

- koplampgegevens
- herkenningsafstanden van verkeersborden
- effecten van mist, bordverlichting en -reflectie

Het zien van verkeersborden bij nacht

Ir. J. Godthelp
Instituut voor Zintuigfysiologie TNO
Soesterberg

Inleiding

Verkeersborden spelen een belangrijke rol in het hedendaagse verkeer. Zowel de verkeersveiligheid als de verkeersafwikkeling kan in sterke mate samenhangen met het functioneren van de verkeerstekens. De zichtbaarheid van deze tekens dient daarom steeds aan bepaalde voorwaarden te voldoen. In de 'European rules concerning road traffic signs and signals' (ECE, 1968) staat vermeld dat 'verkeerstekens zodanig geplaatst moeten worden dat ze door de verkeersdeelnemers gemakkelijk en tijdig kunnen worden herkend'. Om een zinvolle interpretatie aan deze regel te kunnen geven is het nodig om:

- de uitspraak 'gemakkelijk en tijdig' om te zetten in een kwantitatieve eis in termen van afstand;
- inzicht te hebben in de afstanden waarop bepaalde verkeersborden kunnen worden herkend.

In het verleden is vrij veel onderzoek verricht met als doel een beschrijving van de variabelen, die de herkenning van verkeersborden bij nacht beïnvloeden. Dit zowel voor richtingsaanduidingsborden (Forbes, 1969; Allen et al., 1976; Olson en Bernstein, 1977; Van Norren, 1978) als voor verkeersborden (Rumar en Ost, 1975; Jainski, 1977). Gezamenlijk geven deze studies aan dat de volgende factoren bepalend zijn voor de herkenningsafstand:

- luminantie van het bord;
- afmeting en vorm van de letters en/of het symbool;
- visuele eigenschappen van de waarnemer.

De waargenomen luminantie van het bord hangt af van verschillende factoren. De belangrijkste hiervan zijn: de bordverlichting en -reflectie, de lichtsterkte van de koplampen, atmosferische omstandigheden en vervuiling. De afmeting en vorm van letters en symbolen zijn nationaal en/of internationaal vast-

gelegd, waarbij veelal verband bestaat met het verwachte snelheidsgedrag. Wat betreft de visuele eigenschappen van de waarnemer geldt dat de gezichtsscherpte in dit verband een belangrijke rol speelt. De gezichtsscherpte zal worden beïnvloed door factoren zoals de luminantie van het bord, achtergrondverlichting enz.

Op basis van deze lange lijst met invloedsfactoren kan geconcludeerd worden dat het niet erg zinvol is om te spreken over 'de' herkenningsafstand van een verkeersbord. Daarentegen kan de eerder bedoelde vergelijking tussen vereiste en feitelijke herkenningsafstanden alleen gemaakt worden met behulp van min of meer absolute gegevens. Het is daarom toch nuttig om van bepaalde verkeersborden de herkenningsafstand te meten. Het is echter van groot belang de meetcondities exact te omschrijven zodat later correctie naar bijvoorbeeld een kritische conditie mogelijk is. Voor de richtingaanduidingsborden hebben dit soort gegevens geleid tot de huidige voorschriften ten aanzien van benodigde verlichting, lettergrootte en dergelijke. Gegevens over de herkenningsafstand van RVV-borden zijn echter schaars. Zowel Rumar en Ost (1975) als Jainski (1977) gebruiken Landolt-C tekens om de invloed van de reflectie en/of verlichting van het bord

te illustreren. Dewar (1974) geeft wel herkenningsafstanden voor een aantal verkeersborden, maar alleen voor de dagsituatie. Studies uit de Verenigde Staten gaan veelal niet op dit onderwerp in omdat in dit land vrijwel geen verkeerstekens met symbolen worden toegepast.

Dit verslag beschrijft een aantal veldonderzoeken waarin de herkenningsafstand van een groot aantal verkeersborden gedurende de nachtsituatie werd bepaald. In het onderzoek werd de invloed van de reflectie-eigenschappen en verlichting van het bord mede betrokken. Bovendien werd een aantal metingen uitgevoerd bij mist. Parallel aan het onderzoek naar de herkenningsafstanden werden metingen gedaan aangaande:

- de koplampintensiteit van een groot aantal auto's;
- de luminantie van verkeersborden;
- de strooilightluminantie tijdens mist.

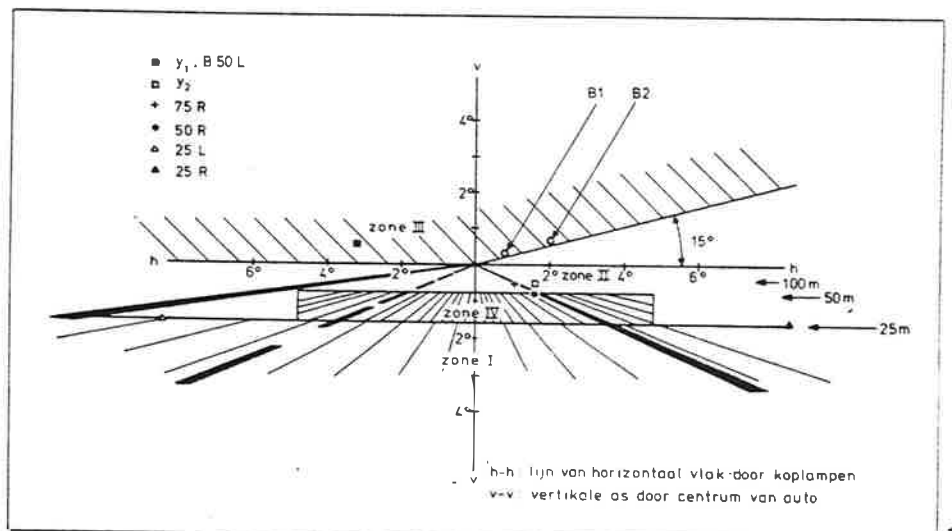
Over een aantal deelonderzoeken werd reeds eerder gerapporteerd (Godthelp et al., 1977, 1978, 1979).

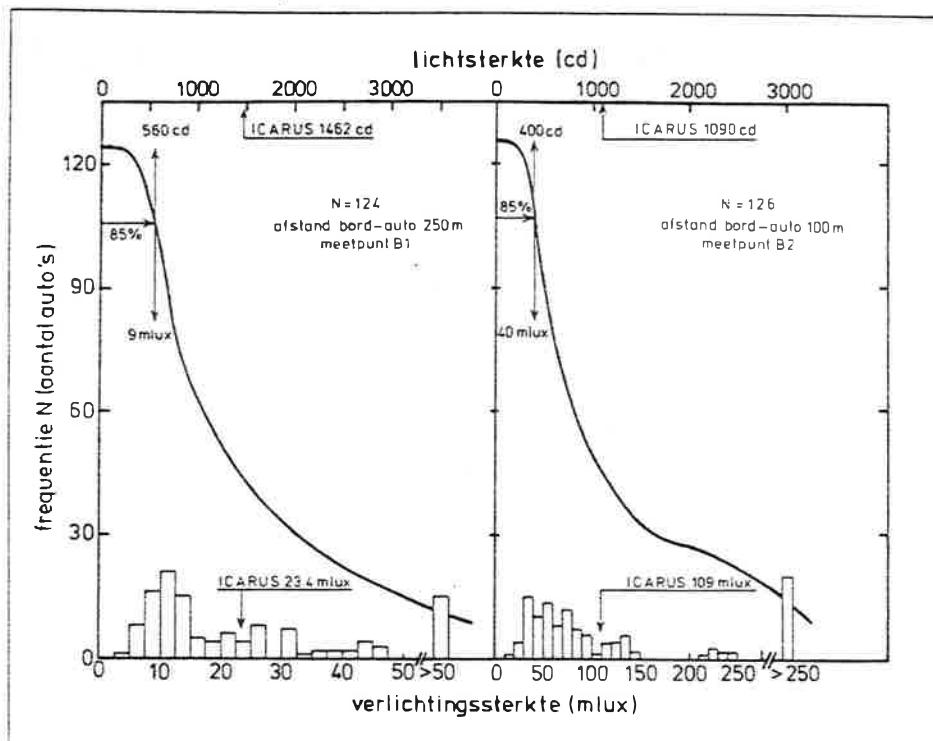
De onderzoekssituatie was steeds overeenkomstig de situatie op enkelbaans autowegen. De resultaten van het onderzoek zijn met name bedoeld als hulpmiddel bij het evalueren van regels voor de plaatsing van borden en het gebruik van retroreflecterende materialen en bordverlichting. Het onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van de Dienst Verkeerskunde van de Rijkswaterstaat.

Tabel 1. Keuringseisen voor een paar gedimde koplampen (ECE, 1958). De posities in het beschenen veld zijn eveneens terug te vinden in figuur 1.

Zone of positie in het beschenen veld	Vereiste lichtsterkte (cd)
Punt B50L	< 375
75R	> 7500
50R	> 7500
25L	> 1875
25R	> 1875
Zone III	< 875
IV	< 2500
I	< 25000

1. Het door de koplampen beschenen veld. In de figuur zijn de markante punten en zones aangegeven welke behoren bij de aan koplampen gestelde keuringseisen, volgens tabel 1.





2. Frequentieverdelingen van de lichtsterkte van autokoplampen gemeten vanaf de plaats van een RVV-bermbord op resp. 250 en 100 m.

3. De verkeersbordluminantie als functie van de afstand tussen bord en auto. De luminanties zijn omgezet naar een representatieve 85% koplamplichtsterkte.

4. Strooilichtluminantie als functie van het meteorologisch zicht gemeten in de richting van het verkeersbord. De luminanties zijn omgezet naar een representatieve 85% koplamplichtsterkte.

2. Lichtsterkte koplampen

De in hoofdstuk 3 en 4 te bespreken metingen van luminanties en herkenningsafstanden werden uitgevoerd met behulp van de geïnstrumenteerde auto ICARUS. Om de resultaten van deze metingen te kunnen vertalen naar een representatieve conditie werd de koplamplichtsterkte van een groot aantal willekeurige auto's bepaald. De hieruit resulterende koplampgegevens bieden een totaalbeeld van de voorkomende lichtsterkteniveaus, met daarin opgenomen de effecten van vervuiling, veroudering, verkeerde afstelling enz. De resultaten kunnen ook worden vergeleken met de keuringseisen welke zijn opgesteld door de ECE (1958). Tabel 1 geeft de eisen waaraan door een paar gedimde koplampen moet worden voldaan. Figuur 1 geeft het bijbehorende diagram.

2.1 Methode

De metingen werden uitgevoerd op een vlakke, onverlichte enkelbaansweg in de Zuidelijke Flevopolder. Twee opnemers werden geplaatst op een hoogte van 1,75 m boven het wegdek en op een laterale afstand vanaf de rand van de rijstrook van 2,20 m, de voor een RVV-bermbord voorgeschreven positie. De ene opnemer – een Pritchard fotometer – werd zodanig ingesteld dat hiermee de verlichtingssterkte op de plaats van het 'verkeersbord' kon worden gemeten indien een naderende auto zich op 250 m afstand van de opnemer bevond. De tweede opnemer – een

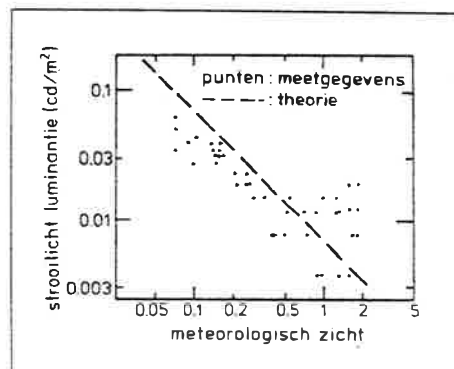
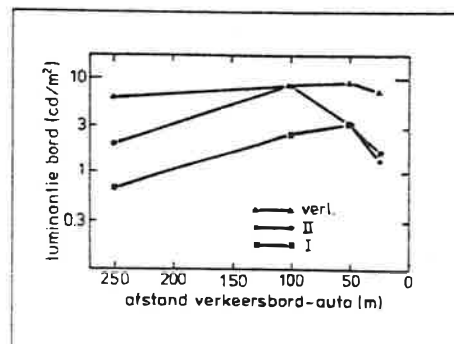
in eigen beheer ontwikkelde milliluxmeter – voerde eenzelfde meting uit indien de afstand 100 m was. De punten B1 en B2 in figuur 1 geven deze posities. De naderende auto's werden op de van belang zijnde afstanden gedetecteerd door telkabels (pneumatisch). De detectie van een auto leverde steeds een puls, die de momentane waarde van de verlichtingssterkte E (lux) gedurende ongeveer 1 seconde op een digitale display zichtbaar maakte. Dit maakte het uitlezen en noteren van deze waarde mogelijk. De lichtsterkte I (cd) werd achteraf voor de beide afstanden berekend met de formule $I = Er^2$ waarin r (m) de afstand tussen auto en opnemer vormt.

2.2 Resultaten

Voor de posities B1 en B2 werden respectievelijk 124 en 126 auto's bemeaten. Figuur 2 geeft de frequentieverdelingen van het aantal auto's in een bepaald verlichtingssterkte en lichtsterkte interval. Vanuit de cumulatieve frequentieverdelingen zijn 85%-waarden voor de lichtsterkteniveaus herleid. Een dergelijke waarde geeft het niveau waaraan door 85% van de auto's wordt voldaan. Voor de posities B1 en B2 bedragen de 85%-waarden respectievelijk 560 cd en 400 cd. In figuur 2 is eveneens de koplamplichtsterkte van de geïnstrumenteerde auto ICARUS gegeven.

3. Verkeersbord- en strooilichtluminantie

Tijdens het experiment over herkenningsafstanden (hoofdstuk 4) werd een serie luminantiemetingen uitgevoerd. Ten behoeve van dit experiment werd een groot aantal verkeersborden langs een 11 km lang testparcours geplaatst. Voor de onverlichte verkeersborden werden twee retrorreflecterende materialen gebruikt, te weten engineer grade (type I) en high intensity grade (type II). De verlichte borden waren uitgevoerd met type I. De voor de verlichting gebruikte armaturen waren van het merk Nissen type 900-8. De luminantiemetingen werden gedaan vanuit de geïnstrumenteerde auto met de Pritchard fotometer, die hiertoe op ooghoog-



te voor de stoel van de 'bijrijder' was geplaatst. De luminantie van de verkeersborden werd gemeten op een wit deel van het bord. Metingen op 100 m vanaf het verkeersbord werden voor ieder bord uitgevoerd, hetgeen resulteerde in 60, 28 en 45 metingen voor resp. type I, type II en verlichte borden. Vanaf 250 m, 50 m en 25 m werden 8 metingen per type bord uitgevoerd. Het grote aantal metingen vanaf 100 m werd gedaan om te kunnen dienen als hulpmiddel bij het interpreteren van de resultaten van het experiment over herkenningsafstanden.

De strooilichtluminantie werd gemeten in de richting van het verkeersbord op een afstand van 100 m vanaf het verkeersbord. Deze metingen werden uitgevoerd op een avond met mist. De mist wordt beschreven in termen van het meteorologisch zicht Z (km), waarin Z de afstand is waarover de contrasttransmissie door de atmosfeer 5% bedraagt. Alle gemeten luminanties werden omgezet naar de 85%-waarde van de koplamplichtsterkte welke in hoofdstuk 2 werden bepaald.

3.1. Resultaten

De resultaten van de luminantiemeting van de verkeersborden is gegeven in figuur 3. Op een afstand van 100 m vanaf het verkeersbord heeft materiaal type II een luminantieniveau vergelijkbaar met dat van de verlichte borden. In alle andere gevallen is steeds de luminantie van de verlichte borden groter dan die van de onverlichte borden. Voor afstanden boven de 100 m bedraagt het verschil tussen materiaal type I en type II ongeveer een factor 3. Voor afstanden beneden de 100 m is deze factor kleiner, zelfs zoveel dat op afstanden kleiner dan 50 m type I een iets hogere luminantie heeft dan type II. Dit laatste verschijnsel wordt veroorzaakt door het feit dat de reflectiecoëfficiënt sterk afhangt van de observatiehoek (de hoek omspannen door de lijnen van verkeersbord naar oog en van verkeersbord naar koplamp). De afname van de reflectiecoëfficiënt is voor type II sterker dan voor type I. Voor de metingen vanaf 100 m bedragen de standaard deviaties 1,8 cd/m², 4,1 cd/m² en 1,7 cd/m² voor respectie-

veeljk type I, type II en de verlichte borden.

De strooielichtluminantie als functie van het meteorologisch zicht Z is gegeven in figuur 4. De punten representeren de veldmetingen. In eerder onderzoek werd gebruik gemaakt van een formule (Vos, 1957) welke voorspellingen doet over het niveau van de strooielichtluminantie:

$$L_{BS} = \frac{0,015 \cdot I}{Z}$$

waarin L_{BS} = strooielichtluminantie (cd/m²)
 I = koplamplichtsterkte in de richting van het verkeersbord (100 m) (cd)
 Z = meteorologisch zicht (m)

De onderbroken lijn in figuur 4 geeft de relatie zoals voorspeld door de formule. Het blijkt dat de formule in het meest interessante gebied, bij een zicht van minder dan 1000 m, een redelijke bovengrens geeft voor de te verwachten strooielichtluminantie.

4. Herkenningsafstanden

De metingen werden uitgevoerd gedurende de nacht op een vlakke, onverlichte enkelbaansweg in de Zuidelijke Flevopolder. Met medewerking van de Dienst Zuiderzeewerken van de Rijkswaterstaat was het testtraject voor overig verkeer afgesloten. De verkeersborden werden langs het 11 km lange traject geplaatst, waarbij de onderlinge afstand tussen de borden 1 km bedroeg. Door het traject in beide richtingen te gebruiken, werd een aantal van 22 bordposities verkregen.

Het experiment was gescheiden in vier delen: A, B, C en D. De experimenten A, B en C werden uitgevoerd bij helder weer, terwijl experiment D gedaan werd bij mist. Experiment A was het hoofdexperiment, waarbij het volledige testtraject was voorzien van verkeersborden. Experiment B kan worden beschouwd als een aanvulling op A, waarin de oorspronkelijke set verkeersborden werd uitgebreid met het achthoekige STOPbord. In experiment C werd voor twee verkeersborden de herkenningsafstand bepaald in een situatie waarbij de achtergrond van het bord werd gevormd door een gebied met openbare verlichting. Tenslotte werd een serie metingen verricht gedurende een nacht met mist (experiment D).

4.1. De verkeersborden

Tabel 2 geeft de verkeersborden en typen reflecterend materiaal/verlichting welke in de verschillende delen van het experiment werden gebruikt. Twee typen retroreflecterend materiaal werden gebruikt voor de onverlichte borden, namelijk type engineer grade (type I) en type high intensity grade (type II) waarvan de laatste een relatief hoog reflecterend vermogen heeft.

De verlichte borden waren uitgevoerd met materiaal type I en voorzien van een armatuur, merk Nissen, type 900-8. De afmetingen van de borden waren als volgt: 90 x 90 x 90 cm voor de driehoekige borden, diameter 80 cm voor de ronde borden, 100 x 100 cm voor het bochtschild en breedte 90 cm voor het achthoekige STOPbord. De zijdelingse afstand van de borden tot de rand van de rijstrook bedroeg 2,20 m (rijstrookbreedte 3,30 m). De onderrand van het bord bevond zich steeds op 1,50 m boven het wegdek.

4.2 Procedure

Experiment A werd uitgevoerd op twee avonden. Op beide avonden werd het testtraject door zes proefpersonen (ppn) ieder éénmaal gereden (totaal 12 ppn). De plaatsing van de verkeersborden langs het traject was random (willekeurig). Er waren vier verschillende startposities. De ppn begonnen hun rit op één van deze posities, zodanig dat elk van deze posities voor drie ppn als startpunt fungeerde. De plaats van de borden was op beide avonden dezelfde. Wel werden de type I borden verwisseld met de type II borden, hetgeen eveneens gebeurde met de verlichte en de onverlichte borden.

Voor het begin van het experiment kregen de ppn een schriftelijke instructie. Iedere pp kreeg de beschikking over 21 kaartjes (9 x 13 cm) met daarop een verkeersbord met bijbehorende tekst. De kaartjes stelden de ppn in staat hun kennis over de betekenis en naam van de verkeersborden op te frissen. De set te leren borden was aanzienlijk groter dan het aantal in het experiment te benoemen borden. Bij het begin van de rit werd iedere pp overhoord. De ppn werd opgedragen om tijdens hun rit ongeveer 60 km/h te rijden. Tijdens de rit dienden de ppn, zodra een verkeersbord herkend werd, de claxon in te drukken en het goede antwoord te geven. De claxon startte een afstandteller. In principe moesten de ppn voor ieder bord twee antwoorden geven: bij het eerste antwoord – op het moment waarop de vorm van het bord werd herkend – begon de afstandteller te lopen; bij het tweede antwoord – op het moment van symboolherkenning – werd de display van de teller 1,5 seconde in de 'hold' gezet zodat de afgelegde weg kon worden uitgelezen. Tenslotte werd bij het passeren van het verkeersbord door de proefleider met een andere knop de display van de teller opnieuw gestopt, waarna eveneens de afgelegde afstand werd uitgelezen.

Daarna werd de teller gereset en begon de nadering van het volgende bord. Voor een aantal verkeersborden hoefde maar één antwoord te worden gegeven omdat daarbij de vorm- en symboolherkenning samenvallen. De afstandmeting had een nauwkeurigheid van 1 m. De gebruikte auto was een Volvo 145E met code-naam ICARUS. Alle ritten werden gemaakt met gedimd groot licht. De duur van een rit bedroeg 45 min.

Aan het begin en eind van iedere avond werd van ieder bord de luminantie gemeten op een afstand van 100 m vanaf het bord. Metingen vanaf 250 m, 50 m en 25 m werden voor iedere materiaal/verlichting conditie slechts voor één bord uitgevoerd (zie hoofdstuk 3).

Tijdens experiment B werd slechts 3 km van het traject gebruikt. Dit experiment werd op één avond uitgevoerd. Vier ppn namen deel aan dit experiment. De procedure was dezelfde als in experiment A.

Experiment C werd tegelijkertijd uitgevoerd met een proef (die thans niet besproken wordt) over de zichtbaarheid van bebakings- en markeringsmiddelen van werken in uitvoering. Het testtraject was vrijwel hetzelfde als in experiment A. Twee bordposities waren echter nu zo gekozen, dat deze borden werden waargenomen tegen een achtergrond met openbare verlichting. Voor zes ppn werden hier herkenningsafstanden bepaald voor de borden 9 en 16 (zie tabel 2). Hierbij werd een vergelijking gemaakt tussen borden uitgevoerd met type I en type II mate-

Tabel 2. De verkeersborden welke werden beschouwd in de verschillende delen van het experiment. Romeinse cijfers I en II duiden op het materiaaltype van de onverlichte borden (zie tekst); verl. duidt op de verlichte borden. De letters in de matrix verwijzen naar de verschillende delen van het experiment (zie tekst).

bord	nr.	I	II	verl.
	9	ACD	ABCD	
	10 ^a	AD	ABD	
	10 ^b		B	
	12	B		
	16	ACD	ABCD	AD
		ABD	ABD	AD
	1	A	AB	A
	40	A		A
	80	AD	AB	AD
	68	A		A
	81	A		A

riaal. De procedure was weer dezelfde als in experiment A.

Experiment D werd uitgevoerd tijdens een avond met mist. Het traject werd op deze avond door drie ppn bereden. Tijdens iedere rit werd bij elk bord de bordluminantie en de strooielichtluminantie gemeten. De strooielichtluminantie werd gemeten in de richting van het bord op een afstand van 100 m. Deze tijdrovende procedure was nodig om mogelijke veranderingen in het meteorologisch zicht vast te leggen voor latere interpretatie van de herkenningsafstanden. De snelheid tijdens deze ritten bedroeg ongeveer 40 km/h. De door de ppn te volgen procedure was ongeveer dezelfde als in experiment A. Het beperkte aantal ppn en het variërende zicht vormden de redenen om de uit dit experiment resulterende data voornamelijk te gebruiken als een validatie van de uit te voeren berekeningen (zie 4.4).

4.3 Proefpersonen

De ppn welke aan experimenten deelnamen waren studenten van de Rijksuniversiteit Utrecht en een aantal medewerkers van het IZF-TNO. Alle ppn hadden een rijervaring van minstens 2 jaar. De gegevens leeftijd, gezichtsscherpte en geslacht van de ppn zijn vermeld in tabel 3.

4.4 Data analyse

De gezichtsscherpteverdeling van de Nederlandse automobilistenpopulatie is niet precies bekend, maar geschat wordt dat 85% een gezichtsscherpte van minstens 1 (5/5, 20/20) heeft. We hebben het daarom zinvol geacht alle gemeten herkenningsafstanden om te zetten naar een theoretische waarnemer met gezichtsscherpte 1. Bovendien werd bij deze omzetting een correctie uitgevoerd naar de 85% koplamplichtsterkte zoals gegeven in hoofdstuk 2. De in dit verslag gepresenteerde

Tabel 3. Leeftijd (jr), gezichtsscherpte (bgmin^{-1}) en geslacht (mannelijk, vrouwelijk) van de proefpersonen.

Experiment A	Pp	1e avond			2e avond		
		Leef-tijd	Gezichts-scherpte	m/v	Leef-tijd	Gezichts-scherpte	m/v
	1	24	2	m	34	2	m
	2	24	2	m	29	1,5	m
	3	26	2	v	43	2	m
	4	19	2	m	27	2	m
	5	23	2,5	m	29	2	m
	6	31	2	m	35	2	m

Experiment B	Pp	Leef-tijd	Gezichts-scherpte	m/v
	1	25	2	m
	2	27	1,5	m
	3	22	2	m
	4	27	2,5	m

bord 9				bord 16			
Experiment C	Pp	Leef-tijd	Gezichts-scherpte	m/v	Leef-tijd	Gezichts-scherpte	m/v
	1	23	1,25	m	22	2	m
	2	20	2	m	24	1,5	m
	3	26	1,5	m	25	1,5	m
	4	35	2	m	25	2,5	m
	5	49	2	m	27	2	m
	6	37	2	v	20	3	v

Experiment D	Pp	Leef-tijd	Gezichts-scherpte	m/v
	1	27	2	m
	2	26	1,5	m
	3	29	2	m

herkenningsafstanden dienen daarom beschouwd te worden als 'worst case' gegevens.

De herkenningsafstanden welke gepresenteerd zullen worden voor de mistcondities werden berekend vanuit de gegevens die bij helder weer werden verzameld. De resultaten van de metingen bij mist werden gebruikt als een validering van de gebruikte rekenmethode. Er werden twee mistcondities beschouwd: lichte en dichte mist met een meteorologisch zicht Z van respectievelijk 1000 m en 200 m.

Bij het uitvoeren van de correcties ten aanzien van gezichtsscherpte, koplamplichtsterkte en zicht werd gebruik gemaakt van recente gegevens over de relatie tussen gezichtsscherpte (bgmin^{-1}) en bordluminantie zoals bepaald door Van Norren (1981). Deze gegevens werden gecombineerd met de huidige gegevens over de gezichtsscherpte van de ppn en de bordluminantie (afhankelijk van de afstand tot het bord, zie 3.1). Het totaal van gegevens stelt ons in staat om – voor iedere combinatie van pp, type bord, koplamplichtsterkte en zicht – curves te maken welke een beschrijving geven van de relatie tussen het kleinst waarneembaar detail (cm) en de afstand auto-bord. Figuur 5 geeft een voorbeeld. De doorgetrokken lijn is voor een pp met gezichtsscherpte 2, welke bij helder weer een type II verkeersbord nadert met de koplamplichtsterkte van de meetauto ICARUS. Deze curve beschrijft hiermee een specifieke veldconditie.

De onderbroken curve is gebaseerd op:

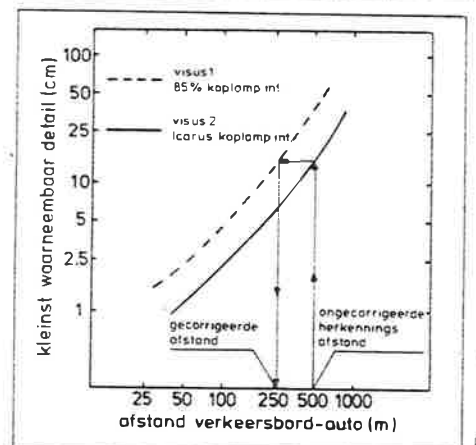
- een bordluminantie welke is gecorrigeerd naar de 85% koplamplichtsterkte;
 - een waarnemer met gezichtsscherpte 1.
- Deze curve geldt daarom voor gecorrigeerde condities. Figuur 5 toont hoe – door gelijkstelling van het kleinst waarneembaar detail – de omzetting van de in het veld gemeten herkenningsafstand naar de 'gecorrigeerde' afstand kan worden uitgevoerd. Deze zelfde procedure werd toegepast om de gegevens voor de mistcondities te berekenen.

4.5 Resultaten

Gemiddelde, gecorrigeerde vorm- en symboolherkenningsafstanden zijn gegeven in tabel 4.

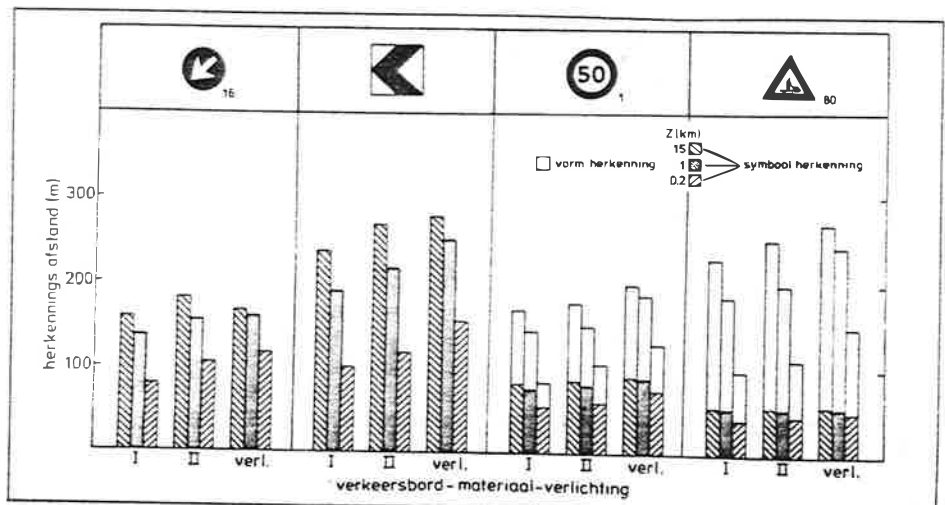
Tabel 4. Gecorrigeerde herkenningsafstanden (m) voor de verschillende verkeersborden. Voor borden met onderscheid tussen vorm- en symboolherkenning zijn deze afstanden beide gegeven (vormherkenningsafstand boven; symboolherkenningsafstand onder).

bord	nr	HELDER Z = 15 km			LICHTE MIST Z = 1 km			DICHT MIST Z = 0,2 km		
		I	II	verl.	I	II	verl.	I	II	verl.
	9	196	213		162	177		88	107	
	10a	183	182		152	155		86	105	
		72	75		68	70		51	56	
	10b		131			115			82	
	12	156			136			78		
		92			85			65		
	16	158	182	167	137	155	160	79	105	117
	50	237	258	277	190	217	251	100	117	155
	40	168	177	198	144	150	187	83	105	129
		81	85	90	75	80	89	55	60	74
	80	192	220		160	205		88		
		76	96		73	95		52		
	6B	230	253	270	185	200	245	98	112	151
		56	58	58	55	55	57	42	46	52
	81	195	258		163	235		89		
		68	70		65	66		50		
		239		270	192	245		100		
		51		60	50	55		38		



5. Grafisch voorbeeld van de methode welke toegepast werd om de in het veld gemeten herkenningsafstanden te corrigeren (type II, helder weer).

6. De gecorrigeerde herkenningsafstanden van een viertal verkeersborden voor verschillende materiaaltypen (I en II), verlichting (verl.) en zichtcondities (Z).



De gegevens hebben betrekking op experiment A, B en D en zijn uitgesplitst naar type bord, type materiaal/verlichting en zichtcondities. Een gedeelte van de resultaten is eveneens gegeven in figuur 6.

De verschillen tussen de type I, type II en de verlichte borden hangen af van:

1. de absolute grootte van de herkenningssafstand, en daardoor van het type bord, en
2. het meteorologisch zicht.

In geval van vrij grote herkenningssafstanden heeft type II een grotere herkenningssafstand in vergelijking met type I. Wanneer de herkenning plaats vindt op kleinere afstand, bijvoorbeeld rond de 60 m, zijn de verschillen tussen type I en type II gering. De symboolherkenning blijkt voor een aantal borden op deze afstanden plaats te vinden. De gevoeligheid voor mist is het minst voor de verlichte borden.

In het algemeen geldt dat de vormherkenningssafstand van de driehoekige borden groter is dan van de ronde borden. Het tegengestelde geldt echter voor de symboolherkenning, dat wil zeggen grotere symboolherkenningssafstanden voor de ronde borden. Dit laatste verschijnsel kan voor een belangrijk deel worden verklaard door het feit dat de symbolen op de driehoekige borden relatief klein zijn.

De resultaten van experiment C zijn gegeven in figuur 7. In geval van bord 16 worden beide typen retroflecterend materiaal ongeveer even sterk beïnvloed door de achtergrondverlichting. Voor bord 9 treedt de afname in herkenningssafstand door de achtergrondverlichting alleen op bij de type I versie. Om hierover tot harde conclusies te komen zijn echter meer gegevens nodig.

5. Discussie

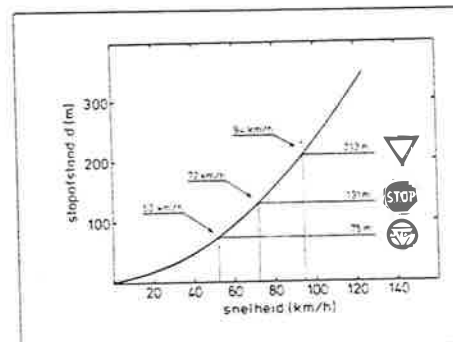
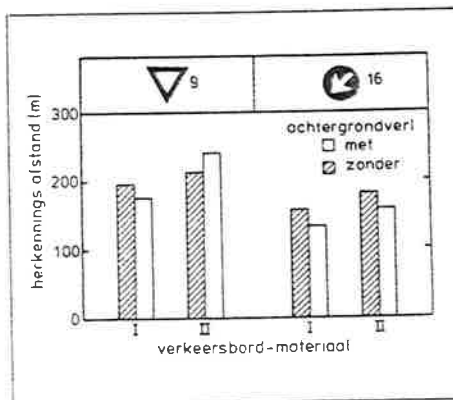
'Verkeerstekens moeten zodanig geplaatst worden dat ze door de verkeersdeelnemers gemakkelijk en tijdig kunnen worden herkend'. Voor ieder verkeersbord kan deze regel worden vertaald in een kwantitatieve eis in termen van benodigde afstand. De huidige gegevens stellen ons in staat dit soort eisen te toetsen. De borden 9 en 10 kunnen als voorbeeld worden genomen. Comfortabele stopafstanden kunnen berekend worden met de volgende formule:

$$d = t_r v + \frac{v^2}{2a}$$

waarin: d = comfortabele stopafstand (m)
 t_r = reactietijd (1,5 sec)
 v = naderingssnelheid (m/s)
 a = comfortabele vertraging (2 m/s^2)

Figuur 8 geeft de stopafstand als functie van de snelheid. Om deze afstanden te kunnen vergelijken met de actuele gegevens zijn in de figuur tevens de herkenningssafstanden van de borden 9 en 10 (oude en nieuwe versie) gegeven, zoals bepaald voor type II borden bij helder weer. Uit de figuur kunnen nu bijvoorbeeld snelheidsniveaus worden herleid, die aangeven bij welk snelheidsgedrag nog voldaan wordt aan de eisen. In geval van het stopbord zou een dergelijke evaluatie kunnen dienen als een hulpmiddel om te bepalen onder welke omstandigheden bord 9 als voorwaarschuwbord toegepast moet worden. Het is thans voorgeschreven om voorwaarschuwborden te plaatsen op wegen met een snelheidsgedrag van 70 km/h of hoger. In geval van het achthoekige stopbord blijkt dit goed aan te sluiten bij de uit figuur 8 te herleiden kritische snelheid van 72 km/h.

Volgens eenzelfde procedure kan ook voor



7. Herkenningssafstanden voor bord 9 en 16 voor waarnemingscondities met en zonder achtergrondverlichting.

8. Comfortabele stopafstand als functie van de naderingssnelheid. De herkenningssafstand van bord 9 en 10 (oude en nieuwe versie) zijn gegeven als hulpmiddel bij een vergelijking tussen vereiste en werkelijke herkenningssafstand (bord type II, helder weer).

andere verkeersborden een vergelijking worden gemaakt tussen de thans beschikbare gegevens en de te stellen eisen. Een dergelijke vergelijking kan fungeren als een evaluatie van de huidige voorschriften, zoals vastgelegd in reglementen, beschikkingen en dergelijke.

De resultaten bij de herkenningssafstanden geven eveneens een indruk van de effectiviteit van de verschillende materialen en verlichting. Voor afstanden groter dan 50 m resulteert materiaal type II in herkenningssafstanden welke ongeveer 10% groter zijn dan die voor type I borden. Dit percentage kan iets groter zijn onder verstoorde condities, zoals bij mist, achtergrondlicht enz. Bij waarnemingsafstanden kleiner dan 50 m zijn de verschillen tussen de materiaaltypen I en II verwaarloosbaar. Deze kritische afstand van 50 m kan voor waarneming vanuit een vrachtauto wat groter zijn, vanwege de relatief grote observatiehoeken welke een gevolg zijn van de grote afstand tussen koplamp en ogen.

In de meeste condities is de herkenningssafstand voor de verlichte borden groter dan die voor de onverlichte borden. Dit verschil is relatief het grootst tijdens mistcondities.

In het huidige onderzoek is met name gekeken naar de herkenningssafstand van verkeersborden, dat wil zeggen de afstand waarop een verkeersbord kan worden herkend. In het totale waarnemingsproces speelt daarnaast de opvallendheid van een verkeersbord een belangrijke rol. Speciaal in gebieden met openbare of andersoortige verlichting kan het hierdoor nodig zijn bijzondere eisen te stellen aan de reflectie-eigenschappen of aan de verlichting van verkeersborden.

6. Referenties

- E.C.E. (1958). Agreement concerning the adoption of uniform conditions of approval and reciprocal recognition of approval for motor vehicle equipment and parts. Regulation no. 1 and 2. Geneva, 20 March, 1958.
- E.C.E. (1968). Convention on road signs and signals. Vienna.
- Forbes, T. W. (1969). Factors in highway sign visibility. Traffic Engineering, September 1969, 20-27.
- Godthelp, J. (1977). De waarneembaarheid van verkeersborden bij nacht; een theoretische beschouwing. Rapport IZF 1977-C4. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Godthelp, J., Hoogeweg, F. en Lagemaat, C. v.d. (1978). De waarneembaarheid van verkeersborden bij nacht; praktijkmetingen van de lichtsterkte van autokoplampen. Rapport IZF 1978-C21. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Godthelp, J. (1979). The perceptibility of traffic control signs at night; a field study on the effect of a new type of retroreflection material. Rapport IZF 1979-C1. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Jainski, P. (1977). Der Einfluss von Aufsichtsfarben auf das Wahrnehmen, Erkennen und Lesen von nicht selbstleuchtenden Verkehrszeichen. Strassenverkehrstechnik 21 (1977) no. 2.
- Norren, D. van (1978). Overhead signs without external illumination? Part II. Experiment on legibility distances. Rapport IZF 1978-C3. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Norren, D. van (1981). Visual acuity in a condition of traffic sign viewing: the effect of luminance changes. American Journal of Optometry and Physiological Optics (in press).
- Olson, P. L. and Bernstein, A. (1977). Determine the luminous requirements of retroreflective highway signing. Technical report no. UM-HSRI-77-6. Highway Safety Research Institute, University of Michigan, Ann Arbor.
- Reid, J. A. (1977). Recognition distances of vehicle rear markings at night. TRRL Supplementary Report 321. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, England.
- Rumar, K. and Ost, A. (1975). Some studies of retroreflective materials on road signs from the driver's perceptual point of view. Paper presented at the 15th World Road Congress in Mexico, October 1975.
- Vos, J. J. (1957). Het meten van zicht bij dag en bij nacht. Rapport IZF 1957-3. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.

Het onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van de Dienst Verkeerskunde van Rijkswaterstaat.
 Dit verslag werd eveneens gepresenteerd op de 2nd International Congress on Vision and Road Safety, november 1980 te Parijs.

