

OVERWEGINGEN BIJ DE VERLICHTING VAN MINIROTONDES

Bijdrage voor de NSvV-congresdag 'Licht op het verkeer', Amsterdam,
13 april 1992

R-92-57

Dr. ir. D.A. Schreuder

Leidschendam, 1992

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

SAMENVATTING

Sinds de regelgeving op enige punten is aangepast, worden rotondes op ruime schaal toegepast, waarmee zowel een dramatische reductie in de ongevallen als een betere verkeersafwikkeling bereikt wordt. Wat betreft de verlichting hebben (mini-)rotondes een aantal kenmerken waardoor de gangbare praktijk niet zonder meer toegepast kan worden. De Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde NSvV te Arnhem heeft het initiatief genomen om, op basis van de resultaten van onderzoek 'Aanbevelingen voor de verlichting van rotondes' uit te brengen. Een eerste ontwerp voor deze aanbevelingen wordt in deze bijdrage gepresenteerd.

INHOUD

1. Inleiding
2. Aanbevelingen voor de verlichting van rotondes
3. Rotondes
4. Rotondes 'nieuwe stijl'
5. Ongevallen en doorstroming
6. Rijtaakaspecten
7. Het model
8. De previewafstand
9. Voorlopige aanbevelingen
10. Nader onderzoek

Literatuur

Tabellen 1 t/m 6

1. INLEIDING

Wanneer wegen elkaar kruisen, kan deze kruising op vele wijzen worden uitgevoerd. Recentelijk is de uitvoering van de kruising in de vorm van een rotonde opnieuw in de belangstelling komen te staan. Deze hernieuwde belangstelling, na een lange periode waarin rotondes (in Nederland tenminste) in diskrediet waren, is het gevolg van:

- gewijzigde inzichten over de voorrangssituatie op en bij de rotondes;
- gewijzigde inzichten over de manoeuvreermogelijkheden op de rotondes.

Rotondes zijn een reeds lang bekende vorm van constructieve oplossing voor het verwerken van elkaar kruisende verkeersstromen. Nadat aan de regelgeving enige aanpassingen hebben plaats gevonden, zijn rotondes weer sterk 'in de mode': ze worden op grote schaal toegepast, omdat gebleken is dat een 'moderne' rotonde, in vergelijking met traditionele geregelde of ongeregelde kruisingen, een bevordering van de verkeersafwikkeling paart aan een dramatische reductie in de ongevallen. In een recent SWOV-rapport wordt geconcludeerd: 'Nieuwe rotondes zijn zeer veilig, hetgeen blijkt uit een vermindering met ongeveer de helft van het aantal ongevallen en met ruim driekwart van het aantal slachtoffers ten opzichte van kruispunten, al dan niet met voorrangregeling' (Van Minnen, 1990).

Rotondes hebben een aantal specifieke kenmerken van vormgeving en verkeersregeling (verkeersstromen) die tot gevolg hebben dat de gangbare praktijk voor het aanbrengen van wegverlichting (openbare verlichting) voor rotondes, en zeker voor de 'moderne' rotondes, nauwelijks of in het geheel niet toepasbaar zijn. In de vigerende nationale en internationale aanbevelingen voor openbare wegverlichting komen de rotondes nauwelijks of geheel niet aan de orde (NSvV, 1990; CIE, 1977).

2. AANBEVELINGEN VOOR DE VERLICHTING VAN ROTONDES

Nadere overwegingen over de verlichting van rotondes zijn noodzakelijk. Het Regionaal Orgaan voor de Verkeersveiligheid in Friesland (ROF) en het Provinciaal Energiebedrijf in Friesland (PEB) hebben het initiatief genomen om de optimale verlichting van rotondes nader te bestuderen. Enige voorstudies daartoe zijn intussen uitgevoerd (zie bijv. Anon., 1991). Momenteel worden door de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde NSvV voorlopige aanbevelingen voor de verlichting van rotondes opgesteld in het kader van de recent gepubliceerde 'Aanbevelingen voor openbare verlichting'. Deze aanbevelingen hebben een voorlopig karakter, mede omdat ze voor een aanzienlijk gedeelte zijn gebaseerd op een kwalitatieve lichttechnische beoordeling van een klein aantal daartoe specifiek uitgekozen rotondes. Noch waarneming van het verkeersgedrag, noch analyse van ongevallen heeft plaats gevonden. Wel is gebruik gemaakt van de reeds opgedane praktijkervaring bij de verlichting en de uitmonstering van rotondes. De aanbevelingen zijn voor een belangrijk gedeelte gebaseerd op de hierboven genoemde voorstudies.

In deze bijdrage wordt een aanzet voor de aanbevelingen gegeven, opgesomd in een aantal punten die, voor zover nodig, voorzien zijn van een korte toelichting. Tenzij anders vermeld, gelden ze zowel voor wegen binnen als voor wegen buiten bebouwde kommen. Deze voorstellen zijn reeds in de Commissie voor Openbare Verlichting van de NSvV besproken, maar nog niet definitief vastgesteld. Vooraf zullen we echter nog enige opmerkingen maken over de terminologie.

3. ROTONDES

De 'moderne' rotondes worden vaak aangeduid met de term 'minirotonde'. Deze term kan gemakkelijk tot misverstand leiden, omdat het verschil tussen een 'traditionele' en een 'moderne' rotonde ligt in een aantal kenmerken van vormgeving en regelgeving, maar nu juist net niet in de afmetingen. Het wezenskenmerk is de zgn. omkering van de voorrang: op 'moderne' rotondes heeft het verkeer op de rotonde voorrang. Voorts zijn er nog een aantal specifieke kenmerken die een 'moderne' van een 'traditionele' rotonde onderscheiden, zoals kromtestralen, aantal rijstroken, afrondingsbogen enz. Voor details aangaande deze aspecten zij verwezen naar de betreffende rapporten (C.R.O.W., 1989; Van Minnen, 1989). Ook de term 'verkeersplein' doet opgang; dit is al evenzeer een misleidende term omdat de meeste weggebruikers daarbij denken aan de zeer grote pleinen zoals ze vroeger bij Oudenrijn en bij Voorburg bestonden. Het argument dat het verkeersbord no. 15 wordt gebruikt (of dient te worden gebruikt) lijkt nauwelijks relevant te zijn.

Wanneer men de momenteel gaande discussie nauwkeurig bekijkt, blijkt dat de terminologie tot misverstanden leidt. Met name uit de richting van fietsers en bestuurders van vrachtauto's wordt wel kritiek geleverd op de rotondes, die dan meestal als 'minirotonde' worden aangeduid. Zo zijn de fietsers beducht dat ze bij het berijden van de rotonde door afslaande auto's niet worden gezien (Anon, 1992; Ligt, 1991). Het gaat daarbij niet om minirotondes, maar om rotondes waar de voorrang van fietsers niet duidelijk is geregeld. De verplichting voor afslaand verkeer om voorrang te verlenen aan doorgaand verkeer (inclusief fietsers) geldt altijd, ongeacht het feit of het om een kruising gaat of om een (mini)rotonde. Ook het zware vrachtverkeer heeft soms problemen, die aan de moderne rotondes worden toegeschreven (Anon, 1991a; 1992). Ook dit heeft in feite niets met de voorrang op de rotonde te maken, maar alleen met de afmetingen en de boogstralen.

Om misverstand te voorkomen zullen we verderop steeds spreken van 'rotondes', daarmee doelend op 'rotondes nieuwe stijl'. Waarschijnlijk zullen deze 'rotondes nieuwe stijl', juist wegens hun goede karakteristieken, spoedig zo algemeen worden toegepast dat het toevoegsel 'nieuwe stijl' niet meer nodig is.

4. ROTONDES 'NIEUWE STIJL'

Een rotonde is een kruisingsvorm waarbij het verkeer 'tegen de klok in' om een middenperk wordt geleid. De vormgeving van de wegen, de toerijdhoeken, de afmetingen van het middenperk, en het aantal wegen kan sterk verschillen. Bij een traditionele rotonde geldt de gewone voorrangsregeling: aan snelverkeer dat van rechts komt, moet voorrang worden verleend. Dit betekent dat (snel)verkeer dat de rotonde nadert voorrang heeft op het (snel)verkeer dat zich reeds op de rotonde bevindt. Opstoppingen en files, zowel op de rotonde als op de toeleidende wegen, zijn vaak het gevolg, met alle consequenties voor vermindering van de doorstroming en toename van het aantal en de ernst van de ongevallen. Plaatsing van verkeerslichten - overigens een dure oplossing wegens het grote aantal lichten dat nodig is - maakte de zaak alleen maar erger. Daarom zijn rotondes vaak vervangen door met verkeerslichten geregelde kruisingen, die wat betreft doorstroming en veiligheid ook verre van ideaal zijn, maar die tenminste aan de wegbeheerder een schijn bieden om in de verkeersafloop in te grijpen. Of doorstroming en veiligheid daar werkelijk mee gediend waren, blijft een open vraag.

Bij de 'moderne' rotonde (de rotondes 'nieuwe stijl') gaat het om een in beginsel kleine ingreep: in tegenstelling tot de traditionele rotonde heeft het verkeer op de rotonde 'nieuwe stijl' voorrang. Voorts worden deze rotondes 'nieuwe stijl' vrij klein uitgevoerd met het oog op het begrenzen van de snelheid, zonder daarbij de manoeuvreermogelijkheden al te zeer te beperken. Het verkeer wordt gedwongen de rotonde met lage snelheid op te rijden, en ook bij het berijden van de rotonde zelf wordt, door bochten met kleine kromtestralen en smalle rijbanen, het rijden met hoge snelheid onmogelijk. Het centrale 'eiland' heeft meestal een diameter van 15 à 30 meter. Uiteraard zijn er nog meer specifieke ontwerpkenmerken voor rotondes 'nieuwe stijl'. Hiervoor zij verwezen naar de literatuur (C.R.O.W., 1989).

Ervaringen in het buitenland (met name het Verenigd Koninkrijk, maar ook in Duitsland en Frankrijk) hebben reeds lang zonneklaar gemaakt dat het overgrote deel van de problemen, zowel in omvang als in ernst, door deze op het eerste gezicht kleine verandering worden vermeden. Toch heeft het enige decennia geduurd voor dat 'moderne' rotondes ook in Nederland werden toegepast (toegelaten).

5. ONGEVALLLEN EN DOORSTROMING

Ondanks het succes van rotondes in de ons omliggende landen zijn rotondes in Nederland eerst sinds 1986, en dan nog aarzelend, toegepast. Een reden voor deze terughoudendheid is niet bekend; mogelijk heeft het te maken met de angst dat fietsers 'in de verdrukking' zouden kunnen komen. In de jaren na 1986 zijn echter, vooral in Friesland, maar ook in andere delen van het land, vrij veel rotondes 'nieuwe stijl' aangelegd. In 1989 heeft de Rijkswaterstaat aan de SWOV een opdracht verleend om de effecten van rotondes op de verkeersveiligheid te onderzoeken. Dit onderzoek heeft tot een rapport geleid (Van Minnen, 1990), dat in een artikel in Verkeerskunde is samengevat (Van Minnen, 1991). Het onderzoek is echter nog niet afgesloten; binnenkort is een verdere rapportage te verwachten.

Bij deze studie ligt de nadruk op de verkeersveiligheid. Maar wel is gebleken dat, ondanks de geringe afmetingen, de capaciteit van rotondes met niet meer dan één enkele rijstrook op de toeleidende wegen en op de rotonde zelf, betrekkelijk groot is. Afhankelijk van het aanbod van auto's en fietsers kunnen 2000 tot 2400 auto's per uur worden verwerkt (Van Minnen, 1991). Uiteraard is te verwachten dat verdubbeling van het aantal rijstroken tot een grotere capaciteit zal kunnen leiden; omdat de invloed op de verkeersveiligheid nog niet voldoende bekend is, worden dergelijke (grotere) rotondes nog maar sporadisch aangelegd.

De effecten op de verkeersveiligheid zijn spectaculair. De SWOV-studie laat daarover geen enkele twijfel bestaan. In Tabel 1 zijn de resultaten van deze studie, zoals ze door Van Minnen (1991) zijn gepubliceerd, weergegeven. Het aantal slachtoffers onder de fietsers en bromfietsers per locatie per jaar neemt af van 0,70 tot 0,18 (bijna een factor 4) wanneer reguliere (al dan niet geregelde) kruisingen worden vergeleken met rotondes 'nieuwe stijl'. De afname voor slachtoffers onder overige verkeersdeelnemers (inzittenden van auto's en voetgangers) is nog veel groter: van 1,00 naar 0,05 (een factor 20!). De verdere SWOV-rapportage zal dit beeld alleen maar kunnen versterken. De zorg van (klassen van) verkeersdeelnemers dat ze 'in de verdrukking' zullen komen, is dus geheel en al ongegrond. Overigens moet worden opgemerkt dat het 'gevoel van onveiligheid' (de subjectieve ervaring) misschien niet zo sterk afneemt, en zelfs wel kan toenemen. Hiermee moet met de vormgeving van de rotondes rekening worden gehouden; ook de verlichting kan een bijdrage leveren.

6. RIJTAAKASPECTEN

Het naderen en berijden van een rotonde heeft, door de gekozen voorrangssituatie, een zekere analogie met het naderen en berijden van een T-kruising. Dit heeft aanzienlijke consequenties voor de noodzakelijk te verschaffen visuele informatie, en dus ook voor de verlichting. Het gaat daarbij vooral om de mate waarin aan verkeersdeelnemers (bestuurders van motorvoertuigen, fietsers en voetgangers) een voldoende waarneembaarheid kan worden verschaffen. Deze waarnemingsaspecten behoren tot wat meestal wordt aangeduid als de 'rijtaak'.

De rijtaak is in laatste instantie een beslistaak. Beslissingen kunnen worden genomen op een aantal 'vlakken' of niveaus, die in een hiërarchie kunnen worden gegroepeerd:

- het niveau van de routekeuze;
- het niveau van de samengestelde manoeuvres (voorrang geven enz.);
- het niveau van de elementaire manoeuvres (snelheid veranderen enz.);
- het niveau van de manoeuvredelen (aanpassen van de dwarspositie en van de volgafstand, enz).

Ook 'hogere' niveaus komen voor (bijvoorbeeld de keuze van het vervoermiddel of van het reisdoel), maar die hebben geen belang voor de openbare verlichting omdat de beslissingen worden genomen voordat met de tocht wordt aangevangen. Ook kunnen 'lagere' niveaus worden gedefinieerd, die hier al evenmin van belang zijn (Schreuder, 1985; 1985a).

Wat betreft het oogmerk van de verlichting komen twee aspecten aan de orde. Ten eerste gaat het om de aanduiding 'hier houdt de doorgaande weg op; je nadert een soort van T-kruising'; ten tweede gaat het om de routegeleiding en de waarneming tijdens het berijden van de rotonde. Wellicht is het eerste vooral bij minder drukke wegen aan de orde, en het tweede vooral bij drukkere wegen.

Bij het naderen en berijden van een rotonde komen een aantal manoeuvres aan de orde. Het verschil tussen het berijden van een rotonde 'nieuwe stijl' en een 'gewone' weg ligt niet aan de aard van de manoeuvres, maar in het feit dat bij een rotonde 'nieuwe stijl', in tegenstelling tot een gewone weg, de manoeuvres steeds in de tijd na elkaar aan de orde komen,

terwijl bij een gewone weg ze 'door elkaar' (simultaan) aan de orde komen. Wegens deze speciale omstandigheid lijkt het wenselijk te beginnen met het opstellen van een apart 'model' voor het rijgedrag op rotondes.

7. HET MODEL

Het hier gepresenteerde model sluit aan bij de beschikbare kennis over de 'rijtaak'; daarbij komen vooral cognitieve aspecten aan de orde. Het model kan schetsmatig als volgt onder woorden worden gebracht (ter vereenvoudiging aan de hand van een rotonde of kruising met vier takken, die door een autobestuurder wordt genaderd):

1. De bestuurder nadert een kruising van de wegen. Op basis van de kennis over de uitgezochte route kan de bestuurder bepalen of zij/hij rechtdoor rijden zal, of (naar links of naar rechts) dient af te slaan. De beslissingen liggen dus op het vlak van de routekeuze.
2. Dichter bijgekomen is het nodig om te weten over welk type kruising het gaat - in dit geval dus om een rotonde. Dit heeft ingrijpende consequenties voor de te kiezen 'samengestelde manoeuvre': links afslaan op een geregelde of een ongeregelde kruising gebeurt op een heel andere wijze als op een rotonde.
3. Nog dichterbij gekomen dient te worden beslist of er verkeer is dat zich op de rotonde bevindt (meer precies: dat zich op de rotonde in een conflictkoers zal bevinden op het moment dat 'onze' automobilist de rotonde heeft bereikt). Is zulk verkeer aanwezig dan moet de snelheid worden aangepast of wellicht worden gestopt. Dit betreft manoeuvres op het niveau van de elementaire manoeuvres.
4. Bij het oprijden van de rotonde zelf - wanneer er geen verkeer is dat voorrang heeft - dient de wegbreedte, de vormgeving van de bochten enz. te worden vastgesteld. Aan de hand daarvan worden de manoeuvredelen gekozen die uitgevoerd worden bij het berijden en verlaten van de rotonde.

Er is reeds gesteld dat het rijgedrag gaat om beslissingen omtrent het al dan niet uitvoeren van bepaalde manoeuvres of bepaalde acties. De acties kunnen noodzakelijk worden door het opdoemen van een voorwerp (of een omstandigheid, die steeds als een samenstel van voorwerpen kan worden beschreven) in het veld van interesse van de automobilist. Uiteraard moeten, ten einde een adequate beslissing tijdig te kunnen nemen, de betreffende voorwerpen ook tijdig kunnen worden waargenomen. De afstand van waarneming van voorwerpen noemt men wel de vooruitzicht (of 'preview' zoals het wel wordt genoemd).

Onder 'vooruitzicht' wordt verstaan de afstand waarop een voorwerp (of een groep van voorwerpen) gezien moet kunnen worden om de betreffende, door het voorwerp noodzakelijk geworden manoeuvre, nog in redelijke mate uit te voeren. In redelijke mate betekent daarbij: zonder zichzelf of het overige verkeer in gevaar te brengen, en zonder ernstige overlast te ondervinden of te veroorzaken. Uiteraard hangt deze preview sterk af van de rijsnelheid. Wegens deze afhankelijkheid wordt dit vooruitzicht soms in tijdeenheden omgerekend en in seconden opgegeven. In het geval van de verlichting van rotondes blijkt de opgave van het vooruitzicht in lengtemaat (in meters) beter te voldoen; men dient echter wel te bedenken dat bij grote afwijkingen van de normsnelheid (limietsnelheid of gebruikelijke snelheid) de previewafstand groter of juist kleiner kan zijn.

8. DE PREVIEWAFSTAND

Bij het bepalen van de previewafstand komt een aantal aspecten aan de orde:

- de aard van het voorwerp;
- de mate van bekendheid van het voorwerp;
- de consequenties van een foute manoeuvre wanneer het voorwerp is ontwaard;
- de rijsnelheid

(deze vier aspecten bepalen de 'reactietijd')

- de (gewenste of toelaatbare) remvertraging

(dit aspect bepaalt, te zamen met de rijsnelheid, de stopafstand).

Zoals bekend kan de stopafstand worden bepaald als de som van de afstand die gedurende de 'reactietijd' wordt afgelegd en de remafstand. De preview moet tenminste even groot zijn als de op deze wijze bepaalde stopafstand.

Elders is in detail aangegeven wat de 'preview' moet zijn voor verschillende manoeuvres (Schreuder, 1991; zie ook Schreuder & Schoon, 1990). We geven hier een korte samenvatting van previewafstanden die voor rotondes relevant zijn. Bij deze samenvatting is ervan uitgegaan dat de rotonde in een '80 km/uur-weg' ligt. Rotondes in autowegen zijn zeldzaam (en waarschijnlijk ongewenst); voor rotondes binnen bebouwde kommen gelden uiteraard kortere afstanden. De afstanden zijn in Tabel 2 gegeven. De feitelijke (nominale) snelheid is gesteld op 25 m/sec (ongeveer 90 km/uur). In de tabel zijn de bij de berekeningen gebruikte waarden van de reactietijd en de remvertraging mede opgenomen.

Uit Tabel 2 blijkt dat voor de in aanmerking komende manoeuvres (voor 90 km/uur) de volgende minimale waarden van de previewafstand genomen moeten worden:

dwarspositie kiezen/handhaven binnen de rijstrook:	75 meter
snelheid kiezen	75 meter
voorrang verlenen (stoppen)	175 meter
nemen van een bocht	375 meter
noodmanoeuvre uitwijken	125 meter
noodmanoeuvre noodstop	140 meter

Uit Tabel 2 blijkt voorts dat het vooral de wegmarkeringen zijn die als visueel kritische elementen kunnen optreden, Dit geldt met name voor de manoeuvres 'dwarspositie kiezen' en 'snelheid kiezen'. De vereiste previewafstand is daarbij (voor 90 km/uur) 75 meter. Ook bij de manoeuvre 'voorrang verlenen (stoppen)' kunnen wegmarkeringen een zekere rol spelen; aangezien de minimaal vereiste previewafstand (ook voor 90 km/uur) daarbij 175 meter bedraagt, is te verwachten dat de bijdrage gering zal zijn. Bermreflectoren spelen bij al deze manoeuvres eveneens een rol; ze kunnen bovendien een rol spelen als visueel kritische elementen in bochten. De vereiste previewafstand (weer voor 90 km/uur) is daarbij 375 meter. Naast wegmarkeringen en bermreflectoren leveren vooral de lichtmasten een bijdrage.

De hier gegevens previewafstanden kunnen worden 'ingevuld' in de manoeuvres zoals die in paragraaf 7 zijn gegeven voor het naderen en berijden van een rotonde:

1. Naderen; routekeuze; previewafstand niet algemeen vast te stellen.
2. Dichter naderen; samengestelde manoeuvre; previewafstand 375 m.
3. Dichtbij gekomen; elementaire manoeuvres; previewafstand 175 m.
4. Oprijden; manoeuvredelen; previewafstand 75 m.

9. VOORLOPIGE AANBEVELINGEN

Aan de verlichting van rotondes is tot nu toe zeer weinig belangstelling besteed. In een aantal van de 'klassieken' van de verlichtingskunde wordt geen woord erover gerept (Van Bommel & De Boer, 1980), in sommige andere wordt hoogstens een voorbeeld genoemd (De Boer, ed., 1967). Het is dus theoretisch een onontgonnen terrein, terwijl ook de praktijk (richtlijnen, normen enz.) niet meer geeft dan een samenvatting van enige (geringe) praktijkervaring (NSvV, 1957). Dit geldt niet alleen voor Nederland, waar rotondes, zoals al eerder gezegd, gedurende vele jaren uit de belangstelling waren verdwenen, maar ook voor Engeland waar rotondes in grote aantallen voorkomen, alsook internationaal (CIE, 1977a). Wel zijn er in Engeland normen opgesteld (BSI, 1987), maar die zijn weinig specifiek en bovendien toegespitst op de Engelse situatie, zodat ze voor Nederland nauwelijks bruikbaar zijn.

Zoals reeds eerder is aangegeven, is in Friesland een aantal initiatieven genomen om tot een verantwoorde verlichting voor rotondes te komen. Als eerste is op een kleine rotonde in de buurt van Harich (gemeente Sneek) een proefinstallatie voor de verlichting gebouwd, waarmee een aantal varianten kon worden bekeken. Deze varianten zijn beoordeeld door een aantal groepen van experts en betrokkenen uit de wereld van de verlichting, de verkeersveiligheid en de verkeerskunde. De resultaten zijn beschreven in Anon (1991); een samenvatting is gegeven in Tabel 3.

Vervolgens is op initiatief van de Werkgroep Verlichting van Rotondes van de Commissie Openbare Verlichting van de NSvV een beoordeling georganiseerd van een aantal verschillende rotondes in Friesland. De locatie van deze rotondes is gegeven in Tabel 4. De rotondes zijn beoordeeld aan de hand van een aantal van te voren gestelde vragen, en wel door de leden van de bedoelde Commissie, aangevuld met betrokkenen uit andere disciplines. De gestelde vragen zijn gegeven in Tabel 5, en een samenvatting van de antwoorden in Tabel 6.

Aan de hand van de resultaten van deze beoordelingen, en gebruik makend van andere gegevens, is een ontwerp gemaakt voor NSvV-aanbevelingen. Hieronder wordt een overzicht gegeven van deze voorlopige aanbevelingen voor de verlichting van rotondes, opgesomd in een aantal punten die, voor zover nodig, voorzien zijn van een korte toelichting. Tenzij anders vermeld,

gelden ze zowel voor wegen binnen als voor wegen buiten bebouwde kommen. Zoals reeds hierboven vermeld, zijn deze voorstellen in de Commissie voor Openbare Verlichting van de NSvV besproken, maar nog niet definitief vastgesteld.

1. Buiten de bebouwde kom dienen de toevoerende wegen dienen over ca. 100 m (tenminste drie masten) te zijn verlicht. Binnen de bebouwde kom zijn de toevoerende wegen gewoonlijk over een grotere lengte (de gehele lengte) verlicht.

2. Om de ronde vorm van de rotonde te markeren zijn gewoonlijk acht lichtmasten nodig.

3. Om een duidelijke waarneembaarheid van het verkeer (met name van het langzaam verkeer) op de rotonde te verzekeren, dienen de lichtmasten aan de buitenkant van de rotonde te staan.

4. De verlichting aan de buitenzijde van de rotonde kan in sommige gevallen worden ondersteund met een lichtmast in het midden van het middenplein.

5. Bij de plaatsing van de lichtmasten dient met de manoeuvreermogelijkheden van vrachtauto's rekening te worden gehouden.

6. Bij de plaatsing van de lichtmasten dient met de eventuele aanwezigheid van vrijliggende fietspaden, verkeersgeleiders, vluchtheuvels en voetgangersoversteekplaatsen rekening te worden gehouden.

7. Het middenplein dient duidelijk gemarkeerd te worden, bij voorkeur door (intern verlichte) wegwijzers. Deze markering kan vaak worden ondersteund door begroeiing.

8. De rand van het middenplein dient van een duidelijke markering te zijn voorzien, bij voorkeur van een zwart/wit geblokte rand.

9. Voorwaarschuwborden en borden op de rotonde (inclusief de specifieke aanduiding 'rotonde') dienen apart te worden verlicht, hetzij middels een intern verlichting of middels een aanstraling.

10. Het lichtniveau moet tenminste 10 lux bedragen. Dit betreft de gemiddelde horizontale verlichtingssterkte op het wegdek op de rotonde. Aandacht dient te worden besteed aan de verticale verlichtingssterkte, met name op vlakken die naar de verkeersdeelnemers zijn gericht die de rotonde naderen. Getalwaarden kunnen momenteel niet worden gegeven.

11. De gemiddelde horizontale verlichtingssterkte op de rotonde dient tenminste 1,5 maal het niveau van de toevoerwegen te bedragen.

12. Speciale aandacht dient te worden besteed aan het voorkomen van verblindingshinder, vooral omdat de armaturen op rotondes in een positie

worden geplaatst die af kan wijken van de gebruikelijke plaatsing. Getalwaarden kunnen momenteel niet worden gegeven.

13. De gelijkmatigheid van de verlichting moet beter zijn dan die op de toevoerende wegen. Getalwaarden kunnen momenteel niet worden gegeven.

14. Op de rotonde zelf dienen lampen te worden toegepast die een duidelijke kleurherkenning mogelijk maken. Monochromatische lichtbronnen dienen te worden vermeden. De kleurherkenning is van belang ter ondersteuning van de waarneembaarheid van de verkeersdeelnemers op de rotonde, en van de markering, signalering en bebording van de rotonde. In geval monochromatische lichtbronnen op de toevoerwegen worden toegepast, kan het verschil in lichtkleur de waarneming van de aanwezigheid van de rotonde ondersteunen.

10. NADER ONDERZOEK

Een nader onderzoek naar een aantal aspecten van de verlichting van rotondes is gewenst. Dit onderzoek betreft in hoofdzaak de volgende punten:

- Nadere specificatie van het vereiste lichtniveau op rotondes en hun toevoerwegen in afhankelijkheid van bebouwing, en van de snelheid, de intensiteit en de samenstelling van het verkeer.
- Nadere specificatie van de eisen te stellen door fietsers op of bij rotondes, meer in het bijzonder betreffende de functionele aspecten van vrijliggende fietspaden op rotondes.
- Nadere detailstudie wat betreft de optimale positie van lichtmasten op rotondes in verband met de manoeuvreermogelijkheden van zwaar verkeer.
- Nadere bestudering van de voor- en nadelen van het plaatsen van een lichtmast in het midden van het 'eiland'.
- Het evalueren van de effecten van het de verschillende mogelijkheden voor het verlichten van rotondes aan de hand van uitgevoerde installaties in termen van verkeersveiligheid (voor auto's en voor langzaam verkeer) en van doorstroming.

LITERATUUR

- Anon (1991). Verslag proefnemingen openbare verlichting mini-rotonde te Harich. PEB, Leeuwarden.
- Anon (1991a). Minirotondes en vrachtverkeer. EVO/NOB, Zoetermeer.
- Anon (1991b). Inventarisatie en analyse mini-rotondes in de provincies Friesland, Groningen en Drenthe. Hofstra Verkeersadviseurs, Groningen.
- Anon (1992). Rotondes: meer voordelen dan nadelen? RAI, Amsterdam, 1992.
- BSI (1987). Road lighting. Part 4. Code of practice for lighting of single-level junctions including roundabouts. BS 5489:part4:1987. British Standards Institution.
- CIE (1977). Recommendations for the lighting of roads for motorized traffic. Publication No. 12/2. Commission Internationale de l'Eclairage CIE, Paris.
- CIE (1977a). Lighting in situations requiring special treatment. Publication No. 32B. Commission Internationale de l'Eclairage CIE. Paris.
- C.R.O.W. (1989). Verkeerspleinen. Rapport van de werkgroep 'Rotondes'. Publikatie 24. Stichting C.R.O.W., Ede.
- De Boer, J.B. (ed.) (1967). Public lighting. Centrex, Eindhoven.
- Ligt, M.A.J. (1991). Gebruikersonderzoek verkeerspleinen. ANWB, 's Gravenhage.
- NSVV (1957). Aanbevelingen voor openbare verlichting. Moermans Periodeke Pers, Den Haag (jaartal geschat).
- NSVV (1990). Aanbevelingen voor openbare verlichting, Deel I. Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde, Arnhem.
- Schreuder, D.A. (1985). Fundamentele overwegingen omtrent visuele en verlichtingskundige aspecten van de verkeersveiligheid. R-85-61. SWOV, Leidschendam.
- Schreuder, D.A. (1985a). Het effect van het verminderen van de openbare verlichting op de verkeersveiligheid. R-85-58. SWOV, Leidschendam.
- Schreuder, D.A. (1991). Visibility aspects of the driving task: Foresight in driving; A theoretical note. R-91-71. SWOV, Leidschendam.
- Schreuder, D.A. (1992). Voorlopige aanbevelingen voor de verlichting van rotondes (Ontwerp, niet gepubliceerd).
- Schreuder, D.A. & Schoon, C.C. (1990). De relatie tussen het koershouden van voertuigen en wegmarkeringen op 80 km/uur-wegen. R-90-54. SWOV, Leidschendam.

- Van Bommel, W.J.M. & De Boer, J.B. (1980). Road lighting. Philips Technical Library. Kluwer, Deventer.
- Van Minnen, J. (1989). Toepassing van rotondes; Informatie en aanbevelingen betreffende het toepassen van rotondes, in het bijzonder als alternatief voor kruispunten met verkeerslichtenregeling. R-89-56. SWOV, Leidschendam.
- Van Minnen, J. (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, 1990.
- Van Minnen, J. (1991). Nieuwe rotondes ook veilig voor fietsers? Verkeerskunde 42 (1991) 10 : 14-19.

	Voorperiode (kruising)		Naperiode (rotonde)	
Gesommeerde aantal jaren	aantal	per jaar	aantal	per jaar
Alle ongevallen	1061	5,68	159	2,63
Doden	7	0,04	0	0,00
Gewonden (ziekenhuis)	85	0,46	4	0,07
Gewonden (overig)	225	1,21	10	0,17
Totaal slachtoffers	317	1,70	14	0,23
Slachtoffers (brom-)fiets	130	0,70	11	0,18
Overige verkeersdeelnemers	187	1,00	3	0,05

Tabel 1. Ongevallen op rotondes; Samenvatting resultaten 46 locaties (Van Minnen, 1991)

Manoeuvre	Reactie- tijd (s)	Rem- vertraging (m/s ²)	Preview- afstand (m)	Visueel kritisch element
Dwarspositie handhaven	3	-	75	wegmarkeringen
Snelheid aanpassen	3	-	75	wegmarkeringen
	(..wisselend)			voorliggers
Bochten	15	-	375	lichtmasten, bermmarkeringen lichtmasten, tegenliggers
Inhalen (niet relevant voor rotondes)				
Stoppen voor discontinuïteit				
(stoppen voor stopteken;				
voorrang verlenen)				
	2	2,5	175	ander verkeer (wegmarkeringen) bermmarkeringen waarschuwings- tekens en borden verkeerstekens verkeerslichten
Noodmanoeuvres:				
Uitwijken	2	5	125	obstakels, ander verkeer
Noodstop	2	5	140	obstakels, ander verkeer

Tabel 2. De previewafstand voor verschillende manoeuvres

-
- Monochromatisch licht (SOX) is voor rotondes niet geschikt. De kleur-informatie kan niet worden gemist.
 - De lichtmasten dienen zo te zijn geplaatst dat de 'stoeprand' van het eiland duidelijk wordt aangestraald.
 - De lichtmasten dienen zo te worden geplaatst dat de bewegwijzering en de verkeerstekens duidelijk worden aangestraald; er dient voor te worden gewaakt dat de spiegelingen in het oppervlak ervan de waarneembaarheid bemoeilijken.
 - Bij een lage verkeersintensiteit lijkt het voldoende om alleen de rotonde zelf te verlichten.
 - Een verlichting van alleen de 'hoekpunten' (dus met vier lantaarns bij een rotonde met vier takken) is onvoldoende: het ronde karakter van de rotonde is niet waarneembaar. Acht masten zijn daartoe gewenst.
 - Bij hoge verkeersintensiteit, vooral wanneer filevorming op de toegangswegen te verwachten is, dienen de toegangswegen over een afstand van ca. 150 meter (bijvoorbeeld met vier masten per weg) te worden verlicht.
 - De lichtmasten op de toegangswegen dienen rechts te staan; daarmee wordt de suggestie voorkomen dat het om een kruising gaat waar de 'hoofdweg' gewoon recht doorloopt.
 - Het lichtniveau dient bij voorkeur ca. 15 lux te bedragen. (Over dit punt is door de beperkte omvang van de proef geen duidelijke uitspraak te geven).

Tabel 3. Samenvatting van de conclusies naar aanleiding van de bezichtiging van de rotonde Harich (volgens Anon, 1991).

Gegevens over de afmetingen, ligging, uitmonstering enz. van deze rotondes zijn te vinden in de door Bureau Hofstra uitgevoerde inventarisatie (Anon, 1991b). De rotondes zijn:

- No 1. Sneek: NW-Rondweg # Oerdijk; No 91.6 (eerste rotonde ten Westen van de Leeuwarderweg)
- No 2. Sneek: Leeuwarderweg # Berkenlaan; No 91.1
- No 3. Sneek: NW-Rondweg # Harste; No 91.5
- No 4. Sneek: Lemmerweg # Frieswijkstraat; No 91.3
- No 5. Balk: S9 # Gaaikemastraat; No 653.2.

Tabel 4. Bij de beoordeling gebruikte Friese rotondes

-
1. Kunt U op voldoende afstand bepalen dat U een 'kruising' van wegen nadert?
 2. Kunt U op voldoende afstand zien dat de weg niet doorloopt?
 3. Kunt U op voldoende afstand bepalen welk type van kruising U nadert (rotonde nieuwe stijl)?
 4. Kunt U op voldoende afstand nagaan of er verkeer is dat voorrang moet krijgen?
 5. Kunt U op voldoende afstand bepalen hoe de bochten van de rotonde zijn en welke snelheid U moet kiezen?
 6. Is de verlichting van voldoende kwaliteit en kwantiteit voor het waarnemen van de volgende aspecten:
 - a. fietsers
 - b. voetgangers
 - c. algemeen wegverloop
 - d. stoepranden
 - e. geblokte banden
 - f. voorwaarschuwingsborden
 - g. bewegwijzering
 - h. verkeerstekens
 - i. wegmarkeringen

De vragen dienen te worden beantwoord met een beoordeling:
zeer goed, goed, matig, slecht, zeer slecht

Tabel 5. Vragen ten behoeve van de beoordeling van Friese rotondes

Vraag	Sneek1	Sneek2	Sneek3	Sneek4	Balk	Gemiddelde
1. Kruising	6,79	4,50	7,06	3,63	7,53	5,90
2. Doorlopen	6,39	4,33	6,72	3,21	7,47	5,62
3. Mini rot.	6,43	3,61	6,94	3,32	6,78	5,42
4. Voorrang	6,92	5,56	7,39	6,47	6,83	6,63
5. Bochten	6,00	5,33	7,06	4,37	7,11	5,97
6a. Fietser	6,64	4,92	6,67	3,42	6,40	5,61
6b. Voetganger	6,71	5,18	6,67	3,10	6,78	5,69
6c. Wegverloop	5,00	4,31	6,14	3,43	7,54	5,28
6d. Stoeprand	5,15	3,88	6,12	3,69	7,46	5,26
6e. Blokband	6,23	4,17	7,00	3,43	5,17	5,20
6f. Waarsch.b.	6,77	6,54	6,79	4,50	7,46	6,41
6g. Wegwijzer	7,12	7,00	7,43	4,89	7,53	6,79
6h. Tekens	7,08	6,69	7,36	4,46	7,20	6,56
6i. Markering	6,62	5,62	6,79	4,43	7,27	6,15
Gemiddelde	6,42	5,12	6,87	4,03	7,04	5,89

Tabel 6. Samenvatting van de antwoorden van de beoordeling van Friese rotondes