

# HID-autokoplampen en de verkeersveiligheid

Ing. C.C. Schoon & dr.ir. D.A. Schreuder



# HID-autokoplampen en de verkeersveiligheid

*Een state-of-the-art rapport betreffende hogedruk gasontladingslampen met een beschouwing over de toepassing van u.v.-straling en gepolariseerd licht*

R-93-7

Ing. C.C. Schoon & dr. ir. D.A. Schreuder

Leidschendam, 1993

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV  
Postbus 170  
2260 AD Leidschendam  
Telefoon 070-3209323  
Telefax 070-3201261

## Samenvatting

Dit rapport geeft eerst een overzicht van de waarnemingsprocessen die bij voertuigverlichting een rol spelen. Zien en gezien worden zijn hierbij belangrijke aspecten. De functie en uitvoeringsvormen van het dimlicht voor worden behandeld aan de hand van een SWOV-state of the art-rapport 'Verlichten en markeren van motorvoertuigen' (Schreuder & Lindeijer, 1987).

Vervolgens worden de lichttechnische aspecten van de HID-lampen die een relatie met de verkeersveiligheid hebben, nader belicht. Kennis uit recent onderzoek wordt hieraan toegevoegd.

Door de hoge lichtopbrengst van HID-lampen en door de aanwezigheid van u.v.-straling worden twee mogelijke toepassingsgebieden beschreven: gepolariseerd licht en het extra zichtbaar maken van objecten met behulp van fluorescerend materiaal. Echter ook het gevaar voor de gezondheid van u.v.-straling wordt behandeld.

De lichtverdeling van de dimlichtbundel volgens ECE-reglement R20 wordt uitvoerig behandeld ten einde de voorgestelde lichtverdeling van HID-lampen te kunnen beoordelen.

Resultaten van onderzoek naar HID-lampen in de Verenigde Staten in CIE-verband en Europees onderzoek in het kader van EUREKA ('VEDILIS') worden gegeven. Bij VEDILIS (Vehicle Discharge Lighting System) zijn vele Europese fabrikanten en onderzoekinstellingen betrokken.

In de discussie wordt uitgebreid ingegaan op het compromis dat met dimlicht moet worden bereikt: enerzijds het zo goed mogelijk verlichten en anderzijds het voorkomen van verblinden.

Geconcludeerd wordt dat de voorgestelde lichtverdeling van de dimlichtbundel van de HID-lampen op nagenoeg alle meetpunten hoger is dan de huidige ECE-normen. De waarden moeten worden gereduceerd vanwege de negatieve aspecten aangaande de waarnemingsmogelijkheden bij de andere partij (tegenliggers en dwarsverkeer) en te verwachten hogere rijnsnelheden van automobilisten. Tevens moeten oplossingen worden gezocht voor onjuiste afstelling van koplampen en vervuiling. Als niet aan deze voorwaarden kan worden voldaan, moet de toepassing van HID-koplampen voor personenauto's uit het oogpunt van de verkeersveiligheid worden ontraden.

In het rapport wordt tevens geconcludeerd dat de lichtbundelverdeling meer vanuit de positie van de kwetsbare groep verkeersdeelnemers moet worden opgesteld. Een herbeoordeling van de functie van autoverlichting wordt gewenst in verband met de gewijzigde weg- en verkeerssituatie van de laatste jaren.

# Summary

## **HID car headlights and road safety**

*A state-of-the-art report concerning high-intensity discharge lamps, with an examination of the application of UV radiation and polarised light.*

This report first offers an overview of the processes of observation which play a role in vehicle lighting. To see and be seen are important considerations in this regard. The function and types of application of the front dipped headlight are dealt with on the basis of a SWOV state-of-the-art report 'Lighting and marking of motor vehicles' (Schreuder & Lindeijer, 1987).

Subsequently, the technical lighting aspects of HID lamps which have an influence on road safety are further investigated, supplemented by knowledge gained from recent research.

Due to the intense light produced by HID lamps and the presence of UV radiation, two possible areas of application are described: polarised light and the use of fluorescent material to enhance the visibility of objects.

The health hazard presented by UV radiation is not ignored, however.

The light emission of a dipped light beam as stipulated by ECE regulation R20 is dealt with extensively, in order to enable assessment of the proposed light emission of HID lamps.

The results of study into HID lamps in the United States as part of CIE and European research through EUREKA ('VEDELIS') are given. Many European manufacturers and research institutes are involved in VEDELIS (Vehicle Discharge Lighting System).

The discussion considers in detail the compromise that must be reached with dipped headlights: on the one hand, to illuminate as effectively as possible while at the same time ensuring that oncoming traffic is not blinded.

It is concluded that the proposed light emission of the dipped light beam for HID lamps is higher than the current ECE standard for virtually all measurement parameters. These values need to be reduced, in consideration of the negative aspects associated with the possibilities of perception of the other party (oncoming traffic and intersecting traffic) and the anticipated increasing driving speeds by motorists. In addition, solutions should be sought for the pollution and incorrect aiming of headlights. If these conditions cannot be met, the use of HID headlights for passenger cars should be discouraged from a perspective of road safety.

The report also concludes that the orientation of the light beam emission should pay greater attention to the position of vulnerable road users. A reassessment of the function of motor vehicle lighting is considered desirable in response to the altered road and traffic conditions in recent years.

# Inhoud

## *Voorwoord*

1. *Inleiding*
  - 1.1. Het waarnemingsproces
  - 1.2. Illuminatie
  - 1.3. Signalisatie
  - 1.4. Enkele lichttechnische grootheden
  
2. *Functie en uitvoering van het dimlicht*
  - 2.1. De techniek
  - 2.2. Lichtverdeling van de dimlichtbundel
  - 2.3. Het dimlicht in het verkeer
  
3. *HID-lampen*
  - 3.1. De techniek
  - 3.2. Internationaal onderzoek
  - 3.3. Lichtverdeling
  - 3.4. Verblindingsaspecten van HID-lampen
  - 3.5. Overige aspecten
  
4. *Bijzondere toepassing van HID-lampen*
  - 4.1. Gepolariseerd licht
  - 4.2. UV-straling
  
5. *Invloed van u.v.-straling op de gezondheid*
  
6. *Discussie*
  
7. *Conclusies*

## *Literatuur*

## Voorwoord

Momenteel wordt in Europa en de Verenigde Staten veel aandacht besteed aan een nieuwe ontwikkeling op het gebied van voertuigverlichting, de zogenaamde high-intensity-discharge (HID) autokoplamp. Dit is een hogedruk gasontladingslamp die in de plaats zou kunnen komen van de gangbare gloeilampen. HID-lampen geven een verdubbeling van de lichtopbrengst ten opzichte van de halogeenlamp. Het (constructief) voordeel hiervan is dat bestaande koplampen aanzienlijk kleiner kunnen worden en minder inbouwruimte vergen. Hierdoor kan het frontoppervlak (van personenauto's) meer gestroomlijnd worden. Verder gebruiken HID-lampen minder vermogen. Een (technisch) nadeel van dit type lamp is dat de inschakeltijd voor het bereiken van de maximale lichtstroom relatief groot is (ca. 2 sec).

Onderzocht is in hoeverre de toepassing van HID-lamp een al-dan-niet gunstige ontwikkeling voor de verkeersveiligheid is. Dit is nagegaan aan de hand van eerdere SWOV-publicaties over voertuigverlichting en een bestudering van recente literatuur over HID-lampen.

De stand van zaken ten aanzien van de ontwikkeling van HID-lampen is dat het produkt in feite gereed is; door diverse commissies worden momenteel conceptreglementen opgesteld die in een later stadium in internationaal verband moeten worden goedgekeurd.

De tot standkoming van dit rapport is mede mogelijk gemaakt door de jaarlijkse bijdrage van de Nederlandse Vereniging van Automobielaassureurs NVVA.



# 1. Inleiding

Verkeersdeelnemers hebben een bepaalde hoeveelheid visuele informatie over de omgeving nodig om aan het verkeer te kunnen deelnemen. Of deze verkeersdeelnemers nu over een vervoermiddel beschikken (auto, fiets e.d) of niet (voetgangers) is van ondergeschikt belang. Voor beide categorieën geldt dat ze hun weg moeten kunnen volgen en botsingen met obstakels of andere verkeersdeelnemers moeten kunnen vermijden. Met andere woorden, in het verkeer gaat het om zien en gezien worden.

Als de natuurlijke verlichting niet voldoende is ('s avonds, 's nachts, bij slechte weersomstandigheden) spelen openbare verlichting en voertuigverlichting een belangrijke rol in het visuele-informatiesysteem. Goede openbare verlichting is een doeltreffende maatregel om het nachtelijke verkeer veiliger te maken. Dit geldt ook voor het aanbrengen van markeringen op de weg en op obstakels dicht langs de weg, maar ook op voertuigen en eventueel aan voetgangers.

In dit rapport zullen alle facetten van koplampen van personenauto's die in relatie staan met de verkeersveiligheid worden besproken. Openbare verlichting en markeringen zullen in dit rapport slechts zijdelings ter sprake komen.

Bij voertuigverlichting kan onderscheid gemaakt worden te maken in illuminatie (het verlichten van voorwerpen) en signalisatie (het markeren van voorwerpen). Onder 'voorwerpen' worden zowel vaste voorwerpen als verkeersdeelnemers verstaan. Aan de hand van het waarnemingsproces zullen de begrippen illuminatie en signalisatie nader worden aangeduid.

## 1.1. Het waarnemingsproces

Waarneming houdt in dat informatie wordt overgebracht van het waar te nemen voorwerp naar de waarnemer. Dit heeft alleen betekenis wanneer de waarnemer iets 'nuttigs' met de waarneming kan doen. 'Waarneembaar' is de globale aanduiding dat het voorwerp 'te zien' is. Waarneembaarheid is het verzamelbegrip voor de volgende vier genoemde begrippen:

*zichtbaar* (detecteerbaar): het betreffende voorwerp kan worden gezien: de aanwezigheid kan worden vastgesteld.

*opvallend*: het voorwerp valt te midden van (concurrerende) andere voorwerpen;

*herkenbaar*: het is vast te stellen tot welke categorie het betreffende voorwerp behoort;

*localiseerbaar*: de plaats en daarmee ook de (relatieve) bewegingskenmerken zijn waarneembaar.

## 1.2. Illuminatie

Illuminatie heeft betrekking op het zichtbaar maken van voorwerpen. Illuminatie met behulp van koplampen verschilt wezenlijk met dat van de openbare straatverlichting. Bij openbare verlichting waar de verlichtingssterkte op een verticaal vlak gewoonlijk niet groot is (denk bijvoorbeeld aan voetgangers), steken de voorwerpen als donkere silhouetten af tegen

een relatief lichte achtergrond. Bij autoverlichting gaat het om de verlichtingssterkte op het beschreven verticale vlak, waardoor de objecten licht afsteken tegen een donkere achtergrond.

Wanneer een auto alléén op de openbare weg rijdt, levert het verlichten van de rijbaan en voorwerpen nauwelijks enige problemen op. Door de moderne techniek van de verlichtingsmiddelen is het geen probleem met het hoofdlicht een dermate grote lichtsterkte te produceren dat bij een snelheid van meer dan 150 km/uur voldoende weglengte kan worden overzien. Anders wordt het wanneer ander verkeer op de weg voorkomt. De lichtsterkte naar de richting 'boven de horizon' moet dan drastisch worden teruggebracht om verblinding te voorkomen. Door inschakeling van het dimlicht wordt hiermee de zichtbaarheid van objecten tot op enkele tientallen meters teruggebracht, zodat alleen relatief lage snelheden acceptabel zijn. Technisch gezien moet met het dimlicht een compromis worden bereikt tussen enerzijds het verlichten en anderzijds het voorkomen van verblinden.

HID-lampen kunnen beduidend meer licht produceren dan de 'gewone' duplo- en halogeonlampen. Illuminatie met het HID-hoofdlicht (= groot licht) is dan ook meer dan toereikend en in het kader van deze studie niet interessant. Het zijn juist problemen verbonden aan het dimlicht die een nadere beschouwing noodzakelijk maken. Verderop in deze literatuurstudie komen we hierop terug.

### 1.3. Signalisatie

Signalisatie heeft betrekking op de herkenbaarheid van een voertuig. Het voertuig moet opvallen te midden van vele irrelevante objecten. In eerste instantie moet dus de aanwezigheid van een voertuig duidelijk kenbaar gemaakt worden: dit noemen we 'markeren'. In tweede instantie moet kenbaar worden gemaakt dat we te maken hebben met een voertuig dat allerlei manoeuvres kan uitvoeren. Hiertoe worden extra voorzieningen op het voertuig aangebracht die op een speciale manier informatie moeten overbrengen. Bijvoorbeeld: wit licht duidt op de voorzijde en rood licht op de achterzijde. De over te brengen informatie is dus gecodeerd. We spreken dan over 'signalisatie'.

Bij grote lichtsterkte van de markeringslichten wordt de signalerende werking verminderd of zelfs te niet gedaan ten gevolge van verblinding. Hiermee is het HID-hoofdlicht niet relevant voor signalisatie. Signalisatie zal dan ook alleen in verband met het dimlicht verder worden behandeld.

### 1.4. Enkele lichttechnische grootheden

In het rapport worden de volgende grootheden gebruikt.

*lichtsterkte*: de sterkte van de uitgestraalde lichtbundel (candela [cd]);

*lichtstroom*: de totale uitgestraalde hoeveelheid licht (lumen [ $\Phi$ ]);

*verlichtingssterkte*: de hoeveelheid licht op een oppervlak (lux [lumen/ $m^2$ ]);

*luminantie*: de teruggekaatste hoeveelheid licht, ook wel de helderheid van een oppervlakte ( $L$  [cd/ $m^2$ ]);

*omrekening*: 1 lux op 25 m  $\approx$  625 cd

## 2. Functie en uitvoering van het dimlicht

### 2.1. De techniek

We zagen reeds dat met het dimlicht enerzijds voorwerpen verlicht moeten worden en anderzijds verblinden voorkomen moet worden. Het ideale dimlicht heeft een grote lichtsterkte vlak onder de horizon, zodat de weg, weggebruikers en obstakels tot op grote afstand voor de auto goed verlicht worden, en een lage lichtsterkte vlak boven de horizon, zodat hoger geplaatste verkeersvoorzieningen (borden e.d.) kunnen waargenomen maar de tegenliggers niet worden verblind.

De dimbundel wordt in het algemeen gevormd door één van de twee spiralen van een duplolaamp; de andere spiraal vormt de hoofdbundel. In de duplolaamp is een metalen kapje onder de dimspiraal aangebracht zodat, mits goed afgesteld, relatief weinig licht boven de horizon uitkomt. Met behulp van het kapje kan een redelijk scherpe overgang (coupure) tussen lage en hoge lichtsterkte worden gerealiseerd. Tevens loopt het kapje aan een zijde schuin af, waardoor de coupure aan de rechterzijde onder een hoek van  $15^\circ$  oploopt. We spreken in dit geval van een asymmetrische dimlichtbundel die verplicht is voor Europese voertuigen.

In de Verenigde Staten worden geen aparte gloeilampen in de koplampen toegepast, maar is sprake van een geïntegreerd koplampstelsel (sealed beam). De dimspiraal is precies in het brandpunt van een parabolische reflector geplaatst; hiermee wordt een gerichte bundel met evenwijdig lopende stralen verkregen. Vanwege de structuur van de spiraal is de coupure minder scherp dan bij de duplolaamp. Door toepassing van prisma's in de lens, is de lichtbundel op bepaalde locaties meer geconcentreerd dan op andere.

Het Amerikaanse dimlicht geeft meer lichtsterkte boven de horizon in vergelijking met de Europese duplolaamp. Een nadeel van de duplolaamp is dat de invloed van een foutieve instelling op de mate van verblinding groter is dan bij het 'sealed beam'-systeem.

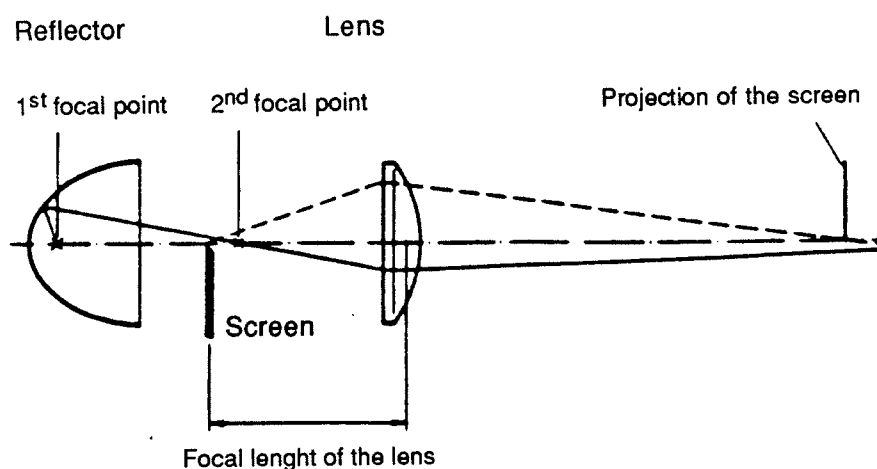
Bij halogeenlampen kan men bij gelijkblijvende opgenomen vermogen en bij gelijke levensduur in vergelijking met de conventionele gloeilamp, een grotere lichtstroom creëren. Dit omdat de spiraal op een hogere bedrijfstemperatuur kan gloeien en daarmee een hogere lichtsterkte heeft. Ondanks dat de halogeenlamp een grotere lichtsterkte heeft ten opzichte van de gewone lamp, is het vermogen aanzienlijk verhoogd van veelal 45/40 W naar 60/55 W (resp. hoofd of dimlicht).

Ten gevolge van het verbeteren van de stroomlijn van personenauto's worden de koplampen meer en meer schuin geplaatst. In de praktijk blijkt het niet eenvoudig om met schuin geplaatste lenzen aan de verlichtingseisen te voldoen. De industrie heeft getracht de verlichtingseisen te wijzigen, maar dit is afgewezen.

Bij het dimlicht doet het glas van het koplamphuis dienst als een lens die voor de gewenste breedtespreiding en asymmetrie van de lichtbundel zorgt. Hiertoe zijn in de lens een stelsel van prisma's aangebracht. De asymmetrie houdt in dat naar rechts, ongeveer op de horizon, een extra lichtconcentratie wordt gericht, de zogenaamde 'hot spot'. Links hiervan is

de bundel onder de horizon gericht ter voorkoming van verblinding. Rechts hiervan is de bundel iets boven de horizon gericht. De rechter weghelft en berm wordt hiermee over een grotere lengte verlicht.

Sinds een aantal jaren is onder ander door BMW een nieuw type dimlicht op de markt gebracht, de zogenaamde Polyellipsoid Headlamp (PES) (zie Afbeelding 1). Dit is een afzonderlijke dimlichtunit - dus geen combinatie met het hoofdlicht met een werking die te vergelijken is met een diaprojector.



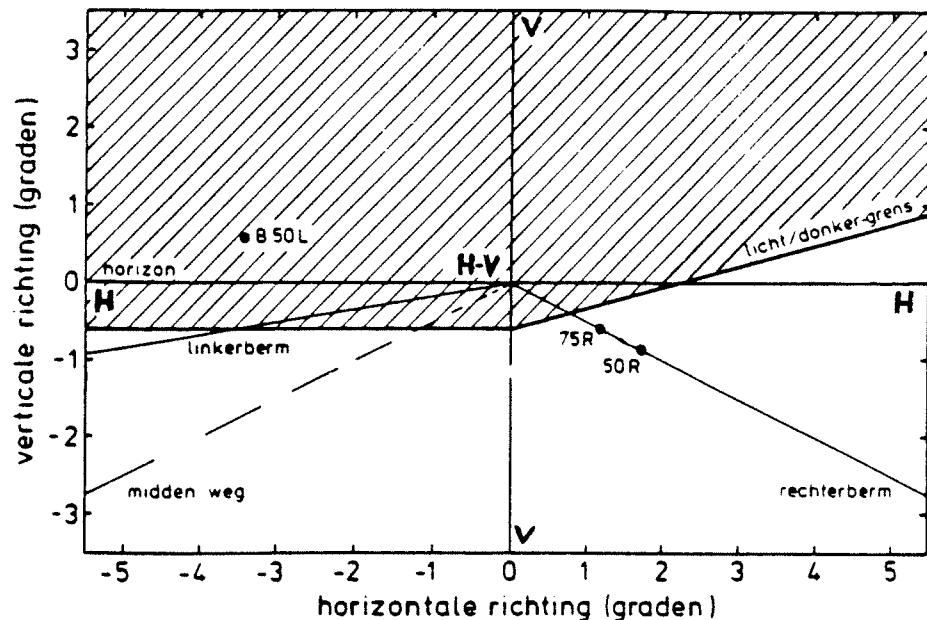
Afbeelding 1. Schematische voorstelling van de Polyellipsoid Headlamp (PES). De bovenzijde van het scherm (screen) heeft een zodanige vorm dat de geprojecteerde dimlichtbundel aan de rechterzijde een olopend verloop heeft. (Bron: Lindae, 1985).

In de unit zit een gebogen scherm dat aan de bovenzijde de vorm van de vereiste coupure heeft, en een lens met een relatief kleine diameter (60 mm). Het scherm wordt als het ware op het wegdek geprojecteerd. De lichtbron bestaat uit een halogeenlamp. Het belangrijkste voordeel van dit systeem is dat een betere lichtdistributie kan worden gerealiseerd, hetzij volgens de bestaande specificaties, dan wel volgens te ontwikkelen aangepaste specificaties.

Door Lindae (1985) wordt aangegeven dat met Polyellipsoid Headlamps zeer scherpe coupures zijn te realiseren. Proeven hebben aangetoond dat dit bij het rijden echter problemen oplevert. Het contrast bleek te groot te zijn: de harde scheidslijn tussen licht en donker versprong te veel door de voertuigbewegingen. De lampen zijn vervolgens dan ook aangepast en kregen een minder scherpe coupure.

## 2.2. Lichtverdeling van de dimlichtbundel

De lichtbundel van het dimlicht moet aan internationaal geaccepteerde eisen voldoen. Voor de lichtverdeling van de bundel wordt een meet-scherm met twee hoofdassen gebruikt; de horizontale H-H lijn met de verticale V-V lijn door het centrum HV (zie Afbeelding 2).



Afbeelding 2. Lichtverdeling van een dimlichtbundel afgebeeld op een perspectief van de rijbaan. Het punt B50L is op ooghoogte van de tegenligger en de punten 50R en 75R bevinden zich in de rechterberm op resp. 50 en 75 m (Bron: Alferdinck, 1987).

Een raster geeft een verdere verdelingen van hoeken in graden weer. Tevens is het scherm voorzien van verschillende meetpunten, bijvoorbeeld het B50L-punt dat overeenkomt met een punt dat 50 m voor de auto is gesitueerd op de plaats van de ogen van de bestuurder van een tegenligger. Voor de diverse meetpunten zijn of minimum of maximum verlichtingswaarden voorgeschreven. In het vlak boven de coupure moet het licht aan een bepaalde maximum waarde voldoen om verblinding te voorkomen. In de reglementen zijn hiervoor (nog) geen minimum waarden opgenomen. In de praktijk blijkt er voldoende licht boven de coupure uit te komen om boven de weg geplaatste borden te kunnen aflezen. De asymmetrie van de lichtbundel blijkt duidelijk uit de afbeelding.

In opdracht van de Amerikaanse Motor Vehicle Manufacturers Association (MVMA) is door Sivak e.a. (1992) een overzicht gemaakt van vele recente voorstellen voor andere lichtverdelingen van de dimlichtbundel. Deze zijn vergeleken met de huidige Amerikaanse, Europese en Japanse verlichtingseisen. Ten einde te kunnen vaststellen waar de lichtverdeling aan moet voldoen, zijn de volgende aspecten aangaande functionele visuele eisen voor de dimlichtbundel opgesteld.

#### *Boven de horizon*

- verlichten van verkeersborden (en bewegwijzeringsborden) in de rechterberm;
- verlichten van bewegwijzeringsborden boven de weg;
- voorkomen van verblinding met betrekking tot tegemoetkomend verkeer;
- voorkomen van verblinding door verkeer in achteruitkijkspiegel;

- beperking van verstrooiing van licht in relatie met atmosferische condities (regen, mist e.d).

*Verlichting op een afstand van meer dan 25 m*

- verlichten van de rechter berm;
- verlichting in geaccidenteerd terrein.

*Voorgrondverlichting (op een afstand binnen de 25 m)*

- verlichten van de rechter berm;
- homogeniteit van de bundel (esthetische en comfort aspecten);
- verblinding van licht in relatie met spiegelen wegdek bij regen.

*Overige*

- betrouwbaarheid van visuele afstelling;
- effecten van foutieve afstelling.

Aan de hand van bovengenoemde aspecten en de nieuwe voorstellen die ter beoordeling lagen, worden door Sivak e.a. (1992) gesteld dat de functionele vereisten voor dimlichtbundels complex zijn. Daarom is het niet verrassend dat elke verlichtingseis en elk voorstel zijn eigen voor- en nadelen heeft. De onderzoekers concluderen dat de voorstellen van het Instituut voor Zintuigfysiologie IZF-TNO (Padmos & Alferdinck, 1988; Alferdinck & Padmos, 1990) het beste in overeenstemming zijn met de functionele vereisten. Indien we deze voorstellen vergelijken met de Europese verlichtingseisen valt het volgende op: de maximum lichtsterkte 'boven de horizon' is van het IZF-TNO ca. factor 2 hoger dan die van de Europese eisen. De minimum waarden 'onder de horizon' zijn in vergelijking met de andere waarden bijzonder hoog. In de discussie komen we hierop terug.

Punt/zone	ECE-reg. R20	IZF-TNO
<i>Boven de horizon</i>		
B50L-punt	max. 250 cd	max. 500 cd
Zone III	max. 440 cd	max. 1.000 cd
<i>Onder de horizon</i>		
50V	min. 3750 cd	min. 20.000 cd
50R	min. 7500 cd	min. 20.000 cd
75R	min. 7500 cd	min. 50.000 cd

Door Sivak e.a. (1992) wordt ten slotte geconcludeerd dat er een gebrek is aan harde criteria om de voorstellen aangaande visuele vereisten te kunnen evalueren. Dit betreft bijvoorbeeld de verstrooiing van licht, lichtreflectie van het wegdek, relatie tussen illuminatie en verblinding.

Bij de bespreking van de HID-lampen en in de discussie komen we op deze lichtverdeling terug.

### 2.3. Het dimlicht in het verkeer

We zagen dat het dimlicht van belang is voor de illuminatie en signalisatie. Verblinding is een negatief aspect voor medeweggebruikers. Deze drie aspecten worden nader belicht.

### *Illuminatie*

Met het dimlicht moet worden bereikt dat aangestraalde voorwerpen op en langs de weg zichtbaar zijn. In de vorige paragraaf zagen we aan welke eisen de lichtsterkte moet voldoen. De goedkeuringstests vinden in laboratoria plaats.

Voor de vaststelling van de zichtbaarheid worden in de praktijk echter ook metingen verricht met de aanwezigheid van tegenliggers. Een klassiek onderzoek betreft de vergelijking in zichtbaarheid van het Europese systeem met de duplolamp en het Amerikaanse 'sealed beam'-systeem. Het bleek dat bij het ontmoeten van twee auto's met hetzelfde systeem de zichtbaarheidsafstanden ongeveer gelijk waren. Is er verschil in lichtsterkte tussen de koplampen - het zwakkere asymmetrisch dimlicht ten opzichte van het felle licht van het 'sealed beam'-systeem - werd de zichtbaarheidsafstand voor de bestuurder met het minder sterke licht drastisch gereduceerd. Voorts bleek dat de zichtbaarheidsafstand gewoonlijk minimaal was wanneer de twee auto's ongeveer 50 m van elkaar waren verwijderd.

Meer recente metingen bevestigen de resultaten: de zichtbaarheidsafstand bij een ontmoeting van twee auto's die dezelfde verlichting voeren waren steeds van dezelfde orde van grootte, onafhankelijk van wat deze verlichting was. Een ander interessant onderzoekresultaat was dat de zichtbaarheidsafstand wat groter werd als beide elkaar ontmoetende auto's hoofdlicht voeren in plaats van dimlicht.

Praktijkmetingen met dimlichten hebben meestal betrekking op de waarneembaarheid van objecten; deze wordt uitgedrukt in de zichtbaarheid. Herkenbaarheid en opvallendheid zijn moeilijk te kwantificeren.

### *Signalisatie*

Als een (ander) voertuig beweegt is meer informatie nodig dan bij stilstaande objecten. De extra informatie heeft dan niet alleen betrekking op het type voertuig en de richting ervan, maar ook op de plaats, de afstand en vooral op de veranderingen in de bewegingsrichting die zich op korte tijd zullen voordoen. Dit wordt kortweg met signalisatie van het voertuig aangeduid. Aan de voorzijde van een voertuig vervult het dimlicht deze rol. Daarom moeten de dimlichten aan bepaalde eisen voldoen zoals het aantal, de locatie, de configuratie, de onderlinge afstand, de afmeting, de lichtsterkte en de kleur. De meeste eisen zijn zo ingeburgerd dat daarop niet nader hoeft te worden ingegaan. De grootte van de koplamp en de lichtsterkte zijn evenwel extra aandacht waard in verband met de behandeling van HID-lampen in de volgende hoofdstukken.

Het oppervlak van de lens van het tot dus ver gebruikelijke dimlicht heeft in het algemeen een diameter van ca. 15 cm; hierbij is er weinig verschil tussen de conventionele lamp en de halogeenlamp. De afmeting van de lamp en de afstand tussen beide lampen zullen in het verkeer worden gebruikt voor de herkenning van voertuigcategorie. Is het oppervlak van de lamp klein (zoals bij de Polyellipsoid Headlamps met een diameter van 6 cm) is het de vraag of de afmeting van de lamp nog bijdraagt aan de voertuigherkenning. Hierover het volgende.

Als een lichtbron een afmeting heeft die te klein is om waargenomen te worden spreekt men over een 'puntvormige lichtbron'. Een van de consequenties hiervan is dat de waarneembaarheid van het licht (afgezien van de kleur) volledig kan worden toegeschreven in termen van de lichtsterkte. Voor een puntvormige lichtbron is deze gedefinieerd. In relatie met de

onderhavige studie is het van belang te weten hoe groot een licht mag zijn om nog als puntvormig te kunnen worden beschouwd. Theoretische overwegingen, gebaseerd op laboratoriumexperimenten, leiden tot kleine afmetingen. In de praktijk lijkt het er op dat lichten die een hoek van 10 boogminuten beslaan nog als puntvormig kunnen worden beschouwd. 10 boogminuten corresponderen met 1 cm op 3,5 m. Dit betekent dat een licht met een diameter van minder dan 5 cm voor alle afstanden boven de 15 m als puntvormig beschouwd moeten worden. In dit geval zou de *afmeting* van dergelijke lichten nauwelijks bruikbaar zijn als instrument voor de signalisatie. De Polyellipsoid Headlamp zit met een afmeting van 6 cm daar maar net boven. Waarschijnlijk zal in het verkeer alleen de onderlinge afstand tussen de lichten als kenmerk voor de voertuigherkenning worden gebruikt. Deze afstand is bij voertuigen uitgerust met Polyellipsoid Headlamps vergelijkbaar met voertuigen met een conventioneel verlichtingssysteem.

Geconcludeerd kan worden dat de grootte van de koplamp waarschijnlijk niet leidt tot problemen ten aanzien van signalisatie.

Vastgesteld is dat de lichtsterkte zelf niet als coderingsdimensie kan worden gebruikt. Als voorbeeld kunnen de lichten aan de achterzijde van personenauto's worden aangehaald: bij afzonderlijke waarneming zijn achterlichten veelal moeilijk van mistachterlichten te onderscheiden. Intensiteitsverschillen kunnen echter wel goed waargenomen worden als sprake is van een *verandering* van de intensiteit; vergelijk bijvoorbeeld het remlicht met het achterlicht.

Een ander voorbeeld kan aan de voorzijde van voertuigen worden gezocht: het lichtintensiteitsverschil tussen koplampen van motorfietsen en bromfietsen is te gering om een duidelijk verschil tussen beide categorieën vervoermiddelen te markeren.

Geconcludeerd kan worden dat de *lichtsterkte* van frontverlichting nauwelijks bruikbaar is als instrument voor signalisatie. Te grote lichtintensiteit boven de horizon kan er zelfs voor zorgen dat de gecodeerde informatie geheel verloren gaat.

Sommige onderzoekers zijn ervan overtuigd dat het bij goede openbare verlichting beter is de intensiteit van de dimlichten te verlagen; de markering van het voertuig wordt daardoor verbeterd. Ook in verband met woonerven wordt vaak gesproken dat het dimlicht van auto's daar niet een geëigende voertuigverlichting is; een markeringslicht zou toereikend zijn.

### *Verblinding*

Is de lichtintensiteit van het dimlicht boven de horizon (met name links) te groot wordt het verkrijgen van visuele informatie voor tegenligger bemoeilijkt. We spreken dan van verblinding.

Door het juist afstellen van het dimlicht kan verblinding onder een acceptabel niveau blijven. Uit Nederlandse onderzoeken in het verleden bleek dat ongeveer een derde van de koplampen foutief stond afgesteld. Metingen die in diverse Europese landen in 1971 zijn uitgevoerd toonden aan dat 80% van de auto's meer verblinden dan wettelijk is toegestaan. Een Nederlands onderzoek uit 1986 gaf zelfs nog een verslechtering te zien: slechts 12% van de personenauto's voldoet aan de norm voor de verblindingssterkte (Alferdinck e.a., 1986).

Belading en het al dan niet gevuld zijn van de brandstoftank beïnvloeden de hoogte-instelling van het dimlicht. Een vuil of beschadigd koplampglas en regen op het glas veroorzaakt te hoog uitstralend strooilicht en daarmee



ook verblinding. Reflectie via een nat wegdekoppervlak kan eveneens bijdragen aan de verblinding.

Door Alferdinck (1987) is vastgesteld dat het schoonmaken van de koplampen een zeer gunstige invloed heeft voor de verblindingssterkte op het B50L-punt (ooghoogte tegenligger). Aangezien veel lampen wat te laag stonden afgesteld, zou door het correct afstellen de mate van verblinding zelfs nog worden verergerd. Voor de lichtsterkte in de rechterberm (de 75R- en 50R-punten) had het schoonmaken een geringe invloed; het correct afstellen had daarentegen veel invloed.

Van grote invloed bleek de veroudering van de koplamp; het bleek dat oudere lampen een hogere lichtsterkte hadden dan nieuwe lampen. Van de nieuwe koplampen voldeed 80% aan de norm voor de verblindingssterkte op het B50L-punt en van de oude lampen slechts 39% (beide gemeten met een spanning van 12 V).

Naast de lichtintensiteit van de tegenligger en de omgevingsverlichting is de mate van verblinding onder meer afhankelijk van het aanpassingsvermogen van het gezichtsorgaan, de laterale afstand tot tegenliggers en het aantal tegelijk zichtbare tegenliggers.

Voor de vaststelling van de mate van verblinding gebruikt men veelal de 'De Boer-schaal'. Dit is een 9-punts beoordelingsschaal die loopt van punt 1: glare unbearable tot punt 9: glare just noticeable. Halverwege de schaal ligt punt 5 met de beoordeling 'just acceptable'. Door Olson en Sivak (1983) is vastgesteld dat de mate van hinder door verblinding nog al verschilt als het in het laboratorium wordt gemeten of in de praktijk. Bijvoorbeeld, een illuminantie van 1 lux (625 cd op 25 m) werd in het laboratorium beoordeeld met 3,5 op de 'De Boer-schaal' maar tijdens een veldstudie werd de veel gunstiger waarde 5,5 vastgesteld.

De laatste jaren wordt meer aandacht geschonken aan de vaststelling van de mate van verblinding en illuminatie door autokoplampen in de praktijk. Door Rys et al. (1992a en 1992b) is een systeem ontwikkeld waarmee zowel op tijdelijke als permanente basis lichtmetingen langs de weg kunnen worden uitgevoerd. Hierbij kunnen punten genomen worden die corresponderen met de standaard eisen van de lichtverdeling van autokoplampen.

Geconcludeerd kan worden dat erg veel koplampen niet aan de verlichtingsnormen voldoen; vervuiling van het glas en veroudering of beschadiging van de koplamp zijn enkele oorzaken. Als in de dagelijkse praktijk de lampen beter zouden staan afgesteld, zou de mate van verblinding nog ernstiger zijn. Dat 20% van de nieuwe koplampen bij het IZF-onderzoek niet aan de normen voldeed is op zich verklaarbaar. Koplampen moeten (vreemd genoeg) alleen bij de typegoedkeuring aan de standaardnormen voor de verlichtingssterkte voldoen. Is deze goedkeuring eenmaal verleend, wordt bij nacontroles een tolerantie gehanteerd die (afhankelijk van het meetpunt) kan oplopen tot ca. 30% (zie verder ook par. 3.3).

## 3. HID-lampen

### 3.1. De techniek

Voor lichtbronnen die in de dagelijkse praktijk bruikbaar zijn, komen in principe twee methoden (fysische beginselen) in aanmerking, nl.:

- thermisch gloeilicht
- gasontladingslicht.

Wij beperken ons tot de gasontladingsmethode.

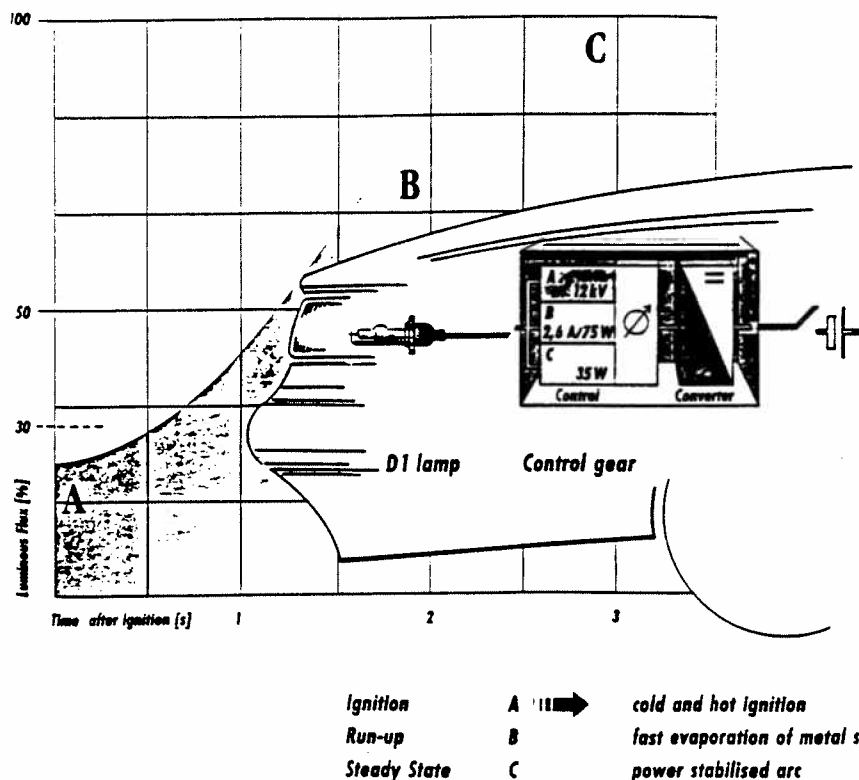
Wanneer men door een gas (eigenlijk een damp) een stoot van elektrische stroom met voldoende hoge spanning stuurt, betekent dit in feite dat een sterke stroom elektronen door het gas wordt gestuurd. Deze elektronen kunnen botsen met de atomen van het gas; wanneer er bij zo'n botsing voldoende energie wordt overgedragen, komt dat atoom in een aangeslagen toestand. Dit wil zeggen dat één of meer van de elektronen die om de kern cirkelen, in een energetisch hogere baan terecht komen. Ook kan *ionisatie* optreden; dat wil zeggen dat een elektron geheel wordt losgeslingerd en verwijderd. De energie die hiervoor nodig is, wordt door de stroomstoot geleverd; aanslaan of ionisatie kan dus alleen optreden wanneer de stroomstoot voldoende krachtig is.

Wanneer een deel van het gas geïoniseerd is, gebeuren er twee dingen. Ten eerste neemt de elektrische weerstand van de damp af en ten tweede keren de aangeslagen atomen spoedig weer terug naar de oorspronkelijke toestand (de grondtoestand) omdat de energetisch hogere toestand bij de betreffende temperatuur niet stabiel is. Bij het terugkeren naar de grondtoestand wordt de energie die uit de stroomstoot is opgenomen, weer geheel uitgestraald in de vorm van een *foton*. De golflengte van de golf die met dit foton overeenkomt is korter naar mate het energieverval tussen de aangeslagen toestand en de grondtoestand groter is.

Door een geschikte keuze van het gas (de damp) kan men ervoor zorgen dat de straling wordt uitgestraald in een golflengtegebied dat voor het gezichtsorgaan 'bruikbaar' is. Bij gasontladingslampen is van een minder continu spectrum sprake dan bij gloeilampen. Met name is 'rood' ondervertegenwoordigd.

Verhoging van de dampdruk heeft een aantal gevolgen. Ten eerste neemt de ontsteekspanning (de spanning voor de eerste stroomstoot, die nodig is om de gasontlading te starten), toe. Bij lampen met zeer hoge druk bedraagt de ontsteekspanning ruim tienduizend volt.

Omdat de elektrische weerstand na ionisatie veel lager is dan in de oorspronkelijke toestand, is een lagere stroomsterkte en een lagere spanning toereikend om de gasontlading in stand te houden. Omdat de weerstandskarakteristiek negatief is (een grotere stroom leidt tot een kleinere weerstand) moet een stroombegrenzer in de elektrische keten worden opgenomen. In beginsel is een Ohmse weerstand voldoende, maar uit overwegingen van een hoge lichtopbrengst en een stabiele lichtuitstraling worden allerlei elektronische schakelingen toegepast. Men noemt deze schakelingen het voorschakelapparaat, of ook de ballast. De ballast wordt vaak geïntegreerd met de starter: een apparaat dat de eerste stroomstoot van hoge spanning levert. De principeschets met de relatie tussen opstarttijd en lichtsterkte is afgebeeld (Afbeelding 3).



Afbeelding 3. Principeschets van de HID-unit (lamp en voorschakelapparaat) met de relatie tussen opstarttijd en lichtsterkte (Bron: VEDILIS, 1990).

HID-lampen zijn super-hogedruk natriumlampen. De geometrische en fotometrische kenmerken van de lichtbron zijn de basis voor de kenmerken van de ermee te bereiken dimbundel. De lichttechnische voordelen in vergelijking met de halogeenlamp H1 zijn: een hogere luminantie in combinatie met geringe afmetingen maken het mogelijk om dezelfde bundelkenmerken te bereiken met een kleiner optisch systeem. Door het lagere lampvermogen is sprake van een geringere thermische belasting van de koplamp.

De lagere thermische belasting biedt de mogelijkheden voor het toepassen van plastic lenzen en plastic reflectoren in de koplampen. Hiermee is een beter beheersbare bundel te verkrijgen (minder lichtverstrooiing in de lens).

Voor enkele technische gegevens over de HID-lamp wordt verwezen naar onderstaande tabel.

Kenmerken	Gloeilamp (H1) (bij 13,2 V)	HID-lamp
Gemiddelde luminantie	2000 cd/m <sup>2</sup>	6000 cd/m <sup>2</sup>
Vermogen (incl. ballast)	68 W	45W
Lichtstroom	1550 lm	3000 lm
Luminantie-effectiviteit	25 lm/W	85 lm/W
Kleurtemperatuur	3200 K	4500 K

Bron: VEDILIS (1990)

De grotere specifieke lichtstroom is een voordeel: 3000 lm bij 45 W tegenover 1550 lm bij 68 W. Over de levensduur van de HID-lampen zijn geen precieze gegevens verschaft. VEDILIS (1990) geeft alleen maar aan dat de levensduur van de HID-lamp langer is dan die van de auto.

### 3.2. Internationaal onderzoek

De Amerikaanse activiteiten rond de HID-lampen vinden plaats in CIE-verband, Technische Commissie TC4.22 (CIE: Commission Internationale de l'Éclairage). De volgende onderwerpen zullen worden behandeld:

- A1: kleur- en contrastaspecten
- A2: verblinding door lichtsterkte en afmetingen
- A3: relatie hoofd- en dimlicht
- B1: lichtverdeling linkerzijde
- B2: lichtverdeling rechterzijde
- B3: hoogte-afstelling
- B4: verlichting voorgrond en zijkanten
- B5: verlichting van borden boven de rijbaan

In Europees verband is in het kader van EUREKA het project 'VEDILIS' gestart. VEDILIS, dat staat voor Vehicle Discharge Lighting System heeft als hoofdparticipanten diverse Europese fabrikanten van lampen en licht-technische componenten. Als sub-participanten zijn enkele automobiel-fabrikanten bij het project betrokken. Enkele Europese onderzoekinstellingen werken mee bij de uitvoering van meer fundamentele onderzoeken. Onderzoekresultaten van VEDILIS zijn in november 1991 besproken met een technische commissie van de GTB te Brussel (Groupe de Travail Bruxelles 1952). De discussies resulteerden in het concept Regulation No XX (1992). Begin 1993 wordt dit reglement aan de GTB voorgelegd. Vervolgens zullen andere internationale commissies voor standaardisatie - zoals de genoemde CIE - de voorstellen behandelen. VEDILIS heeft haar bevindingen in een eindrapport opgetekend (VEDILIS, 1992).

### 3.3. Lichtverdeling

In het concept Regulation No XX (1992) wordt voor HID-lampen een bepaalde lichtverdeling van de dimlichtbundel voorgesteld die ten opzichte van ECE-reglement R20 en het voorstel van het IZF-TNO (zie par. 2.2) de volgende afwijkingen vertoont:

Punt	HID t.o.v ECE-R20	HID t.o.v. IZF-TNO
<i>Boven de horizon 1)</i>		
B50L	25% hoger	38% lager
Zone III	42% hoger	38% lager
<i>Onder de horizon 2)</i>		
50L	67% hoger	73% hoger
50V	100% hoger	63% lager
50R	67% hoger	38% lager
75R	67% hoger	75% lager

1) lager resp. hoger t.o.v. *maximale* waarden

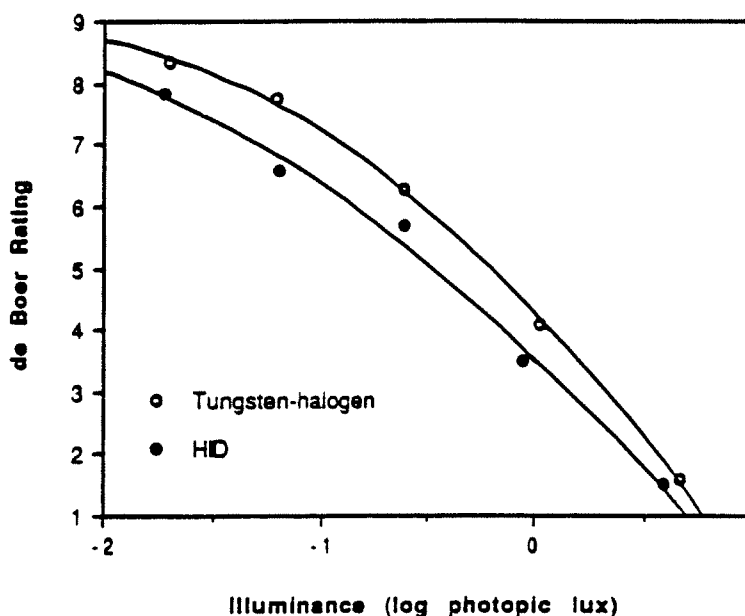
2) lager resp. hoger t.o.v. *minimale* waarden

Bij deze waarden moet worden opgemerkt dat wat de HID-lampen betreft ze zijn gebaseerd op een voertuigspanning van 13,2 V. De waarden van ECE-R20 zijn gebaseerd op ca. 12 V, dit is de normale accuspanning. Bij draaiende motor is de spanning over de halogeenlampen 13,2 V; bij HID-lampen wordt van deze hoge spanning uitgegaan. Indien de lampspanning van 12 V wordt opgevoerd tot 13,2 V (zoals bij halogeenlampen), neemt de lichtsterkte met ca. 35% toe. Voor de interpretatie van bovenstaande tabel betekent dit dat als een waarde voor de HID-lamp 35% hoger ligt ten opzichte van de ECE-R20-waarde, de lichtsterkte op een niveau van de halogeenlamp ligt.

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat de voorgestelde lichtsterkte voor de HID-lampen op nagenoeg alle punten meer dan 35% boven de huidige ECE-eisen liggen. Een uitzondering vormt het B50L-punt (met 25% komt dit punt niet boven de 35% uit). In vergelijking met de IZF-waarden liggen de waarden voor de HID-lampen lager, op het 50L-punt na. In de discussie wordt hier nader op ingegaan.

### 3.4. Verblindingsaspecten van HID-lampen

Door Flannagan e.a. (1992) is in een veldstudie (met stationair opgestelde personenauto's) het verschil in verblindingshinder vastgesteld tussen HID-dimlichten en conventionele 'sealed beam'-dimlichten. Bij gelijke lichtsterkte van beide typen lampen is door proefpersonen de verblindingshinder met behulp van de reeds besproken De Boer-schaal beoordeeld. Als variabele is gekozen voor de lichtsterkte. Het resultaat van de studie was dat als de geteste lampen evenveel lichtsterkte op de ogen van de proefpersonen uitstraalden, de proefpersonen meer hinder ondervonden van de HID-lampen (zie Afbeelding 4).



Afbeelding 4. Beoordeling door proefpersonen van de mate van verblindingshinder als functie van de lichtsterkte. Geteste lampen zijn een Amerikaanse halogeenlamp en een HID-lamp. Gebruikt is de De Boer-schaal die loopt van 1: glare unbearable tot 9: glare just noticeable (Bron: Flannagan, 1992).

In deze praktijkproef was de hinder groter dan op grond van laboratoriumtests was voorspeld. Aangegeven is dat het verschil in resultaten bij de veldstudie ten opzichte van laboratoriumtests eerst verklaard moet kunnen worden alvorens voorspellingen over verblindingshinder van HID-lampen in het verkeer gedaan kunnen worden.

Sivak e.a. (1990) hebben een studie verricht naar de invloed van een klein lampoppervlak (45 cm<sup>2</sup>, 9x5 cm) op de mate van verblinding. De achtergrond van deze studie was dat een lamp met een kleiner oppervlak een hogere luminantie in cd/m<sup>2</sup> heeft in vergelijking met een lamp met een groter oppervlak met een identieke fotometrische output. Een dergelijke luminantie zou fysiologisch beschouwd meer invloed hebben op de diverse menselijke functies dan de totale hoeveelheid licht.

Deze gedachte was gebaseerd op een oudere studie van Lindae die kwam tot de aanbeveling dat de minimale lampoppervlak van (Europees) halogeen dimlicht 150 cm<sup>2</sup> moet bedragen ter voorkoming van verblinding. In het onderzoek van Sivak is ter vergelijking een lens met een oppervlak van 181 cm<sup>2</sup> gebruikt. De verlichtingssterkte werd gevarieerd.

Ten aanzien van de verblinding vonden de onderzoekers slechts een gering effect: op een 9-punts schaal was de mate van hinder door verblinding bij de lamp met het kleiner oppervlak slechts 0,2 punten hoger in vergelijking met het grotere oppervlak.

In het kader van het Europese researchproject VEDILIS is eveneens de invloed van de geringe afmetingen van de HID-lamp op de verblindingshinder onderzocht (Alferdinck & Varkevisser, 1991b; Vedilis, 1992).

Met laboratoriumexperimenten werd het discomfort geschat met behulp van de De Boer-schaal. De verblindingsbronnen bestonden uit rechthoeken met oppervlakten van 3x6 cm, 6x12 cm en 12x24 cm. Verblindingshoeken van 1,72 tot 6,84° werden geselecteerd (corresponderd met waarnemingsafstanden van 25, 50 en 100 m). De verblindingsluminantie in de ogen van de observatoren varieerde van 0,03 tot 3 lx.

Vastgesteld is een klein, maar significant effect van de afmetingen van de verblindingsbron. Als de afmeting van de verblindingsbron met factor 2 afneemt, neemt de verblindingshinder met 0,1 punten toe; dit op een 9-puntsschaal. Deze toename kan worden gecompenseerd door de lichtintensiteit van de lamp met 11% te verlagen. Een effect van leeftijd en geslacht op de mate van verblindingshinder is niet gevonden. Wel is de correlatie tussen leeftijd en 'disability glare' vastgesteld. Er bleek een interactie tussen koplampafmeting en verblindingshoek: bij kleine hoeken is het effect van de afmeting groter in vergelijking met grote hoeken.

Nog vier andere studies zijn in het kader van het researchproject VEDILIS uitgevoerd naar de verblinding van de HID-lampen.

1. Vastgesteld werd dat met name voor voertuigen met zachte vering een lagere lichtintensiteit op 50 m (het 50L-punt) noodzakelijk is dan de huidige normen voorschrijven (Rendu, 1992). Voor zover na te gaan is deze aanbeveling niet in het concept Regulation No XX (1992) overgenomen.
2. Ter voorkoming van verblinding in bochten en via achteruitkijkspiegels moet het verlichtingspatroon aan de rechterzijde van het HV-punt een Z-vorm hebben (Rumar, 1992). Deze lijn zit 1° boven de horizon waarvoor een limiet geldt van 3750 cd. Uit concept Regulation No XX (1992) valt op te maken dat de Z-vorm is overgenomen; in de tabel is echter geen waarde voor het gebied onder de 1°-lijn boven de horizon opgenomen.

3. Ter voorkoming van een voor tegenliggers te hinderlijke weerkaatsing van het wegdekoppervlak vlak voor de auto en te grote luminatieverschillen tussen het vlak voor de auto ten opzichte het vlak boven de coupure, worden twee gewenste maximum waarden genoemd: 15.600 cd op 25 m en 6250 cd op 10 m (Schmidt-Clausen e.a., 1991). In het concept Regulation No XX is voor de lichtsterkte op de voorgrond een waarde van maximaal 12.500 cd opgenomen.

### 3.5. Overige aspecten

Door het IZF-TNO is de opvallendheid van de richtingaanwijzer aan de voorzijde in combinatie met de aanwezigheid van de HID-lamp onderzocht (Alferdinck & Varkevisser, 1991a). Tijdens het onderzoek werd de zijdelingse afstand tussen de richtingaanwijzer en de HID-lamp gevarieerd van 0 tot 40 cm. Van beide type lampen werd tevens de lichtsterkte en de grootte van het oppervlak gevarieerd. De opvallendheid werd in een laboratoriumsituatie gemeten door de bepaling van de maximale zijwaartse hoek waaronder de richtingaanwijzer nog waarneembaar was. Drie lichtsterkteratio's (I-richtingaanwijzer / I-koplamp) zijn onderzocht: laag (0,03), middel (0,31) en hoog (3,4).

Gebleken is dat de opvallendheid van de richtingaanwijzer groot was onder voldoende grote zijwaartse hoeken bij de lichtsterkteratio's 'midden' en 'hoog'; de afstand tussen de lampen was hierbij nauwelijks van invloed. Een effect van de grootte van de lampen werd alleen gevonden bij de lichtsterkteratio's 'laag'.

## 4. Mogelijke bijzondere toepassingen van HID-lampen

Met het gebruik van HID-lampen als voertuigverlichting zijn twee toepassingsmogelijkheden interessant. De eerste betreft gepolariseerd licht. Toen dit werd ontwikkeld stonden alleen de conventionele lichtbronnen ter beschikking. Voor de toepassing van gepolariseerd licht zijn vrij grote lampvermogens nodig. Dit werd destijds reeds als een groot financieel bezwaar gevoeld. Nu bij het huidige streven naar energie-zuinige verlichting is dit zelfs geheel onacceptabel. Door de introductie van HID-lampen is de situatie ingrijpend veranderd: de relatieve lichtopbrengst van de HID-lampen is dusdanig hoog dat gepolariseerd licht 'opeens' een haalbare kaart is geworden.

De tweede (vooralsnog theoretische) toepassing betreft het gebruik van de u.v.-straling van HID-lampen. Deze straling is niet zichtbaar. Wanneer de straling echter een fluorescerend materiaal treft, kan ze wel worden waargenomen.

### 4.1. Gepolariseerd licht

Bij voertuigverlichting maakt men gebruik van het dimlicht waarbij het compromis 'veel verlichten en weinig verblinden' nagestreefd wordt. We zagen dat dit in de praktijk nog al eens leidt tot mindere verlichting en/of een onacceptabel sterke verbinding.

Er bestaat echter een alternatief, waarbij een zeer royale verlichting gecombineerd kan worden met een vrijwel afwezige verblinding: de toepassing van gepolariseerd licht. Het idee achter het systeem van gepolariseerd licht is al oud; de eerste publikaties dateren uit de jaren dertig (zie bijv. Chubb, 1937). Ook is er veel onderzoek uitgevoerd dat heeft geresulteerd in een door de OECD uitgegeven rapport waarin vrijwel alle theoretische en praktische aspecten van de toepassing van gepolariseerd licht voor automobielverlichting zijn besproken (OECD, 1976). Ofschoon het OECD-rapport een aantal pasklare methoden voor toepassing biedt, alsmede een aantal strategieën voor invoering, en ook proefnemingen beschrijft, is het idee nooit verder uitgewerkt.

#### *Gepolariseerd licht voor autokoplampen*

Licht is een golfverschijnsel waarbij de golven transversaal zijn, dat wil zeggen dat de trillingsrichting en de voortplantingsrichting dwars op elkaar staan. Iedere trillingsrichting is mogelijk. Alle trillingsrichtingen kunnen worden ontbonden in twee onderling loodrecht staande vlakken. Dit betekent dat lichtgolven kunnen worden gepolariseerd. Door een 'polarisator' in de lichtbundel te plaatsen wordt bereikt dat alleen licht dat in een bepaalde richting trilt, wordt doorgelaten. Het andere licht, waarvan de trillingsrichting er dus loodrecht op staat, wordt geabsorbeerd. Omdat het licht in de twee richtingen was ontbonden, wordt bij dit proces de helft van de totale lichtenergie geabsorbeerd.

Wanneer nu verderop in de lichtbundel nog een polarisator (meestal 'analysator' genoemd) wordt geplaatst, dan hangt de hoeveelheid licht die door het systeem van deze twee polarisatoren in combinatie wordt doorgelaten af van de onderlinge positie. Is de positie van de analysator zo dat licht doorgelaten wordt met dezelfde richting als de polarisator, dan wordt er



geen 'extra' licht geabsorbeerd; de doorlating van de twee filters te zamen is gelijk aan de doorlating van alleen de polarisator (de helft van het opvallende licht). Staat echter de trillingsrichting die door de analysator wordt doorgelaten, loodrecht op de trillingsrichting die door de polarisator is doorgelaten, dan komt er helemaal geen licht meer door het systeem. Het licht dat door de polarisator heen kan, wordt door de analysator tegen gehouden, en het licht dat door de analysator heen zou kunnen, is voordien al door de polarisator tegen gehouden.

Hiervan wordt nu bij de toepassing van gepolariseerd licht voor autokoplampen gebruik gemaakt. Men plaatst voor de koplamp een polarisator; al het uitgestraalde licht is dus gepolariseerd. Het licht wordt voor een groot deel door de aangestraalde voorwerpen in de natuur 'ontpolariseerd'; het wordt weer 'natuurlijk' licht. Plaatst men nu voor het oog van de tegenligger (de 'waarnemer') een analysator waarvan de lichtdoorlatingsrichting loodrecht staat op de lichtdoorlatingsrichting van de polarisator van 'onze' auto, dan kan licht dat direct van de lamp naar het oog gaat, niet door de polarisatoren heen komen; de lamp lijkt dus geen licht uit te stralen. Het *gedepolariseerde* licht dat door de natuurlijke voorwerpen wordt gereflecteerd wordt echter wel (tenminste voor de helft) door de analysator doorgelaten. Op deze wijze kan men in beginsel een systeem construeren waarbij het compromis 'veel verlichten en weinig verblinden' dicht kan worden benaderd.

#### *Praktische uitvoering*

De polarisatoren moeten voor de koplampen worden aangebracht. Dit kunnen dimlichten met een HID-lamp zijn met een zodanig uitvoering dat de lichtopbrengst met filter gelijk is aan die van een 'gewoon' dimlicht zonder filter.

De analysatoren moeten voor de ogen worden aangebracht. In beginsel kan men dat op vele wijzen doen, maar de praktijk heeft geleerd dat voor autobestuurders die geen bril dragen de eenvoudigste oplossing is het monteren van een smalle strook polarisatiefilter aan de onderkant van de zonneklep. Voor bestuurders die een bril dragen, voor fietsers en voor voetgangers, is het aanbrengen van een smalle strook filtermateriaal aan de bovenzijde van de bril te verkiezen. Op helmen is de montage aan de rand van de helm te verkiezen. In alle gevallen is sprake van een smalle strook, en wel zo smal dat bij de waarneming van de weg en van het verkeer *onder* het filter kan worden doorgekeken; alleen wanneer een tegenligger nadert wordt *door* het filter gekeken.

Wanneer de koplampen met polarisator dezelfde lichtuitstraling (in intensiteit en in verdeling) vertonen als reguliere dimlichten, is een analysator niet direct *nodig*. Immers, de omgeving ziet er precies zo uit als ware er van gepolariseerd licht geheel geen sprake. De gebruikers van de analysator hebben echter het voordeel van de verminderde verblinding bij een verder gelijke mogelijkheid tot waarneming.

Indien we denken aan een soepele invoering van gepolariseerd licht betekent dit dat het systeem 'met' gepolariseerd licht er precies zo uit moet zien als het systeem 'zonder'. Dit is alleen uitvoerbaar wanneer de lichtbundel van het *dimlicht* wordt gepolariseerd, en wanneer het gepolariseerde dimlicht aan alle wettelijke en niet-wettelijke voorschriften en regels

voldoet waaraan momenteel de gewone (niet-gepolariseerde) dimlichten voldoen. Gezien de bij het systeem van polarisatiefilters inherent behorende lichtverlies in de filters, is dit in de praktijk alleen uitvoerbaar met HID-lampen.

Over de kosten zijn uitgebreide studies gemaakt, die in het genoemde OECD-rapport zijn samengevat (OECD, 1976). Deze kostenopgaven dienen uiteraard te worden herzien.

Geconcludeerd kan worden dat met de ontwikkeling van de HID-lamp de toepassingsmogelijkheden van gepolariseerd licht is vergroot. Gezien de nodige praktische bezwaren (gebruik van onder meer polarisatiefilters) ligt een algemene toepassing voornamelijk niet voor de hand.

#### 4.2. U.V.-straling

In dit rapport is reeds enige malen aan de orde geweest dat er duidelijke aanwijzingen zijn dat een van de belangrijkste oorzaken van de extra risico's voor het nachtelijke verkeer gelegen is in de verminderde mogelijkheden voor visuele waarneming. Factoren als regen en mist doen de waarneembaarheid verder afnemen.

Naast openbare verlichting zijn markeringen een doeltreffende maatregel om het nachtelijke verkeer veiliger te maken. Markeren van voorwerpen is alleen dan effectief wanneer het betreffende voorwerp met markering beter waarneembaar is dan het voorwerp zonder markering. Veelal is noodzakelijk dat naast de markering ook het voorwerp te zien is; de rol van de markering is daarbij vooral het trekken en richten van de aandacht (Schreuder, 1985).

Tegenwoordig worden retroreflecterende materialen gebruikt om de waarneembaarheid van markeringen bij verlichting door koplampen sterk te verbeteren. Retroreflectie betekent dat het licht vrijwel precies wordt teruggekaatst in de richting waar het vandaan komt. De markeringen worden duidelijk zichtbaar, vooral op grote afstand, omdat de verlichtingsbron (de koplamp) en de waarnemer dicht bij elkaar zijn. Een bezwaar van retroreflecterende materialen blijft dat een (mogelijk verblindende) intense lichtbron nodig is.

Met HID-lampen kan een mogelijke verbetering van de situatie worden gevonden. Gebruik kan worden gemaakt van een kenmerk van HID-lampen dat niet tot de oorspronkelijke doelstellingen van de ontwikkeling behoorde, maar een soort 'spin-off' is: het feit dat HID-lampen vrij veel ultra-violette (u.v.) straling uitzenden.

U.V.-straling is niet zichtbaar. Wanneer de straling echter een fluorescerend materiaal treft, wordt de straling zodanig omgevormd dat de golflengte van het 'terugkomende' licht langer is. Wanneer de golflengte binnen het 'zichtbare' gebied valt, kan de straling worden waargenomen.

##### *Zichtbaarheid met behulp van u.v.-straling in het verkeer*

In beginsel biedt u.v.-straling interessante mogelijkheden: de 'verlichting' is niet zichtbaar, maar de 'weerkaatsing' wel. Dit betekent dat boven de coupure cq. boven de horizon veel u.v.-straling kan worden uitgezonden zonder dat sprake is van verblinding. Dit reeds lang bekende beginsel is de grond geweest voor pogingen om u.v.-straling in het wegverkeer toe te passen met het oogmerk de waarneembaarheid (van bijvoorbeeld voetgangers) te verbeteren.

Omdat u.v.-straling alleen enig effect heeft wanneer de bestraalde voorwerpen fluoresceren, kan u.v. straling de 'gewone' verlichting nooit vervangen. Op zijn best kan u.v.-straling de waarneembaarheid ondersteunen. Gezien de slechte waarnemingstoestanden die bij nacht in het wegverkeer gebruikelijk zijn, is dit puur winst. Het betekent echter dat alle voorwerpen waarvan de waarneembaarheid verbeterd moet worden van een fluorescentie moeten worden voorzien. Een groot probleem is dat de voorwerpen overdag al aan het (aanzienlijke) u.v.-bestanddeel van het daglicht worden blootgesteld. Bij de huidige stand van de techniek zijn geen fluorescerende materialen bekend die onder een dergelijke langdurige bestralingen meer dan twee à drie jaren hun fluorescerende werking bewaren. De gangbare retroreflecterende materialen gaan zeker 10 à 15 jaar mee.

U.v.-straling is niet ongevaarlijk (zie het volgende hoofdstuk). In geval men een HID-lamp alleen als 'lichtbron' gebruikt, moet om veiligheidsredenen de u.v.-straling er uit worden gefilterd. Bij gebruik als u.v.-stralingsbron, moet de u.v.-straling uiteraard naar buiten kunnen treden. u.v.-straling wordt wat betreft de werking op het menselijk organisme (de fotobiologische werking) in drie gebieden ingedeeld, ieder met zijn eigen inwerking. Een overzicht is hieronder gegeven.

U.v.-gebied	Golflengtegebied	Fotobiologische werking
C	100 - 280 nm	sterk
B	280 - 315 nm	sterk
A	315 - 400 nm	zwak

Een kortdurende blootstelling aan u.v.-straling uit de gebieden B en C is acceptabel mits de dosis niet te hoog is. Voor een blootstelling die langer kan duren, zoals bij autoverlichting te verwachten is, kan alleen gebied A worden toegelaten. Dit houdt in dat het grootste en meest werkzame deel van de straling die uit de HID-lamp komt, moet worden weggefilterd. Het eindresultaat is weliswaar redelijk veilig (niet absoluut veilig), maar het effect in termen van mogelijke fluorescentie is vrij gering. Kortom, een HID-lamp met een 'veiligheidsfilter' is geen efficiënte u.v.-bron.

Geconcludeerd kan worden dat door het beschikbaar komen van HID-lampen er hernieuwde aandacht is voor de toepassing van u.v.-straling in het wegverkeer. Geconcludeerd wordt dat u.v.-straling als hulpmiddel om de waarneembaarheid te vergroten - zonder toename van de verblinding - zekere mogelijkheden lijkt te bieden. Omdat echter naast bestaande lampen een extra lamp nodig is, en naast bestaande retroreflecterende voorzieningen ook fluorescerende materialen nodig zijn, lijkt een praktische toepassing op korte termijn niet voor de hand te liggen.

## 5. Invloed u.v.-straling op de gezondheid

De technologie van HID-lampen die op een gasontlading in een damp onder zeer hoge druk berust, kunnen in principe onder bepaalde omstandigheden gevaar voor weggebruikers of garagepersoneel opleveren.

Twee aspecten kunnen worden onderscheiden. Ten eerste de hoge spanning die nodig is om de lamp te ontsteken; deze bedraagt 12.000 V. De gevaren lijken groter dan de ontstekingsspanning van een benzinemotor (spanning ca. 20.000 V) waar sprake is van piekspanningen. Door voldoende te isoleren lijkt dit aspect geen gevaar op te leveren.

Het tweede aspect betreft de aanzienlijke hoeveelheid u.v.-straling van een HID-lamp. Door de Gezondheidsraad (1986) is een advies uitgebracht over de consequenties voor de volksgezondheid van een ruime toepassing van toestellen en lichtbronnen die u.v.-straling uitzenden. Aan dit rapport is het volgende ontleend.

Blootstelling aan u.v.-straling wordt uitgedrukt in de bestralingssterkte ( $\text{W/m}^2$ ) en de bestralingsdosis ( $\text{J/m}^2$ ).

U.V.-straling veroorzaakt het rood worden van de huid en verhoogt het risico van ontstaan van huidkanker. Blootstelling van het oog aan u.v.-straling geeft bij overschrijding van een drempeldosis hoorn- en bindvliesontsteking; een relatie tussen u.v.-straling en het ontstaan van staar wordt vermoed.

Als grenswaarde voor de blootstelling over de periode van een dag wordt een huid/oog-effectieve bestralingsdosis van  $30 \text{ J/m}^2$  ( $1 \text{ W/m}^2$  per 30 sec) aanbevolen. Bij jarenlange blootstelling aan u.v.-straling (spectraal gebied 315-400 nm) moet met het oog op staar een richtwaarde van  $1 \text{ W/m}^2$  gehanteerd worden.

Verder wordt in het rapport van de Gezondheidsraad nog aangegeven dat bij normaal gebruik van gloeilampen en fluorescentiebuizen de uitgezonden u.v.-straling geen aanleiding geeft tot waarneembare biologische effecten. Bij gasontladingslampen daarentegen zijn acute effecten niet uitgesloten als de buitenste omhulling beschadigd is.

In de IRPA-richtlijnen (International Radiation Protection Association, Duchêne e.a. 1991) wordt ten aanzien van de maximale dagelijkse u.v.-blootstelling ook de limiet van  $1 \text{ W/m}^2$  gedurende maximaal 30 sec. genoemd. Dit betreft waarden voor de onbeschermden ogen en huid.

In Regulation No XX (1992) betreffende HID-lampen is een hoofdstuk over de u.v.-emissie opgenomen. In eerste instantie wordt aangegeven dat de componenten die verantwoordelijk zijn voor de reductie van u.v.-straling, onlosmakelijk van de gehele lamp moeten zijn. Verder mag de straling in het golflengtegebied van 200-400 nm de waarde van  $0,15 \text{ W/m}^2$  niet overschrijden (gemeten op een horizontale afstand van 25 cm voor de lens). Gelet op genoemde criteria lijkt deze waarde acceptabel.

Gesteld kan worden dat onder normale omstandigheden het grootste deel van de u.v.-straling (volgens normen) in de lens van de koplamp wordt geabsorbeerd. Bij breuk van de lens kan de straling echter naar buiten treden en mogelijk letsel veroorzaken. Het mogelijke gevaar lijkt gering, want wanneer het glas breekt, zal meestal de lamp ook kapot gaan.

## 6. Discussie

Het gebruik van HID-lampen voor het *hoofdlicht* (groot licht) wordt niet als problematisch beschouwd. Ze kunnen immers beduidend meer licht produceren dan de gewone duplo- en halogeenlampen, zodat bij afwezigheid van tegenliggers de weg en omgeving helder verlicht kunnen worden. Meer kritisch is het gebruik van het *dimlicht* in het wegverkeer. Met het dimlicht moet namelijk een compromis worden bereikt tussen enerzijds het zo goed mogelijk verlichten en anderzijds het voorkomen van verblinden. Aan beide aspecten zal in deze discussie aandacht worden besteed. Signalisatie (in dit geval het markeren van het voertuig door middel van verlichting), lijkt bij toepassing van HID-dimlicht niet problematisch zolang geen sprake is van verblinding.

De lichtsterkte van dimlicht moet aan verlichtingseisen voldoen (ECE Reg. 20). Bestudering van de literatuur leert dat er tussen de diverse instituten die zich met de lichtsterkteverdeling van de dimbundel bezighouden niet veel overeenstemming is. Sivak e.a. (1992) concluderen dat voor de vaststelling van lichtsterktewaarden harde criteria ontbreken vanwege verstoringen betreffende de verstrooiing van het licht (door vervuiling en veroudering), vanwege reflectie via wegdek en door onduidelijkheid aangaande de relatie tussen illuminatie en verblinding. Hieraan kan de afstelling van de koplampen aan worden toegevoegd die verandert met de belading. Verder is gebleken dat verkregen resultaten in het laboratorium afweken van die van metingen op de weg.

Een onderzoek van het IZF-TNO toonde aan dat 20% van de nieuwe koplampen niet aan de normen voldeed. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat koplampen alleen bij de type-goedkeuring aan de standaard normen voor de verlichtingssterkte moeten voldoen. Hierna wordt bij nacontroles een tolerantie van tot ca.30% gehanteerd. Dit is wel een erg ruime tolerantie.

We zullen de voor HID-lampen voorgestelde lichtsterkten links en recht van het centrale H-V-punt eens nader bekijken (Regulation No XX, Draft, 1992). De huidige ECE-normen dienen als referentie. Tevens worden recente IZF-waarden aangehaald omdat deze in een Amerikaanse studie (Sivak e.a. 1992) het beste in overeenstemming bleken te zijn met (Amerikaanse) functionele vereisten (Padmos & Alferdinck, 1988; Alferdinck & Padmos, 1990).

De lichtsterkte aan de linkerzijde van het centrale H-V-punt (zowel boven als onder de coupure) is verantwoordelijk voor verblinding van tegenliggers aan de linkerzijde. *Boven* de coupure betreft dit de lichtsterkte op ooghoogte van de tegenligger (het B50L-punt). Bij de introductie van de halogeenlamp is de lichtsterkte op dit punt reeds min of meer geruisloos verhoogd met 33%. In het concept-Regulation No XX blijft dit niveau gehandhaafd (312 cd bij 13,2 V). Volgens het IZF-TNO is een maximum waarde van 500 cd voor dit punt nog acceptabel. Men baseert zich enerzijds op Amerikaanse en Japanse cijfers; anderzijds wordt aangegeven dat de huidige lichtsterkten al beduidend boven de ECE-normen uitkomen (Alferdinck & Padmos, 1990).

Bij verblinding door een tegenligger is de 'eigen' lichtsterkte van belang

voor de zichtbaarheid van objecten. Uit proefnemingen is gebleken dat de verblindingshinder bij twee voertuigen met gelijke lichtsterkte niet leidt tot minder zichtbaarheid. Lichtsterkteverschillen echter wel: bestuurders van voertuigen met koplampen met minder lichtsterkte zijn in het nadeel ten opzichte van hun tegenliggers met koplampen met meer lichtsterkte. Om te grote verschillen in de toekomst te voorkomen (auto's met en zonder HID-lampen) verdient het de voorkeur een lichtsterkte te kiezen die in ieder geval niet hoger is dan de 312 cd volgens concept Regulation No XX.

Het licht aan de linkerkant *onder* de coupure kan in bijzonder omstandigheden tevens in belangrijke mate bijdragen aan de verblinding. Denk hierbij aan: onjuiste afstelling, verstrooiing van het licht door vervuiling en beschadiging van de lens, door reflectie via het natte wegdek en door verticale voertuigbewegingen ten gevolge van oneffenheden en hellingen. De punten die in dit gebied liggen zijn 50L en 75L. In de praktijk blijkt het 75L-punt, dat wat hoger ligt dan 50L, geen kritieke waarden op te leveren; dit komt omdat dit punt in het licht/donker-gebied ligt. Mogelijk is dit de reden dat in concept Regulation No XX voor dit punt geen norm is gesteld.

Voor de verblinding van tegenliggers is dus vooral het 50L-punt van belang. Het IZF-TNO stelt voor de waarde voor de lichtsterkte nog iets lager te kiezen dan de huidige ECE-normen (max. 9375 cd). Bij een spanning van 13,2 V bedraagt deze lichtsterkte ca. 12.500 cd. De in concept Regulation No XX gegeven waarde van maximaal 15.625 cd zit daar beduidend boven. Om de mate van verblinding in geschetste omstandigheden zoveel mogelijk te reduceren, wordt voorgesteld om in elk geval de huidige ECE-normen niet te overschrijden.

Bij de lichtsterkte aan de rechterzijde van het centrale H-V-punt is eveneens sprake van het zoeken naar een compromis tussen voorkomen van verblinding en voldoende zichtbaarheid. Verblinding voor tegenliggers kan optreden in rechter bochten (auto met HID-lampen maakt in dit geval een rechter bocht). Ook kan hinder worden veroorzaakt bij voorliggers via de achteruitkijkspiegel. Om verblinding te voorkomen is door Rumar (1992) vastgesteld dat de lichtsterkte op 1° boven de horizon niet boven de 3750 cd mag uitkomen.

Indien het gaat over relevante zichtbaarheidsafstanden aan de rechter kant gaat het om punten die onder de horizon liggen. Deze punten zijn van belang om bijvoorbeeld het wegverloop over een grote afstand te kunnen volgen en (onverlichte) objecten zoals voetgangers en markeringen te kunnen zien. De twee relevante punten op de dimlichtbundelverdeling zijn de 50R- en 75R-punten. De huidige ECE-normen schrijven minimum waarden van 7500 cd voor. IZF-TNO komt op waarden die aanzienlijk hoger liggen: minimaal 20.000 cd voor 50R en minimaal 50.000 cd voor 75R. Deze waarden zijn mede gebaseerd op de zichtbaarheid van objecten op 110 m afstand bij een rijnsnelheid van 80 km/uur. Het concept Regulation No XX geeft een waarde van 12.500 cd voor elk van beide punten. Voor hogere waarden dan opgenomen in de huidige ECE-reglementen is zonder meer veel te zeggen. Vooral ingeval sprake is van (een zekere mate van) verblinding door tegenliggers is het van belang aan de rechter zijde voldoende lichtsterkte te hebben om bijvoorbeeld voetgangers en fietsers aan de rechter zijde van de rijbaan te kunnen waarnemen. Aan de andere kant schuilen ook gevaren. In de eerste plaats kan meer lichtopbrengst leiden tot hogere rijnsnelheden die met name op enkelbaans wegen

met gemengd verkeer niet gewenst zijn. Verder kan bij beduidend hogere lichtsterkten verblinding optreden als er sprake is van vuil op de lens, verkeerde afstelling, reflectie via het wegdek e.d. Bedacht dient te worden dat zwakkere verkeersdeelnemers (fietsers en voetgangers als tegemoet komend verkeer en als dwarsverkeer) niet zijn gebaat bij meer lichtsterkte van automobilisten; hun mogelijkheid tot het kunnen van waarnemen loopt drastisch terug als sprake is van verblinding.

De huidige ECE-normen schrijven voor het rechter punt op 75 m voor de auto *minimum* waarden voor (7500 cd). Praktijkmetingen van het IZF-TNO hebben aangetoond dat slechts 15% van de auto's aan deze ECE-eis voldoet (Alferdinck e.a., 1986). Ten aanzien van de lichtsterkte aan de rechterzijde van het H-V-punt kan worden vastgesteld dat een hogere waarde op bijvoorbeeld het 75R-punt daarom is aan te bevelen. Gelet op de genoemde bezwaren voor derden is het de vraag of de minimum waarde van 50.000 cd wel zo hoog moet zijn als het IZF-TNO voorstelt.

Op grond van het bovenstaande kan worden geconcludeerd dat een ondubbelzinnige keuze voor de lichtsterkten van de diverse punten van de dimlichtbundelverdeling niet eenvoudig te maken is. De indruk verkregen uit de literatuur is dat het accent ligt op het bereiken van hogere lichtsterkten om beter op grotere afstanden te kunnen waarnemen. Zolang lichtbundels niet correct zijn afgesteld en een overmatige hoeveelheid strooilicht aanwezig is, is dit een bezwaar.

Voorgesteld wordt ten aanzien van de lichtsterkte-eisen voor HID-lampen in eerste instantie een conservatieve opstelling te kiezen. Nadat meer inzicht is verkregen in de omvang van geschetste negatieve aspecten, kunnen de eisen worden herzien. De (niet eenvoudige) realisatie van technische oplossingen zoals een automatische uitrichtmechanisme van de dimlichtbundel en een adequaat systeem voor de reiniging van de koplampglazen, zijn eveneens van invloed op deze herziening. Resultaten van het Amerikaans onderzoek in CIE-verband naar HID-lampen kunnen bovendien een nieuw licht op de problematiek werpen en moeten worden afgewacht.

Waarschijnlijk zijn HID-lampen in het voordeel ten opzichte van de conventionele verlichting voor zover het gaat om veroudering van de lamp. Met proefnemingen is namelijk vastgesteld dat veroudering van de gloeilamp bijdraagt aan een hogere mate van verblinding. Aangenomen mag worden dat bij HID-lampen hier minder sprake van is zodat de lichtsterkte in de tijd gezien constanter is.

Een ander voordeel van HID-lampen is dat meer lichtsterkte in de breedte mogelijk is. Dit is gunstig voor de detectie van bijvoorbeeld fietsers in zijstraten.

In laboratoria is vastgesteld dat het kleine oppervlak van HID-lampen iets meer verblinding geeft dan conventionele gloeilampen. Amerikaanse praktijkproeven hebben echter aangetoond dat de hinder beduidend groter is. Hierbij dient nog in beschouwing genomen te worden dat de vergelijking is gebaseerd op de Amerikaanse 'sealed beam'-lampen die al een hogere mate van verblinding geven dan de Europese koplampverlichting.

Bij gasontladinglampen is de kleur rood ondervertegenwoordigd, hetgeen problemen kan geven bij het waarnemen van rode reflectoren. Resultaten van onderzoek dat hieromtrent in Amerika wordt uitgevoerd, moeten nog worden afgewacht.

Vanwege de hoge lichtsterkte van HID-lampen zijn de toepassingsmogelijkheden van gepolariseerd licht voor autoverlichting vergroot. Vanwege de nodige praktische bezwaren (gebruik van onder meer polarisatiefilters) ligt een algemene toepassing vooralsnog niet voor de hand.

Dit geldt ook voor de toepassing van u.v.-stralen in het wegverkeer. Hiermee kan weliswaar extra waarneembaarheid worden gerealiseerd, maar er zijn diverse voorzieningen noodzakelijk: een extra u.v.-lamp naast bestaande lampen en fluorescerende materialen naast bestaande retroreflecterende materialen.



## 7. Conclusies

De voorgestelde lichtverdeling van de dimlichtbundel van de HID-lampen is op nagenoeg alle meetpunten hoger dan de huidige ECE-normen. Voor de verkeersveiligheid heeft dit twee negatieve aspecten: ten eerste worden de waarnemingsmogelijkheden bij de andere partij (tegenliggers en dwarsverkeer) verminderd en ten tweede kan de automobilist over een grotere lengte de weg overzien wat gepaard kan gaan met hogere rijsnelheden. Door onjuiste afstelling en vervuiling geven de huidige koplampen verstrooiing van de bundel. Verwacht wordt dat dit probleem door HID-lampen worden versterkt.

Voor de verkeersveiligheid heeft de toepassing van HID-lampen één voordeel: in de breedte gezien is een betere lichtverdeling mogelijk. De overige voordelen liggen vooralsnog op het voertuigtechnisch vlak: minder oppervlak, effectievere lichtopbrengst waardoor met minder vermogen volstaan kan worden (minder energieverbruik).

Als conclusie kan worden getrokken dat de toepassing van HID-lampen moet worden ontraden zolang het lichtniveau niet wordt gereduceerd en de problemen ten aanzien van het strooilicht niet zijn opgelost.

In zijn algemeenheid is een herbeoordeling van de functie van autoverlichting gewenst vanwege de weg- en verkeerssituatie die de laatste jaren aanzienlijk zijn gewijzigd. Denk hierbij aan woonerven (de auto als gelijkwaardige partner) en tendenzen om de snelheid van het gemotoriseerde verkeer te verlagen. Het ontwerp en het gebruik van autoverlichting is hierbij achtergebleven.

## Literatuur

Alferdinck, J.W.A.M. (1987). Oorzaken van hoge verblindingssterkten en lage bermlichtsterkten van autokoplampen. IZF 1987 C-19. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.

Alferdinck, J.W.A.M.; Padmos, P. & Burrij, S. (1986). Verblinding door autokoplampen; een praktijkmeting. IZF 1986 C-15. Instituut voor Zintuig-fysiologie TNO, Soesterberg.

Alferdinck, J.W.A.M. & Padmos, P. (1990). Optimal light distribution of low beam car headlamps; a survey of recent literature. IZF 1990 C-31. TNO Institute for Perception, Soesterberg.

Alferdinck, J.W.A.M. & Varkevisser, J. (1991a). Conspicuity of the front direction indicator in combination with the D1 headlamp. IZF 1991 C-20. TNO Institute for Perception, Soesterberg.

Alferdinck, J.W.A.M. & Varkevisser, J. (1991b). Discomfort glare from D1 headlamps of different size. IZF 1991 C-21. TNO Institute for Perception, Soesterberg.

Chubb, L.W. (1937). Polarized light for motor vehicle lighting. Citaat in OECD (1976).

Duchêne A.S.; Lakey, J.R.A. & Repacholi, M.H. (editors) (1991). IRPA-guidelines on protection against non-ionizing radiation. Pergamon Press, New York.

Flannagan, M.; Sivak, M.; Gellaty, A. W. & Luoma (1992). A field study of discomfort glare from high-intensity discharge headlamps. Report UMTRI-92-16. Transportation Research Institute, University of Michigan.

Gezondheidsraad (1986). U.V.-straling; Blootstelling van de mens aan ultraviolette straling. 's Gravenhage.

Lindae, G. (1985). Improvements of low-beam pattern by use of Poly-ellipsoid Headlamps (PES). SAE Technical Paper Series 850228.

OECD (1976). Polarized light for vehicle headlamps. OECD, 1976.

Olson, P.L. & Sivak, M. (1983). Improved low beam photometrics. Final Report. Report UMTRI-83-9. Transportation Research Institute, University of Michigan.

Padmos, P. & Alferdinck, J.W.A.M. (1988). Optimale lichtsterkteverdeling van de gedimde autokoplamp. IZF 1988 C-9. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.

Regulation No XX, Draft (1992). Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles headlamps equipped with gas discharge light sources. Version J, September 2nd, 1992.

Rendu, R. (1992). Influence of the 'sharpness' of the cut-off of a headlamp equipped with a gas-discharge light source (GDLS) on drivers. VEDILIS Final Report. Eureka Project 273.

Rumar, K. & Helmers, G. (1992). Forward intensities with respect to rear-view mirror glare. VEDILIS Final Report. Eureka Project 273.

Rys, M.; Russell, E.; Harwood, D. & Rys, A. (1992a). Field studies with a Headlight Measurement System. Paper prepared for the Transportation Research Board, 12-16 January 1992.

Rys, M.; Russell, E., Harwood, D. & Rys, A. (1992b). Development of a Headlight Measurement System. Paper prepared for the Transportation Research Board, 12-16 January 1992.

Schmidt-Clausen, H.J.; Damasky, J. & Wambsganss (1992). Foreground illumination, Comfort aspects and reflected glare on wet roads. VEDILIS Final Report. Eureka Project 273.

Schreuder, D.A. (1985). Toepassing en gebruiksmogelijkheden van retro-reflecterende materialen in het wegverkeer; Een overzicht van de stand van zaken. R-85-62. SWOV, Leidschendam.

Schreuder, D.A. & Lindeijer, J.E. (1987). Verlichting en markering van motorvoertuig; Een state-of-the-art rapport. R-87-7. SWOV, Leidschendam.

Sivak, M.; Simmons C.J. & Flannagan, M. (1990). Effect of headlamp area on discomfort glare. *Lighting Research and Technology* 22 (1990) 1.

Sivak, M.; Helmers, G.; Owens, D.A. & Flannagan, M. (1992). Evaluation of proposed low-beam headlighting patterns. Transportation Research Institute, University of Michigan.

VEDILIS (1990). Eureka Project 273. (Brochure, uitgave onbekend, jaartal geschat).

VEDILIS (1992). VEDILIS Final Report. Eureka Project 273 VEDILIS Directorate, Secr. Philips International B.V.

