïnvloeden.

5.3. Regeling van de voorrang op oudere pleinen

De uitkomsten van een tweetal voor- en nastudies op rotondes waar de voorrang werd gewijzigd, zijn ten dele tegengesteld.

Op een zevental enkelstrooks rotondes waar in de jaren 1986-1990 de voorrang voor het pleinverkeer werd ingesteld, is zowel het aantal ongevallen als het aantal slachtoffers afgenomen.

Op twaalf oudere en grotere pleinen waar in 1990-1991 de voorrang werd gewijzigd, nam het aantal ongevallen enigszins af maar het aantal slachtoffers nam toe, met name onder fietsers en bromfietsers.

Op een aantal van beide groepen rotondes heeft tegelijkertijd een reconstructie plaatsgevonden, soms ingrijpend zoals de versmalling van rijbanen, soms van beperkte omvang zoals de aanpassing van belijning. Uit het onderzoek is niet gebleken dat een dergelijke reconstructie gunstig was voor de veiligheid.

Deskundigen en wegbeheerders die ervaring hebben met voorrangswijziging op rotondes, zijn bijna unaniem van mening dat een dergelijke wijziging gepaard zou moeten gaan aan een reconstructie, waarbij toeritten radiaal worden gesitueerd, afrondingsstralen worden verkleind en rijbanen zo mogelijk worden versmald. Anderzijds is het evident dat het handhaven van verschillende voorrangsregelingen voor pleinen uit het oogpunt van uniformiteit een ongewenste en ook onveilige situatie is.

Omdat de waargenomen negatieve gevolgen van een voorrangswijziging betrekking hadden op (brom)fietsers zou aan een dergelijke wijziging ten minste een goede oplossing voor het fietsverkeer gekoppeld moeten worden (zie hieronder).

Aanbevelingen:

- Op korte termijn wordt aanbevolen om op de bestaande pleinen die als zodanig herkenbaar zijn, de voorrang voor het pleinverkeer in te stellen, mits tegelijkertijd wordt gezorgd voor een veilige oplossing voor het fietsverkeer, indien aanwezig.
- De pleinen waarop de voorrang wordt gewijzigd zouden gereconstrueerd kunnen worden, bij voorkeur gelijktijdig - maar om vertraging van de voorrangswijziging te voorkomen, eventueel in een later stadium.
- Bij de reconstructie dienen toeritten radiaal te worden gesitueerd; de afrondingsstralen dienen te worden verkleind en de rijbanen van plein, toe- en afritten versmald - voorzover dat uit capaciteitsoverwegingen toelaatbaar is. In een aantal gevallen zal ook de verkanting herzien moeten worden.
- Voor fietsers dienen, indien nog niet aanwezig, vrijliggende fietspaden te worden aangelegd. Bij zeer drukke pleinen zullen voor het fietsverkeer ongelijkvloerse oplossingen nodig zijn of moeten alternatieve fietsroutes worden gecreëerd.

Literatuur

C.R.O.W (1993). *Rotondes*. Publikatie 79. C.R.O.W, Ede.

Dijk, J.H.A. van & Willekes, H. (1992). *Na-onderzoek en evaluatie rotonde Knalhutweg - Broekheurnering*. In opdracht van de Bouwdienst Gemeente Enschede. Adviesbureau Van Roon, 's-Gravenhage.

Griffiths, J.D. (1979). *Mathematical models for delays at pedestrian crossings*. Bulletin of IMA 11/12, p. 278-282.

Griffiths, J.D. (1981). *A mathematical model of a non-signalized pedestrian crossing*. Transportation Science 15, p. 222-233.

INRO/TNO (1993). *De rotonde verkenner; Een literatuurstudie*. Arnhem, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Directie Gelderland / Delft, Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek TNO, Instituut voor Ruimtelijke Organisatie INRO TNO, Sector Verkeer en Vervoer VVG.

Marlow, M. & Maycock, G. (1982). *The effect of zebra crossings on junction entry capacities*. TRRL Supplementary Report, 724.

Minnen, J. van (1988). *Positie en voorrangsregeling van fietsers en bromfietsers op rotondes 'nieuwe stijl'; Een beknopte toelichting op en evaluatie van het rapport 'Positie en voorrangsregelingen van fietsers en bromfietsers op rotondes nieuwe stijl' van drs. I.H. Veling & ing. M.A. Vos*. R-89-15. SWOV, Leidschendam.

Minnen, J. van (1990). *Ongevallen op rotondes; Vergelijkende studie van de onveiligheid op een aantal locaties waar een kruispunt werd vervangen door een 'nieuwe' rotonde*. R-90-47. SWOV, Leidschendam.

Minnen, J. van, en Braimaister, L. (1994). *De voorrangsregeling voor fietsers op rotondes met fietspaden*. R-94-73. SWOV, Leidschendam.

Schoon, C.C. en Minnen, J. van (1993). *Ongevallen op rotondes II; Tweede onderzoek naar de onveiligheid van rotondes vooral voor fietsers en bromfietsers*. R-93-16. SWOV, Leidschendam.

Smeets, P. (1994). *De tweestrooks rotonde, ook in Nederland?...! Een onderzoek naar toepassingsmogelijkheden en vormgevingsaspecten*. Afstudeeropdracht NHTV. C.R.O.W, Ede.

Stuwe, B. (1991). *Capacity and safety of roundabouts; German results*. In: W. Brilon (ed.), Intersections without traffic signals-II. Proc. Int. Workshop (Bochum), p. 1-12.

Veling, I.H. & Vos, M.A. (1988). *Positie en voorrangsregeling van fietsers en bromfietsers op rotondes 'nieuwe stijl'; Theoretische inventarisatie en evaluatie*. Rapport nr. TT 88-22. Traffic Test B.V., Veenendaal.

Tabellen 1 t/m 11

1. *Ontwikkeling van aantallen ongevallen op nieuwe rotondes.*
2. *Ontwikkeling van aantallen slachtoffers op nieuwe rotondes.*
3. *Ontwikkeling veiligheid op rotondes zonder fietsrotondes.*
4. *Ontwikkeling onveiligheid op rotondes met fietsstrook.*
5. *Ontwikkeling onveiligheid op rotondes met vrijliggend fietspad.*
6. *Vergelijking voor- en nasituatie voor ernst, bebouwing en verkeersregeling.*
7. *Vergelijking voor- en nasituatie naar betrokken objecten en slachtoffers.*
8. *Onveiligheid gerelateerd aan de intensiteitsverhouding tussen dwars- en hoofdstroom.*
9. *Onveiligheid op pleinen met fietspaden en fietsers in de voorrang.*
10. *Onveiligheid op enkelstrooks pleinen met voorrangswijziging.*
11. *Onveiligheid op grotere pleinen waar de voorrang werd gewijzigd.*

Ontwikkeling aantallen ongevallen												
		jaar:										
leeftijd	aantal	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	totaal	per	
in jaren	pleinen										pleinjaar	
aantallen ongevallen												
3	38						81	75	69	225	1,97	
4	70					166	168	151	125	610	2,18	
5	52				151	119	117	106	103	596	2,29	
6	32			67	76	68	53	61	54	379	1,97	
7	3		6	4	5	5	4	1	6	31	1,48	
8	1	7	4	5	9	9	7	5	13	59	7,38	
ongevallen per plein												
3	38						2,13	1,97	1,82			
4	70					2,37	2,40	2,16	1,79			
5	52				2,90	2,29	2,25	2,04	1,98			
6	32			2,09	2,38	2,13	1,66	1,91	1,69			
7	3		2,00	1,33	1,67	1,67	1,33	0,33	2,00			
8	1	7,00	4,00	5,00	9,00	9,00	7,00	5,00	13,00			
aantallen ongevallen												
>= 3	196						430	399	370			
>= 4	158					367	349	324	301			
>= 5	88				241	201	181	173	176			
>= 6	36			76	90	82	64	67	73			
ongevallen per plein												
>= 3	196						2,19	2,04	1,89			
>= 4	158					2,32	2,21	2,05	1,91			
>= 5	88				2,74	2,28	2,06	1,97	2,00			
>= 6	36			2,11	2,50	2,28	1,78	1,86	2,03			

Tabel 1. Ontwikkeling van aantallen ongevallen op nieuwe rotondes

Ontwikkeling aantallen slachtoffers											
		jaar:									
leeftijd in jaren	aantal pleinen	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	totaal	per pleinjaar
		aantallen slachtoffers									
3	38						12	11	8	31	0,27
4	70					27	23	19	19	88	0,31
5	52				19	25	23	13	17	97	0,37
6	32			2	11	9	9	12	15	58	0,30
7	3		0	0	1	0	0	0	2	3	0,14
8	1	2	0	0	2	2	2	0	3	11	1,38
		slachtoffers per plein									
3	38						0,32	0,29	0,21		
4	70					0,39	0,33	0,27	0,27		
5	52				0,37	0,48	0,44	0,25	0,33		
6	32			0,06	0,34	0,28	0,28	0,38	0,47		
7	3		-	-	0,33	-	-	-	0,67		
8	1	2,00	-	-	2,00	2,00	2,00	-	3,00		
		aantallen slachtoffers									
>= 3	196						69	55	64		
>= 4	158					63	57	44	56		
>= 5	88				33	36	34	25	37		
>= 6	36			2	14	11	11	12	20		
		slachtoffers per plein									
>= 3	196						0,35	0,28	0,33		
>= 4	158					0,40	0,36	0,28	0,35		
>= 5	88				0,38	0,41	0,39	0,28	0,42		
>= 6	36			0,06	0,39	0,31	0,31	0,33	0,56		

Tabel 2. Ontwikkeling van aantallen slachtoffers op nieuwe rotondes

fietsvoorziening: geen											
Ontwikkeling aantallen ongevallen en slachtoffers											
		jaar:									
leeftijd in jaren	aantal pleinen	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	totaal	per pleinjaar
		aantallen ongevallen									
3	1						0	0	1	1	0,33
4	3					5	3	3	1	12	1,00
5	7				2	9	5	6	6	28	0,80
6	11			20	18	17	17	20	20	112	1,70
7	1		1	0	1	1	2	1	1	7	1,00
		ongevallen per plein									
3	1						-	-	1,00		
4	3					1,67	1,00	1,00	0,33		
5	7				0,29	1,29	0,71	0,86	0,86		
6	11			1,82	1,64	1,55	1,55	1,82	1,82		
7	1		1,00	-	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00		
		aantallen ongevallen									
>=3	23						27	30	29		
>=4	22					32	27	30	28		
>=5	19				21	27	24	27	27		
>=6	12			20	19	18	19	21	21		
		ongevallen per plein									
>=3	23						1,17	1,30	1,26		
>=4	22					1,45	1,23	1,36	1,27		
>=5	19				1,11	1,42	1,26	1,42	1,42		
>=6	12			1,67	1,58	1,50	1,58	1,75	1,75		
										totaal	per pleinjaar
		aantallen slachtoffers									
3	1						0	0	1	1	0,33
4	3					1	0	0	1	2	0,17
5	7				0	2	0	1	0	3	0,09
6	11			0	4	4	4	7	3	22	0,33
7	1		0	0	0	0	0	0	1	1	0,14
		slachtoffers per plein									
3	1						-	-	1,00		
4	3					0,33	-	-	0,33		
5	7				-	0,29	-	0,14	-		
6	11			-	0,36	0,36	0,36	0,64	0,27		
7	1		-	-	-	-	-	-	1,00		
		aantallen slachtoffers									
>=3	23						4	8	6		
>=4	22					7	4	8	5		
>=5	19				4	6	4	8	4		
>=6	12			0	4	4	4	7	4		
		slachtoffers per plein									
>=3	23						0,17	0,35	0,26		
>=4	22					0,32	0,18	0,36	0,23		
>=5	19				0,21	0,32	0,21	0,42	0,21		
>=6	12			-	0,33	0,33	0,33	0,58	0,33		

Tabel 3. Ontwikkeling onveiligheid op rotondes zonder fietsvoorziening

											fietsvoorziening: strook	
Ontwikkeling aantallen ongevallen												
											jaar:	
leeftijd in jaren	aantal pleinen	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	totaal	per pleinjaar	
aantallen ongevallen												
3	19						41	34	31	106	1,86	
4	45					131	131	117	94	473	2,63	
5	33				112	73	79	76	71	411	2,49	
6	12			30	39	29	21	27	26	172	2,39	
7	1		3	3	3	3	1	0	4	17	2,43	
8	1	7	4	5	9	9	7	5	13	59	7,38	
ongevallen per plein												
3	19						2,16	1,79	1,63			
4	45					2,91	2,91	2,60	2,09			
5	33				3,39	2,21	2,39	2,30	2,15			
6	12			2,50	3,25	2,42	1,75	2,25	2,17			
7	1		3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	-	4,00			
8	1		4,00	5,00	9,00	9,00	7,00	5,00	13,00			
aantallen ongevallen												
>=3	111						280	259	239			
>=4	92					245	239	225	208			
>=5	47				163	114	108	108	114			
>=6	14			38	51	41	29	32	43			
ongevallen per plein												
>=3	111						2,52	2,33	2,15			
>=4	92					2,66	2,60	2,45	2,26			
>=5	47				3,47	2,43	2,30	2,30	2,43			
>=6	14			2,71	3,64	2,93	2,07	2,29	3,07			
											totaal	per pleinjaar
aantallen slachtoffers												
3	19						7	10	3	20	0,35	
4	45					25	23	18	15	81	0,45	
5	33				17	21	19	11	15	83	0,50	
6	12			1	7	3	4	4	11	30	0,42	
7	1		0	0	1	0	0	0	1	2	0,29	
8	1	2	0	0	2	2	2	0	3	11	1,38	
slachtoffers per plein												
3	19						0,37	0,53	0,16			
4	45					0,56	0,51	0,40	0,33			
5	33				0,52	0,64	0,58	0,33	0,45			
6	12			0,08	0,58	0,25	0,33	0,33	0,92			
7	1		-	-	1,00	-	-	-	1,00			
8	1		-	-	2,00	2,00	2,00	-	3,00			
aantallen slachtoffers												
>=3	111						55	43	48			
>=4	92					51	48	33	45			
>=5	47				27	26	25	15	30			
>=6	14			1	10	5	6	4	15			
slachtoffers per plein												
>=3	111						0,50	0,39	0,43			
>=4	92					0,55	0,52	0,36	0,49			
>=5	47				0,57	0,55	0,53	0,32	0,64			
>=6	14			0,07	0,71	0,36	0,43	0,29	1,07			

Tabel 4. Ontwikkeling onveiligheid op rotondes met fietsstrook

											fietsvoorziening: pad		
Ontwikkeling aantallen ongevallen													
		jaar:											
leeftijd in jaren	aantal pleinen	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	totaal	per pleinjaar		
aantallen ongevallen													
3	18						40	41	37	118	2,19		
4	22					30	34	31	30	125	1,42		
5	12				37	37	33	24	26	157	2,62		
6	9			17	19	22	15	14	8	95	1,76		
7	1	7	2	1	1	1	1	0	1	14	2,00		
ongevallen per plein													
3	18						2,22	2,28	2,06				
4	22						1,36	1,55	1,41	1,36			
5	12						3,08	3,08	2,75	2,17			
6	9						1,89	2,11	2,44	1,67	1,56	0,89	
7	1	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00				
aantallen ongevallen													
>=3	62						123	110	102				
>=4	44						90	83	69	65			
>=5	22						57	60	49	38	35		
>=6	10						18	20	23	16	14	9	
ongevallen per plein													
>=3	62						1,98	1,77	1,65				
>=4	44						2,05	1,89	1,57	1,48			
>=5	22						2,59	2,73	2,23	1,73	1,59		
>=6	10						1,80	2,00	2,30	1,60	1,40	0,90	
										totaal	per pleinjaar		
aantallen slachtoffers													
3	18						5	1	4	10	0,19		
4	22						1	0	1	3	0,06		
5	12						2	2	4	1	2	11	0,18
6	9						1	0	2	1	1	6	0,11
7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-		
slachtoffers per plein													
3	18						0,28	0,06	0,22				
4	22						0,05	-	0,05	0,14			
5	12						0,17	0,17	0,33	0,08	0,17		
6	9						0,11	-	0,22	0,11	0,11		
7	1	-	-	-	-	-	-	-	-				
aantallen slachtoffers													
>=3	62						10	4	10				
>=4	44						5	5	3	6			
>=5	22						2	4	5	2	3		
>=6	10						1	0	2	1	1		
slachtoffers per plein													
>=3	62						0,16	0,06	0,16				
>=4	44						0,11	0,11	0,07	0,14			
>=5	22						0,09	0,18	0,23	0,09	0,14		
>=6	10						0,10	-	0,20	0,10	0,10		

Tabel 5. Ontwikkeling onveiligheid op rotondes met vrijliggend fietspad

Vergelijking ongevallen voor- en nasituatie						
	Aantal	Voorperiode		Naperiode		Verhouding
	lokaties	ong.	ong./jr.	ong.	ong./jr.	ong./jr. na/voor
AFLOOP						
dood	177	37	0,04	2	0,00	0,06
letsel	177	967	1,03	257	0,29	0,28
UMS	177	3665	3,79	1566	1,78	0,47
Totaal	177	4669	4,86	1825	2,08	0,43
BEBOUWING						
binnen	133	3636	5,27	1491	2,21	0,42
grens	24	467	3,32	129	1,22	0,37
buiten	20	466	4,24	205	2,10	0,50
Totaal	177	4569	4,86	1825	2,08	0,43
VERKEERSREGELING						
geen	18	380	4,15	119	1,38	0,33
voorrang	150	3912	4,90	1545	2,07	0,42
VRI	9	277	5,61	161	3,65	0,65
Totaal	177	4569	4,86	1825	2,08	0,43
Vergelijking slachtoffers voor- en nasituatie						
	Aantal	Voorperiode		Naperiode		Verhouding
	lokaties	slacht- offers	sl./jr.	slacht- offers	sl./jr.	sl./jr. na/voor
ERNST LETSEL						
dood	177	43	0,05	3	0,00	0,07
ziekenhuis	177	354	0,38	67	0,08	0,20
overig	177	837	0,89	212	0,24	0,27
Totaal	177	1234	1,31	282	0,32	0,24
BEBOUWING						
binnen	133	942	1,37	252	0,37	0,27
grens	24	127	0,90	10	0,09	0,10
buiten	20	165	1,50	20	0,21	0,14
Totaal	177	1234	1,31	282	0,32	0,24
VERKEERSREGELING						
geen	18	68	0,74	23	0,27	0,36
voorrang	150	1127	1,41	239	0,32	0,23
VRI	9	39	0,79	20	0,45	0,57
Totaal	177	1234	1,31	282	0,32	0,24
opmerking: "verkeersregeling" heeft betrekking op de voorperiode						

Tabel 6. Vergelijking voor- en nasituatie voor ernst, bebouwing en verkeersregeling

Bij ongevallen betrokken objecten						
Type object	Aantal	Voorperiode		Naperiode		Verhouding
	lokaties	aantal	per jaar	aantal	per jaar	per jaar
						na/voor
dieren	177	22	0,02	7	0,01	0,34
losse voorwerpen	177	22	0,02	4	0,00	0,19
bomen	177	29	0,03	22	0,03	0,81
palen	177	320	0,34	284	0,32	0,95
trottoirband e.d.	177	45	0,05	76	0,09	1,81
overige obstakels e.d.	177	88	0,09	71	0,08	0,86
personenauto	177	7267	7,73	2258	2,57	0,33
vrachtauto	177	232	0,25	87	0,10	0,40
bestelauto	177	416	0,44	173	0,20	0,45
bus	177	49	0,05	24	0,03	0,52
motor/scooter	177	79	0,08	56	0,06	0,76
bromfiets/snorfiets	177	480	0,51	255	0,29	0,57
fiets	177	506	0,54	348	0,40	0,74
voetganger	177	57	0,06	10	0,01	0,19
overige vervoermiddelen	177	73	0,08	91	0,10	1,33
Totaal	177	9685	10,30	3766	4,29	0,42
Slachtoffers naar wijze van verkeersdeelname						
Wijze verkeersdeelname	Aantal	Voorperiode		Naperiode		Verhouding
	lokaties	aantal	per jaar	aantal	per jaar	per jaar
						na/voor
personenauto	177	598	0,64	33	0,04	0,06
vrachtauto	177	2	0,00	1	0,00	0,54
bestelauto	177	28	0,03	0	-	-
bus	177	1	0,00	0	-	-
motor/scooter	177	33	0,04	11	0,01	0,36
bromfiets/snorfiets	177	227	0,24	65	0,07	0,31
fiets	177	297	0,32	155	0,18	0,56
voetganger	177	47	0,05	5	0,01	0,11
overige vervoermiddelen	177	1	0,00	12	0,01	12,84
Totaal	177	1234	1,31	282	0,32	0,24

Tabel 7. *Vergelijking voor- en nasituatie naar betrokken objecten en slachtoffers*

Onveiligheid en intensiteitsverhoudingen dwarsstroom/hoofdstroom								
fiets- voorziening	verhouding dwrs/hfd	aantal pleinen	aantal maanden	gemidd. pleinint.	aantallen ongevallen	slachtoff.	per pleinjaar ongevallen slachtoff.	
geen	0.00 - 0.45	3	200	5216	22	2	1,32	0,12
	0.45 - 0.65	3	179	8627	12	2	0,80	0,13
	0.65 - 1.00	2	117	4576	3	0	0,31	-
	<i>totaal</i>	<i>8</i>	<i>496</i>		<i>37</i>	<i>4</i>		
strook	0.00 - 0.45	22	1199	8721	162	32	1,62	0,32
	0.45 - 0.65	19	1016	12651	205	46	2,42	0,54
	0.65 - 1.00	13	679	12696	154	27	2,72	0,48
	<i>totaal</i>	<i>54</i>	<i>2894</i>		<i>521</i>	<i>105</i>		
pad	0.00 - 0.45	23	1204	10383	193	15	1,92	0,15
	0.45 - 0.65	8	451	13571	94	5	2,50	0,13
	0.65 - 1.00	12	668	9170	113	5	2,03	0,09
	<i>totaal</i>	<i>43</i>	<i>2323</i>		<i>400</i>	<i>25</i>		

Tabel 8. Onveiligheid gerelateerd aan de intensiteitsverhouding tussen dwars- en hoofdstroom

plein nr.	naam	maan den	jaar:					per jaar	jaar:					per jaar	intensiteiten			
			91	92	93	94	95		tot.	91	92	93	94		95	tot.	auto	fiets
			ongevallen						slachtoffers									
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	1,00		
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	Nieuw Vennep	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
	vorig onderzoek	225													14	0,75		
	fietsers uit voorrang (62 pleinen)								1,88							0,12	9758	1471
	Wijze van verkeersdeelname slachtoffers																	

Tabel 9. Onveiligheid op pleinen met fietspaden en fietsers in de voorrang

Locaties waar op een bestaand plein de voorrang werd gewijzigd												
Uit het bestand van het onderzoek 1993												
nr	plein	diam.	fiets	maand	ook	maanden		slachtoffers		slachtoffers/jaar		verh.
		buiten	voorz.		reconstr.	voor	na	voor	na	voor	na	na/voor
67	Deventer 2	35	strook	89-10	ja	66	59	11	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 10. Onveiligheid op enkelstrookspleinen met voorrangswijziging

Pleinen waar de voorrang werd gewijzigd								Ongevallen en slachtoffers					
plein nr	naam	mnd.		ongevallen		slachtoffers		ongev./pleinjaar		slachtoff./pleinjaar		etmaalint. (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	belijning **
totaal		622	374	534	292	36	35	10,3	9,4	0,69	1,12		
<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						

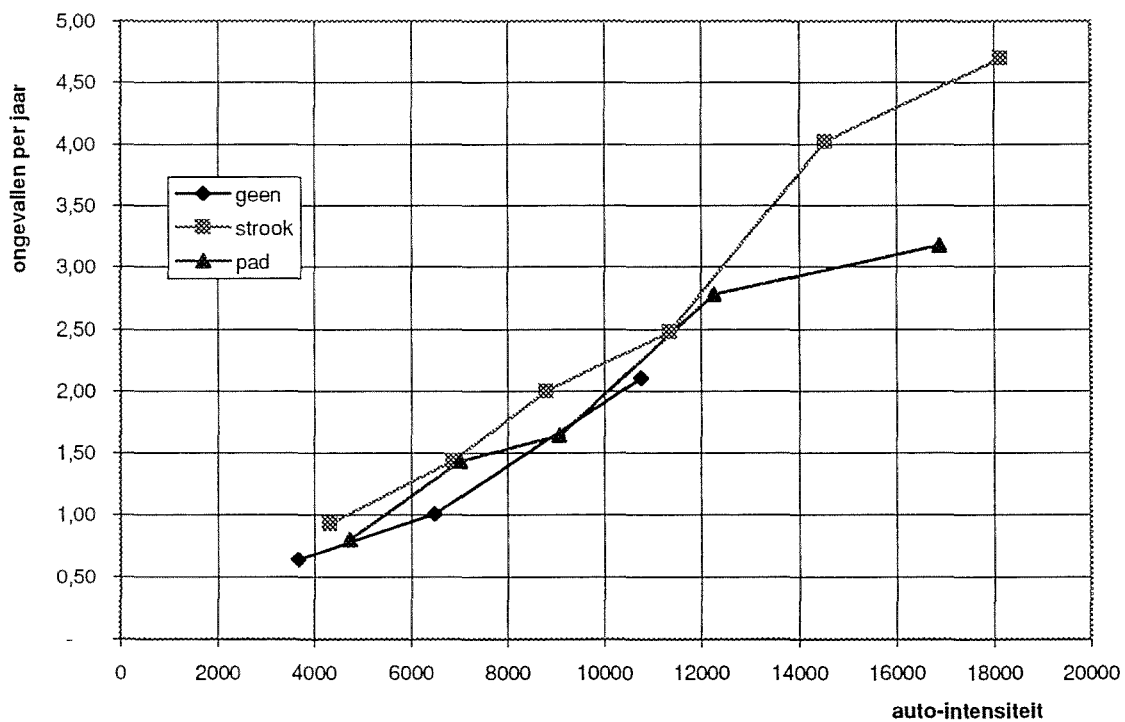
Tabel 11. Onveiligheid op grotere pleinen waar de voorrang werd gewijzigd

Afbeeldingen 1 t/m 5

1. *Aantallen ongevallen per kalenderjaar als functie van intensiteit.*
2. *Aantallen slachtoffers per pleinjaar als functie van intensiteit.*
- 3a. *Ongevallen naar fiets- en auto-intensiteit.*
- 3b. *Slachtoffers naar fiets- en auto-intensiteit.*
4. *Capaciteit van de toerit van een rotonde volgens INRO/TNO.*
5. *Capaciteit van de toerit van een rotonde volgens Van Minnen.*

Ongevallen op rotondes			
gemiddelde intensiteit	aantallen ongevallen per pleinjaar		
	geen	strook	pad
4725			0,80
7015			1,43
9081			1,64
12265			2,78
16879			3,17
4.313		0,93	
6.868		1,44	
8.796		2,00	
11.365		2,47	
14.543		4,02	
18.140		4,70	
3668	0,64		
6479	1,01		
10763	2,10		

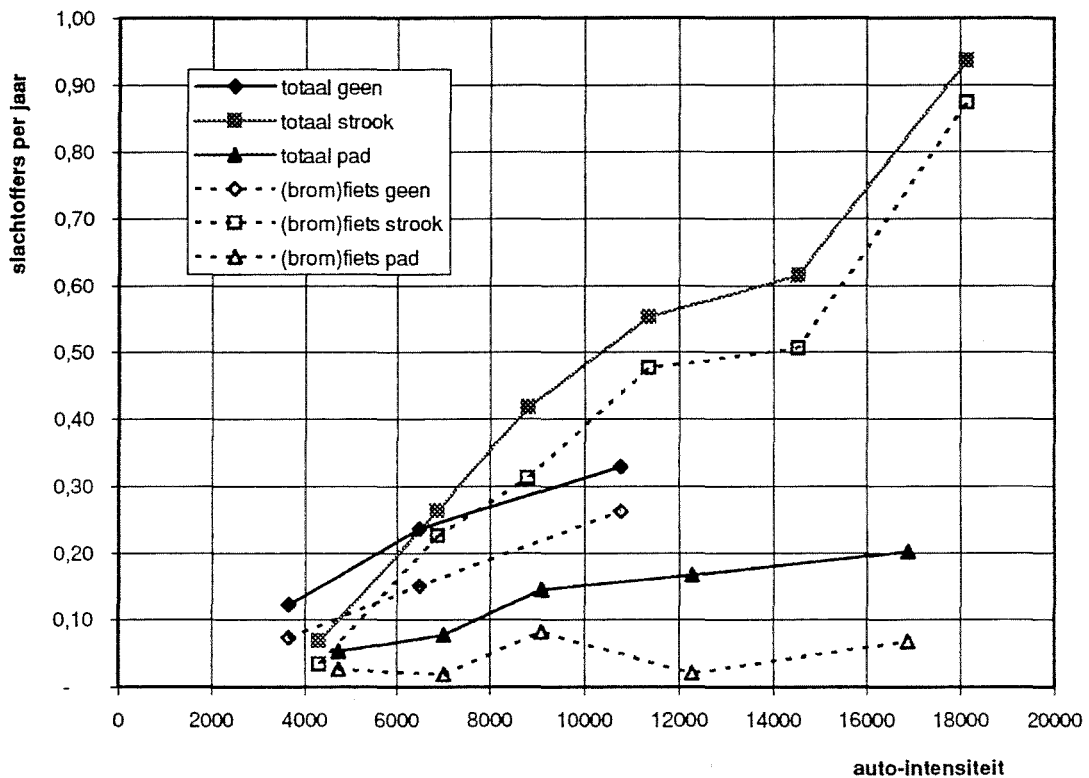
Aantallen ongevallen naar fietsvoorziening



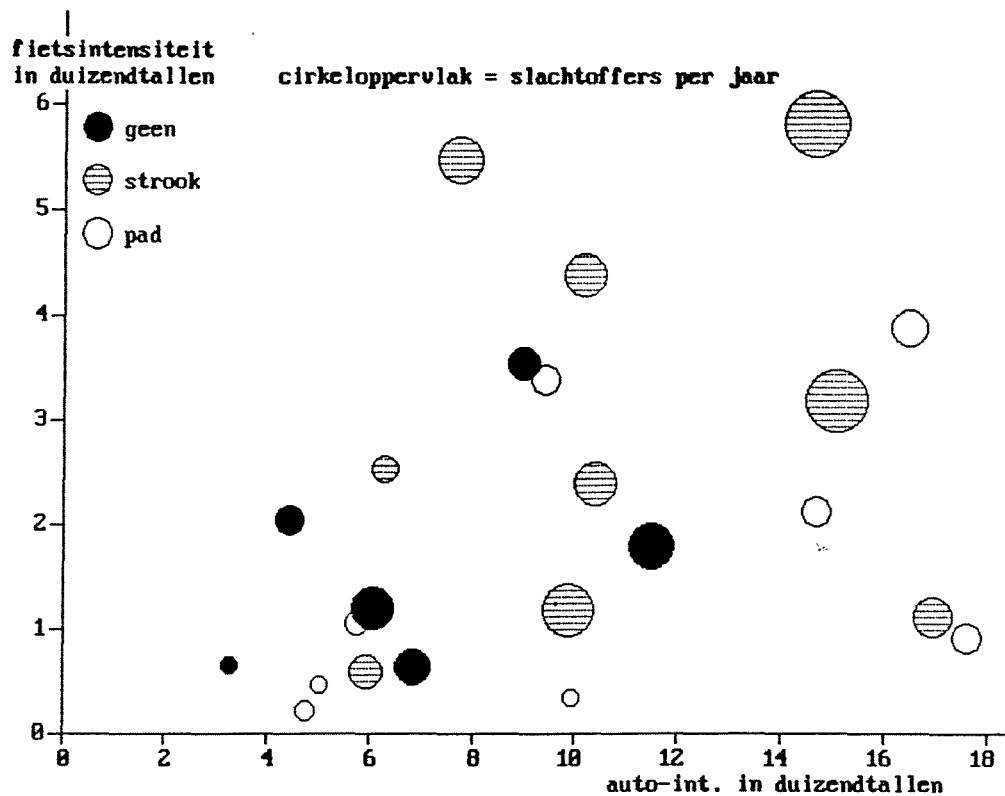
Afbeelding 1. Aantallen ongevallen per pleinjaar als functie van de intensiteit

Slachtoffers op rotondes							
aantallen slachtoffers per pleinjaar							
gemiddelde intensiteit	totaal			(brom)fiets			
	geen	strook	pad	geen	strook	pad	
4725			0,05			0,03	
7015			0,08			0,02	
9081			0,14			0,08	
12265			0,17			0,02	
16879			0,20			0,07	
4.313		0,07			0,03		
6.868		0,26			0,23		
8.796		0,42			0,31		
11.365		0,55			0,48		
14.543		0,62			0,51		
18.140		0,94			0,87		
3668	0,12			0,07			
6479	0,24			0,15			
10763	0,33			0,26			

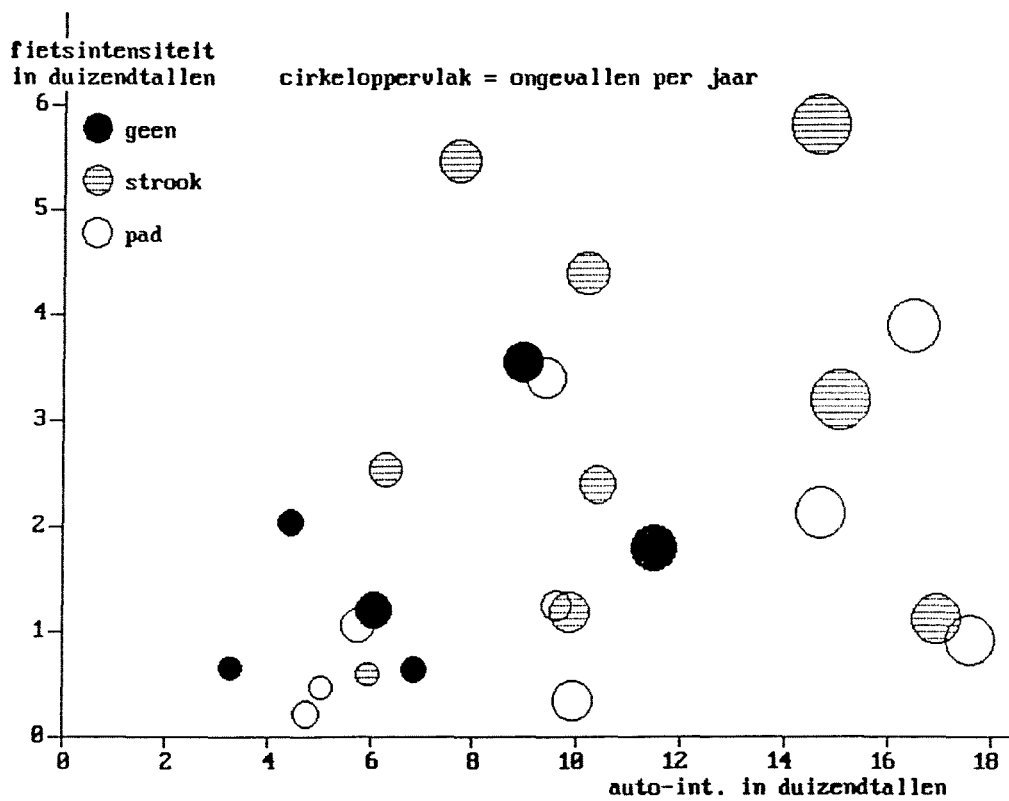
Aantallen slachtoffers naar fietsvoorziening



Afbeelding 2. Aantallen slachtoffers per pleinjaar als functie van de intensiteit

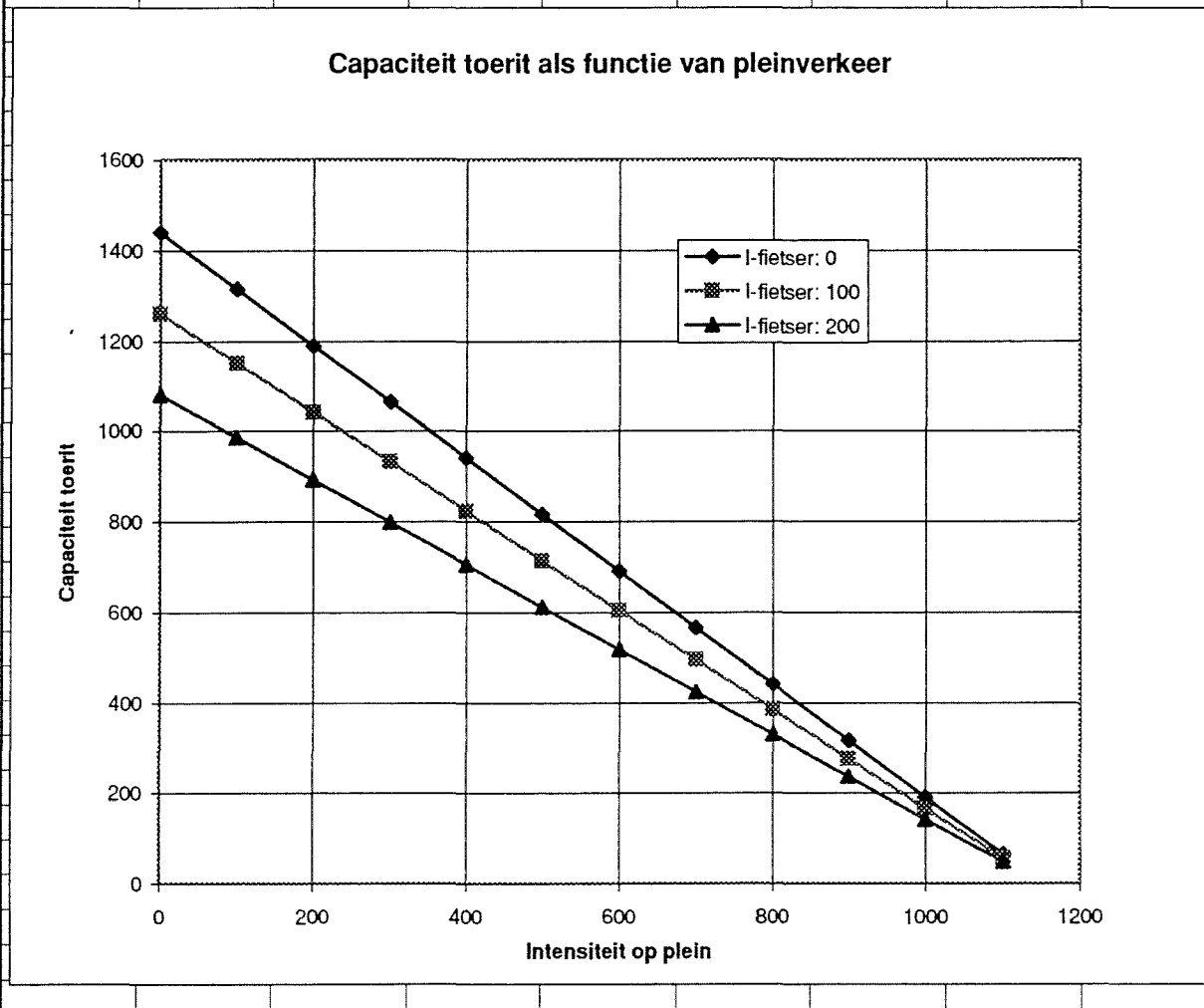


Afbeelding 3b. Aantal slachtoffers naar fiets- en auto-intensiteit.

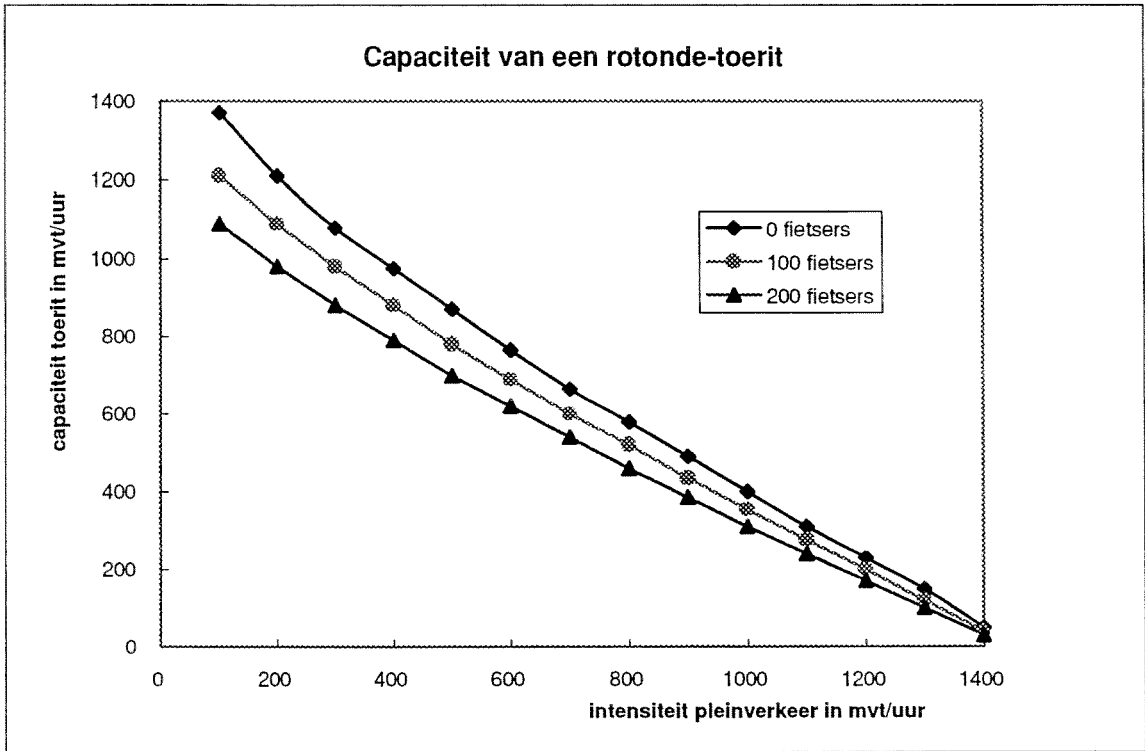


Afbeelding 3a. Aantal ongevallen naar fiets- en auto-intensiteit.

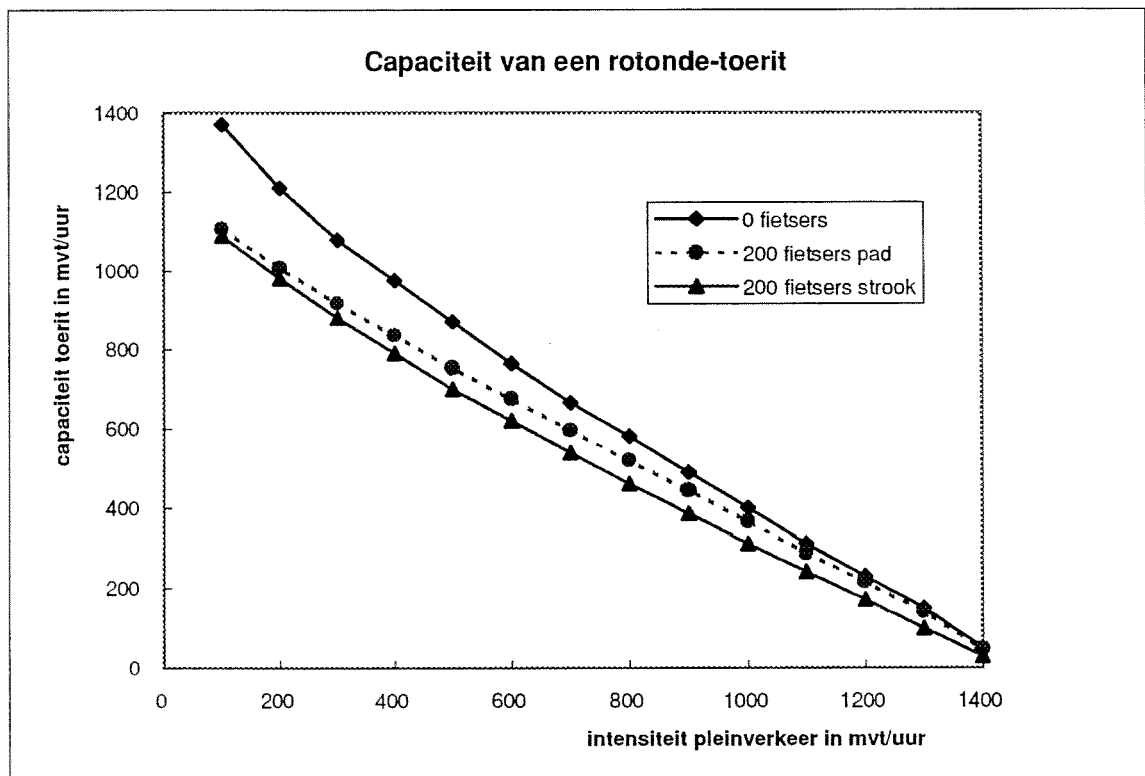
Capaciteit toerit rotonde volgens formule van INRO/TNO							
l-afrit gesteld op 0,5 x l-rotonde							
	l-fietser:						
l-rotonde	0	100	200	300	400	500	600
0	1440	1260	1080	900	720	540	360
100	1315	1151	986	822	658	493	329
200	1190	1041	893	744	595	446	298
300	1065	932	799	666	533	399	266
400	940	823	705	588	470	353	235
500	815	713	611	509	408	306	204
600	690	604	518	431	345	259	173
700	565	494	424	353	283	212	141
800	440	385	330	275	220	165	110
900	315	276	236	197	158	118	79
1000	190	166	143	119	95	71	48
1100	65	57	49	41	33	24	16



Afbeelding 4. Capaciteit van de toerit van een rotonde volgens INRO/TNO



Afbeelding 5a. Capaciteit van een toerit bij 0, 100 en 200 fietsers op fietsstrook



Afbeelding 5b. Capaciteit van een toerit bij 0 en 200 fietsers op fietsstrook en fietspad

Afbeelding 5. Capaciteit van de toerit van een rotonde volgens Van Minnen

INVENTARISATIE "FIETSVOORZIENINGEN OP ROTONDES" (SWOV-55.354)

GEMEENTE:

CONTACTPERSOON:

TELEFOON:

VRAAG 1. *Heeft er op onderstaande rotonde(s), sinds 1992, een wijziging plaatsgevonden van de "fietsvoorziening" ?
Zo ja, aard van de voorziening en vanaf welk tijdstip.*

(Ook als er geen wijzigingen hebben plaatsgevonden toch formulier terugsturen s.v.p.)

LOCATIE	WIJZIGING		AARD WIJZIGING	TIJDSTIP VANAF
	JA	NEE		

VRAAG 2. *Zijn in uw gemeente 1 of meer rotondes aanwezig met **vrijliggende** fietspaden, waarop de fietsers bij het oversteken voorrang hebben op het autoverkeer ?*

Zo ja, welke: