

ONGERUBRICEERD

Earth, Life & Social SciencesKampweg 5
3769 DE Soesterberg
Postbus 23
3769 ZG Soesterbergwww.tno.nl

T +31 88 866 15 00

F +31 34 635 39 77

TNO-rapport**TNO 2015 R10682-R****Analyse veiligheidsmaatregelen bij
verkeersincidenten**

Datum	augustus 2016
Auteur(s)	ing. J.W.A.M. Alferdinck dr.ir. R.A. van Buuren dr. M. de Goede
Exemplaarnummer	
Oplage	2 ^e (gewijzigde) druk uit 2016 van de uitgave van rapport TNO 2015 R10682 uit 2015
Aantal pagina's	70 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat - Verkeer en Water Management, Afd. Verkeersmanagement - Operationele taken Rijkswaterstaat
Projectnaam	HBPM - RWS analyse veiligheid incidentmanagement
Projectnummer	060.14731

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2016 TNO

ONGERUBRICEERD

Voorwoord bij 2^{de} druk

Ten opzichte van de 1^{ste} druk (rapport TNO 2015 R10682) zijn in deze 2^{de} druk kleine wijzigingen uitgevoerd aan Figuur 9, enkele getallen in de tekst en de referentie (Alferdinck et al., 2016) die hierop betrekking heeft.

Lijst met termen en afkortingen

Andreasstrip	Kunststof strip die in combinatie met een botsabsorber wordt toegepast. De Andreasstrips (meestal 3) liggen op de rijstrook, ruim vóór de botsabsorber die de betreffende rijstrook afsluit. Het doel is automobilisten voelbaar (tactiel) en hoorbaar (auditief) te waarschuwen als zij eerdere informatie over de afgesloten rijstrook hebben gemist of genegeerd.
E-flare	Opzet-module voor verkeerskegel, voorzien van fel knipperend licht
Fend-off	Een voertuig staat in fend-off positie als het schuin en zo breed mogelijk op de rijstrook staat om het verkeersincident af te schermen. De voorwielen zijn gedraaid naar de verkeersluwe zijde. Door de richting waarin het voertuig schuin geplaatst is, wordt de rijrichting van het overige verkeer bepaald. Zie RWS (2012).
REVI	Richtlijn eerste veiligheidsmaatregelen bij verkeersincidenten. Zie RWS (2012).
RWS	Rijkswaterstaat
RWS, VWM	Rijkswaterstaat, Verkeer en Water Management
WIS	Weginspecteur van RWS
WIS-voertuig of WIS-auto	Voertuig van de WIS-inspecteur: momenteel (medio 2015) een Nissan Navara of een Isuzu.

Samenvatting

Vraagstelling

Rijkswaterstaat (RWS) afd. Verkeerscentrum Nederland (VCNL) wordt jaarlijks geconfronteerd met aanrijdingen van auto's van weginsecteurs (WIS-auto's), terwijl deze incidenten op snelwegen beveiligen. Omdat het aantal aanrijdingen stijgt, heeft RWS aan TNO gevraagd om te zoeken naar de oorzaken van de aanrijdingen, en om oplossingsrichtingen te suggereren die verder kunnen worden uitgewerkt.

Werkwijze

TNO heeft de visuele aspecten van de WIS-auto (en met name het gebruik van zgn. E-flares) beoordeeld in een zichtexperiment bij duisternis. Verder heeft TNO de Battenburg striping beoordeeld op basis van een analyse van beschikbare literatuur en rapporten. Tenslotte heeft TNO de beschikbare ongevalsgegevens geanalyseerd vanuit het gezichtspunt van de weggebruiker, en hieruit de meest waarschijnlijke ongevalsoorzaken afgeleid.

Resultaten

Uit de zichtexperimenten blijkt dat het gebruik van E-flares 's nachts niet positief bijdraagt aan de zichtbaarheid van de WIS-auto: deze is ook zonder E-flares al zeer goed waarneembaar en herkenbaar.

De Battenburg striping is beter zichtbaar en herkenbaar dan de huidige WIS-auto striping.

De aanrijdingen met WIS-auto's worden voornamelijk veroorzaakt door zichtafdekking, d.w.z. weggebruikers zien de WIS-auto te laat doordat andere voertuigen hen het zicht op de WIS-auto ontnemen. Daarnaast wordt op dit moment de informatie voornamelijk visueel aangeboden, zodat een weggebruiker die visueel afgeleid is, feitelijk niet wordt gewaarschuwd.

Conclusie

Het gebruik van E-flares zal naar verwachting van TNO geen reductie opleveren van het aantal aanrijdingen met WIS-auto's.

TNO geeft RWS in overweging om de Battenburg striping in te voeren voor de volgende generatie WIS-auto's, en om de uitvoering hiervan af te stemmen op de specifieke eisen en behoeften (bijv. zichtbaarheid & herkenbaarheid vanuit alle richtingen).

TNO stelt de volgende maatregelen voor om het aantal aanrijdingen met WIS-auto's terug te brengen:

1. Informatie multimodaal & frequenter aanbieden
 - a. Snellere toepassing (en kortere aanrijdtijd) van botsabsorbers en bijbehorende (o.a. tactiele) maatregelen
 - b. Auditieve informatie op radio, navigatiesysteem
 - c. Op grotere afstand van incident informatie aanbieden
2. Kleur verlichting WIS-auto aanpassen. Afhankelijk van plaatsing WIS-voertuig: op rijstrook blauw, op vluchtstrook geel
3. Maatregelen om het negeren van een rood kruis op de verkeerssignalering terug te dringen

Summary

Purpose

Rijkswaterstaat (RWS) Dept. Verkeerscentrum Nederland (VCNL) is confronted with an increasing yearly number of collisions with road inspector cars (WIS-cars) that secure traffic incidents on highways. Therefore, RWS has asked TNO to investigate the causes of these collisions, and to advise on possible solutions to reduce the number of collisions.

Method

TNO has judged the visual aspects of the WIS-car, and specifically the use of so-called E-flares, in a night-time visual experiment. Also, TNO has analysed available literature and reports on the Battenburg livery. And last but not least, TNO has analysed the available information on the collisions with WIS-cars, and has deduced the most probable causes of these collisions.

Results

In the visual experiments, the use of E-flares did not contribute to the visibility of the WIS-car. Even without E-flares, the WIS-car is very visible and recognizable. The Battenburg livery would result in better visibility and recognition than the current WIS-car striping.

The collisions with WIS-cars are primarily caused by visual obstruction: a car driver's visual perception of the WIS-car is impaired by other vehicles that block the line of sight to the WIS-car. Another problem is the mono-modal (visual only) presentation of warnings to car drivers: if a car driver is visually distracted, then the warnings are not received.

Conclusion

The use of E-flares will probably not reduce the number of collisions with WIS-cars. TNO advises RWS to consider the Battenburg livery for the next generation of WIS-cars. The introduction of the Battenburg livery should be harmonized with the specific needs at RWS (e.g., visibility & recognisability from all directions). TNO suggests the following measures to reduce the number of collisions with WIS-cars:

1. Present warnings multi-modally and more frequently
 - a. Faster application (and shorter arrival time) of impact attenuator and accompanying measures (e.g. tactile).
 - b. Auditory information through radio or car navigation
 - c. Present warnings at a larger distance from the WIS-car
2. Use a different colour for the WIS-car signal lights
Depending on the position of the WIS-car: blue on the lane, yellow on the shoulder
3. Measures to decrease negation of the red cross signal on variable message signs above the road

Inhoudsopgave

Voorwoord bij 2^{de} druk	2
Lijst met termen en afkortingen	3
Samenvatting	4
Summary	5
1 Inleiding	8
1.1 Aanpak.....	9
1.2 Afbakening	10
2 Zichtbaar en herkenbaar: E-flares	11
2.1 Algemeen.....	11
2.2 Meetmethode.....	11
2.3 Resultaten.....	23
2.4 Discussie E-flares	37
2.5 Conclusies en aanbevelingen E-flares	38
3 Zichtbaar en herkenbaar: Battenburg striping	40
3.1 Inleiding	40
3.2 Methode	40
3.3 Resultaten.....	40
3.4 Discussie Battenburg.....	46
3.5 Conclusies Battenburg striping.....	47
4 De rijtaak.....	48
4.1 Waarnemen van informatie	49
4.2 Begrip en opvolging van informatie	49
5 Analyse aanrijdingen van WIS-voertuigen.....	51
5.1 Informatiebronnen ongevallen	51
5.2 Locaties	52
5.3 Tijdstip	52
5.4 Signalering	53
5.5 Weersomstandigheden.....	53
5.6 Andere opvallende factoren.....	53
6 Human factors evaluatie incidentmanagement.....	55
6.1 Waarneming incidentlocatie	55
6.2 Begrip van situatie & opvolging	57
6.3 Individuele verschillen.....	57
7 Conclusies en aanbevelingen	58
7.1 Zichtbaarheid en opvallendheid WIS-auto	58
7.2 Battenburg Striping	58
7.3 Kleur waarschuwingslichten WIS-auto	59
7.4 Frequentie van informatie	59
7.5 Soort informatie	60

7.6	Rood kruis negatie.....	60
7.7	Tot slot	61
7.8	Prioritering van mogelijke maatregelen	61

8	Referenties	63
----------	--------------------------	-----------

Bijlagen

A.1 Meetformulier E-flares

A.2 Commentaar van waarnemers E-flares metingen

A.3 Ongevalsgegevens

1 Inleiding

De voertuigen van de wegininspecteurs (WIS-voertuigen) van Rijkswaterstaat (RWS) die een verkeersincident beveiligen, worden regelmatig aangereden. In 2014 vonden er 21 aanrijdingen plaats, een stijging van ca. 15 t.o.v. 2013. Ook in 2015 telde RWS al flink wat aanrijdingen. Bij het beveiligen van een verkeersincident wordt de “Richtlijn eerste veiligheidsmaatregelen bij verkeersincidenten” (REVI; RWS, 2012) in acht genomen. Hierbij wordt afhankelijk van het soort weg en de incidentlocatie een standaard beveiligingsprocedure gebruikt waarbij o.a. retroreflecterende verkeerskegels en WIS-voertuigen worden ingezet. Ondanks deze voorschriften zijn er jaarlijks tientallen aanrijdingen met WIS-voertuigen (Brave, 2014). RWS wil de veiligheid van de wegininspecteurs en van de betrokken weggebruikers bij verkeersincidenten verhogen. Oplossingen om de veiligheid te verhogen kunnen worden gezocht in het verbeteren van:

- zichtbaarheid van de incidentlocatie;
- (h)erkenning van de situatie, begrip en opvolging van het verwachte gedrag.

Zichtbaarheid

Binnen RWS is gezocht naar mogelijkheden voor het verhogen van de zichtbaarheid van de incidentlocatie. Hierbij kwam een voorstel om de verkeerskegels te voorzien van waarschuwingslichten van het type E-flare. Deze E-flares kunnen op de bestaande verkeerskegels worden geklikt en kunnen vooral bij duisternis nuttig zijn. Daarnaast vraagt RWS zich af of de zogenaamde Battenburg striping, die in Engeland en sinds kort ook in België wordt gebruikt op voertuigen van verschillende hulpdiensten, beter zichtbaar en herkenbaar is dan de huidige striping van de WIS-auto's.

TNO heeft eerder onderzoek uitgevoerd naar de opvallendheid en de herkenbaarheid van voertuigen van (pech)hulpdiensten en incidentmanagementvoertuigen (Alferdinck et al., 2011, 2012, 2013, 2014). Daarom heeft RWS TNO gevraagd te evalueren of met behulp van de E-flares en/of Battenburg striping de waarneming van een beveiligde incidentlocatie respectievelijk de WIS-auto verbeterd kan worden (zie Hoofdstuk 2 en 3).

Herkenning en begrip

Naast onvoldoende zichtbaarheid van een incidentlocatie, kan een aanrijding worden veroorzaakt door onvoldoende herkenning en begrip van de situatie door weggebruikers, wat leidt tot onveilig en ongewenst gedrag. Belangrijk hierbij is elementen in het wegbeeld te identificeren die de weggebruiker bewust of onbewust ertoe kunnen brengen riskant gedrag te vertonen (onduidelijke situatie, misleiding, beperking in zichtlengte e.d.).

Rijkswaterstaat heeft TNO gevraagd een analyse uit te voeren met als doel het inzicht in mogelijke oorzaken van aanrijdingen met WIS-auto's te vergroten en op basis van deze inzichten mogelijke oplossingsrichtingen te definiëren.

1.1 Aanpak

1.1.1 *E-flares*

In het laboratorium zijn de fotometrische eigenschappen van de E-flares gemeten. Op basis van deze gegevens zijn zichtbaarheidsafstanden berekend met een waarnemingsmodel. De zichtbaarheidsafstand is de afstand waarop het licht van de E-flare waarneembaar is. Deze zichtbaarheidsafstand van de zelfstralende E-flares is vergeleken met de zichtbaarheidsafstanden van de retroreflecterende verkeerskegels die 's nachts alleen zichtbaar zijn wanneer ze worden aangestraald door het licht van autokoplampen.

In een veldproef is de zichtbaarheidsafstand en de herkenbaarheid van de opstelling van de verkeerskegels met E-flares in combinatie met een WIS-auto gemeten. Hierbij stond de opstelling zowel op een vluchtstrook als op een rijstrook, in de situatie van enkelzijdig en tweezijdig aanrijdingsgevaar. Daarnaast is ter plekke een algemeen kwalitatief oordeel gegeven ten aanzien van de zichtbaarheid, herkenbaarheid en verkeersgedragsaspecten van de verschillende situaties.

De opzet, uitgebreide aanpak en bevindingen zijn beschreven in hoofdstuk 2.

1.1.2 *Battenburg striping*

Er is een analyse uitgevoerd van zichtbaarheid en herkenbaarheid van de Battenburg striping op basis van literatuur. Er is een schatting gemaakt van de herkenbaarheidsafstand van de Battenburg striping op basis van bestaande waarnemingsmodellen (modellen die zichtbaarheidsafstanden van objecten van een bepaalde grootte en contrast voorspellen). Deze is vergeleken met de zichtbaarheidsafstand van de striping op de huidige WIS-auto.

De opzet, uitgebreide aanpak en bevindingen zijn beschreven in hoofdstuk 3.

1.1.3 *Human Factors evaluatie*

De huidige maatregelen in het geval van een incident en de geregistreerde ongevallen met WIS-voertuigen zijn op basis van bestaande (aanwezige) human factors kennis op het gebied van verkeersgedrag en visuele waarneming beoordeeld. Het resultaat van een dergelijke analyse is een beschrijving van specifieke elementen in het wegbeeld die de weggebruiker bewust of onbewust ertoe kunnen brengen het risiconiveau te vergroten (onduidelijke situatie, misleiding, beperking in zichtlengte, licht-donker overgangen e.d.). Bij deze analyse is gebruik gemaakt van bestaande documentatie, te weten:

- Door RWS aangeleverde rapportages & gegevens van ongevallen;
- Eerdere uitgevoerde en nog lopende onderzoeken naar mogelijke ongevalsoorzaken en voorgestelde oplossingen (RWS-VWM, 2014);
- Bestaande richtlijnen ten aanzien van incidentmanagement (REVI; RWS, 2012)

Vervolgens zijn in een expertsessie met veldexperts (drie wegininspecteurs, voorgesteld door RWS) en Human Factors experts (twee, voorgesteld door TNO) bevindingen uit deze analyse besproken en geëvalueerd. Voorgestelde oplossingen en mogelijke praktische beperkingen van oplossingen zijn bediscussieerd. Op basis van de expertsessie zijn drie oplossingen geselecteerd en beschreven die naar

verwachting het meest effectief zullen zijn in het verminderen van het aantal ongevallen met incident-voertuigen.

De Human Factors evaluatie is beschreven in hoofdstuk 4 t/m 6.

In hoofdstuk 7 zijn aanbevelingen geformuleerd op basis van de human factors evaluatie en de waarnemingsevaluatie van de E-flares en de Battenburg Striping.

1.2 Afbakening

Dit rapport heeft betrekking op ongevallen waarbij een WIS-voertuig is aangereden (of geschampt). Aangezien er uitsluitend informatie beschikbaar is (gesteld) over ongevallen op snelwegen, beperkt de in dit rapport beschreven analyse zich tot dit type incidenten.

Er werd bij de analyse en aanbevelingen uitgegaan van een correcte toepassing van de richtlijnen (REVI) bij hulpverlening en beveiliging van een incident.

De analyse werd uitgevoerd op het niveau van de weggebruiker: wat ziet, ervaart en doet de weggebruiker. Processen op andere niveaus, zoals samenwerking tussen de verschillende hulpverleners en functioneren van de wegverkeersleiding zijn hierbij niet beschouwd, tenzij het resultaat van deze (voorgeschreven) processen op de weg aanleiding kunnen geven tot onbegrip, verwarring of slechte opvolging bij de weggebruiker.

Om de experimentele opzet compact te houden, is ervoor gekozen om het veldexperiment alleen bij nachtelijke duisternis uit te voeren.

Omdat er zeer veel mogelijke onderliggende oorzaken van de problematiek zijn, moet het resultaat van dit onderzoek worden beschouwd als een eerste aanzet die vervolgacties vergt na afronding van dit project.

2 Zichtbaar en herkenbaar: E-flares

2.1 Algemeen

In de REVI worden verkeerskegels gebruikt in combinatie met een WIS-auto om de incidenten te beveiligen (RWS, 2012). Al naar gelang de aard en locatie van het incident zijn hiervoor verschillende opstellingen voorgeschreven van een WIS-auto in combinatie met verkeerskegels. De vraag is nu of door de toevoeging van waarschuwingslichten op de verkeerskegels, in de vorm van E-flares, de zichtbaarheid en de herkenbaarheid van de opstellingen wordt vergroot. Om dit te onderzoeken zijn metingen verricht in het laboratorium en op locatie.

In het laboratorium zijn de fotometrische eigenschappen van de E-flares gemeten. Op basis van deze gegevens zijn de zichtbaarheidsafstanden berekend met een waarnemingsmodel. Deze zichtbaarheidsafstanden van de zelfstralende E-flares worden vergeleken met de zichtbaarheidsafstanden van de retroreflecterende verkeerskegels die 's nachts alleen zichtbaar zijn door het licht van de autokoplampen en in een eerder onderzoek zijn gemeten in het laboratorium (Alferdinck, 2015).

In een meting op locatie werden drie standaard opstellingen uit de REVI onderzocht waarbij de WIS-auto in combinatie met verkeerskegels een incident moet beveiligen. De verkeerskegels waren al dan niet voorzien van E-flares. Van de verschillende aspecten van de opstellingen werden de zichtbaarheidsafstand en de herkenbaarheid gemeten.

2.2 Meetmethode

2.2.1 *Verkeerskegels en waarschuwingslichten (E-flares)*

In deze studie zijn twee typen kegels getest (Figuur 1) en één type waarschuwingslicht of E-flare (Figuur 1). De verkeerskegels hebben een hoogte van 50 cm en 75 cm en zijn gemaakt van fluorescerend oranje kunststof en voorzien van witte en rode banen van (micro-prismatisch) retroreflecterend materiaal. De verkeerskegels van 75 cm zijn van het merk Wemas. Van elke maat verkeerskegel zijn vijf exemplaren gebruikt voor beproevingen in het laboratorium en in het veld.



Figuur 1 Links: Verkeerskegels (50 cm en 75 cm hoog) met waarschuwingslichten van het type E-flares); rechts: E-flare waarschuwingslicht.

De waarschuwingslichten zijn van het merk E-flare (type: HZ510). Op advies van RWS is dit type waarschuwingslicht door ons getest omdat RWS wegininspecteurs in Limburg reeds met dit type werken. Deze geven ongeveer drie keer per seconde een rode lichtflits. De E-flares kunnen met een haakje aan een verkeerskegel worden bevestigd.

2.2.2 Laboratoriummetingen

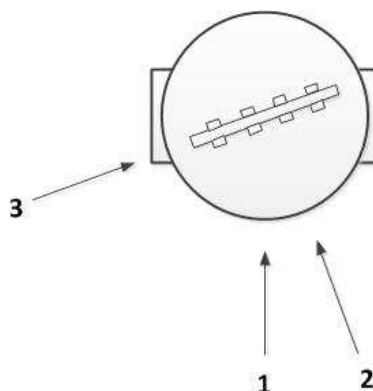
2.2.2.1 Lichtsterkte E-flares

Voor het meten van de lichtsterkte van de E-flares zijn deze in het verduisterde laboratorium opgesteld op een afstand van 5 m van een luxmeter die geschikt is voor snel veranderende lichtsignalen (Merk: Lichtmesstechnik, Type: SF-100). Met een geheugen oscilloscoop is het signaal gemeten en opgeslagen. Uit het signaal is de lichtsterkte van de E-flare als functie van de tijd gemeten. Hierbij is de lichtsterkte (in cd) gelijk aan de gemeten verlichtingssterkte (in lx) gedeeld door de meetafstand (in m) in het kwadraat.

De E-flare is gemeten in drie verschillende aanzichten (Figuur 2):

- Aanzicht 1 komt overeen met de meest waarschijnlijke ophangwijze zoals in Figuur 1 is te zien: op de zijkant van de verkeerskegel.
- Bij aanzicht 2 wordt loodrecht gemeten op het montageplaatje met leds.
- Bij aanzicht 3 wordt op de zijkant van het montageplaatje gemeten.

De verwachting is dat de E-flare in aanzicht 2 het meeste licht zal uitstralen en in aanzicht 3 het minste licht. Er zijn vijf verschillende exemplaren van hetzelfde type E-flare gemeten.



Figuur 2 Schematisch bovenaanzicht van een E-flare met de verschillende meetaanzichten:
 1 = vooraanzicht
 2 = loodrecht op de montageplaat met leds
 3 = in de richting van de montageplaat.

Bij knipperlichten waarvan de flitsduur korter is dan ongeveer 1 s, is de waargenomen lichtsterkte lager dan de lichtsterkte van hetzelfde licht dat continu aan is (ECE, 2005; Alferdinck et al., 1998). Deze effectieve lichtsterkte kan berekend worden met de volgende formule:

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\left(1 + \frac{0,2}{F(t_2 - t_1)}\right)} \quad (1)$$

Hierin is

- I_{eff} de effectieve lichtsterkte in candela (cd),
- I_{max} de maximum lichtsterkte in cd,
- F is de zogenaamde vormfactor,
- t_1 en t_2 is de begin- en eindtijd van de lichtflits in seconden.

De vormfactor F is gelijk aan 1 als de helderheid van de lichtflits (als functie van de tijd) een rechthoekige vorm heeft. Als de flitsvorm niet rechthoekig is dan wordt de vormfactor berekend door de lichtsterkte te integreren over de lengte van de flits en te delen door de het tijdvak $t_2 - t_1$ maal de maximale waarde. De vormfactor zal dan kleiner zijn dan 1.

Bij een flitslengte van 0,2 s is de effectieve lichtsterkte volgens formule (1) dus 50% van de maximum lichtsterkte van een rechthoekige lichtflits. Bij een kortere flitslengte wordt dat percentage kleiner en bij een langere flitslengte groter.

2.2.2.2 Berekening zichtbaarheidsafstand

Met een waarnemingsmodel zijn op basis van de in het laboratorium gemeten effectieve lichtsterkten van de E-flares de afstanden berekend waarop de E-flares zichtbaar voor een weggebruiker in een personenauto. Het waarnemingsmodel is ook gebruikt voor het berekenen van de zichtbaarheidsafstand van de verkeerskegels in het licht van de autokoplampen (Alferdinck, 2015).

Het waarnemingsmodel is gebaseerd op het fenomeen dat er bij kleine lichtbronnen (puntbronnen) een minimale hoeveelheid licht (drempelwaarde) op het oog moet vallen om zichtbaar te zijn (Alferdinck & Hoedemaeker, 2002). De verkeerskegels kunnen voor deze berekeningen beschouwd worden als puntbronnen. De drempelwaarde is afhankelijk van het lichtniveau van de achtergrond van de verkeerskegels.

We hebben een typische donkere nacht aangehouden met een achtergrondluminantie van $0,01 \text{ cd/m}^2$. Voor deze achtergrondluminantie is de drempelwaarde voor detectie van een lichtbron gelijk aan een verlichtingssterkte van $2 \cdot 10^{-7} \text{ lx}$ op het oog. De lichtbron is opvallend als deze een verlichtingssterkte van $1 \cdot 10^{-6} \text{ lx}$ op het oog veroorzaakt. Omdat de verkeerskegels opvallend moeten zijn, is voor de berekening van de zichtbaarheidsafstand deze laatste drempelwaarde aangehouden.

We zijn voor de berekeningen uitgegaan van één verkeerskegel die midden voor de auto op de rijbaan staat. Op een afstand van groter dan 60 m staat de kegel in het donkere deel van de koplampbundel, net boven de zogenaamde cut-off (de overgang van het lichte naar het donkere deel van de lichtbundel). In dit middendeel van de lichtbundel is de 50-percentiel lichtsterkte gelijk aan 606 cd voor één koplamp (Sivak et al., 1994). Deze waarde hebben we aangehouden voor de berekeningen van verlichtingssterkte die de beide koplampen veroorzaken op de verkeerskegel. Daarnaast hebben we voor de lichtsterkte van het grootlicht een eerder gemeten waarde aangehouden van 16000 cd per koplamp (Alferdinck, 2010).

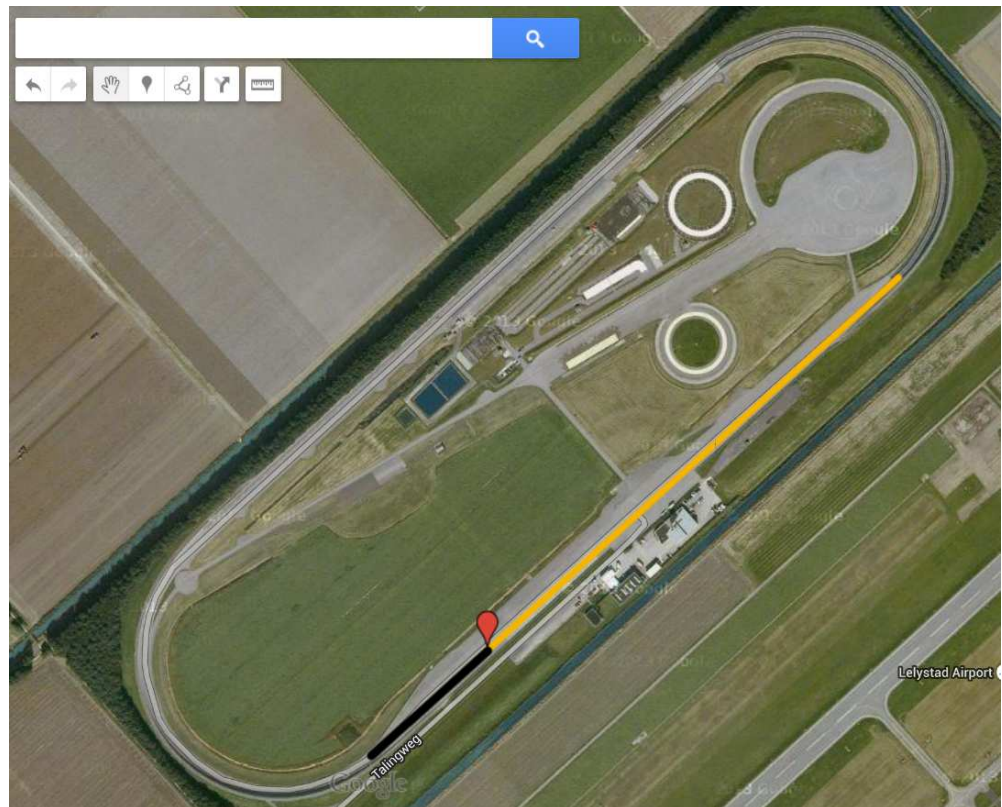
Voor verschillende afstanden tussen auto en verkeerskegel werd nu de lichtsterkte van de verkeerskegel berekend uit de in het laboratorium gemeten lichtsterkte coëfficiënt als functie van de observatiehoek. Hierbij zijn we er van uitgegaan dat het oog van de waarnemer zich 0,6 m boven de koplampen bevindt (zie Alferdinck, 2010).

De lichtsterkte van de verkeerskegel veroorzaakt een verlichtingssterkte op het oog die afneemt met een groter wordende afstand tussen auto en verkeerskegel. De afstand waarbij de verlichtingssterkte op het oog gelijk is aan de drempelwaarde wordt de zichtbaarheidsafstand genoemd.

2.2.3 *Meting op locatie*

2.2.3.1 *Locatie*

Het waarnemingsexperiment werd uitgevoerd op het afgesloten testterrein van de Rijksdienst voor het Wegverkeer (RDW) in Lelystad. Op dit terrein bevindt zich een ovaalvormige testbaan waarbij de lengte van de rechte stukken bijna 800 m is (Figuur 3). De metingen werden uitgevoerd op een van deze rechte stukken zodat voldoende afstand voor de uitvoering van het experiment gewaarborgd was.



Figuur 3 Bovenaanzicht van het RWD testcircuit te Lelystad (Google Maps). De zwarte lijn (180 m lang) geeft de locatie aan van de te meten opstellingen. De rode locatieaanduiding markeert het nulpunt. De gele lijn (616 m lang) geeft de route aan waarlangs de waarnemers de opstelling benaderden in zuidwestelijke richting.

De zwarte lijn, met een lengte van 180 m, geeft de locatie aan van de te meten opstellingen. De rode locatieaanduiding markeert de voorkant van de opstelling, het nulpunt. De gele lijn geeft de route aan waarlangs de waarnemers de opstelling in een auto benaderden om de zichtbaarheidsafstanden te bepalen van de verschillende aspecten van de opstelling. De maximale mogelijke afstand tot het nulpunt was 616 m, waarmee dit dus tevens de maximaal te meten zichtbaarheidsafstand was.

Voor de beoordeling van de herkenbaarheidsaspecten werd de auto met de waarnemers afhankelijk van de opstelling op een vaste afstand gezet van 104 m of 240 m. Dit komt overeen met de stopafstanden voor maximum snelheden van 80 km/h en 120 km/h bij een reactietijd van 1,5 s en een remvertraging van $3,5 \text{ m/s}^2$ (NSVV, 2003).

De testbaan heeft een rijbaan met drie rijstroken met een breedte van 3,93 m, gemeten tussen de hartlijnen van de wegbelijning. De rijstroken werden gescheiden door onderbroken belijning met een breedte van 10 cm. Links en rechts van de drie rijbanen was een doorgetrokken lijn van 15 cm breed. Rechts naast de rechter doorgetrokken lijn was genoeg ruimte met asfalt om voor het huidige onderzoek dienst te doen als vluchtstrook.

2.2.3.2 Testauto

Omdat de retroreflecterende delen van de verkeerskegels en de WIS-auto alleen zichtbaar zijn in het licht van autokoplampen, werden de waarnemingen verricht vanuit een testauto (Opel Astra stationwagon) met dimlichten aan. Op deze manier werd de zichtbaarheid van de verschillende onderdelen van de opstelling en het geheel op een realistische manier bepaald, waarbij sommige onderdelen alleen oplichten door het licht van de autokoplampen (bijvoorbeeld: retroreflecterende banden op de verkeerskegels en striping van de WIS-auto) en andere onderdelen zelf licht uitstralen (bijvoorbeeld: zwaailichten, E-flares). Als de testauto grootlicht gevoerd zou hebben dan zouden de retroreflecterende onderdelen van de opstelling op grotere afstand zichtbaar geweest zijn. Wij hebben gekozen voor dimlicht omdat dit het meest overeenkomt met normale situatie op de weg en tevens de worst-case situatie is. De opstellingen zouden in deze worst-case situatie op voldoende afstand zichtbaar en herkenbaar moeten zijn.

2.2.3.3 Opstellingen

Er zijn drie verschillende opstellingen onderzocht waarbij de WIS-auto werd gecombineerd met verschillende configuraties van de verkeerskegels volgens de REVI (RWS, 2012) en de richtlijnen voor het gebruik van attentieverlichting (RWS, 2011). Deze opstellingen zijn als volgt (zie ook Figuur 4):

Opstelling 1: Rijstrook, 1-zijdig aanrijgevaar.

De WIS-auto staat in fend-off positie op de rechterrijstrook van een weg met 1-zijdig aanrijgevaar, bijvoorbeeld een autosnelweg. In het experiment stond de WIS-auto met de achterkant op het nulpunt op de rechter rijstrook. De eerste verkeerskegel stond iets voorbij de WIS-auto op 0,5 m rechts naast de onderbroken lijn. De laatste verkeerskegel stond 120 m voorbij het nulpunt, waarbij een incident werd gesuggereerd op de rechter rijstrook voorbij deze verkeerskegel. De overige drie verkeerskegels werden verdeeld tussen de eerste en de laatste verkeerskegel. De normale verlichting van de WIS-auto was ingeschakeld. Verder was het gele zwaailicht ingeschakeld en was de autodrip operationeel met een knipperende witte pijl naar links.

Opstelling 2: Vluchtstrook, 1-zijdig aanrijgevaar

De WIS-auto staat recht op de vluchtstrook van een weg met 1-zijdig aanrijgevaar, bijvoorbeeld een autosnelweg. In het experiment stond de WIS-auto met de achterkant op 50 m voorbij het nulpunt, rechts naast de rechter doorgetrokken lijn. De eerste verkeerskegel stond ter hoogte van het nulpunt, 3 m rechts naast de rechter doorgetrokken lijn. De volgende vier kegels stonden op respectievelijk 5 m, 10 m, 30 m en 50 m na het nulpunt (Figuur 4). De laatste drie kegels stonden 0,5 m rechts van de doorgetrokken lijn.

De normale verlichting van de WIS-auto was ingeschakeld. Verder was de alternerende gele verlichting ingeschakeld en was de autodrip operationeel met een waarschuwingsbord (J37).

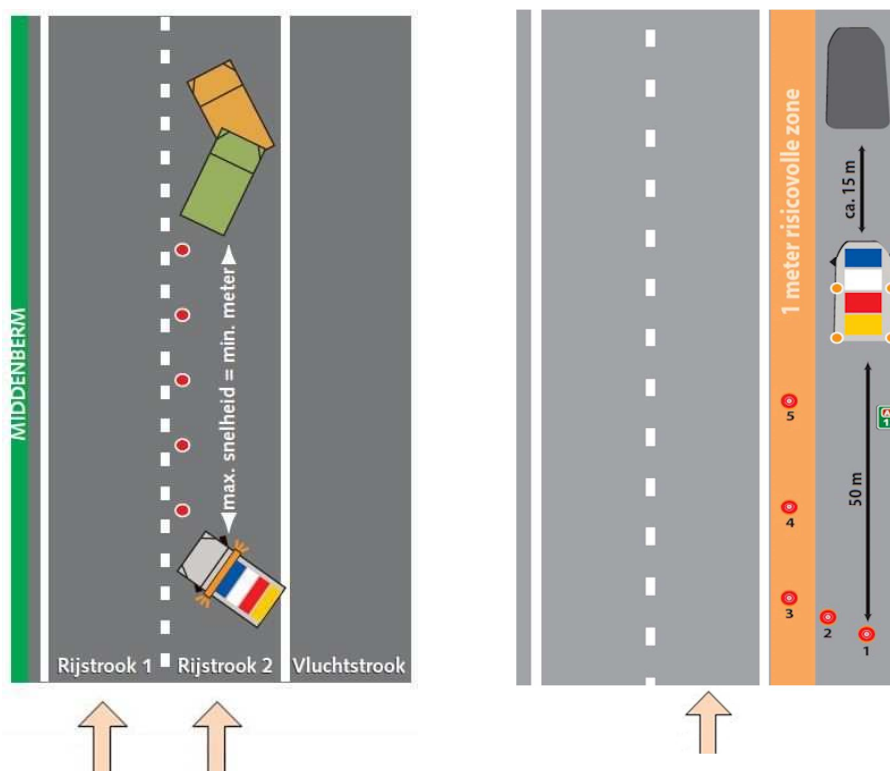
Opstelling 3: Rijstrook, 2-zijdig aanrijgevaar

De WIS-auto staat recht op de (rechter) rijstrook van een weg met 2-zijdig aanrijgevaar, bijvoorbeeld secundaire weg met een maximumsnelheid van 80 km/h. In het experiment stond de WIS-auto met de achterkant op het nulpunt, op de rechter rijstrook van de testbaan.

De rijstrook links naast deze rijstrook deed dienst als de rijstrook voor het tegemoetkomend verkeer. Op 90 m voorbij de WIS-auto was op de rechter rijstrook een incident gesimuleerd door twee personenauto's zonder verlichting. Op 180 m voorbij het nulpunt stonden drie verkeerskegels dwars op de weg, een op de onderbroken lijn tussen de rijstroken en in het midden van de twee rijstroken. De normale verlichting van de WIS-auto was ingeschakeld. Verder was het gele zwaailicht ingeschakeld en de autodrip operationeel met een waarschuwbord (J37).

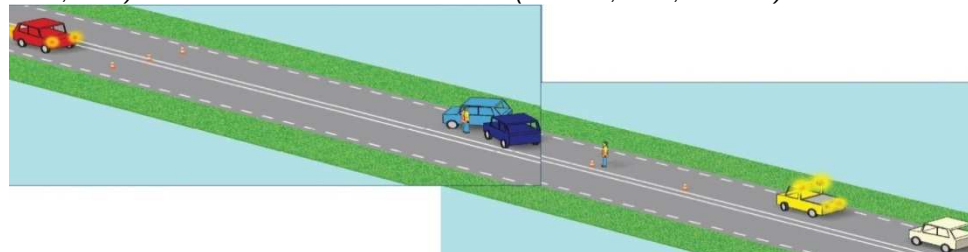
De opstelling is beoordeeld vanaf twee aanrijrichtingen:

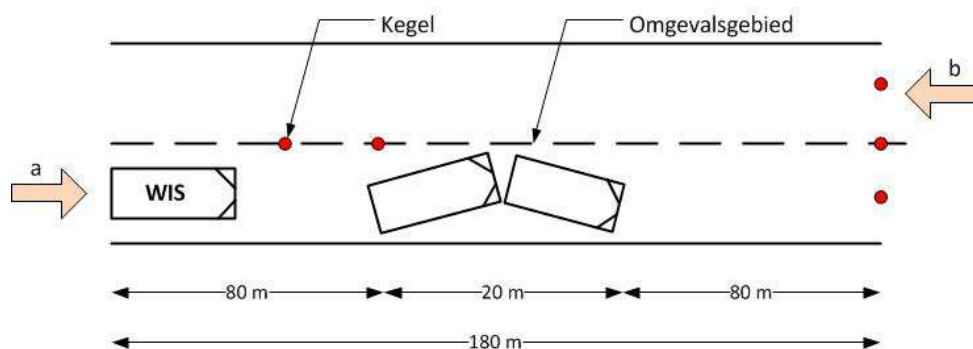
- Over de rijstrook van de WIS-auto en;
- over andere rijstrook met de tegenovergestelde rijrichting.



Opstelling 1: Rijstrook, 1-zijdig aanrijgevaar. WIS-auto in fend-off op rechter rijstrook (zie REVI, 4.2.1).

Opstelling 2: Vluchtstrook, 1-zijdig aanrijgevaar. WIS-auto recht op vluchtstrook (zie REVI, 4.3.1, kader 16).





Opstelling 3: Rijstrook, 2-zijdig aanrijgevaar. WIS-auto in recht op rijstrook, 2 kegels op rijstrook scheiding + 3 kegels dwars op rijstroken. 2 aanrijrichtingen, a en b (zie REVI, par. 5.2.1)

Figuur 4 Opstellingen van WIS-voertuig en kegels volgens de REVI (RWS, 2012). De roze pijlen geven de onderzochte aanrijrichtingen en aanrijstroken aan.

In Figuur 5, Figuur 6 en Figuur 7 zijn de drie opstellingen weergegeven tijdens het waarnemingsexperiment op locatie.

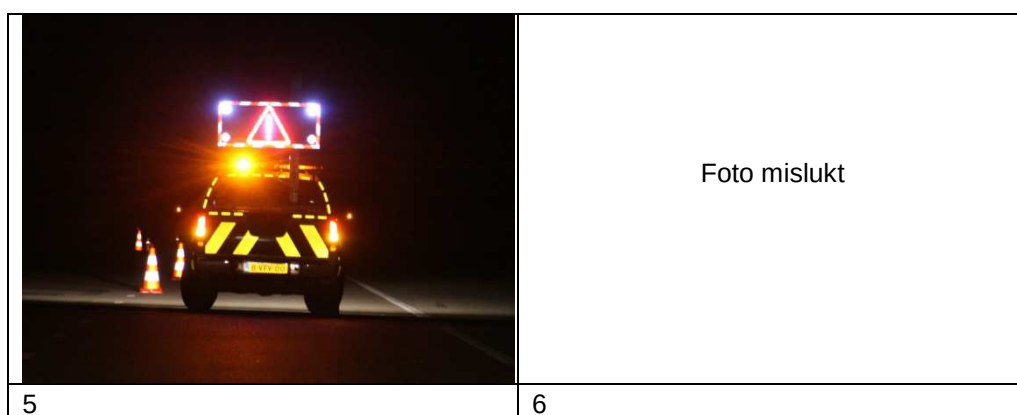
De foto's zijn gemaakt met een digitale camera (Canon, 400D; brandpuntafstand objectief: 85 mm tot 200 mm) op een afstand van 104 m of 240 m van de voorkant van de opstellingen (nulpunt). Van elke situatie zijn meerdere foto's gemaakt met verschillende sluitertijden. De foto's in dit rapport zijn gemaakt met dezelfde instellingen van de fotocamera (brandpuntafstand 200 mm, diafragma: f/5.6, sluitertijd 1/4 sec, gevoeligheid: ISO 1600, zonder flits). Om het retroreflecterend materiaal realistisch vast te leggen stond de camera vóór de auto tussen de gedimde koplampen op de hoogte van de ogen van de bestuurder.

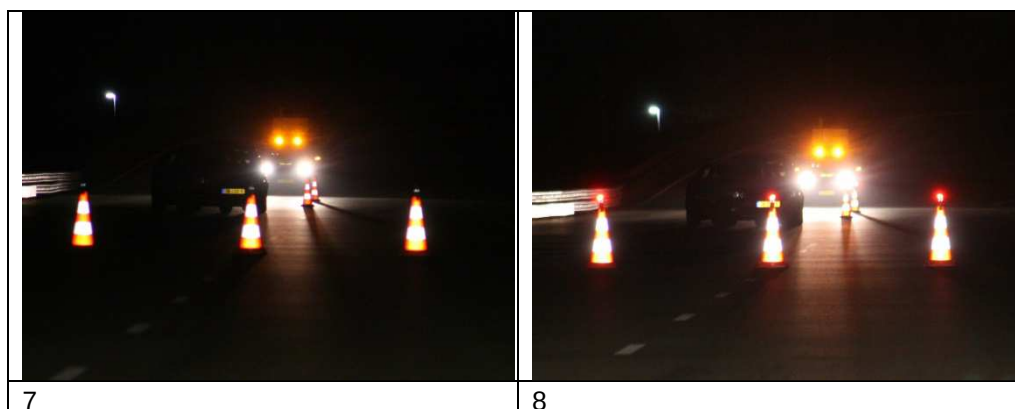


Figuur 5 Opstelling 1. Links: E-flares uit, rechts: E-flares aan, boven: aanrijstrook 1 (linker rijstrook), onder aanrijstrook 2 (rechter rijstrook). Afstand is 240 m. De getallen duiden op het nummer van de meting.



Figuur 6 Opstelling 2. Links: E-flares uit, rechts: E-flares aan, boven: 75 cm kegels, onder 50 cm kegels. Aanrijstrook 2 (rechter rijstrook). Afstand is 104 m. De getallen duiden op het nummer van de meting.





Figuur 7 Opstelling 3. Links: E-flares uit, rechts: E-flares aan, boven: aanrijrichting a, onder: aanrijrichting b. De foto met de E-flares aan en aanrijrichting b is mislukt. Afstand is 104 m. De getallen duiden op het nummer van de meting.

2.2.3.4 Lichtomstandigheden

De waarnemingsproef is uitgevoerd op 2 april 2015 tussen 20h50 en 3 april 2015 om ongeveer 01h30. De start van de proef was ruim ná zonsondergang (20h13) zodat de proef niet werd beïnvloed door daglicht. Tijdens de proef was de wegverlichting op het testcircuit uitgeschakeld.

2.2.3.5 Waarnemers

De metingen van de zichtbaarheidsafstanden en de beoordelingen van de herkenbaarheid zijn uitgevoerd door drie geroutineerde deskundigen van TNO met een normale gezichtsscherpte (allemaal 2, TNO Landolt-C). De leeftijd van deze waarnemers was 26, 47 en 63 jaar (gemiddeld 45,3 jaar).

2.2.3.6 Zichtbaarheidsafstand

De zichtbaarheidsafstand van de opstellingen werd bepaald door deze langzaam te naderen in de testauto met gedimde koplampen vanaf een afstand van de maximum afstand van 616 m. De drie waarnemers zaten in deze testauto en moesten de afstanden noteren waarop ze bepaalde aspecten van de opstelling konden waarnemen. De afstand van de testauto tot de voorkant van de opstelling (nulpunt) werd gemeten met een GPS-systeem met een meetnauwkeurigheid van 2 meter. De afstand tot de opstelling was gedurende de nadering zichtbaar voor alle waarnemers zodat ieder voor zich de zichtbaarheidsafstand kon vaststellen.

De aspecten of onderdelen van het voertuig waarvan de zichtbaarheidsafstanden werden bepaald zijn:

- *E-flares*. Hierbij moest de afstand genoteerd worden waarbij de E-flares (indien ingeschakeld) nèt zichtbaar waren.
- *Zwaailicht WIS-auto*. De afstand waarop de zwaailichten van de WIS-auto zichtbaar nèt waren. Alleen van toepassing als deze waren ingeschakeld (als de WIS-auto op een rijstrook stond).
- *Alternerende lichten WIS-auto*. Afstand waarop de alternerende lichten van de WIS-auto nèt zichtbaar waren. Alleen van toepassing als deze waren ingeschakeld (als de WIS-auto op de vluchtstrook stond).
- *Pijl autodrip*. De afstand waarop de richting van de pijl van de autodrip nèt leesbaar was.

- *Bord autodrip*. De afstand waarop het waarschuwbord (J37) op de autodrip nèt leesbaar was.
- *Kegels*. De afstand waarop de verkeerskegels nèt zichtbaar waren door de retroreflecterende rood-witte banden. (Dus niet door de E-flares.)
- *Locatie kegels*. De afstand waarop de locatie van de verkeerskegels nèt duidelijk zichtbaar was. Hierbij moest het duidelijk zijn op welke rijstrook ze stonden.
- *Striping WIS-auto*. De afstand waarop de geel-zwarte striping van de WIS-auto is nèt zichtbaar was.
- *Contourmarkering*. De afstand waarop de contourmarkering van de WIS-auto nèt zichtbaar was. Hierbij ging het om de zichtbaarheid van alle contourmarkeringen, ook die aan de bovenkant van de ruiten die het minst goed zichtbaar zijn.
- *Locatie WIS-auto*. Afstand waarop het nèt duidelijk was op welke strook de WIS-auto zich bevond.
- *Stand WIS-auto*. Afstand waarop het nèt duidelijk was op welke stand de WIS-auto had, recht of fend-off.

2.2.3.7 Herkenbaarheid

De herkenbaarheid van een object wordt bepaald door de zichtbaarheid van één of meer aspecten van het object. Een WIS-auto zal herkenbaar zijn als een aantal karakteristieke aspecten zoals een zwaailicht, striping of DRIP zichtbaar zijn. De verkeerskegels en E-flares zullen herkenbaar zijn door de vorm, kleur en de dynamische eigenschappen van de E-flares. De opstelling met de combinatie van de verkeerskegels en de WIS-auto moet voor de weggebruiker duidelijk zijn zodat deze de juiste beslissing kan nemen.

De herkenbaarheid van de opstellingen werd gemeten door de waarnemers op een vaste afstand een vragenlijst te laten invullen waarbij de verschillende aspecten van de herkenbaarheid van deze objecten werden beoordeeld op een 10-puntsschaal (Tabel 1). Verder konden de waarnemers vrij commentaar geven en eventuele suggesties voor verbetering toevoegen. De waarnemers werd gevraagd hun eigen oordeel te geven en niet te overleggen met de andere waarnemers. De vragenlijst is als bijlage opgenomen in dit rapport (zie bijlage A).

Tabel 1 Aspecten van de herkenbaarheid die zijn beoordeeld op een 10-puntsschaal (. 1 = zeer slecht, 2 = slecht, 3 = ruim onvoldoende, 4 = onvoldoende, 5 = twijfelachtig, 6 = voldoende, 7 = ruim voldoende, 8 = goed, 9 = zeer goed, 10 = uitstekend).

Nr.	Aspect
1	Herkenbaar als verkeersrelevant object
2	Herkenbaar als stilstaand object
3	Herkenbaar als afwijkende situatie
4	Herkenbaarheid als hulpvoertuig
5	Locatie van WIS-auto
6	Duidelijkheid informatie
7	Configuratie kegels
8	Duidelijkheid stand voertuig

De te beoordelen aspecten van de herkenbaarheid zijn beknopt weergegeven in Tabel 1 en worden hieronder verder toegelicht:

- Bij aspect 1 moest beoordeeld worden of de opstelling herkenbaar is als een object is dat relevant is voor het verkeer en waar mogelijk op gereageerd moet worden door de waarnemer. Dat kan bijvoorbeeld een voertuig of een wegafzetting zijn die zich op of naast de weg bevindt.
- Bij aspect 2 moest beoordeeld worden in hoeverre de opstelling waargenomen werd als een stilstaand object. Is het duidelijk dat het object stil staat op de rijbaan of dat het bijvoorbeeld een met het verkeer meedrijdend voertuig is met een zwaailicht.
- Bij aspect 3 moest een oordeel worden gegeven over de herkenbaarheid van de opstelling als een afwijkende situatie in vergelijking tot het normale verkeersbeeld.
- Bij aspect 4 moest de herkenbaarheid van de WIS-auto als een hulpvoertuig worden beoordeeld. Het was hierbij niet nodig dat de auto als een WIS-auto werd herkend maar wel als een voertuig dat hulp verleend bij calamiteiten of pech op de weg.
- Bij aspect 5 moest beoordeeld worden in hoeverre de locatie van de WIS-auto duidelijk is. Staat de WIS-auto op een van de rijstroken of op de vluchtstrook?
- Aspect 6 gaat over de begrijpelijkheid van de situatie. Is de informatie van de situatie duidelijk voor de weggebruiker en weet de weggebruiker hoe hij of zij hierop moet reageren? Aan welke kant moet ik passeren of moet ik stoppen? Als de informatie te weinig is of elkaar tegenspreekt dan zal het voor de weggebruiker (te lang) onduidelijk voordat deze weet wat te doen.
- Bij aspect 7 moest de configuratie van de verkeerskegels worden herkend. Staan ze dwars op de weg of langs de wegbelijning en is duidelijk op welke strook ze staan?
- Bij aspect 8 moest de stand van de WIS-auto beoordeeld worden. Staat de WIS-auto in fend-off of recht op de rij- of vluchtstrook?

De herkenbaarheid is gemeten vanuit een stilstaande auto met dimlichten aan en op een afstand die gelijk is aan de stopafstand voor de desbetreffende situatie. De beoordelingsafstand was 240 m voor opstelling 1 en 104 m voor opstelling 2 en 3. Bij opstelling 2, met de WIS-auto op de vluchtstrook, is abusievelijk een afstand van 104 m gebruikt in plaats van 240 m die eigenlijk hoort bij die opstelling. In de analyse van de resultaten gaan we hierop in; het beïnvloedt de conclusies van dit onderzoek niet.

2.2.3.8 Procedure

In Tabel 2 staat het schema met de metingen zoals die op locatie zijn uitgevoerd. De metingen van de opstellingen (Figuur 4) in de verschillende condities zijn in volgorde van het metingnummer uitgevoerd, met één uitzondering: meting 4 is eerst uitgevoerd en daarna meting 3.

Als eerste werden vier condities van opstelling 1 beoordeeld, waarbij de E-flares, die altijd op de verkeerskegels waren gemonteerd, uit- resp. aangeschakeld waren. Deze E-flare condities werden vanuit de auto met de waarnemers gemeten vanaf dezelfde rijstrook waar ook de WIS-auto stond (aanrijstrook 1) en vanaf de rijstrook links naast de WIS-auto (aanrijstrook 2).

Daarna werden vier condities van opstelling 3 beoordeeld, waarbij eerst aanrijrichting a en daarna aanrijrichting b werd gemeten (Figuur 4), met de E-flares uit- en aangeschakeld. Bij aanrijrichting a staat de WIS-auto op dezelfde rijstrook

als de auto van de waarnemers en bij aanrijrichting b staat de WIS-auto verderop op de rijstrook links van de auto van de waarnemer, namelijk op de rijstrook van het tegemoetkomend verkeer.

Als laatste werden vier condities van opstelling 3 gemeten, waarbij verkeerskegels van 75 cm en 50 cm werden gebruikt en de E-flares uit- en aangeschakeld. De WIS-auto stond hierbij op de vluchtstrook en de auto met de waarnemers stond op de rechterrijstrook (links van de vluchtstrook).

Tabel 2 Meetschema van de metingen op locatie. Gebruik attentieverlichting is conform richtlijn RWS(2011). Gevaarsbord is bordnummer J37. Aanrijstrook: 1 =dezelfde strook als WIS-auto, 2=strook links naast WIS-auto, 3=strook rechts naast WIS-auto (WIS-auto op rijstrook van tegenliggers).

Meting nr.	Opstel -ling	Aan-rijd-gevaar	WIS-auto			Verkeerskegels		E-flares	Aanrij-strook)**
			Locatie	Attentie-verlichting	Opschrift Autodrip	Locatie, aantal	Maat (cm)		
1	1	1-zijdig	Rechter rijstrook	Zwaailicht	Pijl links	Voorbij WIS-auto, 5 stuks	75	uit	1
2	1	1-zijdig	Rechter rijstrook	Zwaailicht	Pijl links	Voorbij WIS-auto, 5 stuks	75	aan	1
3	1	1-zijdig	Rechter rijstrook	Zwaailicht	Pijl links	Voorbij WIS-auto, 5 stuks	75	uit	2
4	1	1-zijdig	Rechter rijstrook	Zwaailicht	Pijl links	Voorbij WIS-auto, 5 stuks	75	aan	2
5	3	2-zijdig	rijbaan	Zwaailicht	Gevaars-bord	Voorbij WIS-auto, 2 stuks, verderop 3 dwars	75	uit	1
6	3	2-zijdig	rijbaan	Zwaailicht	Gevaars-bord	Voorbij WIS-auto, 2 stuks, verderop 3 dwars	75	aan	3
7	3	2-zijdig	rijbaan	Zwaailicht	Gevaars-bord	3 stuks dwars, verderop 2 stuks en WIS-auto	75	uit	3
8	3	2-zijdig	rijbaan	Zwaailicht	Gevaars-bord	3 stuks dwars, verderop 2 stuks en WIS-auto	75	aan	1
9	2	1-zijdig	Vlucht-strook	Alter-nerende verlichting	Gevaars-bord	Vóór WIS-auto, 5 stuks	75	uit	2
10	2	1-zijdig	Vlucht-strook	Alter-nerende verlichting	Gevaars-bord	Vóór WIS-auto, 5 stuks	75	aan	2
11	2	1-zijdig	Vlucht-strook	Alter-nerende verlichting	Gevaars-bord	Vóór WIS-auto, 5 stuks	50	uit	2
12	2	1-zijdig	Vlucht-strook	Alter-nerende verlichting	Gevaars-bord	Vóór WIS-auto, 5 stuks	50	aan	2

2.3 Resultaten

2.3.1 Analyse

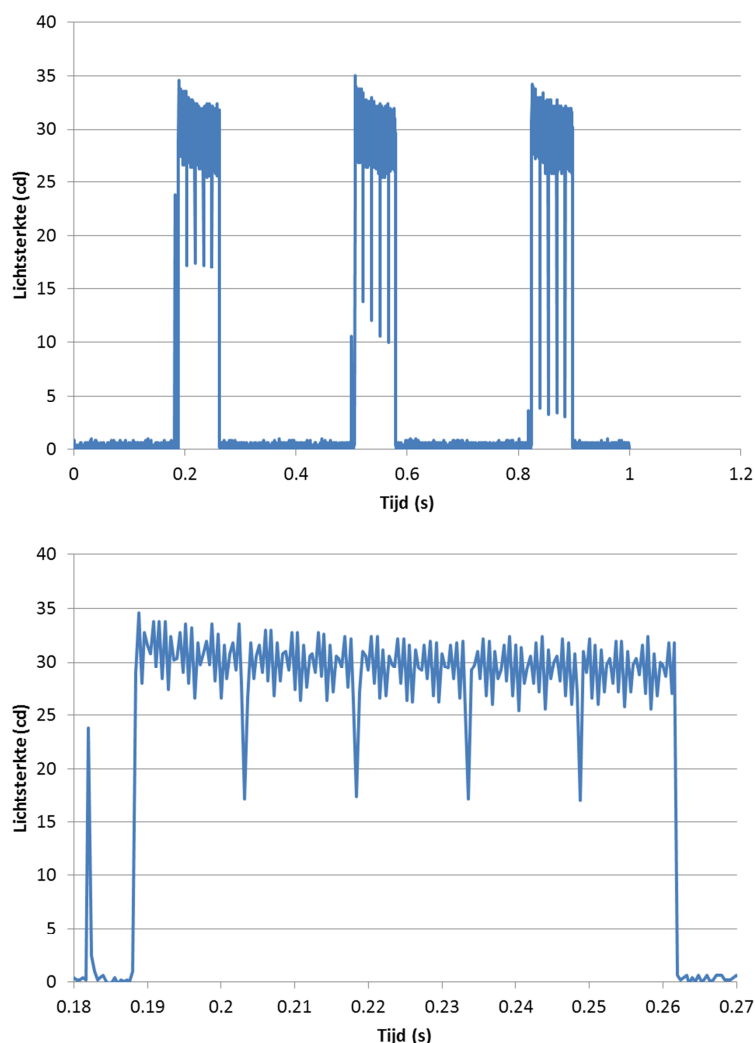
Van alle metingen werden per conditie de gemiddelden, de standaarddeviaties en de standaardfouten berekend. De standaardfout (ook wel SEM = *standard error of the mean* genoemd) is gelijk aan de standaarddeviatie gedeeld door het aantal metingen. Dat betekent dus dat de standaardfout minder wordt als er meer metingen zijn uitgevoerd. De spreidingsaanduidingen in de grafieken van dit rapport zijn in standaardfouten. Als de spreidingsaanduidingen overlappen zijn de verschillen tussen de gemiddelden in de grafieken statistisch niet significant en kunnen ze dus beschouwd worden als niet verschillend. Bij twijfel werden de gemeten verschillen tussen de gemiddelden van verschillende condities statistisch getoetst met een t-toets.

Hierbij is de kans (p) berekend dat de verschillen tussen condities op toeval berusten. Als deze kans kleiner is dan 5% ($p < 0,05$) dan gaan we er van uit dat het gevonden verschil niet op toeval berust en is het effect statistisch significant.

2.3.2 Laboratoriummetingen

2.3.2.1 Lichtsterkte E-flares

In Figuur 8 is een voorbeeld gegeven van de vorm van de lichtflits van een van de E-flares. De lichtflitsen zijn rechthoekig maar vertonen kleine regelmatige variaties. Verder wordt elke flits voorafgegaan door een kleine korte flits die te verwaarlozen is. Voor het berekenen van de effectieve lichtsterkte zijn we uitgegaan van een rechthoekige flits waarvan de maximum lichtsterkte gelijk is aan de gemiddelde lichtsterkte van de flits, in dit voorbeeld 29,55 cd. De lengte van de flits is in dit voorbeeld 0,0736 s. Dat betekent dat de effectieve lichtsterkte van de deze lichtflits volgens formule (1) gelijk is aan 7,95 cd. Dat betekent dus dat bij deze korte flits de waargenomen effectieve lichtsterkte gelijk is aan 27% van de lichtsterkte van een continue licht.



Figuur 8 Vorm van de lichtflits van een van de E-flares (aanzicht 1, verticale hoek 0 graden). Boven: 3 flitsen, onder: alleen eerste lichtflits.

Van vijf E-flares zijn de lichtsterkten en de dynamische eigenschappen gemeten. De gemiddelde lengte van de lichtflits was 0,0773 s. De afstand tussen de voorflanken van de flitsen was gemiddeld 0,318 s (3,14 Hz). In Tabel 3 staan de gemiddelden en de standaarddeviaties van de effectieve lichtsterkten voor drie verschillende aanzichten (zie ook Figuur 2). Het blijkt dat aanzicht 1 de hoogste lichtsterkte heeft. Dit is het aanzicht dwars op de ophanghaken komt overeen met het aanzicht in Figuur 1.

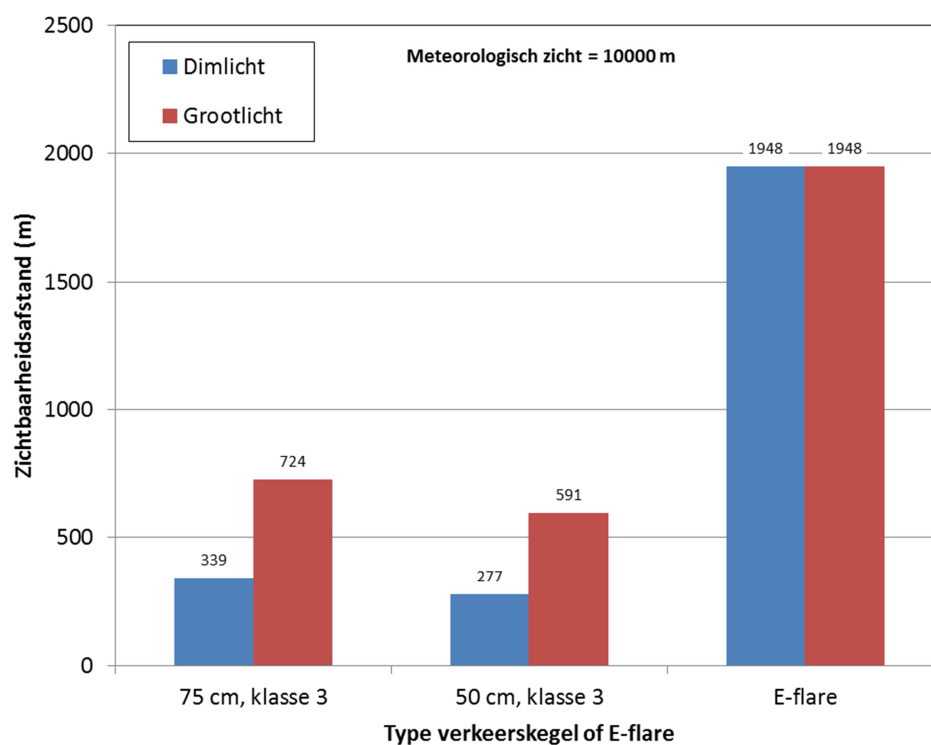
Tabel 3 Gemiddelde effectieve lichtsterkte van vijf E-flares voor drie verschillende aanzichten. 1 = dwars op ophanghaken, 2 = loodrecht op montageplaatje met leds, 3 = in het verlengde van montageplaatje. De verticale hoek is 0 graden.

Aanzicht	Effectieve lichtsterkte (cd)	
	Gemiddelde	Standaarddeviatie
1	6,81	1,15
2	6,61	1,40
3	1,73	0,20

De resultaten in Tabel 3 gelden voor een verticale uitstralingshoek van 0 graden. Bij één E-flare is de invloed van de verticale uitstralingshoek gemeten. Hierbij bleek dat de lichtsterkte met maximaal 32% toeneemt (bij verticale uitstralingshoek van 1 graad). In de praktijk worden de E-flares al op grote afstand waargenomen waardoor de verticale hoek hooguit een tiende graad is zodat de invloed van de verticale hoek is te verwaarlozen. Daarom zijn we bij de berekening van de zichtbaarheidsafstand uitgegaan van de lichtsterkte bij een verticale hoek van 0 graden. Verder is verondersteld dat de E-flares dwars op de ophanghaken worden waargenomen (aanzicht 1) zodat de effectieve lichtsterkte 6,81 cd is.

2.3.2.2 Zichtbaarheidsafstand

In Figuur 9 staan de zichtbaarheidsafstanden van de drie typen verkeerskegels en E-flares die berekend werden met een waarnemingsmodel op basis van fotometrische metingen in het laboratorium. De zichtbaarheidsafstanden van de verkeerskegels stammen uit een eerdere studie (Alferdinck, 2015). De zichtbaarheidsafstand van de E-flares is gebaseerd op een effectieve lichtsterkte van 6,81 cd.



Figuur 9 Zichtbaarheidsafstand van de twee typen verkeerskegels (75 cm en 50 cm hoog) en een E-flare bij dimlicht en groot licht.

Het blijkt dat de zichtbaarheidsafstand van de E-flares 1948 m is. Dat is dus veel groter dan de zichtbaarheidsafstanden van de verkeerskegels (zonder E-flares) die in het dimlicht van de autokoplampen een zichtbaarheidsafstand hebben van 339 m en 277 m voor de verkeerskegels van 75 m en 50 cm. Bij het gebruik van groot licht zal de zichtbaarheidsafstand ruim verdubbelen. Het voeren dimlicht of grootlicht heeft uiteraard geen invloed op de zichtbaarheidsafstand van de E-flares. De E-flares hebben een interne lichtbron die voor hun zichtbaarheid zorgt en zijn onafhankelijk van de het licht van de koplampen. De verkeerskegels daarentegen worden 's nachts zichtbaar door het licht van de koplampen dat reflecteert in de retroreflecterende delen van de kegels.

2.3.2.3 Conclusies laboratoriummetingen

- Op basis van lichtmetingen en modelberekeningen blijkt dat de verkeerskegels van 50 cm en 75 cm, 's nachts in het in het dimlicht van autokoplampen, een zichtbaarheidsafstand hebben van respectievelijk 277 m en 339 m. Bij het gebruik van grootlicht wordt deze afstand ruim verdubbeld.
- De zichtbaarheidsafstand van E-flares is bij duisternis gelijk aan 1948 m.

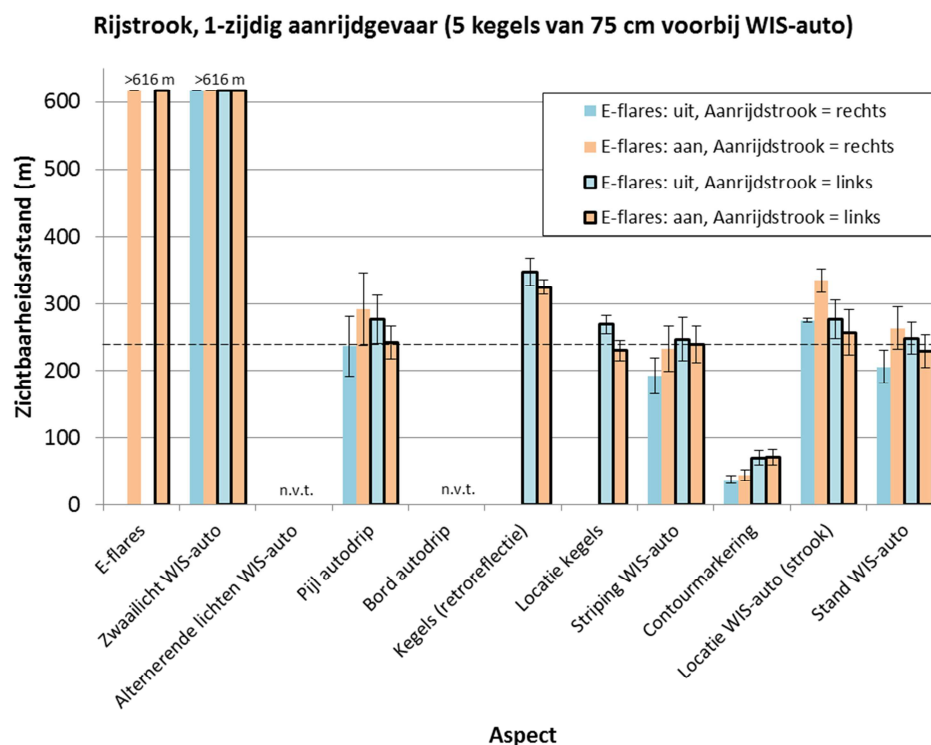
2.3.3 Metingen op locatie

2.3.3.1 Algemeen

De resultaten van het waarnemingsexperiment op locatie zijn uitgesplit in de zichtbaarheidsafstanden en de beoordeling van de herkenbaarheid, waarbij achtereenvolgens de opstellingen 1 (Rijstrook, 1-zijdig aanrijgevaar), 2 (Vluchtstrook, 1-zijdig aanrijgevaar) en 3 (Rijstrook, 2-zijdig aanrijgevaar) aan de orde komen. Per opstelling worden de resultaten besproken aan de hand van een grafiek en het commentaar van de waarnemers (zie bijlage A).

2.3.3.2 Zichtbaarheidsafstanden

Figuur 10 toont de zichtbaarheidsafstanden van de verschillende aspecten van opstelling 1 met WIS-auto op de rechterrijstrook bij 1-zijdig aanrijgevaar. Er is onderscheid gemaakt tussen uit- of aangeschakelde E-flares en tussen de aanrijstrook, waarbij auto met de waarnemers zich bevindt op dezelfde rijstrook als de WIS-auto (rechter rijstrook) of als de auto met de waarnemers zich bevindt op de rijstrook direct links naast de WIS-auto (linker rijstrook).



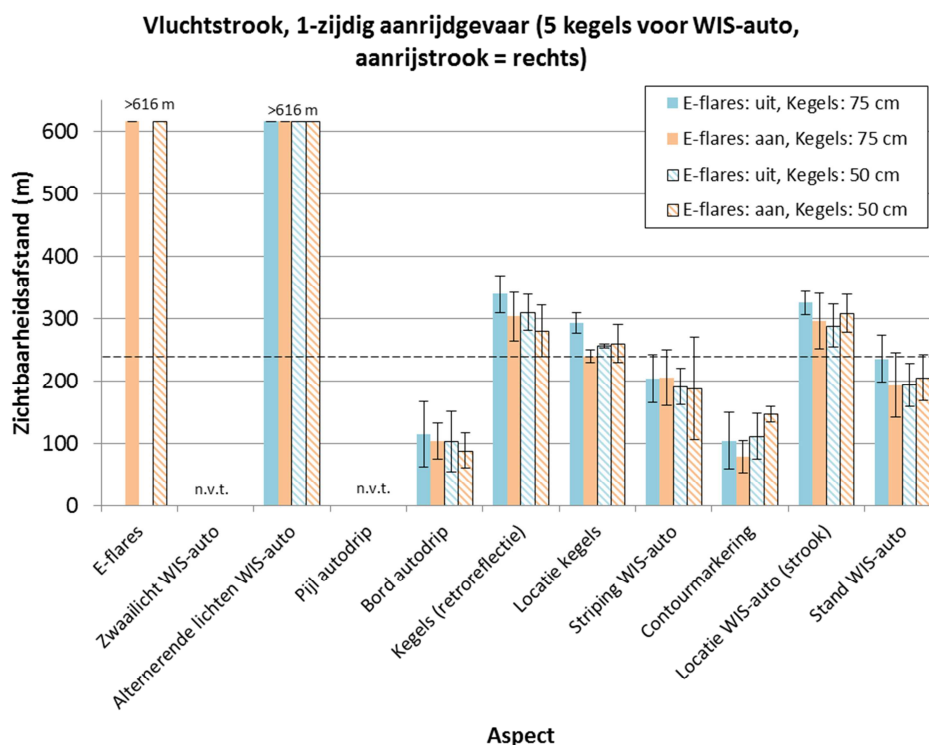
Figuur 10 Zichtbaarheidsafstanden van de verschillende aspecten van opstelling 1 met WIS-auto op de rechterrijstrook en 1-zijdig aanrijgevaar, met in- en uitgeschakelde E-flares. Aanrijstrook is de linker of rechter rijstrook (links, rechts). De spreidingsaanduiding is de standaardfout (SEM). De stippellijn geeft de stopafstand van 240 m aan.

Uit de analyse van de resultaten van Figuur 10 en aanvullende opmerkingen van de waarnemers blijkt het volgende:

- De E-flares en het zwaailicht waren op de maximale meetafstand van 616 m nog steeds zichtbaar. De werkelijke zichtbaarheidsafstanden waren niet meetbaar maar zijn dus zeker groter dan 616 m en zijn daarom aangeduid met >616 m. Op grote afstand waren de E-flares te zien vanaf beide rijstroken.

Als de opstelling dichter werd genaderd (300-400 m) op de rechter rijstrook dan verdwenen de E-flares, en de verkeerskegels waarop ze gemonteerd waren, achter de WIS-auto.

- De alternerende lichten en het bord op de autodrip waren in deze opstelling niet ingeschakeld en daarom niet van toepassing in Figuur 10.
- De pijl op de autodrip was gemiddeld leesbaar op een afstand van 261 m. Hierbij kan de richting van de pijl (links) worden waargenomen. De leesbaarheid is niet afhankelijk van de aanrijstrook of de schakelstand van de E-flares. Wel werd opgemerkt dat de onderkant van pijl minder goed zichtbaar is omdat deze werd overstraald door de zwaailichten van de WIS-auto.
- De retroreflecterende delen van de verkeerskegels waren niet zichtbaar vanaf de rechter rijstrook en hadden daarom een zichtbaarheidsafstand van 0 m. Op de linker rijstrook waren de retroreflecterende verkeerskegels zichtbaar op een gemiddelde afstand van 336 m. Dit klopt goed met de berekeningen van het waarnemingsmodel die een afstand van 339 m voorspelde (zie Figuur 9). Er was geen effect van E-flares op de zichtbaarheid van de retroreflectie van de verkeerskegels.
- De locatie van de verkeerskegels was alleen zichtbaar vanaf de linker rijstrook. Het lijkt alsof de locatie van de verkeerskegels minder goed zichtbaar was als de E-flares waren ingeschakeld, dat wil zeggen dat het minder duidelijk was op welke rijstrook ze stonden, maar dit bleek niet statistisch significant (t-toets, $p=0.13$).
- De striping van de WIS-auto was zichtbaar op de gemiddelde afstand van 227 m. Er was geen effect van E-flares of aanrijstrook.
- Contourmarkering was pas laat volledig zichtbaar. De contourmarkering boven wielkasten was al op enkele honderden meters zichtbaar maar de contourmarkering boven de raamlijsten was pas op een afstand van 40 m zichtbaar. Vanaf de linker rijstrook was de contour iets beter zichtbaar dan vanaf de rechter rijstrook.
- De locatie WIS-auto was gemiddeld op een afstand van 285 m zichtbaar. Dat is ruim boven de stopafstand van 240 m. Er is geen statistisch significant verschil tussen E-flares aan en uit.
- De stand van de WIS-auto (in dit geval de fend-off stand) was gemiddeld op een afstand van 236 m zichtbaar. Dat is gelijk aan de stopafstand van 240 m (statistisch niet significant verschillend). Ook hier is er geen statistisch significant verschil gevonden tussen de aan- en uitgeschakelde E-flares.
- De locaties van de verkeerskegels en de WIS-auto waren op voldoende afstand zichtbaar, namelijk minimaal op de stopafstand van 240 m.

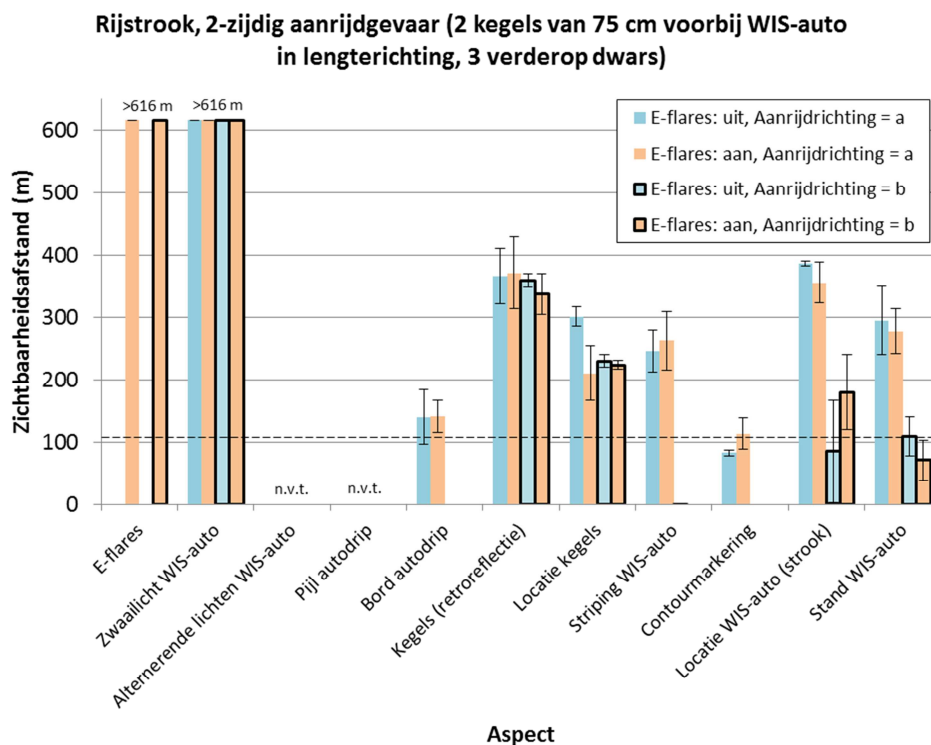


Figuur 11 Zichtbaarheidsafstanden van de verschillende aspecten van opstelling 2 met WIS-auto op de vluchtstrook en 1-zijdig aanrijdgevaar, met in- en uitgeschakelde E-flares en twee maten verkeerskegels. Aanrijstrook is de rechter rijstrook. De spreidingsaanduiding is de standaardfout (SEM). De stippellijn geeft de stopafstand van 240 m aan.

Figuur 11 toont de zichtbaarheidsafstanden van de verschillende aspecten van opstelling 2 met de WIS-auto op de vluchtstrook bij 1-zijdig aanrijdgevaar in de condities met uit- of aangeschakelde E-flares en met verkeerskegels van twee verschillende formaten. Uit deze figuur en aanvullend commentaar blijkt het volgende:

- De E-flares en alternierende lichten waren van veraf zichtbaar (>616 m). De zwaailichten en pijl op autodrip zijn niet van toepassing bij deze opstelling.
- De retroreflecterende delen van de verkeerskegels waren zichtbaar op een gemiddelde afstand van 308 m vanaf het nulpunt dat bij de eerste kegel lag. De eerste en laatste kegel stonden 50 m uit elkaar; dit pleit voor het verhogen van de zichtbaarheidsafstand met de helft hiervan (25 m). Dit levert als gecorrigeerde zichtbaarheidsafstand: $308 + 25 = 333$ m, wat zeer goed overeenstemt met de voorspelling van 339 m van het waarnemingsmodel (Figuur 9). De zichtbaarheidsafstand van de kegels wordt niet beïnvloed door het inschakelen van de E-flares. Verder bleek er uit de metingen geen visueel verschil tussen de twee maten kegels. Bij 50 cm en 75 cm waren de gemiddelde zichtbaarheidsafstanden resp. 295 m en 321 m; de standaardfout is 24 m waardoor het verschil tussen deze zichtbaarheidsafstanden statistisch niet significant is.
- De locatie van de kegels is met een gemiddelde zichtbaarheidsafstand van 263 m redelijk duidelijk waarneembaar. Hierop heeft de grootte van de verkeerskegels (50 cm of 75 cm) geen invloed. Verder heeft het inschakelen van de E-flares, tegen de verwachting in, geen effect op het waarnemen van de locatie van de kegels.

- Uit het commentaar van de waarnemers bleek dat de knipperende E-flares los leken te staan van de kegels, vooral op grotere afstand. Verder wordt opgemerkt dat de waarneming van de E-flares wordt gehinderd door hun alternerende lichten. Hierdoor helpen de E-flares dus niet bij het bepalen van de locatie van de kegels ondanks het feit dat ze op zeer grote afstand zichtbaar zijn.
- De striping van de WIS-auto is zichtbaar op een gemiddelde afstand van 197 m van het nulpunt. Dat is dus $197 + 50 = 247$ m vanaf de WIS-auto. Dat is iets meer dan de zichtbaarheidsafstand van 227 m bij opstelling 1. Een mogelijke verklaring voor dit verschil is dat de retroreflectie in de fend-off stand iets minder goed werkt dan in de rechtstand omdat de invalshoek van het koplamplicht groter is (ca. 45 graden) dan in rechtstand (ca. 0 graden).
- De contourmarkering van de WIS-auto is volledig zichtbaar op een gemiddelde afstand van 110 m vanaf het nulpunt en dus op $110 + 50 = 160$ m vanaf de WIS-auto. Dit is veel beter dan bij opstelling 1 waar de WIS-auto in fend-off stond. Blijkbaar is de contourmarkering net als de striping door een gunstigere invalshoek beter zichtbaar in rechtstand dan in fend-off.
- De locatie van de WIS-auto is gemiddeld op een afstand van 305 m van het nulpunt zichtbaar. Dat is dus op $305 + 50 = 355$ m afstand van de WIS-auto en verder dan de 285 m in de opstelling 1. Er is geen effect gemeten van de aanwezigheid van E-flares of de grootte van de kegels.
- De stand van de WIS-auto is gemiddeld zichtbaar op een afstand van 206 m van het nulpunt en $206 + 50 = 256$ m van de WIS-auto. Dit is vergelijkbaar met de afstand gemeten in opstelling 1.
- De locaties van de verkeerskegels en de WIS-auto zijn op voldoende afstand zichtbaar, namelijk minimaal op de stopafstand van 240 m.



Figuur 12 Zichtbaarheidsafstanden van de verschillende aspecten van opstelling 3 met WIS-auto en verkeerskegels op een weg met 2-zijdig aanrijdgevaar, met in- en uitgeschakelde E-flares en twee aanrijdrichtingen (a, b). De spreidingsaanduiding is de standaardfout (SEM). De stippellijn geeft de stopafstand van 104 m aan.

Figuur 12 toont de zichtbaarheidsafstanden van de verschillende aspecten van opstelling 3 met WIS-auto op de rijstrook bij 2-zijdig aanrijdgevaar in de condities met uit- of aangeschakelde E-flares en twee aanrijdrichtingen. Uit deze figuur en aanvullend commentaar blijkt het volgende:

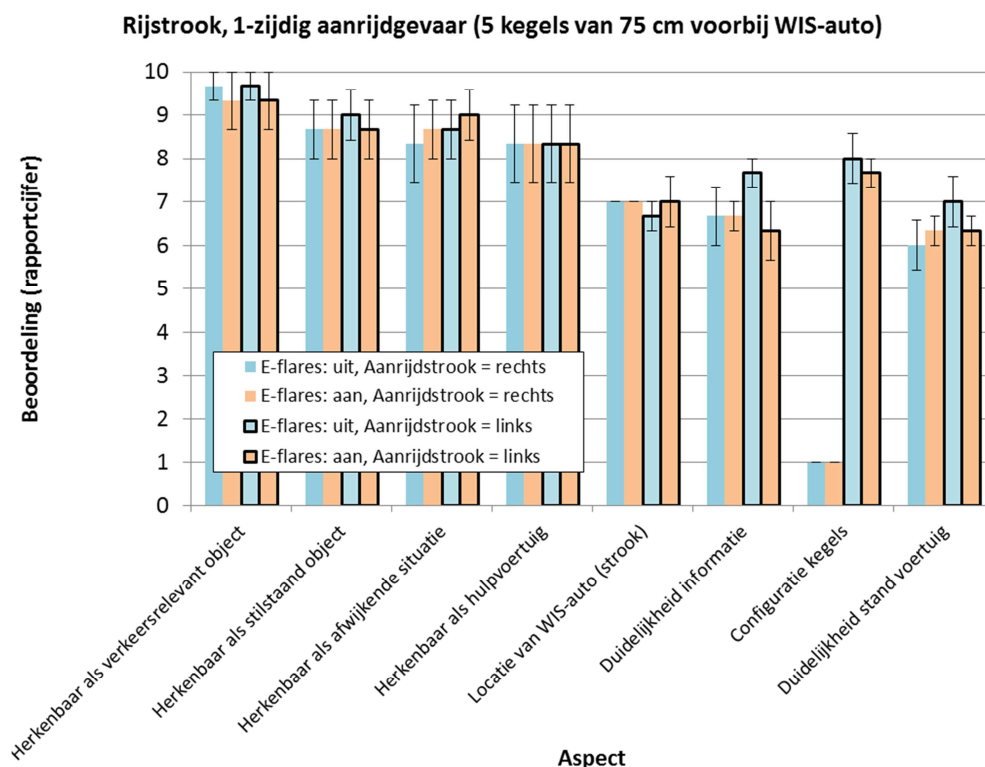
- De E-flares en zwaailicht zijn van veraf zichtbaar (>616 m).
- De alternierende lichten en pijl op autodrip zijn niet van toepassing voor deze opstelling.
- De bord op de autodrip is alleen zichtbaar in aanrijdrichting a omdat in aanrijdrichting b tegen de achterkant van het bord gekeken wordt. In aanrijdrichting a is het bord leesbaar op een afstand van 141 m. Het maakt hierbij niet uit of de E-flares zijn aan- of uitgeschakeld.
- De verkeerskegels zijn zichtbaar op een gemiddelde afstand van 359 m. Dit klopt gezien de spreiding in de gemeten afstanden goed met voorspelling met waarnemingsmodel (339 m). Er is geen effect gevonden van de E-flares. Daarnaast maakt het ook geen verschil of de verkeerskegels worden benaderd vanaf de aanrijdrichting a of b.
- De locatie van de kegels wordt op een afstand van ruim 200 m waargenomen met uitzondering van één conditie, namelijk de aanrijdrichting a in combinatie met uitgeschakelde E-flares. In deze conditie wordt de locatie van de kegels op een afstand van 300 m al duidelijk waargenomen. Uit het commentaar blijkt dat in de aanrijdrichting a alleen de eerste kegel goed zichtbaar is en de andere worden afgedekt door de WIS-auto of het ongeval (zie Figuur 7).

Als de E-flares uit zijn dan is de locatie goed te zien in deze aanrijconditie. Als het incident vanaf de andere kant benaderd wordt (aanrijrichting b) dan staan er 3 kegels dwars over de weg. Deze zijn wel goed zichtbaar maar worden ook overstraald door de koplampen van de WIS-auto. Dat geldt vooral voor de middelste kegel.

- De striping van de WIS-auto is alleen goed te zien in aanrijrichting a op een gemiddelde afstand lager dan 256 m. Er is geen effect van E-flares. In aanrijrichting b is de striping niet zichtbaar. De WIS-auto staat dan op 180 m achter de eerste rij van 3 kegels met de koplampen in de richting van de waarnemer. Hierdoor is de striping onzichtbaar.
- Voor de contourmarkering geldt hetzelfde als voor de striping: deze is alleen zichtbaar in aanrijrichting a op een gemiddelde afstand lager dan 98 m. De E-flares hebben hierop geen invloed.
- De locatie van de WIS-auto is zeer goed zichtbaar (gemiddelde zichtbaarheidsafstand 371 m) in aanrijrichting a, waarbij de waarnemer WIS-auto als eerste object aantreft bij benadering van het incident. In aanrijrichting b is de gemiddelde zichtbaarheidsafstand 132 m vanaf het nulpunt. Omdat de WIS-auto 175 m voorbij het nulpunt staat is de werkelijke waarnemingsafstand dus $132 + 175 = 307$ m. Ook hier is geen effect gevonden van de E-flares.
- De stand van de WIS-auto is minder goed waar te nemen dan de locatie van de WIS-auto. In aanrijrichting a is de stand zichtbaar op een afstand van 287 m en in aanrijrichting b is dat 90 m van het nulpunt. Er is geen effect van de E-flares.
- De locaties van de verkeerskegels en de WIS-auto zijn op voldoende afstand zichtbaar, namelijk minimaal op de stopafstand van 104 m.

2.3.3.3 Herkenbaarheid

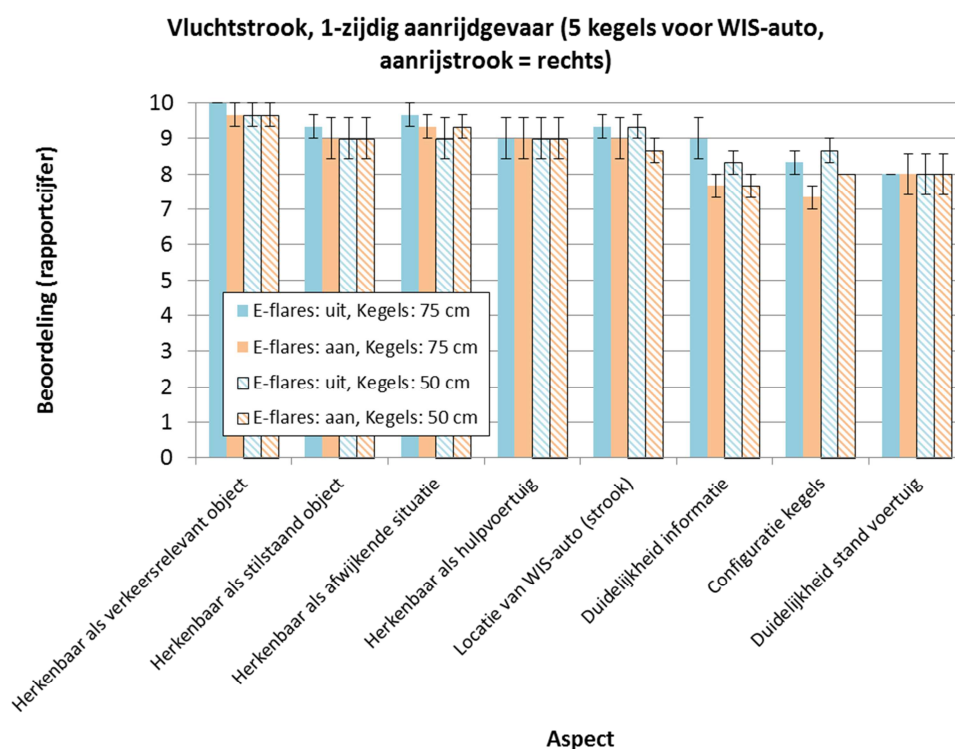
De resultaten van de beoordelingen van de herkenbaarheid van de verschillende aspecten zijn weergegeven in Figuur 13, Figuur 14 en Figuur 16 voor de opstellingen 1, 2 en 3.



Figuur 13 Beoordeling van de herkenbaarheid van de verschillende aspecten van de opstelling 1 met WIS-auto en verkeerskegels op de rechter rijstrook en 1-zijdig aanrijdgevaar. De spreidingsaanduiding is de standaardfout (SEM). Beoordelingsafstand is 240 m.

Uit de beoordeling van opstelling 1 in Figuur 13 en de aanvullende commentaren blijkt het volgende:

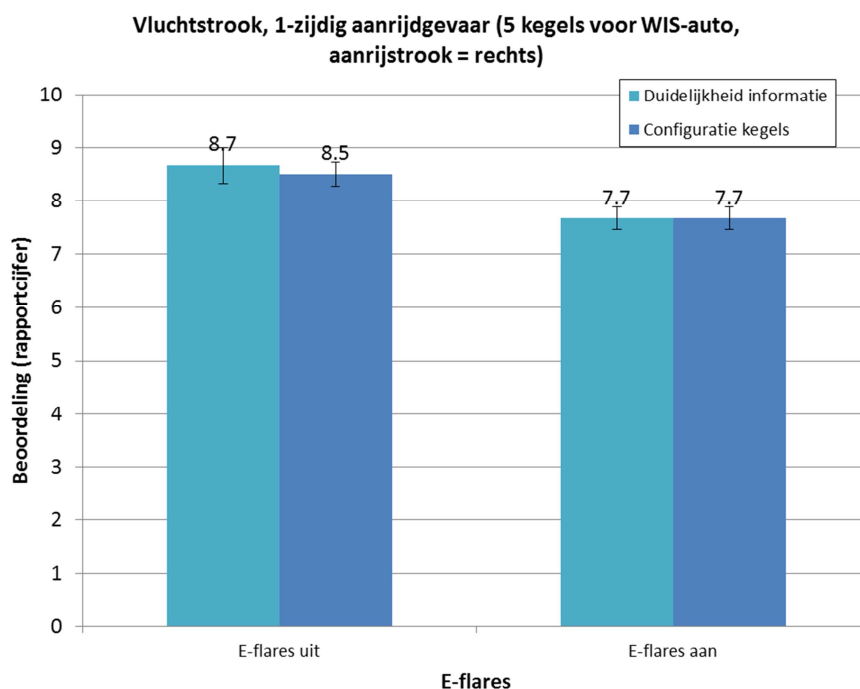
- Over het algemeen is er geen effect gevonden van E-flares op de beoordeling van de herkenbaarheid van de verschillende aspecten, behalve bij de duidelijkheid van de informatie. Deze lijkt iets beter te scoren met de E-flares als de waarnemer op linker rijstrook zit. Uit commentaar blijkt dat de knipperende licht van de E-flares los lijken te staan van de kegels waardoor juist een onrustig en onsamenvattend beeld ontstaat en visuele informatie onduidelijker wordt.
- De configuratie van de kegels werd als slecht beoordeeld vanaf de rechter rijstrook omdat de kegels werden afgedekt door de WIS-auto. Op de linker rijstrook werd ze als zeer goed beoordeeld omdat de kegels vanuit die positie goed zichtbaar waren. Zie foto's in Figuur 5.



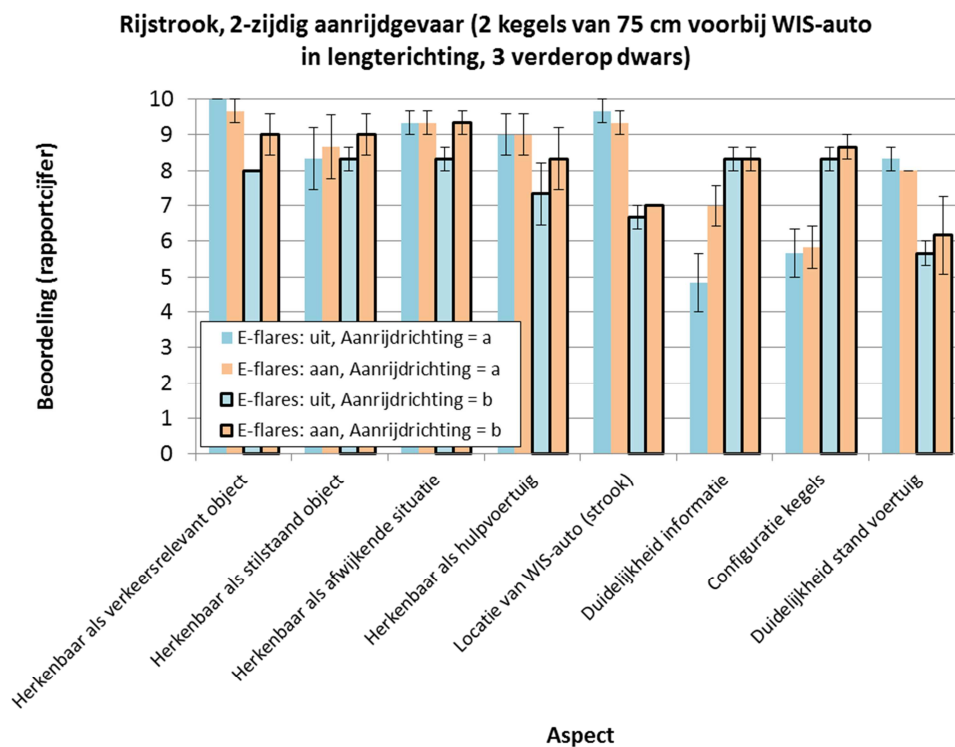
Figuur 14 Beoordeling van de herkenbaarheid van de verschillende aspecten van opstelling 2 met WIS-auto op de vluchtstrook en 1-zijdig aanrijdgevaar. De spreidingsaanduiding is de standaardfout (SEM). Beoordelingsafstand is 104 m.

Uit de beoordeling van opstelling 2 in Figuur 14 en de aanvullende commentaren blijkt het volgende:

- Er is over het algemeen geen effect gevonden van E-flares, behalve bij de duidelijkheid van de informatie en bij de configuratie van de kegels. Hierbij blijken de scores ongeveer een punt hoger te zijn als de E-flares uitgeschakeld zijn. Dit effect is in Figuur 15 apart in een figuur gezet. De E-flares hebben dus een *negatieve* invloed op de duidelijkheid van de configuratie van de verkeerskegels. In het commentaar wordt genoemd dat de knipperende E-flares het geheel minder overzichtelijk maken maar dat het rode knipperlicht van de E-flares wel een hogere urgentie weergeeft en dat er hierdoor langzamer gereden zal worden en meer links zal worden gehouden.
- Er is geen verschil gevonden in de beoordeling van de twee kegelmaten 50 cm en 75 cm. In het commentaar wordt wel genoemd dat uit de kleine kegels minder urgentie spreekt dan uit de grote kegels.



Figuur 15 Beoordeling van de herkenbaarheid van twee aspecten van opstelling 2 met WIS-auto op de vluchtstrook en 1-zijdig aanrijdgevaar. Data is gemiddeld over twee maten kegels. De spreidingsaanduiding is de standaardfout (SEM).



Figuur 16 Beoordeling van de herkenbaarheid van de verschillende aspecten van de opstelling 3 met WIS-auto en verkeerskegels op een weg met 2-zijdig aanrijdgevaar. De spreidingsaanduiding is de standaardfout (SEM). Beoordelingsafstand is 104 m.

Uit de beoordeling van opstelling 3 (zie Figuur 16) en de aanvullende commentaren blijkt het volgende:

- Over het algemeen is er geen effect van E-flares gevonden, behalve bij het aspect duidelijkheid van de informatie. Bij aanrijrichting a is deze beter beoordeeld met E-flares aan. Uit het commentaar blijkt dat het met de E-flares duidelijker is dat je om de WIS-auto heen moet rijden.
- De configuratie van de kegels is het best zichtbaar bij aanrijrichting b als de eerste kegels dwars op de weg staan. Hierbij is er geen effect van E-flares.
- De locatie en de stand van de WIS-auto is het minst duidelijk in aanrijrichting b omdat dan de WIS-auto verderop achter het ongeval staat.
- Bij het commentaar werd opgemerkt dat in rijrichting a, waarbij de WIS-auto in de rijrichting staat, het niet duidelijk is of de WIS-auto rijdt met een lage snelheid, of stil staat. Uit het bord op de autodrip (gevaarsbord) blijkt niet dat je zou moeten stoppen voor de WIS-auto, het zou ook zo kunnen zijn dat je er langs kan rijden. Met de E-flares aan is het duidelijker dat je moet gaan stoppen. Door het rode licht van de E-flares geeft dat wel meer urgentie.

2.3.3.4 Conclusies metingen op locatie

Zichtbaarheid

- E-flares zijn 's nachts op grote afstand zichtbaar (>616 m). Dit klopt met de berekeningen van de zichtbaarheidsafstand van 1948 m op basis van de laboratoriummetingen en modelberekeningen.
- Verkeerskegels (75 cm) zijn tussen 300 m en 350 m zichtbaar in het licht van de autokoplampen (E-flares uit).
- Er is geen duidelijk effect van E-flares op de zichtbaarheid van andere aspecten van de opstelling.
- De zichtbaarheidsafstand verschilt niet statistisch significant tussen de twee maten kegels. Bij 50 cm en 75 cm is de gemiddelde zichtbaarheidsafstand resp. 295 m en 321 m; de standaardfout is 24 m.
- De locaties van de verkeerskegels en de WIS-auto zijn op voldoende afstand zichtbaar, namelijk minimaal op de stopafstand.

Herkenbaarheid

- In het algemeen weinig effect van E-flares.
- Positief effect van E-flares:
 - Rijstrook, 2-zijdig aanrijgevaar: Met de E-flares aan wordt iets hoger gescoord op de duidelijkheid van de informatie als een deel van de kegels wordt afgedekt door de WIS-auto.
- Negatief effect van E-flares:
 - Rijstrook, 1-zijdig aanrijgevaar: De duidelijkheid van informatie, beoordeelt vanuit de linker rijstrook, scoort iets beter als E-flares uit zijn.
 - Vluchtstrook: De duidelijkheid van de informatie en configuratie van de kegels scoren beter (0,9 punt) als de E-flares uit zijn.
 - de duidelijkheid van de informatie. Deze lijkt iets beter te scoren met E-flares uit als de waarnemer zich op de linker rijstrook bevindt. Dat blijkt echter niet uit zichtbaarheidsafstanden.
- Geen effect van de maat van de kegels op de scores.
- E-flares knipperen in verschillende frequenties die niet synchroon lopen. Dit geeft verwarring.

- E-flares lijken door het knipperen los te staan van de kegels. Mogelijk dat een continu brandend licht meer stabiliteit geeft. De opstelling heeft zelf ook knipperlichten (attentielichten, pijl).

2.4 Discussie E-flares

2.4.1 *Knipperen*

De E-flares die in deze studie onderzocht werden hebben een knipperfrequentie van 3,14 Hz waarbij tekens lichtpulsen worden gegeven met een lengte van 0,0773 s. Dat betekent dat het licht ongeveer een kwart van de tijd aan is. Door dit knipperende karakter kan het zijn dat het licht van de E-flares los lijkt te staan van niet-knipperende objecten met een lagere luminantie. Hierdoor is de locatie van het licht veel moeilijker te bepalen.

Daarnaast knipperen de E-flares allemaal met hun eigen frequenties die onderling niet precies gelijk zijn. Hierdoor lopen ze niet in de pas en geven ze in de loop van de tijd een variërend totaalbeeld. Dit wordt als verwarrend ervaren. Dit wordt nog versterkt door de knipperende waarschuwingslichten en de autodrip van de WIS-auto. Een oplossing hiervoor is het toepassen van gekoppelde E-flares waardoor bijvoorbeeld een rijrichting kan worden aangegeven door E-flares opeenvolgend te laten knipperen. Een andere mogelijkheid is om de E-flares gelijktijdig te laten flitsen waardoor de E-flares meer als één geheel worden waargenomen. Een andere oplossing is om gebruik te maken van een niet-knipperend lichtbron op of in de kegel. Dit zal een rustig stabiel beeld geven omdat de licht als beter gekoppeld aan de kegels zal worden ervaren.

2.4.2 *Kleur*

Uit het waarnemingsexperiment bleek dat uit de kleur rood ervaren wordt als een kleur waaruit veel urgentie spreekt. In eerder onderzoek blijkt dat dat ook geldt voor de kleur blauw in vergelijking tot geel. Enerzijds kan toevoegen van een andere kleur dan geel de visuele waarneming van de incidentlocatie complex en verwarrend maken. Anderzijds kan een andere kleur ook een hoger waarschuwend karakter hebben. Bij invoeren van een extra waarschuwingslicht met een andere kleur dan geel wordt aanbevolen een zorgvuldige en goed onderbouwde afweging te maken.

2.4.3 *Veroudering*

Verkeerskegels die regelmatig worden op- en afgeladen zijn onderhevig aan slijtage en veroudering. Hierdoor kunnen de retroreflecterende eigenschappen na verloop van tijd verminderen en zal dus ook de zichtbaarheidsafstand korter worden. In eerder onderzoek werd de achteruitgang van de retroreflecterende eigenschappen van borden en verkeerskegels bij gebruik voor werk in uitvoering onderzocht (Alferdinck, 1984). Hieruit bleek dat de retroreflectie halveert na 74 keer te zijn gebruikt. Het is dus belangrijk om de conditie van de verkeerskegels goed in de gaten te houden en ze regelmatig schoon te maken of te vervangen.

2.4.4 *Lichtomstandigheden*

Het huidige waarnemingsexperiment is uitgevoerd tijdens de nachtelijke duisternis. Dat betekent dat alle conclusies alleen gelden voor nachtelijke lichtomstandigheden. De verkeerskegels zijn 's nachts zichtbaar door reflectie van het koplamplicht in de retroreflecterende materialen die op de kegels zijn aangebracht.

Overdag bij hogere lichtniveaus zal de zichtbaarheid worden bepaald door de fluorescerende eigenschappen van de rood-oranje delen van de kegel. De E-flares zullen overdag pas op kortere afstand zichtbaar zijn. Hierbij is ook van belang wat de weers- en verlichtingsomstandigheden zijn, zoals zon, bewolking, zicht en neerslag.

In deze studie is om budgettaire redenen niet ook in daglichtcondities gekeken naar de zichtbaarheid, opvallendheid en herkenbaarheid van de verkeerskegels en de E-flares is in combinatie met een WIS-auto.

2.4.5 *Beoordelingsafstand*

Bij de beoordeling van de herkenningsaspecten van de opstellingen was het de bedoeling dat de waarnemers op de stopafstand (van het nulpunt) van de opstellingen zouden staan, namelijk 240 m voor de opstelling 1 en 2 (1-zijdig aanrijgevaar) en 104 m voor opstelling 3 (2-zijdig aanrijgevaar). Tijdens de analyse bleek dat door een misverstand de waarnemers bij opstelling 2 op een afstand van 104 m hebben gestaan in plaats van 240 m. Hierdoor zijn de beoordelingen van de herkenbaarheid (zie Figuur 14) in deze conditie vermoedelijk wat gunstiger dan ze zouden zijn op de bedoelde stopafstand van 240 m. Een worst-case schatting voor hoeveel ongunstiger de beoordelingen zouden kunnen zijn, geven we in Figuur 13: in deze situatie (opstelling 1) zijn de kegels voorbij de WIS-auto geplaatst en dus minder goed zichtbaar vanaf 240 m dan in opstelling 2. Het gaat hier dus om een oordeel dat circa 1 schaalwaarde lager ligt, wat een zeer beperkt effect is en de conclusies niet beïnvloedt.

2.5 **Conclusies en aanbevelingen E-flares**

2.5.1 *Conclusies*

Op basis van metingen en modelberekeningen in het laboratorium en een waarnemingsexperiment 's nachts in het veld is de zichtbaarheid en de herkenbaarheid onderzocht van drie opstellingen van een WIS-auto in combinatie met twee maten verkeerskegels. De verkeerskegels waren voorzien van rood knipperende waarschuwingslichten (E-flares). Op basis hiervan zijn de volgende conclusies te trekken:

- De E-flares zijn 's nachts op een grote afstand van bijna 2000 m waar te nemen. Omdat de waarschuwingslichten van de WIS-auto ook op grote afstand zichtbaar zijn dragen de E-flares niet bij tot een grotere opvallendheid van de opstelling.
- De toevoeging van de E-flares draagt niet bij tot een betere herkenbaarheid van de opstellingen. De nadelen van de E-flares lijken groter dan de voordelen. Een van de nadelen is dat de knipperende E-flares lijken los te staan van de verkeerskegels. Hierdoor wordt het herkennen van de opstelling bemoeilijkt en is het minder duidelijk waar de verkeerskegels precies staan. Daarnaast wordt de opstelling als verwarrend en onrustig ervaren omdat de E-flares niet synchroon knipperen. Een voordeel van de E-flares is dat de waarnemers de rode kleur als urgent ervaren.
- Verkeerskegels zonder E-flares zijn op een afstand tussen 300 m en 350 m zichtbaar in het licht van de autokoplampen. Dat is in principe voldoende als wordt uitgegaan van een stopafstand van 240 m op de snelweg. Op basis van lichtmetingen en modelberekeningen blijkt dat verkeerskegels van 50 cm en 75 cm zichtbaarheidsafstanden hebben van respectievelijk 277 m en 339 m.

- In de meting in het veld kon dit verschil niet (statistisch significant) worden aangetoond.

2.5.2 *Aanbevelingen:*

- Aanbevolen wordt de E-flares in deze vorm (rode kleur, knipperend) voorlopig niet toe te passen.
- De herkenbaarheid van de opstellingen kan waarschijnlijk worden verbeterd door verlichting van de verkeerskegels aan te passen. Hierbij denken we aan het gebruik van een niet-knipperende lichtbron, die de vorm en het verschijningsbeeld van de kegel zelf intact laat.

3 Zichtbaar en herkenbaar: Battenburg striping

3.1 Inleiding

RWS denkt na over de opvolger van de huidige WIS-auto (WIS-auto 2.0). Hierbij worden in principe alle huidige specificaties van de WIS-auto ter discussie gesteld. Een van de aspecten die opnieuw bekeken wordt is de striping van de WIS-auto. De striping heeft als doel het WIS-voertuig opvallend en herkenbaar te maken voor andere weggebruikers. De huidige WIS-auto is voorzien van een geel-zwarte striping. De vraag is of deze striping kan worden verbeterd. In een aantal landen zijn voertuigen van politie en andere hulpdiensten voorzien van de zogenaamde Battenburg striping. De striping zou kandidaat kunnen zijn voor de volgende generatie WIS-auto's van RWS. In dit hoofdstuk wordt in een beperkte bureaustudie nagegaan of de Battenburg striping moet worden overwogen door RWS.

3.2 Methode

Er is een beperkt literatuuronderzoek uitgevoerd waarbij het doel was de wetenschappelijke onderbouwing te vinden voor het toepassen van de Battenburg striping. Hierbij is gezocht in de databanken van wetenschappelijke tijdschriften en op algemene databanken op internet.

Daarnaast zijn er berekeningen uitgevoerd naar de waarneembaarheid van details van de striping. Voor het waarnemen van een detail is een bepaalde gezichtsscherpte nodig. Op basis van de gemiddelde gezichtsscherpte van de weggebruiker kan een schatting worden gemaakt hoeveel procent van de weggebruikers de details kunnen waarnemen die benodigd zijn voor herkenning van de Battenburg striping op een bepaalde afstand. Dit is vergeleken met de huidige striping van de WIS-auto van RWS.

3.3 Resultaten

3.3.1 Literatuur

3.3.1.1 Bronnen

We hebben in databanken van wetenschappelijke tijdschriften gezocht met de zoekterm "Battenburg" maar we hebben geen publicaties kunnen vinden. Daarnaast is via Wikipedia (2015) gezocht op de term "Battenburg". Dit levert algemene informatie op over Battenburg striping en verwijzingen naar enkele rapporten en publicaties op internet.

In het rapport van het *Police Scientific Development Branch* (PSDB) in het Verenigd Koninkrijk (VK) wordt een overzicht gegeven van de historie en de wetenschappelijke rationale van de Battenburg striping (Harrison, 2004). De PSDB heeft zelf het onderzoek en de introductie van de Battenburg striping in het VK begeleid. Voor de wetenschappelijke onderbouwing wordt verwezen naar een negental niet-openbare rapporten van het Loughborough University Transport Technology Ergonomics Centre (voorheen ICE Ergonomics) die gepubliceerd zijn tussen 1992 en 1999.

In Harrison (2004) wordt bij de paragraaf over de wetenschappelijke rationale verwezen naar een aantal rapporten en een publicatie van Siegel & Federman (1965). Aan de hand van het rapport van Harrison zullen we de wetenschappelijke onderbouwing van de Battenburg striping behandelen.

In een TNO-rapport over de striping van voertuigen voor openbare orde en veiligheid is de Battenburg striping (Figuur 17) ook genoemd als een mogelijke kandidaat (Alferdinck, 2010). Hierin wordt verwezen naar het rapport van Harrison (2004). Daarnaast is er een TNO-rapport gevonden over het gebruik van blokmarkering voor het verhogen van de herkenbaarheid van observatieposten op de schietranges op de Vliehors en de Noordvaarder (Boogaard & Vos, 1979).



Figuur 17 Battenburg striping op een Britse politieauto.

3.3.1.2 Analyse Harrison (2004)

In het rapport van Harrison (2004) worden de doelstellingen, wetenschappelijke onderbouwing en de specificaties van de Battenburg striping behandeld. Deze worden in deze paragraaf samengevat.

3.3.1.2.1 Doelstellingen van het Battenburg striping

In 1995 zijn functionele eisen opgesteld voor een nieuwe striping. Het voorgestelde kleurenschema moet:

- De veiligheid van politiemensen en burgers verbeteren door het verminderen van de kans op de weg ongevallen waarbij opvallendheid van het politievoertuig een factor is;
- Een politievoertuig herkenbaar maken op een afstand van 500 meter in normaal daglicht;
- Helpen bij het verhogen van de zichtbare aanwezigheid van de politie om zo het publiek gerust te stellen en te verbeteren de potentiële afschrikkend effect van de politiesurveillance;
- Landelijk herkenbaar zijn als een politieauto, maar er moet ruimte zijn om plaatselijke logo's aan te brengen;
- Profiteren van de nieuwste materialen en systemen beschikbaar zijn en zonder dat het veel duurder wordt dan de huidige voertuig livreeën; en
- Aanvaardbaar zijn voor minstens 75% van het personeel.

3.3.1.2.2 Wetenschappelijke onderbouwing van Battenburg

Opvallendheid overdag

Om de opvallendheid overdag zo groot mogelijk te maken werden gekozen voor grote blokken met contrasterende kleuren uit fluorescerend materiaal in de vorm van folies. Fluorescerende folies lichten op doordat licht van een korte golflengte wordt omgezet in licht van een hogere golflengte. Hierdoor lichten deze kleuren extra op in vergelijking tot normale niet-fluorescerende kleuren, vooral als de kleur van het licht wat blauwer is, bijvoorbeeld bij bewolkt weer.

Uit een literatuuronderzoek bleek dat blokken het meest opvallen als ze zo groot mogelijk zijn, een vorm hebben die dicht bij een vierkant ligt en contrasterende kleuren hebben. Dit is onderzocht door Siegel & Federman (1965) in het kader van het ontwikkelen van een kleurenschema voor vliegtuigen ter verhoging van de zichtbaarheid. Hierbij worden fluorescerende kleuren beter waargenomen dan normale kleuren. Er is gekozen voor geel en blauw omdat dat die kleuren het meest voorkwamen op de politievoertuigen van het VK op dat moment. Er wordt aanbevolen om de blokken zo min mogelijk te laten onderbreken door andere striping om het geheel van de Battenburg striping zo veel mogelijk in stand te laten en geen tegenovergesteld effect van camouflage te bewerkstelligen.

TNO onderzocht de zichtbaarheid van observatieposten op schietranges (Boogaard et al., 1973). Hierbij was de observatietoren voorzien van een geel-zwart blokkenpatroon om deze voor de vliegers te onderscheiden van het naastliggende doel. Het bleek dat de blokken echter niet te onderscheiden waren op de afstanden die voor de vliegers van belang zijn. Hieruit blijkt dat grootte van de blokken goed moet zijn afgestemd op de taak van de waarnemer. Dit heeft gevolgen voor de uitvoering van het Battenburg blokkenpatroon op de WIS-auto's van RWS.

Op de achterkant van voertuigen is in de regel minder ruimte om grote vlakken fluorescerend materiaal aan te brengen omdat er ook ruimte wordt ingenomen door de nummerplaat en de achterlichten. Aan de voorkant van het voertuig is hetzelfde het geval door de koplampen en de grill.

Opvallendheid bij nacht

Bij nacht werkt de fluorescentie niet omdat er dan in verhouding te weinig blauw licht aanwezig is. Dan wordt gebruik gemaakt van retroreflecterende folies die zichtbaar worden in het licht van koplampen. Hierbij wordt het licht teruggeslagen in de richting van de lichtbron. Als de waarnemer zich in de buurt van die lichtbron bevindt, zoals een autobestuurder, dan worden retroreflecterende objecten veel beter waargenomen dan normale niet-retroreflecterende objecten. Het aanbrengen van retroreflecterend materiaal aan de voorkant van de auto wordt als niet erg effectief gezien omdat de waarnemers vaak verblind worden door de koplampen van de politieauto.

Ontwikkelen van de Battenburg striping

Op basis van de voorgaande beschouwingen werden prototypen ontwikkeld die werden getest in een aantal proeven in het laboratorium en in het veld.

Er werden laboratoriumproeven uitgevoerd waarbij proefpersonen telkens voor een korte periode van 0,3 s een dia te zien kreeg met een voertuig (tachistoscopische presentatie). De proefpersoon moest rapporteren welk voertuig het meest opviel in de scene. De het voertuig met het voorgestelde Battenburg striping werd in de daglicht conditie het meest gekozen als het meest opvallende voertuig en was beter dan andere politie striping en gewone civiele voertuigen. Bij nachtcondities was het verschil van de Battenburg striping en de andere voertuigen nog groter, in het voordeel van de Battenburg striping.

In de veldproeven werd een aantal politieauto's uitgevoerd met de Battenburg striping en werd de politiemensen gevraagd een vragenlijst in te vullen. Het bleek dat de meerderheid van de politiemensen de Battenburg striping opvallender en veiliger vindt dan de bestaande striping van dat moment. Verder was de meerderheid van de respondenten het eens met de invoering van de Battenburg striping.

3.3.1.2.3 Specificatie Battenburg striping

Bij de specificatie wordt een onderscheid gemaakt tussen Full Battenburg en Half Battenburg. Full Battenburg striping heeft aan de zijkant een geblokt patroon van twee rijen met blokken en de Half Battenburg heeft maar één rij blokken (Figuur 18). De Half Battenburg striping wordt toegepast voor politievoertuigen die voornamelijk opereren binnen de bebouwde kom waar kortere zichtafstanden van 200 m worden geëist.



Figuur 18 Half Battenburg striping (links) en Full Battenburg (rechts) op een Britse politieauto (Harrison, 2004).

De specificatie van de (full) Battenburg striping ziet er samengevat uit als volgt.

Voorkant:

- De letters "POLICE" in zo groot mogelijke letters. De kleur van de letters moet zodanig gekozen zijn dat ze een groot contrast hebben met de achtergrond (grondkleur van het voertuig).

Zijkant:

- De zijkanten zijn voorzien van een soort schaakbordpatroon met grote blokken in twee contrasterende kleuren. Blokken hebben een hoogte van minimaal 300 mm en een breedte van minimaal 600 mm en zijn allemaal even groot (zie Figuur 17).
- De geelgroene blokken zijn fluorescerend en retroreflecterend. Merk op dat het materiaal voor geelgroen een zogenaamd combinatiemateriaal (dual performance) moet zijn dat zowel fluorescerend als retroreflecterend is.
- De blauwe blokken zijn retroreflecterend.

Achterkant

- De achterkant moet voorzien zijn van fluorescerende en retroreflecterende strepen (dual performance) in de kleuren geelgroen en oranje.
- De strepen zijn in een chevronvorm aangebracht in stroken van 150 mm breed.

Reflecterende folie

De specificaties van de reflecterende folie zijn ook vastgelegd. Het gaat om de minimum eisen voor retroreflecterende en fluorescerende materialen in dag- en nachtcondities. De minimum vereiste retroreflectiecoëfficiënten voor geelgroen, oranje en blauw zijn respectievelijk 80, 80 en 10 $\text{cd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$, bij een observatiehoek van $1/3$ graad en een invalshoek van 5 graden. Het bijbehorende wit heeft een retroreflectiecoëfficiënt van 150 $\text{cd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$. Deze waarden komen ongeveer overeen met klasse D van de ECE 104 voor contourmarkering en klasse 2 voor verkeersborden (ECE, 2008; CEN, 2002).

3.3.1.3 Andere landen

In het VK is de Battenburg striping inmiddels algemeen ingevoerd bij verschillende diensten, allemaal met hun eigen herkenbare kleurcombinatie. De striping wordt ook toegepast in Hong Kong, Ierland, Nieuw Zeeland en Zweden voor verschillende hulpdiensten. In het VK zijn voertuigen van de Highway Agency uitgerust met een Battenburg striping in de kleuren zwart en geel (Figuur 19). Zij hebben aan de achterkant dezelfde chevron markering zoals ook de Britse politievoertuigen.



Figuur 19 Battenburg striping op een auto van Highway Agency, de Britse wegbeheerder.

In België is de Battenburg striping ingevoerd bij een wegbeheerder (Figuur 20) waarbij de kleuren geel en zwart zijn gebruikt op de zijkant. Op de achterkant zijn net als bij de Britse politieauto's chevronstrepen aangebracht in de kleuren oranje-rood en geel.



Figuur 20 Battenburg striping op een auto van een Belgische wegbeheerder (zie: <http://www.towtrafficassist.com/signa/>).

3.3.2 Berekeningen

Als er genoeg details van een object kunnen worden waargenomen die nodig zijn voor het herkennen van het object dan is het object herkenbaar. Bij een voertuig met een Battenburg striping kunnen we zeggen dat het voertuig herkenbaar is als de blokken van Battenburg striping te onderscheiden zijn. In dat geval kan het schaakbordpatroon herkend worden en worden gekoppeld met de Battenburg striping van de desbetreffende instantie. Om tot een goede herkenning te komen moeten in principe dus ook de kleuren te onderscheiden zijn.

De blokken hebben een grootte van minimaal 600 mm x 300 mm (Harrison, 2004). Om deze rechthoekige blokken op grote afstand te kunnen waarnemen veronderstellen we dat een vierkant met dezelfde oppervlakte moet kunnen worden waargenomen. Deze oppervlakte is $0,6 \times 0,3 = 0,18 \text{ m}^2$. Een vierkant met een ribbe van 0,424 m heeft dezelfde oppervlakte. Om dit te kunnen zien op 500 m moet de weggebruiker een detail van $\arctan(0,424/500) = 0,049$ graden of 2,92 boogminuten kunnen onderscheiden. Hiervoor is een Landolt-C gezichtsscherpte¹ nodig van minimaal $1/2,92 = 0,34$. Dat is een vrij lage gezichtsscherpte die de meerderheid van de weggebruikers wel heeft.

Volgens schattingen uit eerder onderzoek hebben weggebruikers van 18 jaar of ouder een gemiddelde (Landolt-C) gezichtsscherpte van 1,61 met een standaarddeviatie 0,54 en is deze normaal verdeeld (Walraven & Blokland, 1980). Hieruit is af te leiden dat 99% van de weggebruikers van 18 jaar en ouder deze gezichtsscherpte hebben en de blokken van de Battenburg striping kunnen onderscheiden op een afstand van 500 m.

Van oudere weggebruikers is de gezichtsscherpte in de regel lager. Voor weggebruikers van 65 jaar en ouder is de gemiddelde Landolt-C gezichtsscherpte gelijk aan 1,02 met een standaarddeviatie van 0,44. Hieruit is af te leiden dat 94% van weggebruikers ouder dan 65 jaar de blokken van de Battenburg striping kunnen onderscheiden op een afstand van 500 m.

We kunnen dezelfde berekeningen uitvoeren voor de striping van de WIS-auto van Rijkswaterstaat. Hierbij gaan we uit van een representatief deel van de huidige striping met een breedte van 150 mm en een lengte van 350 mm. Om dit detail te kunnen onderscheiden op 500 m is een gezichtsscherpte nodig van minimaal 0,64. Dit kan 97% van de weggebruikers van 18 jaar en ouder onderscheiden en 81% van de weggebruikers ouder van 65 jaar.

We kunnen de Battenburg striping vergelijken met de RWS-striping op basis van de afstand waarop bijvoorbeeld de 85-percentiel weggebruiker deze striping kan waarnemen. Dan blijkt dat Battenburg striping op 1459 m zichtbaar is en de RWS-striping op 788 m. Omdat de details van de Battenburg striping groter zijn dan van de RWS-striping is deze op een factor 1,85 grotere afstand herkenbaar. Dit geldt trouwens alleen als we de twee stripings vergelijken op de zijkant van een voertuig. De stripings op de achterkant hebben ongeveer dezelfde groottes van details, namelijk voor beide stripings is de breedte van de streken 150 mm.

3.4 Discussie Battenburg

3.4.1 Voor- en achterkant

De Battenburg striping van de Britse politieauto's heeft aan de zijkant andere kleuren dan aan de achterkant. De zijkant is geelgroen met blauw en de achterkant oranje en geelgroen. Ook de kleuren van de Britse en Belgische wegbeheerder hebben verschillende kleurcombinaties aan de zijkant en de achterkant. De kleur van het voertuig hangt dus af van welke kant het voertuig wordt benaderd. De vraag is of dit bevorderlijk is voor de herkenbaarheid van de functie (politie, brandweer, ambulance, wegbeheerder, enz.) van de voertuigen. De achterkant van de Britse politieauto lijkt op die van de Britse wegbeheerder.

¹ De Landolt-C gezichtsscherpte is gelijk aan de reciproque waarde van de visuele hoek in boogminuten het kleinste detail dat nog net kan worden waargenomen.

Beiden hebben een oranje-geel combinatie in chevron vorm. Waarschijnlijk is het beter voor de herkenbaarheid van de functie van het voertuig om de kleurcombinaties aan alle kanten van het voertuig uniform te houden.

3.4.2 *Striping*

Om de Battenburg striping goed tot zijn recht te laten komen en om de opvallendheid en herkenbaarheid optimaal te laten zijn is het van belang dat het blokkenpatroon zo weinig mogelijk onderbroken wordt door logo's, opschriften, deurspleten, ramen, raamstijlen, enz. Als het blokkenpatroon te veel wordt onderbroken dan treedt het tegenovergestelde effect van camouflage op. Het succesvol toepassen van de Battenburg striping zal dus afhankelijk zijn van de ruimte die op het voertuig beschikbaar is.

3.5 **Conclusies Battenburg striping**

Er is gezocht naar de wetenschappelijke onderbouwing voor het toepassen van de Battenburg striping op WIS-auto's van RWS. Er zijn geen publicaties gevonden in wetenschappelijke tijdschriften maar wel een overzichtsrapport dat verwijst naar een serie rapporten van de Loughborough University. Op basis van literatuuronderzoek, laboratoriumexperimenten en een enquête onder politiemensen bleek dat de Battenburg striping een grotere opvallendheid en herkenbaarheid heeft dan de oude politie striping.

Uit modelberekeningen op basis van gezichtsscherpte blijkt dat de Battenburg striping herkenbaar is op een 85% grotere afstand dan de huidige striping van de WIS-auto. De Battenburg striping is op een afstand van 500 m voor 99% van de weggebruikers van 18 jaar of ouder en 94% van de 65-plussers. Voor de huidige striping van de WIS-auto is dat respectievelijk 97% en 81%.

De herkenbaarheid van de Battenburg striping is alleen optimaal als het blokkenpatroon niet onderbroken worden door logo's, opschriften, e.d. Daarnaast is het succes van het toepassen van de Battenburg striping afhankelijk van het type en de grootte van het voertuig.

Bij de Battenburg striping wordt aan de zijkant van het voertuig een andere kleurcombinatie gebruikt dan aan achterkant van het voertuig. Dat zal mogelijk een negatieve invloed hebben op de herkenbaarheid van de functie van het voertuig.

4 De rijtaak

Het besturen van een gemotoriseerd voertuig is een zeer complexe taak en bestaat uit een ingewikkelde interactie tussen de weg, de wegomgeving, het voertuig en de bestuurder. De rijtaak behelst een continu informatieverwerkingsproces van waarnemen, verwerken, beslissen en actie uitvoeren. De hoeveelheid tijd die deze fasen kosten is afhankelijk van de bekendheid (routine) die de bestuurder heeft opgebouwd in bepaalde handelingen. Er kan hierbij onderscheid worden gemaakt tussen kennis, regels en vaardigheden (Rasmussen, 1985). Op het kennisniveau bevinden zich taken die betrekking hebben op relatief nieuwe situaties: bijvoorbeeld het vinden van een onbekende route. Je moet hierbij bestaande kennis in een nieuwe situatie toepassen. Wanneer een bestuurder veel ervaring heeft met een situatie ontstaat er na verloop van tijd een soort 'regel' over hoe men om dient te gaan met de betreffende situatie. Herkenning van een bekende situatie leidt dan als het ware automatisch tot het bijbehorende gedrag, zonder dat dit de bestuurder heel veel cognitieve energie en tijd kost. Vaardigheden vinden grotendeels automatisch plaats en kosten weinig tijd en mentale inspanning (zoals schakelen en sturen).

De verkeersomgeving (wegindeling, snelheidslimiet) geeft de bestuurder veel informatie over het verwachte gedrag. Het is daarom van groot belang om verkeersinformatie te ontwerpen beschouwd vanuit de weggebruiker en de rijtaak. Vooral in het geval dat de situatie afwijkt van de reguliere situatie, zoals in het geval van een incident. In dergelijke situaties dient informatie zo gegeven worden dat enerzijds de weggebruiker zich realiseert dat er sprake is van een afwijkende situatie (die ander gewenst gedrag vereist), anderzijds dat de informatie waarmee dit wordt gedaan aansluit op waarmee de weggebruiker bekend is.

Informatieverwerking kost tijd. Het is daarom belangrijk dat de weggebruiker op voldoende afstand van de locatie waarop een actie wordt verwacht (rijstrookwisseling, verminderen snelheid), de informatie kan *waarnemen* en *begrijpen*. Door gebruik van smartphone en andere (in-car) systemen zijn weggebruikers steeds vaker afgeleid, waardoor informatie wordt gemist. Herhaling van informatie, bij voorkeur via verschillende informatiekanalen, kan voorkómen dat weggebruikers cruciale verkeersinformatie missen.

Bij het ontstaan van een verkeersongeval is er meestal niet slechts één oorzaak. Op elk niveau van de rijtaak, in de informatie vanuit de omgeving en in de interactie tussen verkeersdeelnemers is vaak een keten van factoren aan te wijzen waardoor uiteindelijk een ongeval ontstaat. Daarbij zijn menselijke fouten een belangrijke oorzaak van aanrijdingen. Het is daarom de uitdaging om het verkeerssysteem zodanig te ontwerpen dat het niet alleen begrijpelijk en acceptabel is voor de weggebruiker, maar ook in grote mate vergevingsgezind. Een afgeleide bestuurder kan bijvoorbeeld zijn rijgedrag toch nog tijds corrigeren als hij op meerdere momenten, of via meerdere kanalen informatie krijgt.

4.1 Waarnemen van informatie

Visuele perceptie is cruciaal voor de rijtaak. De meeste informatie die benodigd is voor het uitvoeren van de rijtaak is visueel van aard. De manier waarop mensen informatie uit de omgeving halen en waarnemen komt voort uit eigenschappen van ons visuele systeem en de eigenschappen van informatiedragers. Het waarnemen van informatie bestaat uit verschillende aspecten: zichtbaarheidsafstand, opvallendheid en herkenbaarheid.

Zichtbaarheidsafstand

De zichtbaarheidsafstand heeft betrekking op de afstand waarop een object kan worden waargenomen. In de regel is dit de afstand waarop “iets” kan worden waargenomen maar dat nog niet zichtbaar is wat het is. Daarvoor zullen meer details van het object zichtbaar moeten zijn.

Opvallendheid

Ondanks dat een object wellicht voldoende zichtbaar is op een bepaalde afstand, betekent dit niet automatisch dat het ook waargenomen wordt. In een drukke visuele omgeving (met veel ‘visual clutter’), kan een object ‘wegvallen’ en niet tijdig gedetecteerd worden. Een object moet dus ook visueel opvallend zijn, hetgeen bewerkstelligd kan worden door kleur en beweging (bijvoorbeeld: alternerende verlichting) waardoor het aandacht trekt. Hierbij geldt overigens niet: hoe opvallender, hoe beter. Het is van belang om aan de weggebruiker duidelijk te maken wat er aan de hand is en tegelijkertijd de mate van afleiding te limiteren, om onveilig rijgedrag of zelfs een nieuw ongeval te voorkomen.

Herkenbaarheid

Naast detectie van een object is objectidentiteit van belang. Een object moet voor de weggebruiker herkenbaar zijn (bijvoorbeeld als WIS-auto), zodat een weggebruiker het wegbeeld kan duiden, betekenis kan toekennen aan de situatie en (eventueel in combinatie met andere informatie) op gewenste wijze kan anticiperen op de situatie.

4.2 Begrip en opvolging van informatie

Informatiedragers moeten voldoen aan de verwachtingen van weggebruikers. De getoonde informatie moet overeenkomen met of minimaal aansluiten bij informatie-elementen die de weggebruiker al eerder heeft gezien, ervaren. Ondanks dat een informatie element of een boodschap opvallend, goed herkenbaar en leesbaar is kan deze toch onbegrijpelijk zijn voor de weggebruiker. De mate waarin de gebruiker (lezer) de intentie van de boodschapper begrijpt en weet wat er mee gedaan moet worden, bepaalt de begrijpelijkheid van de informatie. Het is ook van belang dat informatie in een bepaalde situatie hetzelfde betekent als in een andere situatie. Conflicterende informatie of onverwachte informatie kan zorgen voor afleiding en verwarring, hetgeen leidt tot langere reactietijden. Niet alleen kwalitatief goede informatie, maar ook herhaling van informatie is belangrijk omdat verschillende groepen weggebruikers gebruik maken van verschillende type informatie. Daarnaast is herhaling van belang omdat informatie gemakkelijk gemist kan worden, bijvoorbeeld door afleiding of door afscherming van informatie door een voorligger. Tenslotte is het van belang dat de wegcontext in harmonie is met gegeven informatie.

Wanneer er bijvoorbeeld een rijstrook wordt afgekruid zonder zichtbare reden (wegwerkzaamheden, zichtbaar incident etc.), neemt de urgentie voor het opvolgen van de informatie af bij de weggebruiker.

Weggebruikers zijn geen rationele informatieverwerkende systemen; rijgedrag kan verschillen naar gelang de gemoedstoestand van bestuurders en de omgeving waarmee ze interacteren. Soms hebben weggebruikers haast, zijn ze met andere dingen bezig of doen ze gewoon wat andere weggebruikers doen. Vijandige gevoelens en agressie komen eerder naar boven als situaties onduidelijk zijn. Om negatieve gevoelens bij de weggebruiker zo veel mogelijk te voorkomen is het van belang zo helder mogelijk te communiceren, zodat onduidelijke situaties worden vermeden. Duidelijkheid reduceert gevoelens van angst en onzekerheid bij weggebruikers en bevordert een goede interactie met andere weggebruikers.

5 Analyse aanrijdingen van WIS-voertuigen

5.1 Informatiebronnen ongevallen

Bij de analyse van ongevallen met WIS-voertuigen is gebruik gemaakt van de volgende informatiebronnen:

- Acht fact-sheets (RWS) waarin acht ongevallen worden beschreven die hebben plaats gevonden in:
 - 2007 (2),
 - 2010 (3),
 - 2011 (2) en
 - 2012 (1).
- Brave, E. (2014). *Evaluatierapportage 4 aangereden WIS-voertuigen. 4 aanrijdingen in juli 2014*. Grontmij, De Bilt. In opdracht van RWS, VWM.
- Lambers, M.G.F. (2014). *Onderzoek aanrijdingen IM voertuigen. Themaonderzoek op basis van vier incidenten*. Adviesdienst Mens & Veiligheid. In opdracht van RWS, VWM.
In dit onderzoek worden vier ongevallen beschreven en geanalyseerd die in 2013 hebben plaatsgevonden.
- Een Excel overzicht (RWS, VWM) van de ongevallen die hebben plaatsgevonden in 2014 (zie Bijlage **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**)

Aantal ongevallen waarover informatie is ontvangen:

- 2007: 1
- 2010: 3
- 2011: 2
- 2012: 1
- 2013: 4
- 2014: 21 (waarvan 2 aanrijdingen op 1 incidentlocatie: A37, 19 december)
- 2015: 2
- Totaal: 34

Zie bijlage A voor een totaaloverzicht van de ongevallen (en kenmerken) op basis waarvan de analyse is uitgevoerd. De analyse is op basis van alle ongevallen gedaan.

5.1.1 Aard en omvang van beschikbare informatie

De beschikbare informatie is beperkt van aard ten aanzien van de volgende onderdelen:

- Perspectief weggebruiker: in geen van de documenten is informatie beschreven op basis van ondervraging van de weggebruiker die in botsing is gekomen met de WIS-auto. In de rapportage van Grontmij (Brave, 2014) zijn wel interviews vermeld met betrokken wegininspecteurs, een berger, een wegverkeersleider en een Officier van Dienst (OVD).
- Informatie over de verkeersintensiteit moet grotendeels worden afgeleid uit de tijdstippen van de incidenten.
- Locaties, tijdstippen en weersomstandigheden ontbreken voor een deel van de beschreven ongevallen. Het wegverloop en de inrichting van de weg ontbreekt voor de meeste locaties.

- Voor sommige ongevallen is het onduidelijk of het aangegeven tijdstip (en/of datum) het tijdstip van het incident betreft of van de melding (en/of rapportage) van het incident.
- Ondanks dat er in 2013 13 ongevallen hebben plaatsgevonden (RWS-VWM, 2014), was er tijdens dit onderzoek slechts informatie beschikbaar over 4 ongevallen.

5.2 Locaties

Slechts voor enkele locaties is specifiek beschreven dat er ter plekke van de incidentlocatie sprake was van een (lichte) bocht in het wegverloop. Voor deze incidenten is de beperkte zichtbaarheid van het (beveiligde) incident door de specifieke locatie ook benoemd. Bovendien vonden twee van deze incidenten plaats vlak na een toerit. Voor twee incidenten is beschreven dat dit op een uitvoeger, vlak vóór een afrit, heeft plaats gevonden. Voor de andere incidentlocaties is niets ten aanzien van het wegverloop of andere specifieke wegeigenschappen ter plekke beschreven. Op basis van de beschreven incidenten is derhalve weinig te zeggen over de relatie tussen het wegverloop en het vóórkomen van aanrijdingen.

Voor 28 locaties is de positie op de rijbaan aangegeven waar het incident heeft plaats gevonden. Dit was voor 7 incidenten op de vluchtstrook (waar de WIS-auto fend-off stond). Bij twee incidenten is beschreven dat het botsende voertuig zich op de vluchtstrook bevond op het moment van aanrijding. Voor de andere incidenten geldt dat men: - door te slippen (eenzijdig ongeval) op de vluchtstrook terecht kwam en de WIS-auto schampte; - de WIS-auto is geschampt doordat men gedeeltelijk over de belijning te reed. In twee van deze laatste gevallen was het botsende voertuig een vrachtwagen.

5.3 Tijdstip

Voor 22 van de incidenten is de tijd aangegeven.

- 5 van deze incidenten vonden plaats tijdens de spits (7.00 uur – 9.00 uur / 16.30 uur – 18.30 uur op doordeweekse dagen).
- 2 incidenten vonden plaats wanneer er naar verwachting over het algemeen zeer weinig verkeer aanwezig is (00.00 uur – 5.00 uur).
- De rest van de incidenten (15) vonden plaats tussen 6.00 uur en 22.30 uur. Twee ongevallen hiervan vonden plaats op een zaterdag en zondag.

Dit is een indicatie dat de meeste incidenten plaatsvinden op tijdstippen dat er geen heel grote verkeersdruk is waardoor verkeer snelheid moet matigen. Tegelijk is er door overig verkeer geen vrij uitzicht op de weg, waardoor zichtafdekking kan plaatsvinden van objecten stroomafwaarts.

Op basis van de datum van de incidenten en het tijdstip is bepaald of het licht of donker was. Dit is gedaan voor de 22 incidenten waarvoor het tijdstip is aangegeven.

- In 13 gevallen was het donker (of schemerig).
 - Voor 1 van deze 13 gevallen is specifiek aangegeven dat er verlichting aanwezig was,
 - voor 4 gevallen is er specifiek aangegeven dat er geen verlichting aanwezig was.

- In 9 gevallen was het licht.

Dit is een indicatie dat lichtomstandigheden geen bepalende factor lijken in het ontstaan van aanrijdingen met WIS-auto's.

Voor twee ongevallen is nadrukkelijk aangegeven dat de aanrijding plaats vond aan het einde van het incident, bij het opruimen van de kegels. Ondanks dit geringe aantal is het mogelijk dat dit bij meerdere aanrijdingen het geval was, aangezien het moment van aanrijding in de beveiligingsprocedure veelal niet expliciet is aangegeven. Een mogelijke oorzaak is dat aan het einde van het incident, verkeer stroomafwaarts weer kan door rijden, waardoor dit verkeer zijn waarschuwend functie (langzaam rijden) verliest voor het achterop komende verkeer. Tijdens de expertsessie werd bevestigd dat (bijna) aanrijdingen vaak voorkomen aan het einde van de beveiligingsprocedure. De reden die de weginspecteurs noemden is dat incidenten vaak worden opgeruimd na de spits, waardoor de verkeersintensiteit zelf zorgt voor een hogere snelheid van het verkeer.

5.4 Signalering

Bij 12 ongevallen is genoteerd dat er geen signalering aanwezig was. Bij 9 ongevallen was de signalering (afgekruste rijstrook en/of snelheidsbeperking) in werking. Voor 13 ongevallen is onbekend of de signalering ingeschakeld was. Voor een groot deel van de ongevallen krijgt de weggebruiker dus alleen van de WIS-auto zelf (met pijl op rijstrook of gevaarsteken op vluchtstrook) informatie over een incident.

5.5 Weersomstandigheden

Van 9 incidenten zijn de specifieke weersomstandigheden beschreven. Bij twee incidenten betrof het ijsel. Bij 1 van deze incidenten is duidelijk beschreven dat zowel het oorspronkelijke incident als de aanrijding van de WIS-auto heeft plaats gevonden door een glad wegdek. Bij het andere incident is slechts beschreven dat de aanrijding van de WIS-auto waarschijnlijk heeft plaats gevonden door gladheid. Bij 1 incident was sprake van een glad wegdek door regen. Voor 6 incidenten is vermeld dat het droog was, dus geen risico-verhogende weersomstandigheden.

Op basis van de voorhanden zijnde informatie lijken over het algemeen de weersomstandigheden geen bepalende factor bij WIS-aanrijdingen.

5.6 Andere opvallende factoren

Afleiding

Voor slechts één ongeval is beschreven dat afleiding vermoedelijk een rol speelde bij het ontstaan van het ongeval ("chauffeur had zwarte map op stuur liggen"). Het is echter waarschijnlijk dat bij meerdere ongevallen afleiding een rol heeft gespeeld, gezien het frequente gebruik van smartphones en in-car devices. Dit vermoeden werd overigens tijdens de expertsessie ook onderschreven door de aanwezige weginspecteurs.

Rood kruis negatie

Voor vier ongevallen is gerapporteerd dat de weggebruiker het rode kruis negeerde bij afsluiting van de rijstrook. Of dit bewust of onbewust is gedaan, wordt op basis van de huidige informatie niet duidelijk. Tijdens de expertsessie geven de weginspecteurs aan dat, ondanks dat er steeds vaker bewust onder het rode kruis wordt door gereden, deze groep weggebruikers wel alert is, omdat ze zich realiseren dat er iets aan de hand kan zijn. Ook wordt door een weginspecteur genoemd dat op sommige locaties (vooral bij werk in uitvoering) afkruisingen van de rijstrook over een veel langere afstand dan noodzakelijk worden toegepast, zodat weggebruikers het rode kruis niet meer serieus nemen en negeren.

6 Human factors evaluatie incidentmanagement

In aansluiting op bevindingen uit de geregistreerde ongevallen, worden hieronder op basis van bestaande human factors kennis de risico's van bestaande procedures die bij Incident Management worden toegepast, beschouwd vanuit de weggebruiker. In hoofdstuk 7 zullen op basis van de bevindingen beschreven in hoofdstuk 5 en 6 en de analyses van de E-flares (Hoofdstuk 2) en Battenburg Striping (Hoofdstuk 3) conclusies en aanbevelingen worden geformuleerd.

6.1 Waarneming incidentlocatie

6.1.1 Zichtbaarheid

Zichtafdekking

Op basis van metingen aan de zichtbaarheid van het voertuig ('s nachts) is te concluderen dat de WIS-auto op voldoende afstand zichtbaar is (zie Hoofdstuk 2). Door afdekking door ander verkeer zal de WIS-auto echter vaak niet zichtbaar zijn, totdat een weggebruiker op korte afstand van het voertuig is. Dit komt ook naar voren uit de ongevalsanalyse. De tijden waarop aanrijdingen met WIS-auto's plaatsvinden zijn veelal buiten de spits (snelheden zijn hoog) maar ook wanneer de verkeersintensiteit logischerwijs niet heel laag is. Er is gedurende deze tijdstippen dus grote kans op zichtafdekking, terwijl de snelheid relatief hoog is. Door zichtafdekking ziet de weggebruiker de WIS-auto pas op korte afstand en is er, mede door de hoge snelheid, weinig tijd om te reageren.

Verkeerskegels

Wanneer de WIS-auto op een rijstrook staat, staan de verkeerskegels voorbij de WIS-auto. Afhankelijk van waar een weggebruiker zich bevindt op de rijbaan, zullen de verkeerskegels dus nauwelijks zichtbaar zijn op grote afstand en gaat er dus geen waarschuwende werking van uit bij het naderen van de WIS-auto. De kegels kunnen echter wel op deze posities een beschermende werking hebben tegen inrijden op de incidentlocatie.

Wegverloop

Een bepaald wegverloop (incident in een bocht) kan ook zorgen voor slechte zichtbaarheid van een incident. Bovendien kan de complexiteit van een situatie (nabijheid van een afslag, toerit) er voor zorgen dat de weggebruiker extra tijd nodig heeft bij het aanpassen van het rijgedrag aan de situatie.

WIS autodrip

De 'verdrijvingspijl' die getoond wordt op de WIS-auto wordt op afstand overstraald door de zwaailichten op het voertuig, waardoor het symbool minder goed herkenbaar is. Ook voor de verdrijvingspijl geldt in het algemeen, dat deze, door zichtafdekking mogelijk pas laat zichtbaar is.

Afleiding

Naast bovenstaande factoren leidt ook afleiding vermoedelijk tot het niet zien van een incident of WIS-auto. Veel afleiding is visueel van aard (bijv. kijken op de smartphone), terwijl ook de informatie ten aanzien van een incident voor de weggebruiker visueel van aard is. Afleiding in combinatie met beperkte informatie (wat betreft hoeveelheid en modaliteit) kan dan tot gevaarlijke situaties leiden. Niet alleen het frequenter geven van informatie, maar ook het aanbieden van verschillende soorten informatie kunnen eraan bijdragen dat de weggebruiker tijdens de situatie overziet, begrijpt en hiernaar kan handelen. Naast visuele informatie, kunnen weggebruikers worden geïnformeerd door middel van tactiele informatie (bijvoorbeeld: Andreasstrips) en/of auditieve informatie (op in-car navigatiesysteem of radio).

6.1.2 *Herkenbaarheid**Signalering*

In veel gevallen blijkt er geen matrixsignalering boven de weg aanwezig te zijn bij de beveiliging van een incident. Dergelijksignalering is niet overal aanwezig. Op basis van de beschikbare informatie is niet vast te stellen of signalering consequent wordt aangevraagd als deze aanwezig is. Ondanks dat er steeds meer (bewust) onder het rode kruis wordt door gereden, gaat er voor veel weggebruikers nog steeds een signalerende en informerende werking van uit. Zonder signalering is er geen enkele voorwaarschuwing en gaat er alleen van de WIS-auto zelf een informerende werking uit. Bovendien wordt een rood kruis op minimaal 200 meter van de WIS-auto ingezet, op slechts 1 portaal. De perceptie-reactie tijd varieert van 0,7 s voor verwachte en opvallende gebeurtenissen tot ca. 3 s voor gebeurtenissen die niet aansluiten bij het verwachtingspatroon van de bestuurder (CROW, 2002). Uitgaande van een minimale stopafstand van 240 meter (zie hoofdstuk 2) is een afstand van 200 meter gering, zeker in complexe situaties. Bovendien is er zeer geringe tijd om te reageren op de WIS-auto indien het rode kruis wordt gemist. Naast een waarschuwend functie, geeft het rode kruis een indicatie van de locatie (rijstrook) van het incident. Op afstand, zeker 's nachts wanneer de belijning minder goed zichtbaar is, kan het lastig zijn in te schatten op welke rijstrook de WIS-auto staat. Ingeschakelde signalering (afkruisen rijstrook) kan hierbij helpen.

Herkenbaarheid WIS-auto

Ondanks dat de WIS-auto voldoende zichtbaar is, is de verwachting dat er weinig onderscheid is met andere soorten hulpvoertuig (ANWB voertuig, bergingsvoertuigen) door de overeenkomstige kleur van deze voertuigen (geel) en dezelfde gele kleur verlichting die ze voeren. Hierdoor kan de herkenbaarheid van een WIS-auto worden gereduceerd en kan er een andere (minder urgente) betekenis aan worden toegekend. ANWB voertuigen staan bijvoorbeeld nooit stil op de rijbaan. Als een WIS-auto wordt aangezien voor een ANWB voertuig, kan er bijvoorbeeld op afstand foutief van worden uitgegaan dat de WIS-auto op de vluchtstrook staat.

6.2 Begrip van situatie & opvolging

Interpretatie 'verdrivingspijl' op WIS-auto

Wanneer een WIS-auto op de rijbaan een incident beveiligd wordt er gebruik gemaakt van een verdrivingspijl die op de WIS-auto is bevestigd (zie ook hoofdstuk 2). Deze komt overeen met de verdrivingspijl die op de verkeerssignalering boven de weg wordt gebruikt. Echter, de betekenis komt niet geheel overeen. Bij gebruik boven de weg betekent de pijl dat bij het volgende portaal de betreffende rijstrook waarboven de verdrivingspijl wordt getoond is afgekruist. De weggebruiker heeft dus nog even tijd om de betreffende rijstrook te verlaten. Wanneer de pijl op de WIS-auto wordt getoond wordt er van de weggebruiker actie verwacht vóórdat deze zich bij de pijl bevindt. Op afstand, en zeker 's nachts, zou de pijl op de WIS-auto verward kunnen worden met de pijl op de matrixsignalering, waardoor een weggebruiker te laat actie onderneemt, met kans op een aanrijding met de WIS-auto.

Kleur verlichting WIS-auto

Een WIS-auto voert een geel zwaailicht wanneer deze stilstaat op de rijbaan of wanneer deze vanuit stilstand weer aan het verkeer gaat deelnemen. Wanneer een WIS-auto stil staat op de vluchtstrook wordt de alternerende attentieverlichting ingeschakeld. Andere hulpvoertuigen (ANWB voertuigen, bergingsvoertuigen) voeren ook gele verlichting, waardoor het gele licht wellicht onvoldoende attentiewaarde heeft en er onvoldoende wordt herkend dat het een kritische situatie betreft (stilstaand voertuig op de rijbaan).

Rood kruis devaluatie

Zoals eerder beschreven, is er een sterk vermoeden dat het negeren van het rode kruis de laatste jaren is toegenomen. Een van de vermoedelijke oorzaken hiervoor is dat het rode kruis aan attentiewaarde heeft ingeboet, doordat het in verschillende situaties wordt ingezet. Naast het afkruisen van rijstroken in het geval van incidenten en wegwerkzaamheden, wordt het rode kruis regelmatig ingezet bij het sluiten van plus- en spitsstroken. Doordat weggebruikers de achterliggende reden hiervoor waarschijnlijk vaak niet begrijpen en er ook geen zichtbaar obstakel is, is de waargenomen noodzaak voor het vermijden van afgekruiste rijstroken afgenomen en negeert men het rode kruis vaker bewust (Martens et al, 2010). In het geval van incidenten en/of wegwerkzaamheden vergroot dit het risico op aanrijdingen met obstakels en hulpvoertuigen.

6.3 Individuele verschillen

Tijdens de expertsessie kwam aan de orde dat de weginspecteurs de indruk hebben dat sommige weggebruikers uit angst en onzekerheid (niet begrijpen wat er van hen verwacht wordt, route willen vervolgen uit angst de weg kwijt te raken) toch tussen de verkeerskegels door rijden (of er tegenaan / overheen). De indruk van de weginspecteurs is dat dit vaak heel jonge of juist oudere weggebruikers betreft. Deze groepen weggebruikers kunnen door geringe rijervaring (jongeren) of verminderde informatieverwerkingscapaciteiten (ouderen) dit soort situaties als zeer complex ervaren.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Zichtbaarheid en opvallendheid WIS-auto

Op basis van de waarnemingstesten (zie hoofdstuk 2) kan worden geconcludeerd dat de WIS-auto's ('s nachts) voldoende opvallend zijn. De opstelling van de WIS-auto trekt door zwaailichten of alternerende verlichting en de signalering (pijl of gevaarsteken) op grote afstand de aandacht van de weggebruiker. De aanvullende knipperende waarschuwingsverlichting op de verkeerskegels (E-flares) bleek niet bij te dragen aan de zichtbaarheid en bleek zelfs in sommige configuraties voor verwarring te zorgen. Dit sluit aan bij eerder Amerikaans onderzoek op basis waarvan werd geconcludeerd dat voornamelijk 's nachts veel verlichting afleidend of verwarrend kan werken (USA Fire Administration, 2013). Ook is gebleken dat naarmate het aantal flikkerende lichten toeneemt, het vermogen om snel te reageren afneemt bij bestuurders (Bright, 2014).

Een mogelijke verbetering van de herkenbaarheid van de opstelling van WIS-auto en verkeerskegels is het toepassen van gekoppelde waarschuwingslichten op de verkeerskegels waardoor de set lichten gesynchroniseerd knipperen en meer als één geheel worden waargenomen. Een andere mogelijke oplossing is het toepassen van een niet-knipperende lichtbron op of in de verkeerskegel.

TNO raadt daarom af om E-flares te gaan inzetten in de geteste configuraties en mogelijke alternatieven met gesynchroniseerde of niet-knipperende waarschuwingslichten te onderzoeken.

7.2 Battenburg Striping

Uit Brits onderzoek blijkt dat politieauto's met Battenburg striping meer opvallen en beter herkenbaar zijn dan politieauto's met de oude Britse politie striping. Uit modelberekeningen van TNO op basis van gezichtsscherpte blijkt dat de Battenburg striping herkenbaar is op een 85% grotere afstand dan de huidige striping van de WIS-auto. De Battenburg striping is op een afstand van 500 m herkenbaar voor 99% van de weggebruikers van 18 jaar of ouder en voor 94% van de 65-plussers. Voor de huidige striping van de WIS-auto is dat respectievelijk 97% en 81%.

De herkenbaarheid van de Battenburg striping is echter alleen optimaal als het blokkenpatroon niet onderbroken wordt door logo's, opschriften, e.d.

Bij de Battenburg striping zoals nu toegepast in o.a. het Verenigd Koninkrijk en België wordt aan de zijkant van het voertuig een andere kleurcombinatie gebruikt dan aan achterkant van het voertuig. Dat heeft mogelijk een negatieve invloed op de herkenbaarheid van de functie van het voertuig.

Op basis van literatuurstudie raadt TNO aan om het toepassen van de Battenburg striping serieus in overweging te nemen en de voor- en nadelen bij praktische implementatie goed af te wegen.

7.3 Kleur waarschuwingslichten WIS-auto

TNO vermoedt dat het voor de herkenbaarheid van WIS-auto's en de aanwezigheid van een incident, goed zou zijn om de kleur waarschuwingslichten van WIS-auto's aan te passen. Dit omdat er wellicht onvoldoende urgentie uitgaat van de gevoerde gele waarschuwingslichten en omdat gele waarschuwingslichten ook worden gevoerd door andere hulpvoertuigen (ANWB, bergingsvoertuigen). Dit zorgt voor onvoldoende onderscheid. Blauwe waarschuwingslichten zijn attentie-verhogend en 's nachts goed zichtbaar in de periferie van het gezichtsveld (Alferdinck & Walraven, 1993). Echter het onderscheid met politie, ambulance en brandweer is dan gering. Bovendien is er bij blauwe waarschuwingslichten meer kans op afleiding (kijkersfiles), juist omdat weggebruikers deze kleur associëren met een calamiteit. Daarnaast kan de urgentie waarde van blauwe lichten devalueren wanneer deze door veel voertuigen wordt gevoerd. Daarom verdient het aanbeveling blauw licht alleen te voeren op een stilstaande WIS-auto op de rijbaan (nooit op de vluchtstrook: hier dient dan geel licht gevoerd te worden). Op deze wijze zullen blauwe waarschuwingslichten waarschijnlijk de aandacht voor en herkenning van incidentlocaties verhogen. Naast blauwe waarschuwingslichten, zouden ook rode waarschuwingslichten kunnen worden toegepast. Ook deze lichtkleur heeft een attentie-verhogend effect en zal vermoedelijk meer urgentie uitstralen dan gele waarschuwingslichten. Bovendien wordt hiermee onderscheid gecreëerd met andere hulpvoertuigen.

TNO beveelt aan om het toepassen van blauwe of rode waarschuwingslichten in overweging te nemen voor WIS-auto's in risicovolle situaties, zoals bij een verkeersincident op de rijstrook.

7.4 Frequentie van informatie

Bij een groot gedeelte van de incidentlocaties is de verkeerssignalering niet ingeschakeld of is deze niet aanwezig. Ondanks het feit dat het rode kruis de laatste jaren vaker wordt genegeerd, gaat er voor de meeste weggebruikers nog steeds een informerende functie uit van verkeerssignalering. Bovendien geeft verkeerssignalering informatie over de rijstrook waarop het incident zich bevindt. Daarnaast zal een gedeelte van weggebruikers dat een rood kruis negeert zich bewust zijn van het feit dat ze een obstakel op de weg kunnen tegen komen en dus op tijd hun rijstrookpositie kunnen aanpassen. Het is daarom van belang om ten alle tijden verkeerssignalering in te schakelen wanneer deze aanwezig is, en er risico is op aanrijgevaar.

Indien een rood kruis wordt ingezet, gebeurt dit op minimaal 200 meter van de WIS-auto. Uitgaande van een stopafstand van 240 m (zie hoofdstuk 2) is dit een krappe afstand, ondanks dat er op een portaal ervoor een verdrijvingspijl wordt getoond. Bovendien zijn weggebruikers vaker (visueel) afgeleid door smartphones en in-car devices waardoor ze een portaal kunnen missen. Het zou raadzaam zijn om voor een incident met aanrijgevaar, minimaal 2 portalen ervoor een rood kruis te tonen. Indien er geen verkeerssignalering aanwezig is, is de enige informatiebron die de weggebruikers heeft, de WIS-auto zelf. In het geval van afleiding en/of zichtafdekking brengt dit risico's met zich mee. Het is aan te bevelen om daarom de weggebruiker op ruime afstand van het incident doormiddel van andere informatiebronnen (zie paragraaf 7.5) te waarschuwen.

7.5 Soort informatie

Naast het frequenter geven van informatie, is het van belang om de weggebruiker in verschillende modaliteiten van informatie te voorzien. De huidige informatie is uitsluitend visueel van aard, terwijl er bij bestuurders juist vaak sprake is van visuele afleiding. Een mogelijke manier is om weggebruikers op voldoende afstand van het incident (bij voorkeur > 200 m), door middel van andreas-strips een tactiele waarschuwing te geven. Deze worden op dit moment alleen toegepast voor botsabsorbers. Botsabsorbers worden veelal gebruikt bij wegwerkzaamheden, maar minder vaak dan gewenst bij incidentbeveiligingen omdat de aanrijtijd (tijd tussen aanvraag en arriveren van de botsabsorber) vaak lang is: in veel gevallen meer dan 30 minuten, in sommige gevallen zelfs 90 minuten (Brave, 2014). Dit is ook aangegeven door de wegininspecteurs tijdens de expertsessie. Het neerleggen van andreas-strips door de wegininspecteurs zou te veel risico met zich mee brengen voor de wegininspecteurs, aangezien ze op dat moment niet zijn beveiligd door de WIS-auto. Daarom is het aan te bevelen ervoor te zorgen dat de aanrijtijd van botsabsorbers flink wordt verkort, zodat deze altijd kunnen worden ingezet bij incidenten met aanrijgevaar. Daarbij is het ook aan te raden de Andreasstrips op voldoende grote afstand van de botsabsorber (nu ca. 50 m) te leggen, om de bestuurder voldoende tijd te geven van rijstrook te wisselen.

Een andere manier om weggebruikers niet-visueel te informeren, is door middel van het geven van (auditieve) waarschuwingen over de aanwezigheid van een incident op bestaande in-car systemen, zoals het navigatiesysteem of de radio. Momenteel wordt er door RWS een proef uitgevoerd in Flevoland en aangrenzende gebieden met een dergelijk systeem, genaamd Flister (RWS, 2015). Dit systeem geeft auditieve waarschuwingen in deelnemende auto's binnen een bepaalde straal van een met zwaailicht rijdende hulpdienst (ambulance, brandweer, politie). In de proef waarschuwt Flister ook voor WIS-auto's die een incident beveiligen.

Pijl

Het is aan te raden onderscheid te maken tussen de verdrijfpijl op de autodrip van de WIS-auto en die op de reguliere matrixsignalering. Het pijl-symbool zou hierbij behouden moeten worden, aangezien hier een goede gedragsaanwijzing vanuit gaat (verlaat deze rijstrook). Wel is het raadzaam de pijl anders vorm te geven op de autodrip van de WIS-auto, om te voorkomen dat de weggebruiker denkt onder de pijl te kunnen doorrijden. Hierbij zou bijvoorbeeld gedacht kunnen worden aan een horizontale pijl of 'bewegende' chevronpijl.

7.6 Rood kruis negatie

Naast het onbewust missen van een rood kruis, is er de indruk dat het rode kruis steeds meer bewust wordt genegeerd. Zolang spits- en plusstroken variabel worden opgesteld is het aan te bevelen onderscheid te maken tussen situaties waarin er fysiek iets op de rijstrook aan de hand is (werk-in-uitvoering en incidenten) en situaties waarin dit niet zo is (doseren, spitsstroken en plusstroken). Hierbij treedt echter het risico op dat er devaluatie kan plaatsvinden voor afsluitingen van spits- en plusstroken, doordat in deze situaties niets zichtbaar aan de hand is. Daarom is handhaving van groot belang in deze situaties. Ook campagnes op het richten van meer begrip voor de gevaren van het negeren van het rode kruis zouden hierbij ingezet kunnen worden (Martens et al., 2010).

7.7 Tot slot

7.7.1 *Design for all*

We hebben niet te maken met één soort weggebruiker; individuen verschillen in zowel hun visuele prestaties als in hun cognitieve- en sociaal psychologische vaardigheden en eigenschappen. Zoals aangegeven door de weginspecteurs lijken vooral oudere en jongere weggebruikers vaak moeite te hebben met het interpreteren van - en anticiperen op - de informatie die wordt gegeven bij een incident. Ouderen kunnen met name bij de informatieverwerking tijdens het autorijden problemen ervaren. Ze hebben over het algemeen meer tijd nodig om informatie te verwerken en ervaren meer moeite met het zich oriënteren en het vinden van de juiste route.

Omdat onervaren (vaak jongere) bestuurders minder bedreven zijn in het besturen van het voertuig, ervaren ze een hogere mentale werklast dan ervaren bestuurders bij de rijtaak. Ervaren bestuurders gebruiken hun ervaring met de verkeersomgeving om te anticiperen op wat er waarschijnlijk gaat gebeuren. Dit zorgt ervoor dat de bestuurder meer tijd en ruimte heeft om adequaat te reageren op een situatie. Als men meer routine heeft met de rijtaak, vergt dit minder mentale inspanning en is de kans op fouten minder groot.

Het is belangrijk om het wegontwerp en de informatievoorzieningen zodanig te ontwerpen dat deze ook veilig en comfortabel zijn voor de oudere en onervaren weggebruiker; het zogenaamde 'design for all' principe. Hierbij kan gedacht worden aan:

- Goed waarneembare informatie (ook voor oudere weggebruikers, met verminderde auditieve en visuele capaciteiten)
- Tijdige en herhaalde informatie
- Multimodale informatie
- Informatie over wat men moet doen (en niet alleen over wat men niet moet doen).

7.7.2 *Rapportage ongevallen*

Er zijn grote verschillen in de **hoeveelheid** en het type informatie dat wordt geregistreerd voor de verschillende incidenten. Dit maakt het moeilijk om goed inzicht te krijgen in de verschillende factoren die hebben bijgedragen aan het ontstaan van een incident. Het is aan te bevelen een vast protocol te ontwikkelen voor de registratie van incidenten. Ook is het van belang in de rapportage (waar mogelijk) informatie te betrekken van de bij het incident betrokken weggebruikers.

7.8 Prioritering van mogelijke maatregelen

In deze rapportage wordt een aantal aanbevelingen gedaan op basis van de ongevalsanalyses en human factors evaluatie. Daarnaast kan ook een ordening worden aangebracht in de te nemen maatregelen, op basis van de mate van geobserveerde invloed van de verschillende ongevalsfactoren op de weggebruiker. De belangrijkste veronderstelde oorzaak van ongevallen bij de weggebruiker is het niet zien van informatie door zichtafdekking en afleiding. Daarom beschouwt TNO het geven van extra (en multimodale) informatie als de belangrijkste maatregel. Vervolgens kan het wijzigen van de kleur verlichting van de WIS-auto meer urgentie geven bij de waarneming van een WIS-auto.

Tenslotte beschouwen we de aanpak van (en effect van maatregelen bij) roodkruis negatie als een maatregel op de langere termijn, aangezien het hier een aanpak op systeemniveau betreft.

Samenvattend resulteert dit in de volgende ordening van maatregelen, in volgorde van afnemende verwachte effectiviteit:

1. informatie multimodaal & frequenter aanbieden
 - a. Andreasstrips aanbrengen op voldoende afstand, > 100 m.
Bijvoorbeeld door standaard botsabsorbers in te zetten (met korte aanrijtijd), die deze strips meebrengen.
 - b. Auditieve informatie geven op radio, navigatiesysteem
(bijvoorbeeld: Flister; RWS, 2015)
 - c. Op grotere afstand van het incident informatie geven (bijvoorbeeld: op 3 i.p.v. 2 portalen).
2. Kleur verlichting WIS-auto aanpassen
Afhankelijk van plaatsing WIS-voertuig: op rijstrook blauw of rood, op vluchtstrook geel
3. Verminderen rood kruis negatie

8 Referenties

- Alferdinck, J.W.A.M. (1984). *Achteruitgang van de retroreflecterende eigenschappen van borden en pilonen bij gebruik voor werk in uitvoering* (TNO-rapport IZF-1984-C2). Soesterberg: Instituut voor Zintuigfysiologie TNO.
- Alferdinck, J.W.A.M. & Walraven, J. (1993). *Blauw-licht signaalapparatuur voor politievoertuigen; een verkennende literatuurstudie* (TNO-rapport TM-1993-C41). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Alferdinck, J.W.A.M. & Drullman, R. (1998). *Licht- en geluidssignalen ten behoeve van de herkenbaarheid van voorrangsvoertuigen; een literatuurstudie* (TNO-rapport TM-98-C071). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Alferdinck, J.W.A.M. & Hoedemaeker, M. (2002). *Zichtbaarheid van opleggers; Praktijkproef* (TNO-rapport TM-02-C012). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Alferdinck, J.W.A.M. (2010). *Striping van voertuigen voor openbare orde en veiligheid* (TNO-rapport TNO-DV 2010-C080). Soesterberg: TNO Defensie en Veiligheid.
- Alferdinck, J.W.A.M., Hogervorst, M.A., & Toet, A. (2011). *Opvallendheid en herkenbaarheid van de RWS-motorfiets* (TNO-rapport TNO-DV 2011-C413). Soesterberg: TNO Behavioural and Societal Sciences.
- Alferdinck, J.W.A.M., Hogervorst, M.A., Toet, A., & Kooi, F.L. (2012). *Opvallendheid en herkenbaarheid van de RWS-motorfiets - Vergelijking huidige en nieuwe uitvoering* (TNO-rapport TNO 2012 R10733). Soesterberg: TNO Behavioural and Societal Sciences.
- Alferdinck, J.W.A.M. & Toet, A. (2013). *Opvallendheid en herkenbaarheid van incident management voertuigen van Rijkswaterstaat* (TNO-rapport: TNO 2013 R12024). Soesterberg: TNO Behavioural and Societal Sciences.
- Alferdinck, J.W.A.M., Hogervorst, M.A., & Toet, A. (2014). *Opvallendheid en herkenbaarheid van de voertuigen van (pech)hulpdiensten* (TNO-rapport TNO 2014 R11454). Soesterberg: TNO Behavioural and Societal Sciences.
- Alferdinck, J.W.A.M., Toet, A., Hogervorst, M.A. (2016). *Opvallendheid en herkenbaarheid van verkeerskegels ten behoeve van incidentmanagement* (TNO-rapport TNO 2015 R10684-R, 2^{de} gewijzigde druk). Soesterberg: TNO Behavioural and Societal Sciences.
- Brave, E. (2014). *Evaluatierapportage 4 aangereden WIS-voertuigen - Vier aanrijdingen in juli 2014* (Rapport GM-0140229, DI), De Bilt: Grontmij Nederland B.V.
- Bright, M.S. (2014). *Emergency Vehicle LED Lighting: Friend or Foe?*. (Master's Capstone Theses, Paper 17).
- Boogaard, J., Varkevisser, J., Vos, J.J. (1979). *Opvallendheid van observatieposten op de schietranges op de Vliehors en de Noordvaarder* (TNO-rapport IZF 1979-33). Soesterberg: Instituut voor Zintuigfysiologie TNO.
- CEN (2002). *Fixed vertical road signs - Part 1: Fixed signs* (European Standard EN 12899-1, December 2001). Brussels: European Committee for Standardisation (CEN).
- ECE (2005). *Uniform provisions concerning the approval of special warning lamps for motor vehicles* (Regulation No. 65, 14 December 2005). Geneva: United Nations, Economic Commission for Europe.

- ECE (2008). *Uniform provisions concerning the approval of retro-reflective markings for heavy and long vehicles and their trailers* (Regulation No. 104, updated 7 August 2008). Geneva: United Nations, Economic Commission for Europe.
- Harrison, P. (2004). *High conspicuity livery for police vehicles* (Publication No. 14/04). Sandridge, St. Albans, Hertfordshire, AL4 9HQ, UK: Home Office, Police Scientific Development Branch.
- Lambers, M.G.F. (2014). *Onderzoek aanrijdingen IM voertuigen. Themaonderzoek op basis van vier incidenten*. Adviesdienst Mens & Veiligheid.
- Martens, M.H, Brouwer, R.F.T., Wilmink, I.R., van der Horst, A.R.A. (2010). *Korte en lange termijn oplossingen rood kruis negatie in het verkeer*. TNO rapport: TNO-DV 2010 C310. TNO Defensie en Veiligheid, Soesterberg.
- NSVV (2003). *Verlichting van tunnels en onderdoorgangen* (1ste druk, mei 2003). Arnhem: Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde NSVV.
- RWS (2011). *Richtlijn gebruik gele attentieverlichting* (2e druk, oktober 2011, VCNL011TP0078, <http://www.incidentmanagement.nl/>). Rijkswaterstaat.
- RWS (2012). *Richtlijn eerste veiligheidsmaatregelen bij verkeersincidenten* (REVI, 1e druk, november 2012) Rijkswaterstaat.
- RWS (2015). *Projectplan Introductie Flister voor Weginspecteurs bij Rijkswaterstaat*.
- RWS-VWM (2014). *Aanrijdingen IM-voertuigen 2014* (Memo aan RWS Bestuursstaf, 24 september 2014), Rijkswaterstaat, Verkeer en Watermanagement, Utrecht.
- Siegel, A.I. & Federman, P. (1965). *Development of a paint scheme for increasing aircraft detectability and visibility*. Journal of Applied Psychology, 49, (2), 93-105.
- Sivak, M., Flannagan, M., & Sato, T. (1994). *Light output of U.S., European, and Japanese low-beam headlamps*. Transportation Research Record (1456).
- Walraven, J. & Blokland, N. H. (1980). *Leesbaarheidsproblemen bij de NS: het dienstkaartje van de treinmachinist en het spoorboekje* (TNO-rapport TM-80-C26). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Wikipedia (2015). Battenburg markings.
http://en.wikipedia.org/wiki/Battenburg_markings.

A Bijlagen

Meetformulier E-flares

TNO Meetformulier, E-flares (Project: 060.14731/01.01)

Waarnemer: ...	Datum: ...	Tijd: ...	Meting: ...
Opstelling WIS-auto, kegels¹ - o rechter rijstrook (5 kegels voorbij WIS-auto)³ - o vluchtstrook (5 kegels voor WIS-auto)³ - o rijbaan (2 kegels voorbij WIS-auto in lengterichting, 3 verderop dwars)⁴ - o rijbaan (3 kegels dwars, WIS-auto verderop)⁴		E-flares¹ - o uit - o aan	Kegels¹ - o 75 cm - o 50 cm
Aanrijdstrook²: 1 / 2 / ...			

¹ Aankruisen. ² Omcirkelen/invullen. 1=strook WIS-auto, 2=strook links naast WIS-auto. ³ 1-zijdig aanrijdgevaar. ⁴ 2-zijdig aanrijdgevaar.

Zichtbaarheidsaspect	Afstand (m)	Commentaar
E-flares		
Zwaailicht WIS-auto (op rijstrook, rijbaan)		
Alternierende lichten WIS-auto (op vluchtstrook)		
Pijl autodrip (leesbaar)		
Bord autodrip (leesbaar)		
Kegels (retroreflecterende. rood-witte banden)		
Locatie kegels		
Striping WIS-auto zichtbaar		
Contourmarkering zichtbaar		
Locatie WIS-auto (rij- of vluchtstrook)		
Stand WIS-auto (recht, fend-off)		
...		
Commentaar: Z.O.Z.		

Herkenbaarheid	Beoordelingsafstand (m)⁵ 104 / 240 / ...	
Herkenbaarheidsaspect	Rapportcijfer⁶	Commentaar
Herkenbaar als (voor mij) verkeers-relevant object		
Herkenbaar als stilstaand object		
Herkenbaar als afwijkende situatie		
Herkenbaar als hulpvoertuig		
Locatie van WIS-auto (welke strook?)		
Duidelijkheid informatie (Hoe moet je reageren?)		
Configuratie kegels		
Duidelijkheid stand voertuig		
Commentaar (eventueel doorgaan op achterzijde):		

⁵ Omcirkelen, invullen. 105 m en 240 m is resp. 2- en 1-zijdig aanrijdinggevaar. ⁶ 1 = Zeer slecht, 2 = Slecht, 3 = Ruim onvoldoende, 4 = Onvoldoende, 5 = Twijfelachtig, 6 = Voldoende, 7 = Ruim voldoende, 8 = Goed, 9 = Zeer goed, 10 = Uitstekend.

Commentaar van waarnemers E-flares metingen

De schuine streep (/) geeft de scheiding aan tussen het commentaar van de verschillende waarnemers. Een liggend streepje (-) is geen commentaar.
Het commentaar is per conditie verzameld en daarna onderverdeeld per aspect of aangemerkt als algemeen.

Tabel 4 Commentaar zichtbaarheidsafstand.

Meting	Opstelling	E-flares	Kegels	Aanrijstrook	Commentaar
1	1) Rijstrook, 1-zijdig aanrijgevaar	uit	75 cm	rechts	Pijl autodrip: Overstraling door gele zwaailichten. Kegels (retroreflectie): Afgedekt, achter auto / Niet zichtbaar vanuit passagiersstoel / Afgeschermd door WIS-auto. Locatie kegels: Afgedekt, achter auto / Afgeschermd door WIS-auto. Contourmarkering: Wielkasten eerder zichtbaar dan de rest / Wielkast voorwiel wel eerder zichtbaar / Voorruitstand laatst zichtbaar, wielkasten al >> 100 m. Commentaar: Kegels afgedekt, niet zichtbaar
2		aan	75 cm	rechts	E-flares: 400 m: weer weg / Op 1ste kegel; verdwijnt bij 280 m achter voertuig. Kegels (retroreflectie): Afgeschermd door WIS-auto. Locatie kegels: Afgeschermd door WIS-auto. Commentaar: Beoordeling pijl als onderste streep. Ook zichtbaar is: "pijl " i.p.v. "pijl zonder onderste streep".
3		uit	75 cm	links	
4		aan	75 cm	links	E-flares: Meer zichtbaar (dan bij meting 1 en 2). Commentaar: E-flares minder afgedekt door WIS-auto
5	3) Rijstrook, 2-zijdig aanrijgevaar	uit	75 cm	a	Zwaailicht WIS-auto: 1x bovenste licht wordt door paal afgedekt. Bord autodrip: Uitroeptekens is pas laat te onderscheiden. / Als je moet stoppen zet dan "stop" op het bord. Commentaar: Paal autodrip schermt zwaailicht/alternerend licht bovenop WIS-auto af.
6		aan	75 cm	a	E-flares: E-flares dichtbij en veraf lijken op dezelfde afstand te staan. Locatie kegels: Alleen voorste zichtbaar, achterste onzichtbaar (retro). Commentaar: Toevallig lopend patroon E-flares. Voorste en achterste E-flares lijken bij elkaar te horen. / Positie kegels lastig in te schatten. Door E-flares lijken ze allemaal op dezelfde afstand te staan (E-flares hebben geen diepte).
7		uit	75 cm	b	Zwaailicht WIS-auto: Achterkant. Bord autodrip: Achterkant / Rijden op voorzijde WIS-auto aan. Kegels (retroreflectie): Middelste niet, overstraald. / Middelste wordt overstraald. / 2 van de 3 zichtbaar, middelste overstraald door WIS-auto. Locatie kegels: 2 achterste kegels op 70 m.

					Striping WIS-auto: Ook op + 60 niet zichtbaar. Op -160 een beetje. Contourmarkering: Van voren gewoon niet zichtbaar. Ook op -160 nog niet. Commentaar: Bij laatste 80 m ook laatste 2 kegels zichtbaar.
8		aan	75 cm	b	E-flares: Deels verblind door verlichting WIS-auto. / Middelste overstraald. / Middelste van de 3 wordt overstraald door koplampen WIS-auto. Zwaailicht WIS-auto: Deels afgedekt? / Onderste rij afgedekt / niet aanwezig. / - Bord autodrip: - / - / Alleen van achterzijde leesbaar.
9	2) Vlucht-strook, 1-zijdig aanrijgevaar	uit	75 cm	rechts	Bord autodrip: Om echt te herkennen. Contourmarkering: Overstraald.
10		aan	75 cm	rechts	Commentaar: E-flares zijn los van kegels E-flares lijken los te staan van kegels, vooral op grotere afstand.
11		uit	50 cm	rechts	Commentaar: 75 cm kegels op 616 m al een beetje zichtbaar. 50 cm kegels NIET, pas op ca. 436 m.
12		aan	50 cm	rechts	Alternierende lichten WIS-auto: Overlapt met E-flare.

Tabel 5 Commentaar herkenning.

Meting	Opstelling	E-flares	Kegels	Aanrijstrook	Commentaar
1	1) Rijstrook, 1-zijdig aanrijgevaar	uit	75 cm	rechts	Configuratie kegels: Afgeschermd. Commentaar: Kegels afgedekt, niet zichtbaar. Kegels niet zichtbaar.
2		aan	75 cm	rechts	Configuratie kegels: E-flares worden afgeschermd. / Afgeschermd door WIS-auto.
3		uit	75 cm	links	Commentaar: Rij kegels goed zichtbaar.
4		aan	75 cm	links	-
5	3) Rijstrook, 2-zijdig aanrijgevaar	uit	75 cm	a	Herkenbaar als stilstaand object: Voertuig in rijrichting geeft meer verwarring. Hij kan ook nog 20 km/h rijden. Duidelijkheid informatie: Stoppen? / Onduidelijk of je er langs mag. / Je mag er wel voorbij (want 3 kegels blokkeren) maar autodrip meldt dat niet. Configuratie kegels: 2 zichtbaar. / Onduidelijk hoe achterste staan. Commentaar: - / De configuratie had ook zo kunnen zijn dat de WIS-auto en de eerste kegels links gepasseerd moeten worden en daarna weer na de rechterstrook. / -
6		aan	75 cm	a	Duidelijkheid informatie: Door E-flares duidelijker dat je niet omheen moet rijden. Configuratie kegels: Alleen voorste kegels in retroreflectie zichtbaar.
7		uit	75 cm	b	Duidelijkheid informatie: Afgesloten. Configuratie kegels: 3 dwars / Voorste dwars. Duidelijkheid stand voertuig: 1 koplamp zichtbaar, andere afgeschermd door "ongeval".
8		aan	75 cm	b	Herkenbaar als verkeersrelevant object: Rood licht geeft meer urgentie.

					Duidelijkheid informatie: Stoppen. Duidelijkheid stand voertuig: Koplampen zichtbaar. Commentaar: Alternierende verlichting voorkant: alleen bovenste zichtbaar, onderste overstraald door koplampen.
9	2) Vlucht-strook, 1-zijdig aanrijgevaar	uit	75 cm	rechts	-
10		aan	75 cm	rechts	Commentaar: Te veel geknipper. / Op grote afstand minder snel helder door E-flares, diepte kegels minder gemakkelijk te herkennen. Minder overzichtelijk, wel hoge urgentie. Denk dat ik wel langzamer langs rij en/maar ook meer links houdt (kan ook risicovol zijn).
11		uit	50 cm	rechts	-
12		aan	50 cm	rechts	Commentaar: Uit kleine kegels spreekt minder urgentie. E-flares zijn onrustiger waardoor configuratie minder helder is.

Ongevalsgegevens

document	Datum	lokatie	Tijd	dag	hm	rijstrook	weggedeelte	weer	botsvoertuig	signalering	aanrijding met
factsheet RWS	29-okt-07	A67 Eindhoven-Venlo	22:30	maandag	?	rijstrook 2?	rechte weg		vrachtwagen	geen signalering	WIS voertuig
factsheet RWS	1-jan-10	A67 richting Venlo	17:12	vrijdag	?	rijstrook 3?	rechte weg		personeenauto	geen signalering	WIS voertuig
factsheet RWS	4-jan-10	A44	?	maandag	?	vluchstrook	?	ijzel	personeenauto	geen signalering?	WIS voertuig
factsheet RWS	2-feb-10	A31	rond 6:00	dinsdag	?	rijstrook 2	Rechte weg	ijzel	personeenauto	geen signalering	WIS voertuig
factsheet RWS	16-feb-11	A28 Julianaplein	?	woensdag	?	rijstrook 4	?	?	personeenauto	geen signalering	WIS voertuig & WIS
factsheet RWS	1-sep-12	A15	?	zaterdag	60.7 li	?		?	brandweerauto		
M.Lambers	21-6-2013	A73	?	vrijdag	77.2 re	vluchstrook	rechte weg	?	vrachtwagen	geen?	WIS voertuig
M.Lambers	28-8-2013	N3	?	woensdag	0.5 li	uitvoeger	rechte weg	?	?		WIS voertuig
M.Lambers	21-10-2013	A9	?	maandag	27.8	rijstrook 3?	?	?	?	rijstrook 3 en 4 afgekrust	WIS voertuig
M.Lambers	6-11-2013	A1/A35	18:30	woensdag	56.6	rijstrook 1	bocht	?	personeenauto	geen signalering	WIS voertuig
Excel RWS	17-1-2014	A10	?	vrijdag	16.5 li	rijstrook 1	?	?	personeenauto	rijstrook 1 en rijstrook 2 afgekrust	WIS voertuig
Excel RWS	21-1-2014	A16	?	dinsdag	69.7 re	rijstrook 2	rechte weg	?	vrachtauto	?	WIS voertuig
E-mail Alfred Kersaan	19-2-2014	A15 (Pernis)	19:25	woensdag	?	rijstrook	?	?	?	geen signalering	WIS voertuig
Excel RWS	26-2-2014	A58	22:15	woensdag	134.6 re	rijstrook 2	rechte weg	?	personeenauto	?	WIS voertuig
Excel RWS	7-3-2014	A15	07:25/19:25?	vrijdag	?	?	?	?	personeenauto	?	WIS voertuig
Excel RWS	17-3-2014	A2	?	maandag	208 re	vluchstrook	rechte weg	?	personeenauto	?	WIS voertuig & WIS
Excel RWS	6-5-2014	A13	2:00	dinsdag	?	?	?	droog	personeenauto	rijstroken afgekrust	WIS voertuig & WIS
Excel RWS- E-mail Alfred Kersaan	9-6-2014	A2	8:10	maandag	?	?	?	?	?	?	WIS voertuig
Excel RWS-Grontmij	10-7-2014	A28	09:30	donderdag	99.5 li	rijstrook 3	bocht	?	vrachtwagen	rijstrook 3 afgekrust	WIS voertuig
Excel RWS-Grontmij	18-7-2014	A10	14:22	vrijdag	27.1 re	rijstrook 2 (linksaffier)	rechte weg	?	personeenauto	geen signalering bij afrit aanwezig	WIS voertuig (tijdens opruimen kegels)
Excel RWS	19-7-2014	A10	11:30	zaterdag	12.5 li	?		droog	personeenauto	rood kruis	WIS voertuig (spiegel)
Excel RWS - Grontmij	20-7-2014	A12	4:30	zondag	118.7 li	rijstrook 2,	rechtsdraaiende bocht, na toerit	droog	touringcar	rood kruis genegeerd. .	WIS voertuig
Excel RWS - E-mail Alfred Kersaan	29-8-2014	A1 (Stroe)	14:00	vrijdag	?	vluchstrook	?	?	vrachtauto	geen signalering	WIS voertuig
Excel RWS	2-9-2014	A2	?	dinsdag	?	rijstrook	?	?	personeenauto	?	WIS voertuig
Excel RWS- Grontmij	21-9-2014	A58	21:12	zondag	70.8	vluchstrook	linksdraaiende bocht, na toerit	nat. wegdek	personeenauto	geen signalering, naast gelegen rijstrook	WIS voertuig (tijdens opruimen kegels)
Excel RWS	24-10-2014	A15	10:16	vrijdag	48.6 re	vluchstrook	?	?	personeenauto	niet afgekrust	WIS voertuig
Excel RWS	29-10-2014	A10	20:00	woensdag	7.4 re	vluchstrook	?	droog	personeenauto	vluchstrook en rijstrook afgekrust	WIS motor
Excel RWS	31-10-2014	A2	6:45	vrijdag	249.6 li	rijstrook 1	rechte weg	?	?	slagboom tunnel stond open ondanks afsluiting	WIS motor
Excel RWS	19-12-2014	A37	21:43 & 0:39	vrijdag	?	rijstrook	?	droog	personeenauto	?	WIS voertuig (2x)
Excel RWS	29-12-2014	A67	7:00	maandag	43.8 li	rijstrook 1	?	droog	personeenauto	?	WIS voertuig
E-mail Alfred Kersaan	10-2-2015	A58 (Rosendaal)	overdag	dinsdag	?	rijstrook	bocht	?	?	geen signalering	WIS voertuig
E-mail Alfred Kersaan	11-2-2015	A58 (Rosendaal)	18:00	woensdag	?	rijstrook	uitvoeger	?	?	geen signalering	WIS voertuig