

DL: 4847

10.10

Effectiviteit van wildspiegels: een literatuurevaluatie

J.G. de Molenaar
R.J.H.G. Henkens

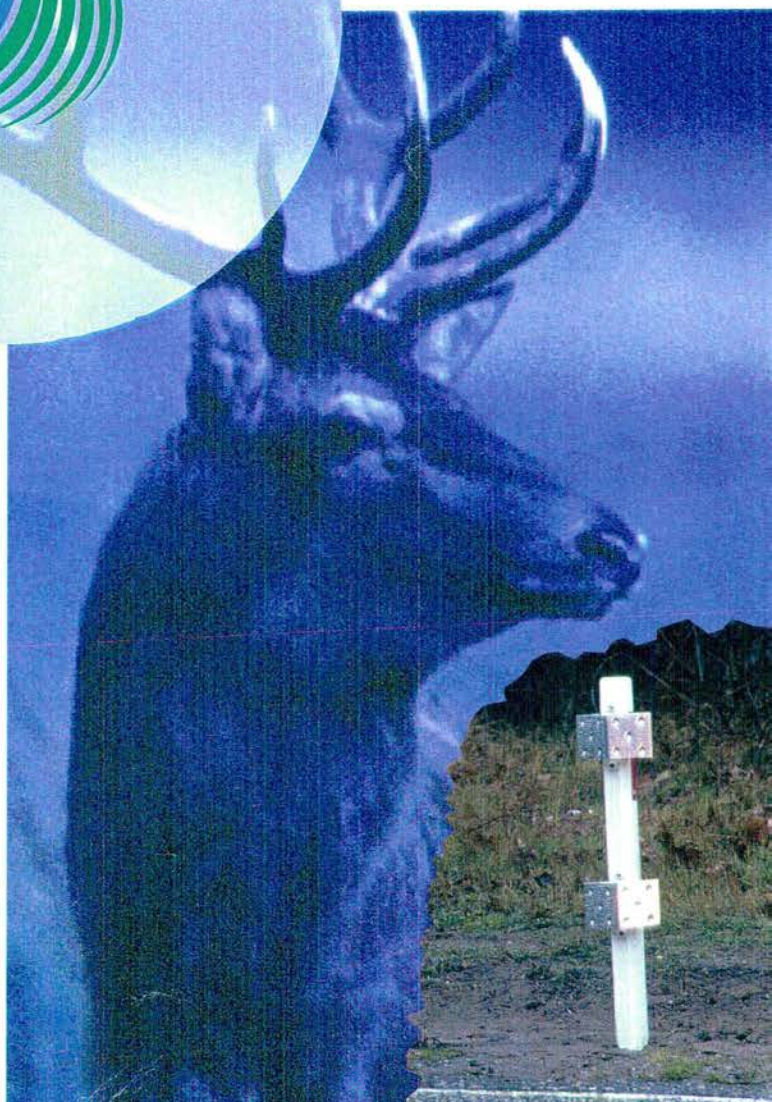
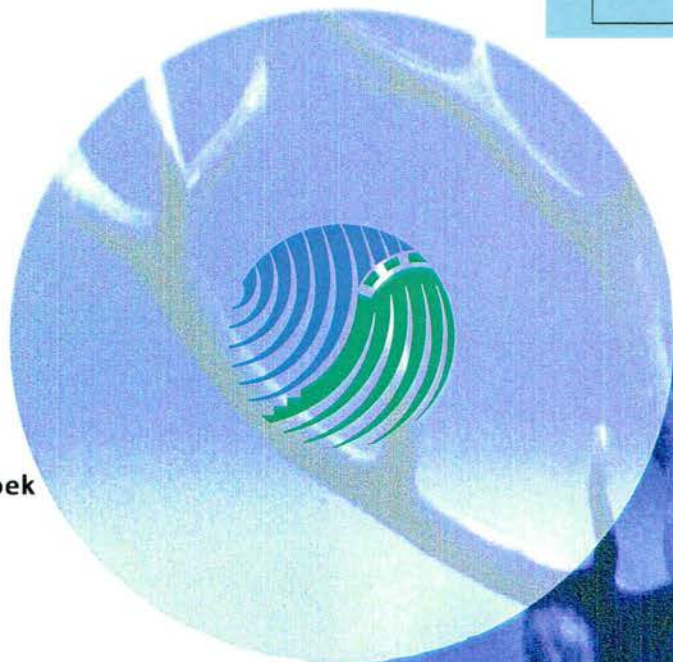
B I D O C
(bibliotheek en documentatie)



Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA DELFT
Tel. 015 - 2518 363/364

ibn-dlo

Instituut voor
Bos- en Natuuronderzoek



10.10-51

Effectiviteit van wildspiegels: een literatuurevaluatie

J.G. de Molenaar

R.J.H.G. Henkens

ibn-dlo

Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek



16 DEC. 1998

Wageningen 1998

IBN-RAPPORT 362, ISSN: 0928-6888

INHOUD

VOORWOORD	5
SAMENVATTING	7
SUMMARY	13
1. INLEIDING	17
1.1 Aanleiding	17
1.2 Probleemstelling	17
1.3 Toelichting	17
1.4 Doelstelling	18
1.5 Beperkingen	18
2. AANPAK	20
2.1 Algemene inhoudelijke benadering	20
2.2 Algemene opzet werkwijze	21
2.3 Opzet rapportage	21
2.4 Bronnen	22
2.5 Kanttekeningen	23
3. AANRIJDINGEN MET WILD	24
3.1 Vooraf	24
3.2 Verdeling van aanrijdingen over het etmaal	24
3.3 Verdeling van aanrijdingen over het jaar	25
4. INVLOEDEN OP AANRIJDINGSRISICO'S	31
4.1 Vooraf	31
4.2 Het wild	31
4.2.1 Populatie-dichtheid	31
4.2.2 Ruimtegebruik en landschap	32
4.2.3 Fysieke barrières	34
4.2.4 Reactie op naderende voertuigen	34
4.2.5 Verstoring	35
4.2.6 Bijzondere weersomstandigheden	36
4.2.7 Algemeen	36
4.2.8 Relatieve hoogteligging	37
4.2.9 Wegbreedte	37
4.2.10 Bermbreedte	38
4.2.11 Bermbegroeiing	38
4.2.12 Verlichting	39
4.3 De verkeerssituatie	40
4.3.1 Verkeersintensiteit	40
4.3.2 Rijsnelheid en rijgedrag	40
4.4 Bepaling van risico's	43
4.4.1 Mogelijkheden	43
4.4.2 Betekenis en aanbevelingen	44
5. FYSISCHE WERKING VAN WILDSPIEGELS	47
5.1 Vooraf	47
5.2 Algemeen	47
5.3 Typen van wildspiegels	48
5.4 Efficiënte plaatsing van wildspiegels	49
5.5 Werkingsprincipe van metalen wildspiegels	51

5.5.1	Algemeen	51
5.5.2	Opstelling en horizontaal weerkaatsingsbereik	53
5.5.3	Opstelling en verticaal weerkaatsingsbereik	55
5.5.4	Horizontaal en verticaal weerkaatsingsbereik	57
5.5.5	Autosnelwegen	57
5.6	Werkingsprincipe van reflectoren	59
5.6.1	Algemeen	59
5.6.2	Opstelling en horizontaal weerkaatsingsbereik	60
5.6.3	Opstelling en verticaal weerkaatsingsbereik	61
6.	PRAKTISCHE WERKING VAN WILDSPIEGELS	64
6.1	Vooraf	64
6.2	Onderhoud en beheer	64
6.3	Wegligging	68
6.4	Wegbreedte	68
6.5	Bermsituatie	68
6.6	Wegverlichting	68
6.7	Koplamp	69
6.8	Verkeerssnelheid	69
6.9	Weersgesteldheid	70
7.	WILD EN REACTIE OP LICHT EN WILDSPIEGELS	72
7.1	Vooraf	72
7.2	Gezichtsvermogen	72
7.3	Reflectie van wit licht	73
7.4	Reflectie van rood licht	74
7.5	Andere kleuren gereflecteerd licht	75
7.6	Gewenning	77
8.	LITERATUUREVALUATIE	79
8.1	Vooraf	79
8.2	Beoordelingscriteria	79
8.2.1	De opzet van het onderzoek	79
8.2.2	De opzet van de uitvoering	81
8.2.3	De in het onderzoek betrokken factoren	81
8.3	Toepassing van de beoordelingscriteria	83
8.3.1	Algemeen	83
8.3.2	De opzet van het onderzoek	83
8.3.3	De opzet van de uitvoering	84
8.3.4	De in het onderzoek betrokken factoren	84
8.4	Combinatie en eindselectie	85
8.5	Conclusie	86
9.	NABESCHOUWING	88
9.1	Algemeen	88
9.2	Andere maatregelen	89
9.3	Aanbevelingen voor nader onderzoek	90
	LITERATUUR	93
	BIJLAGE 1: Classificatie van de onderzoekopzet	97
	BIJLAGE 2: Bronnen van de database	99

VOORWOORD

Dit rapport is het resultaat van een studie die in opdracht van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat is verricht, in aansluiting op een literatuurstudie naar de werking en effecten van licht en verlichting op de natuur. Het verminderd effect van het aanbrengen van wildspiegels op het aantal aanrijdingen met wild is ondanks het vele onderzoek dat hiernaar is uitgevoerd, tot nu toe niet bewezen. Het lijkt daarentegen steeds waarschijnlijker dat deze maatregel geen effect heeft. De resultaten van deze studie bevestigen dit. Verder onderzoek zal moeten uitwijzen of, en zo ja welke effecten de plaatsing van wildspiegels in vergelijking met andere maatregelen precies heeft. De wijzen van plaatsing en onderhoud van de spiegels zijn daarbij een belangrijk punt van zorg. Tot op dat moment is terughoudendheid ten aanzien van het tot nu toe uitgevoerde beleid aan te raden, en bieden alternatieven in de vorm van maatwerk voor de concrete situatie meer perspectief.

SAMENVATTING

Om problemen tussen verkeersdeelnemers en overstekende zoogdieren te voorkomen worden wildspiegels geplaatst. Wildspiegels weerkaatsen in de schemering en duisternis het licht van de koplampen van naderend verkeer naar de berm en het terrein dat zich daar achter bevindt. De bedoeling is dat dieren die binnen de weerkaatste lichtbundel komen, daardoor blijven staan tot het voertuig voorbij is, of vluchten. Hierna kan zo'n dier meestal zonder gevaar oversteken. Als dit zo werkt, lijken wildspiegels duidelijke voordelen te hebben boven permanent aanwezige voorzieningen zoals rasters en hekken: ze werken alleen als het nodig is bij gevaar van aanrijding. Maar rasters werken ook overdag, wildspiegels niet. Tot nu toe is echter niet bewezen dat ze helpen, wel schijnt hoe langer hoe meer dat ze niet werken.

In hoofdzaak worden twee soorten wildspiegels gebruikt. Het ene type is een metalen spiegel: een gepolijst roestvrij stalen plaatje met inderkingen, dat het witte of gele autolicht zonder meer weerkaatst. Het andere type is een reflector met in plastic ingebedde prisma's. Het weerkaatste licht wordt hierdoor gespreid. De meest gebruikte reflectoren zijn rood, al worden ook wel witte toegepast. Het weerkaatste licht heeft de kleur van de reflector.

Het onderzoek naar de effectiviteit van wildspiegels gaat in het algemeen uit van vergelijking van de aantallen aanrijdingen met wild voor en na plaatsing van die wildspiegels. Het blijkt dat deze aantallen met een onbekende, ruime marge naar boven moeten worden afgerond. Verder komt naar voren dat die aantallen aanrijdingen op een en hetzelfde wegtraject van jaar tot jaar sterk kunnen wisselen, waarbij verschillen van 100 à 150% bepaald geen uitzonderingen zijn. Verschillen in aantallen aanrijdingen met wild voor en na plaatsing van wildspiegels vallen doorgaans ruim binnen deze spreiding. Ten slotte zijn de aantallen aanrijdingen per onderzocht wegtraject in de praktijk meestal zo beperkt dat de statistische betrouwbaarheid niet getoetst kan worden. De basis van de bepaling van de effectiviteit van wildspiegels kan dus niet bijzonder solide worden genoemd.

De oorzaak van de fluctuaties in het aantal faunaslachtoffers is waarschijnlijk veelzijdig. Gedacht kan worden aan veranderingen in de populatiedichtheid en de populatieopbouw. Daarin kunnen van jaar tot jaar en van gebied tot gebied grote schommelingen optreden. Veelvuldig is aangetoond dat het aantal aanrijdingen met wild daarmee sterk is gecorreleerd. Andere factoren die een rol kunnen spelen zijn veranderingen in onder meer de weer- en terreingesteldheid, in de foerageeromstandigheden, in verstoring, en in de verkeersintensiteit.

Bij aanrijdingen zijn altijd beide partijen betrokken, de verkeersdeelnemer en het overstekende wild. Voor elk geldt de parafraze op de uitspraak van Shakespeare's Hamlet: 'To see or not to see, that is the question'. Voor verkeersdeelnemer en overstekend wild tezamen geldt dus: 'To see and to be seen, that is the problem'.

Het 'zien of niet zien' gaat in het bijzonder op voor de verkeersdeelnemer. Voor het wild ligt het waarschijnlijk genuanceerder. Bij groot wild, dat wil zeggen ree, edelhert en wild zwijn, zijn het reukvermogen en het

gehoorvermogen beter ontwikkeld dan het gezichtsvermogen. Voor deze dieren moet het waarnemen van oplichtende wildspiegels worden beschouwd als een mogelijke extra visuele attentering, in aanvulling op de waarneming van het geluid van het naderende voertuig en van de verlichting daarvan.

Het 'zien en gezien worden' roept de vraag op of een veronderstelde afname van aanrijdingen met wild na plaatsing van wildspiegels een gevolg is van een attenderende, tot voorzichtigheid manende invloed (1) op in de eerste plaats het wild, of (2) op vooral de verkeersdeelnemer. Deze vraag wordt in de publicaties over de effectiviteit van wildspiegels echter niet gesteld. Er wordt zonder meer uitgegaan van het eerste geval. Slechts in enkele gevallen wordt min of meer zijdelings geopperd dat de resultaten achteraf wellicht mede verklaard zouden kunnen worden uit een invloed van oplichtende wildspiegels op de verkeersdeelnemers. Maar dat kan pas op het laatste moment, vlak voor het passeren.

Er kan onderscheid worden gemaakt tussen de fysische werking van wildspiegels, de waarneming en de reactie in gedrag van wild op oplichtende wildspiegels, en het uiteindelijke effect op het aantal aanrijdingen met wild.

De fysische werking van wildspiegels op zich wordt in de literatuur zelden aangeroerd en eigenlijk nooit uitgediept. Dit lijkt er de oorzaak van te zijn dat het onderzoek een gegeven plaatsing van wildspiegels als regel zonder meer accepteert, zelfs als die flagrant in tegenspraak is met wat de fabrikant op goede gronden adviseert. Het is daarbij opmerkelijk dat de wildspiegels in Nederland zelden technisch juist zijn geplaatst. Het is ook opmerkelijk dat, afgezien van één enkele publicatie, eraan voorbij wordt gegaan dat reflectie van gekleurd licht wordt bereikt door spectrale beperking en dus samengaat met lichtverlies, en dus ook met een risico van vermindering van waarneembaarheid - nog afgezien van de spectrale gevoeligheid van het oog van ree, edelhert en wild zwijn.

De fysische werking hangt in de praktijk sterk af van de plaatsing. De beste plaatsing is die waarbij de weg en de directe wegomgeving zo volledig mogelijk door het gereflecteerd licht worden bestreken. Dit is alleen mogelijk als de wildspiegels over de weg heen de omgeving inschijnen. Daarbij is het gewenst dat het licht van de wildspiegels van beide wegzijden op de weg zelf geen overlap vertoont, dus dat die spiegels afwisselend links en rechts van de weg in zigzagpatroon staan opgesteld.

Dit rapport geeft formules waarmee eenvoudig kan worden berekend op welke tussenafstand en op welke hoogte (afhankelijk van de ooghoogte van de diersoort) wildspiegels dan zouden moeten worden geplaatst, wil hun reflectie voor het wild waarneembaar zijn. Toepassing hiervan geeft resultaten die afwijken van de voor metalen wildspiegels aanbevolen plaatsingsafstand, omdat rekening moet worden gehouden met de afstand tussen de twee rijen wildspiegels aan weerszijden van de weg.

De afstand tot de weg is van belang omdat vervuiling de reflectie van wildspiegels sterk kan verminderen. Daarom wordt wel aanbevolen om de spiegels, indien mogelijk, tenminste 6 m (tot 12 m) uit de wegrand te plaatsen. Wat in de Nederlandse situatie niet vaak haalbaar lijkt, los er-

van of het zinvol is voor het mogelijk voor voertuigen van de weg houden van wild.

De fysische werking staat in de praktijk onder invloed van een veelheid van andere factoren. Dit draait nog steeds om het 'To see or not to see' en betreft onder meer het onderhoud van de wildspiegels, de karakteristiek van de weg en onmiddellijke omgeving, de aard, de breedte en het onderhoud van de wegberm en de aan- of afwezigheid van wegverlichting. Daarnaast zijn er zichtbeperkende weersinvloeden in het geding, zoals regen, mist en sneeuwval.

Het onderhoud betreft reiniging, correctie van de stand en vervanging bijvoorbeeld bij aantasting door corrosie. Zo blijkt het reflecterend vermogen bij regelmatige reiniging al binnen één jaar met 90% af te nemen. Scheefstand betekent dat het gereflecteerde licht in plaats van opzij, naar boven of naar beneden schijnt en dan niet meer door het wild kan worden waargenomen.

De breedte van de weg is uiteraard van invloed: hoe breder de weg, hoe groter de afstand die het gereflecteerde licht naar de tegenoverliggende wegkant moet afleggen en hoe meer het zich spreidt en wordt verstrooid, dus des te lager wordt de verlichtingsintensiteit. Als de onderlinge afstand tussen de spiegels constant is, betekent dit dat in bochten de dekking van de reflectie aan de ene wegkant overlapt, maar aan de andere kant afneemt. Een helling van de bermen heeft dezelfde consequenties als in vlakke bermen scheefstaande wildspiegels.

De invloed van de aard, het onderhoud en de breedte van de wegberm spreken voor zich. Een hoge vegetatie onderschept immers de reflectie. Dus hoe lager de bembegroeiing is en hoe breder die berm is, des te groter is de waarneembaarheid van wildspiegels voor wild dat de berm op loopt. Dit is niet alleen een kwestie van al op grotere afstand kunnen zien, maar in principe ook van meer gelegenheid (tijd) hebben om minder paniekerig op een minder plotselinge en hevige prikkel te reageren.

Wegverlichting vermindert het contrast tussen oplichtende wildspiegels en de achtergrondverlichting, en daarmee de zichtbaarheid van die spiegels. Overigens blijkt het aantal aanrijdingen met wild op verlichte wegen zonder wildspiegels vele malen lager te zijn dan op onverlichte wegen waar zulke voorzieningen ook ontbreken.

Punt twee is of, en zo ja hoe wild reageert op de waarneming van oplichtende wildspiegels. Directe waarnemingen van de reactie op auto-licht en op oplichtende wildspiegels blijken zeer schaars te zijn. De resultaten hiervan wijzen erop dat de dieren veel vaker niet dan wel reageren, en dat, als zij al reageren, de reactie niet verder gaat dan de kop opheffen en even kijken. De resultaten van experimenten met kortstondig verlichte reflectoren in het vrije veld tonen een aanvankelijk veelvuldige reactie, die echter door gewenning snel wegebt. Onbekend is hoe de veronderstelde invloed van waarneming van oplichtende wildspiegels zich verhoudt tot de invloed van de waarneming van het geluid van naderende voertuigen. Het heeft er alle schijn van dat de ideeën over de theoretische werking van wildspiegels op wild berusten op twijfelachtige aannamen. Uit deze studie komt in elk geval naar voren dat, als er al sprake is van de gewenste reactie van het wild dit eerder te verwachten is bij wit dan bij rood licht reflecterende wildspiegels.

Toch wordt vaak na plaatsing van wildspiegels een daling van het aantal aanrijdingen geconstateerd. Dit suggereert dat oplichtende wildspiegels wel de aandacht trekken en daardoor een alerter gedrag oproepen. Daarbij moet worden opgemerkt dat zo'n daling bij langduriger onderzoek na verloop van tijd doorgaans weer blijkt af te nemen of te verdwijnen. Als regel wordt hier geen verklaring of beschouwing aan gewijd, soms wordt dit toegeschreven aan het optreden van gewenning bij het wild. Aannemend dat wildspiegels inderdaad effectief zouden kunnen zijn, lijkt het minstens zo aannemelijk dat dit geweten mag worden aan afname van hun reflecterend vermogen. Het is overigens niet uitgesloten dat de berm bij plaatsing van wildspiegels eenmalig onder handen wordt genomen en gekort of, omgekeerd, dat bij ingrijpende bermwerkzaamheden tegelijkertijd wildspiegels worden geplaatst. Zo'n gang van zaken kan leiden tot voorbijgaande omstandigheden, dat wil zeggen een brede en kale of open berm, die op zich het risico van aanrijdingen een tijd kunnen beperken. De literatuur rept hier niet over, maar omdat die ook doorgaans nauwelijks rept over vele factoren die direct van invloed zijn, zegt dit niet veel.

De publicaties over de effectiviteit van wildspiegels zijn geanalyseerd en geëvalueerd aan de hand van drie sets van criteria: (1) de opzet van het onderzoek, (2) de opzet van de uitvoering en (3) de in het onderzoek betrokken factoren die het resultaat sterk kunnen beïnvloeden. Dit betreft de kwaliteit van de wetenschappelijke aanpak (1) en het inzicht in de problematiek (2 en 3). De uitkomst is nogal teleurstellend. Er zijn geen publicaties gevonden die ruimschoots voldeden aan wat van onderzoek verwacht mag worden. De minst onverantwoorde publicaties betreffen onderzoeken die zonder uitzondering uitwijzen dat het plaatsen van wildspiegels, in het bijzonder van reflectoren, geen effect heeft op het aantal aanrijdingen. Van deze zes komen er vier uit Noord-Amerika, twee komen uit Europa.

De uitkomst van deze onderzoeken is in flagrante tegenspraak met wat de overige, als ver ondermaats terzijde gelegde publicaties merendeels menen te mogen concluderen. Vele van deze laatste doen niet meer dan verslag van het aantal aanrijdingen.

Het laatste, definitieve woord over de effectiviteit van wildspiegels is dus nog niet echt gezegd. Gezien de constatering dat geen overtuigend bewijs ten gunste van wildspiegels en -reflectoren aanwezig is, eerder in tegendeel, zou vooralsnog de voorkeur moeten worden gegeven aan andere maatregelen.

De effectiefste maatregel om aanrijdingen met wild te voorkomen is de plaatsing van rasters. Dit beperkt echter de mogelijkheid van pendelen tussen verschillende leefgebieden en van uitwisseling van individuen tussen deelpopulaties. Dit negatieve effect kan worden ondervangen door het combineren met doorgangen in de vorm van faunapassages ('dwangwissels'): wildviaducten, wildovergangen en wildtunnels. Zulke faunapassages zijn trouwens door medegebruik ook van betekenis voor het beperken van verkeersslachtoffers onder kleinere diersoorten.

Wildviaducten voor ree, edelhert, wild zwijn en andere dieren komen vanwege de hoge kosten in de praktijk alleen in aanmerking voor zeer

bijzondere situaties. Wildtunnels zijn wat de drie genoemde wildsoorten betreft eigenlijk alleen functioneel voor ree.

Bij wildovergangen kan men denken aan rasters met plaatselijk openingen waardoor de dieren de weg kunnen oversteken. Daarbij dient door plaatsing van wildroosters te worden voorkomen dat de dieren naar weerszijden over de weg kunnen gaan zwerven. Die wildroosters kunnen tegelijkertijd, aangekondigd door waarschuwingborden, de verkeerssnelheid temperen. Als extra veiligheidsvoorziening kunnen zulke 'wild-doorlaatposten' worden voorzien van elektronische detectieapparatuur die is gekoppeld aan een verkeerswaarschuwingssysteem. Dat signaleert wanneer wild de opening in de rasters nadert en dreigt de berm te betreden, en geeft dan een zgn. actieve waarschuwing aan het verkeer door het doen oplichten van een verkeersbord (snelheidsbeperking, bord 'overstekend wild'). Daarmee kan gewenning van de weggebruiker worden beperkt. Experimenten met dit systeem in Zwitserland geven hoopvolle resultaten. Zulke systemen kunnen ook kleinere dieren, tot de grootte van een haas detecteren. Dit houdt in dat ook dassen, boom-marters e.d. worden gesignaleerd.

Ook, maar minder effectief is het om op kritieke gedeelten de weg over enige afstand te verlichten, de open berm daar te verbreden en/of consequenter kort te houden, en - last but not least - er de verkeerssnelheid te beperken tot 80 km/uur - beter nog tot 60 of 50 km/uur. Plaatsing van waarschuwingborden voor overstekend wild lijkt in de praktijk eigenlijk niets uit te halen.

Voor de korte termijn wordt aanbevolen om de registratie van ongevallen waarbij dieren betrokken zijn, zoals thans reeds gedaan wordt door de Adviesdienst voor Verkeer en Vervoer, uitgebreider te documenteren. Het voor deze studie opgezette databestand kan hiervoor een aanzet bieden. Dit betekent wel dat de processen-verbaal of rapporten van zulke ongevallen in principe aanzienlijk gedetailleerder zouden moeten worden opgemaakt. In de praktijk kan dit echter tenminste voor een deel worden vervangen door los van de feitelijke registratie van elk geval, met een zekere regelmaat (bijvoorbeeld jaarlijks) de betrokken situaties - of de meest relevante selectie daaruit - adequaat te beschrijven.

SUMMARY

This report surveys and evaluates literature on the effectivity of so-called wildlife warning reflectors or deer mirrors. These mirrors are designed and applied to prevent vehicle - mammal collisions, or at least to reduce the number of accidents between cars and large mammals. However, so far it is not proved that they actually do so, nor fully conclusively that they don't - if the latter is ever possible.

Wildlife mirrors come in two types: metal mirrors as well as synthetic reflectors. Metal wildlife mirrors are mirrors in the strict sense. They give a direct reflection, while the synthetic reflectors contain prisms which add a certain degree of dispersion to the reflected beam of light. Where it is not necessary to distinguish between the two types, they are hereafter referred to as wildlife mirrors or just mirrors.

The determination of the effectivity of wildlife mirrors is based on comparison between the number of observed or reported collisions or wildlife victims before and after installation of such mirrors. For a start, it appears from this study that these numbers are but by approximation and should be considered with a certain upwards margin. Furthermore it appears that the number of collisions on one and the same stretch of road may vary greatly from one year to another. Annual fluctuations of 100 to 150% are far from exceptional. Remarkably enough, differences between numbers of accidents before and after installation fall generally well within this range. In conclusion, the numbers of accidents per stretch of road are usually that much limited, that their reliability can not be tested statistically. Thus it emerges that the grounds for determination of the effectivity of wildlife mirrors is not especially firm.

The cause of these fluctuations is probably complex. One cause may be changes in population density and population structure of large mammals concerned. These phenomena may strongly fluctuate from one year to another and from one area to another. It is shown manifold that the number of accidents is strongly correlated with these fluctuations. Other or additional causes may also be sought in changes such as in weather conditions, in feeding conditions, in disturbance, and in traffic density.

The collisions always involve two parties: the driver and the crossing wildlife. For each party holds the paraphrase of the statement of Shakespeare's Hamlet: 'To see or not to see, that is the question'. Taking both parties together, it should be: 'To see and to be seen, that is the problem'.

The 'To see or not to see' applies in particular to the driver. For wildlife, here roedeer (*Capreolus capreolus*), red deer (*Cervus elaphus*) and wild boar (*Sus scrofa*), it applies less straight forward as their sense of hearing is better developed than their eyesight. For these animals, wildlife mirrors might be considered to add an possible extra visual means of attention to the danger of approaching vehicles in addition to the observation of the sound of such vehicles and their headlights, rather than vice versa.

The 'To see and to be seen' questions whether the presumed reduction of accidents involving wildlife after installation of mirrors results from

drawing attention of (1) primarily wildlife, (2) primarily drivers, or (3) both. This question is not raised in the publications on wildlife mirrors. In but a few instances it is sidelong suggested that the results might be explained in part by the driver's observation of lighting up of mirrors.

Thus a distinction should be made between the physical performance of wildlife mirrors and the reaction of wildlife to lighting up of such mirrors.

The physics of wildlife mirrors as such is rarely touched and actually never really elucidated in the literature. It is for instance remarkable that all but one publication do not point out that reflection of coloured light results from spectral limitation and in consequence goes with an loss of intensity, and thus with a risk of diminished perceptibility - even disregarding the spectral sensitivity of the eye of roedeer, red deer and wild boar. The minimal interest paid to the physics of wildlife mirrors also seems to offer the explanation for fact that the research accepts a given installation of mirrors in the field without comment, even when this installation evidently disagrees with the manufacturers well based instructions.

The physical performance of wildlife mirrors strongly depends on how they are placed.

The most effective and efficient installation is the one in which the road and in particular its direct surrounding are covered by the reflected light. This condition can be met by having the mirrors shine across the road into the opposite verge or shoulder of the road, in a manner that the mirror line across the road is covered 100% (horizontally) leaving no dark gaps. In doing so, it should be avoided that the reflections from both sides of the road overlap on the road. This requires that they are set up in a zigzag or staggered pattern.

This report presents formulas for a simple calculation of the distance between the mirrors required to reach a 100% cover of the road verges, for metal mirrors as well as for synthetic reflectors. These formulas take into account the distance between the two lines of mirrors at both sides of the road, and therefore give other values for the distance between the mirrors than is advised for metal mirrors by the manufacturer. This report also gives formulas for the height at which the mirrors should be placed to make their reflection visible for wildlife, relative to the eye level of the various species.

The distance between mirror and road edge is important as well. This distance governs the rate and degree of becoming filthy by dirt from the road surface, and thus the affection of the intensity of reflection. Therefore it is advised to place the mirrors at least 6 meters away from the road edge, if the situation permits; in an exceptional case even 12 meters is advised. In the Dutch situation this will generally be impossible, apart from the question if this is meaningful for the purpose of keeping wildlife from passing closely in front of vehicles.

The physical performance of wildlife mirrors also depends on a variety of other factors relating to the theme of 'To see or not to see'. These include e.g. the maintenance of the mirrors, the characteristics of the road, the nature, width and management of the verge of the road, and the presence or absence of road illumination. They include weather con-

ditions as well, such as the negative influence of rain, fog and snow on visibility.

The maintenance of the mirrors refers to cleaning, correction of the position and replacement for instance after affection by corrosion. Thus it appears that regular cleaning, and a certain degree of weathering of the surface, diminishes the reflective performance of reflectors within one year by 90%. A leaning position changes the direction of the reflected light away from the horizontal level up into the air or down to the nearby soil surface, thus risking that it becomes out of the sight of approaching animals. In both cases the mirrors become ineffective.

The effect of the width of the road will be evident: the wider the road, the longer the distance for the reflection from mirror to opposite road side, the more the reflected light is spread and dispersed, and consequently the lower its intensity and visibility in the opposite verge of the road. With a constant distance between the mirrors, bends in a road will cause an inefficient overlap of the reflection at one side of the road, but leave ineffective gaps in the cover by reflection at the other side. A sloping verge has the same consequences as leaning mirrors on level verges.

The influence of the nature, maintenance and width of the verge of the road goes without saying. It is clear that a high and dense plant cover intercepts the reflection. In consequence, the lower the plant cover, the more consequently it is kept low and the wider the verge, the better the visibility of the mirrors in the way of distance, time and intensity for wildlife setting foot upon the verge. This offers in principle a better opportunity to react less panicky to a less sudden and less intensive stimulus.

Road illumination diminishes the contrast in light intensity between lighting up mirrors and background illumination. This affects the visibility of these mirrors. On the other hand it seems that the number of collisions with wildlife on illuminated roads is much lower than the number of such accidents on not illuminated roads.

Apart from this, direct observations of the reaction of wildlife to light and lighting up of mirrors appear to be very scarce. The results suggest that the animals more often than not do not react. When they do react, this involves often not more than raising the head and giving the reflector a passing glance. The results of field experiments with briefly illuminated reflectors show initially ample reactions of deer, but these rapidly ebb away as a result of habituation. The relative importance of the possible reaction to seeing mirrors lighting up by the approaching vehicles as compared with the possible reaction to hearing these vehicles remains obscure. It looks as if the ideas behind the presumed impact of mirrors on wildlife are based on questionable assumptions. Assuming that wildlife displays the reaction hoped for, this study indicates that this may be expected more so using mirrors reflecting white light than using mirrors reflecting red light.

Nevertheless, many authors report a decrease in the number of collisions directly after installation of wildlife mirrors. In the cases of a longer observation period this often appears to taper off after some time. As a rule this phenomenon goes without explanation or consideration; by exception it is ascribed to habituation by wildlife. If wildlife

mirrors should be effective indeed, it seems at least as likely that a decrease in reflective ability of the mirrors is involved as well. Moreover, it should not be excluded that installation of mirrors might be combined with a single, once-only reconstruction or other activities temporarily affecting the characteristics of the verge, or vice versa. Such procedures can result in passing by conditions, i.e. a wide and bare or open verge, which as such reduce the risk of collisions for some time. The literature gives no clues about the probability of this suggestion. But, as it is the literature is remarkably scarce in mentioning the many factors which directly influence the frequency of collisions, this is not very meaningful. The publications explicitly dealing with the effectivity of wildlife mirrors are analysed and evaluated on three sets of criteria: (1) the type of research set up, (2) the set up of the realisation, and (3) the consideration of the factors most affecting the risk of accidents with wildlife. Secondary sources are left out. The outcome is rather disappointing. No publications are found which meet what may be expected from sound research. The six second best publications all indicate that installation of mirrors, especially reflectors, have no effect. Their results are in flat contradiction to what the vast majority of the publications, neglected because of their scientific inadequacy, think they may conclude. Many of the latter are not much more than registrations of just the number of accidents.

The final word about the effectivity remains still to be said. This conclusion goes with a faint touch of 'it can't do any harm and it may do some good'. Because of the possible advantage of wildlife mirrors above other measures such as fences, it is urgent to advance sound research on this topic.

A general survey of possible alternatives is presented. Along critical road stretches it is considered much more effective to install illumination, to consider to possibilities to create a wider the shoulder and/or to keep the shoulder's plantcover consequently low, and - last but not least - to limit the traffic speed to 80 km/hr, better even to 60 or 50 km/hr. Warning signs for crossing wildlife seem to do little, if anything.

A rather final alternative is installation of fences. This is not advisable from the point of view of wildlife management and nature management, unless it goes with the creation of wildlife passages: crossovers for red deer, roedier and wild boar, tunnels for roedeer. Such facilities are beneficial for reduction of traffic victims among smaller animals as well.

A third alternative is to install fences with openings through which wildlife can pass to cross the road. To keep wildlife from wandering over the road, these crossing should on both sides be guarded by wildlife grills in the road. These grills, accompanied by warning signs, may help to reduce traffic speed as well. As an extra, such crossings could be supplied with electronic equipment which registers the passing of wildlife through the openings in the fences unto the road, and then activates a system to alarm the approaching traffic. This would also prevent or limit habituation of car drivers.

In the short term it is recommended to add a extensive documentation to the existing registration of accidents involving wildlife. The data base which is set up for this study, may provide a start for this.

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Bij de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van het Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat bestaat twijfel over de effectiviteit van wildspiegels. Deze dienst wordt regelmatig geconfronteerd met vragen over dit onderwerp. Twijfel daarover is ook gerezen bij de literatuurstudie die het IBN-DLO in opdracht van dezelfde dienst heeft verricht naar de invloed van wegverlichting op de natuur. Daarom heeft de Dienst Weg- en Waterbouwkunde aan het IBN gevraagd om een evaluatie te verrichten van het onderzoek naar de effectiviteit van wildspiegels.

1.2 Probleemstelling

Jaarlijks worden vele dieren slachtoffer van het wegverkeer. Volgens schattingen loopt het aantal in ons land in de miljoenen, nog afgezien van insecten en dergelijke. Het merendeel hiervan bestaat uit een grote verscheidenheid aan vogelsoorten, maar daarnaast vinden ook vele aanrijdingen met zoogdieren plaats.

Vooraf aanrijdingen met grotere dieren, en manoeuvres om die te voorkomen, kunnen levensgevaarlijk zijn zowel voor de verkeersdeelnemer als voor het dier. Verder kan aanzienlijke materiële schade ontstaan en het dier veel leed worden berokkend. Mogelijk treedt beïnvloeding van dierpopulaties op. Het gaat bij deze aanrijdingen en bijna-aanrijdingen in ons land vooral om reeën (*Capreolus capreolus*), edelherten (*Cervus elaphus*) en wilde zwijnen (*Sus scrofa*).

Om dit risico te beperken worden zogeheten wildspiegels geplaatst. De effectiviteit van de werking van die wildspiegels staat ter discussie. Een kritische, gedetailleerde analyse van het over de vermeende effectiviteit gepubliceerde onderzoek ontbreekt. Optimistische verwachtingen van het veronderstellende effect van die plaatsing kunnen bovendien de aandacht afleiden van het zoeken naar andere maatregelen die het risico zouden kunnen beperken.

1.3 Toelichting

Wildspiegels worden vooral geplaatst om aanrijdingen met grote zoogdieren zoals reeën te voorkomen. Naast het gevaar dat die aanrijdingen voor het verkeer kunnen opleveren, kunnen zij ook mogelijk een negatief effect op de populaties van die dieren hebben. De volgende gegevens geven een indruk van de problematiek. Cijfers voor Nederland zijn niet direct voorhanden.

In Denemarken wordt het bedrag aan jaarlijks door de verzekering uitbetaalde cascoschade ten gevolge van zulke aanrijdingen geschat op zo'n 20 miljoen gulden (Espersen 1996).

In de Bondsrepubliek Duitsland had in 1979 een op de 470 verkeersongevallen als oorzaak 'wild op de rijweg', betrof een op de 1200 een aanrijding met persoonlijk letsel en had een op de 90.000 een dodelijke afloop (Ueckermann & Olbrich 1984).

De home-page van Strieter-lite reflectorsystemen op Internet meldt dat verkeersongevallen met herten in de VS jaarlijks verantwoordelijk zijn voor:

- *een geschat totaal van 500.000 ongevallen;*
- *meer dan 110 doden en tienduizenden gewonden;*
- *meer dan \$ 125 miljoen aan medische kosten en ziekenhuiskosten;*
- *meer dan \$ 940 miljoen aan herstelkosten van voertuigen;*
- *meer dan \$ 350 miljoen aan wildverlies;*
- *escalerende verzekeringspremies, toenemende kosten van verwijdering van autowrakken en toenemende kosten van verkeersongevalonderzoek.*

De gemiddelde kosten van een aanrijding met een hert zouden gemiddeld \$ 6100 bedragen.

Wildspiegels weerkaatsen het licht van de koplampen van naderend verkeer naar de berm. Een dier dat zich bij de weg binnen de ruimte van het weerkaatste licht bevindt en dat waarneemt, wordt dan verondersteld te blijven staan of te vluchten tot het voertuig voorbij is. Daarna kunnen de dieren alsnog de weg oversteken. Wildspiegels zouden zo kunnen functioneren als een 'optisch hekwerk'. Het aantrekkelijke hiervan is dat zij niet zoals wildrasters een permanente barrière vormen: overdag werken zij immers niet, tijdens schemering en nacht werken ze alleen wanneer er verkeer passeert met verlichting. Juist tijdens het begin en het eind van de nacht, wanneer de meeste voertuigen nog of al licht voeren, vinden de meeste aanrijdingen (en bijna-aanrijdingen) met grote zoogdieren plaats.

1.4 Doelstelling

De doelstelling van het project is: vaststellen van de effectiviteit van de werking van wildspiegels door een kritische analyse en evaluatie van gepubliceerd onderzoek over deze materie. Dit betreft de wetenschappelijke controleerbaarheid en kwaliteit c.q. betrouwbaarheid van het onderzoek zoals dat uit de literatuur blijkt: de technische opzet, de inhoudelijke opzet, en uiteindelijk de waarde van de getrokken conclusies. Het gaat dus om een inhoudelijke beoordeling van:

- de wetenschapstechnische kwaliteit van de onderzoeksopzet en van de resultaten;
- de representativiteit van het onderzoek: de betrouwbaarheid van de veralgemenisering van de resultaten en conclusies.

1.5 Beperkingen

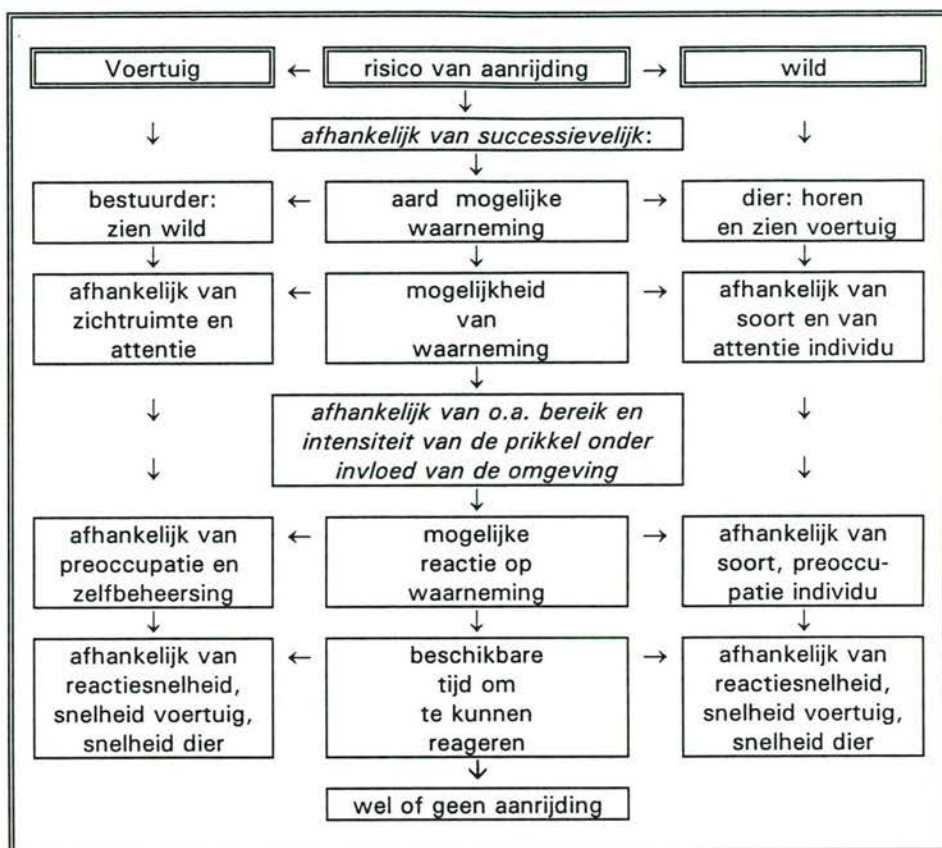
Kenmerkend voor literatuurstudies is dat meestal sprake is van een sterk afnemende meeropbrengst bij het pogen om ook de laatste publicaties in handen te krijgen. Voor dit project ligt dat nog wat gecompliceerder, omdat veel publikaties over wildspiegels zijn verschenen als zelfstandige rapporten. Zulke 'grijze literatuur' is in zeer beperkte mate tot niet via gangbare literatuurbestanden op te sporen. Wat opgespoord kan worden is niet of moeizaam, pas na lange tijd langs gebruikelijke kanalen of via persoonlijke contacten te verkrijgen. In dit geval geldt dat nog sterker omdat veel van de rapporten uitgebracht zijn door (semi-)overheidsdien-

sten buiten het wetenschappelijke circuit. De consequentie is dat een pragmatische tijdlimiet moet worden gesteld aan het opsporen en pogen van in handen krijgen van de literatuur. Door een voorinvestering in dat opsporen en pogen om in handen krijgen van enige maanden (kalender-tijd), inclusief het leggen van contacten, is deze beperking een stuk teruggebracht.

2 AANPAK

2.1 Algemene inhoudelijke benadering

Figuur 1 geeft een schets van de hoofdlijnen van de inhoudelijk-analytische benadering van de problematiek.



Figuur 1. Hoofdlijnen van de benadering van de problematiek.

Het gaat in de kern om de aard van de mogelijkheid om elkaar waar te nemen. Bij de automobilist gaat het om zicht, bij het wild om zicht en gehoor (reuk is niet relevant). De veronderstelde werking van wildspiegels berust alleen op het zien (zie figuur 2).

periode	zonder wildspiegels		met wildspiegels	
	waarneming voertuig door wild	waarneming wild door automobilist	waarneming voertuig door wild	waarneming wild door automobilist
dag	horen en zien	zien	horen en zien	zien
schemering	horen en + zien	+ zien	horen en beter zien	beter zien
nacht	horen	--	horen en beter zien	beter zien

Figuur 2. Veronderstelde invloed van wildspiegels op de wederzijdse waarneming.

De nadruk bij het plaatsen van wildspiegels ligt per definitie op het beperken van aanrijdingen met dieren die vooral in de schemering en 's nachts actief zijn. Dat zijn juist dieren met een relatief sterk ontwikkeld gehoor. Het ligt voor de hand dat de visuele werking van wildspiegels eerder de auditieve waarneming van naderende voertuigen zal ondersteunen dan andersom. De literatuur over de werking en de effectiviteit van wildspiegels besteedt evenwel geen aandacht aan het gehoor. Horen blijft dus ook in deze studie buiten beschouwing. De rol van de andere partij, de automobilist, wordt in de literatuur maar zelden aangevoerd, en blijft dan bij suggesties dat die ook een rol zou kunnen spelen.

2.2 Algemene opzet werkwijze

De opzet van de werkwijze bestaat grofweg uit twee stappen. In de eerste stap wordt aan de hand van algemene ecologische kennis en van de literatuur over wildspiegels nagegaan, welke factoren en omstandigheden een rol kunnen spelen bij de mogelijke effectiviteit van wildspiegels. Vervolgens worden de gepubliceerde onderzoeken beoordeeld op hun technisch-wetenschappelijke onderzoeksopzet en op de mate waarin deze factoren en omstandigheden erbij zijn betrokken. Inadequaat onderzoek kan immers misleidend resultaat opleveren. Het kan abusievelijk aantonen dat een bepaalde factor of ingreep wel werkt als dit feitelijk niet zo is, maar net zo goed dat die niet werkt als dat wel zo is, en even gemakkelijk, min of meer bij toeval, 'goed' uitkomen.

Vanwege de verdeelde meningen en in het geding zijnde maatschappelijke, zakelijke en individuele belangen, is de werkwijze geformaliseerd door voor de analyse van de in handen gekregen publicaties een database te ontwikkelen. Deze is zo opgezet dat hij later in een ander verband aangevuld en gebruikt kan worden.

2.3 Opzet rapportage

De hoofdstukken 3 t/m 7 behandelen de opeenvolgende analytische stappen van de aanpak, hoofdstuk 8 de evaluerende stap.

In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op wat bekend is over aanrijdingen met wild. Het gaat hierbij om het algemene gedrag, waar relevant en mogelijk toegespitst op soort, geslacht en leeftijd. Men kan daarbij denken aan bijvoorbeeld de algemene periode van dagelijkse activiteit en verplaatsingen en de kwetsbare perioden in de levenscyclus.

Hoofdstuk 4 gaat in op de omstandigheden die daarop van invloed zijn, bezien vanuit het wild en vanuit de situatie van de weg en het verkeer. Wat het wild betreft, gaat het onder meer om de invloed van de populatiedichtheid, de opbouw van het landschap, verstoring en de reactie op naderende voertuigen. Wat de wegsituatie betreft, gaat het onder andere om de wegbreedte, de bermsituatie en de aanwezigheid van wegverlichting, wat de verkeerssituatie aangaat om zaken zoals de verkeerssnelheid, verkeersintensiteit en voorzieningen om het gedrag van de weggebruikers te beïnvloeden.

In de beide volgende hoofdstukken wordt ingegaan op wildspiegels. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen spiegels in de strikte zin en

reflectoren, respectievelijk bestaand uit metalen plaatjes en uit een constructie met prisma's zoals de Swareflex-reflectoren.

Hoofdstuk 5 bespreekt de fysische werking van deze wildspiegels. Hoofdstuk 6 behandelt de omstandigheden die deze werking in de praktijk kunnen beïnvloeden, zoals opstelling, tussenafstand, hoogte boven maaiveld en onderhoud van de wildspiegels, wegbreedte en bermsituatie, verkeerssituatie, e.d.

Hoofdstuk 7 geeft vervolgens een beeld van wat bekend is over de reactie van wild op licht en op de lichtreflectie van wildspiegels. Eerst wordt de spectrale gevoeligheid van de ogen van wild aangesneden. Daarna passeert de reactie op de lichtreflectie door wildspiegels de revue. Dit betreft wit licht (voornamelijk spiegels) en rood licht (de gebruikelijke reflectoren). Afgesloten wordt met een korte bespreking van mogelijke andere door wildspiegels gereflecteerde kleuren licht.

De evaluatie van de onderzoekspublicaties gebeurt in hoofdstuk 8 in de eerste plaats aan de hand van de onderzoeksopzet. Daartoe wordt een algemene classificatie van typen van onderzoeksopzet gegeven, en een globale beoordeling van de betekenis van de met elk type verkregen resultaten. Dit fungeert als de eerste zeef. Daarna wordt een set van algemene criteria toegepast. Vervolgens worden de factoren en omstandigheden die relevant zijn voor de mogelijke effectiviteit van wildspiegels geordend naar relatieve betekenis, waarna deze als de laatste zeef worden gebruikt voor een toespitsing van de evaluatie. In de loop van deze detaillering worden de minder relevante onderzoeken successievelijk ter zijde gelegd.

Hoofdstuk 9 sluit af met een nabeschouwing, merites van alternatieven en aanbevelingen voor nader onderzoek.

2.4 Bronnen

De beschikbare literatuur over wildspiegelgegevens vormt een aantal sets.

- Een literatuurlijst van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van het Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat.
- Een literatuurrecherche, waarbij de volgende bestanden zijn geraadpleegd: Biological Abstracts/BIOSIS, Current Abstracts, Zoological Records/Dialogue, Commonwealth Agricultural Bureaus (CAB), Life and Sciences Abstracts, Environmental Bibliography, Enviroline, Life Sciences Collection en Science Research/Science Citation Index (SCI).
- Een literatuurbestand van de afdeling Dierecologie van het IBN-DLO, betreffende literatuur over wild en onder meer verkeer, inclusief wildspiegels.
- Het bestand Agralin en het voormalige RIN-archief.
- Internet.

Daarnaast is direct contact gezocht met potentiële buitenlandse gegevenshouders. Veel publicaties over het onderwerp vallen in de categorie 'grijze literatuur'. Zij komen niet alleen door die status niet in geautomatiseerde wetenschappelijke literatuurbestanden terecht, maar - waarschijnlijk - ook omdat zij vaak als min of meer interne rapporten worden uitgebracht door overheidsinstanties die met verkeersveiligheid zijn be-

last. Bovendien worden zij vaak verspreid in een heel ander circuit. Daarom zijn een aantal buitenlandse instanties direct benaderd. Dit betrof onder meer, in overleg met de ambassade van de Verenigde Staten en van Canada in Den Haag, een reeks staten in Noord-Amerika (ministeries van Transport, wildlifeservices) en Scandinavië.

2.5 Kanttekeningen

Het is een illusie dat een literatuurstudie werkelijk alle bestaande publicaties over een bepaald onderwerp kan opsporen. Ondanks alle inspanningen zal zo'n studie in feite altijd neerkomen op een steekproef. Het punt is dan de representativiteit van die steekproef. Deze representativiteit neemt toe, naarmate het onderwerp concreter benoembaar, begrensbare en minder veelzijdig is, en het aantal mogelijke trefwoorden dus beperkter is en deze zelf eenduidiger zijn. Het zoeken kan daardoor doelmatiger en efficiënter plaatsvinden. De representativiteit neemt inhoudelijk toe, naarmate recentere publicaties kunnen worden opgespoord, waarvan men mag aannemen dat zij refereren aan de meest relevante voorgaande publicaties. Een extra zekerheid daarop kan worden verkregen door directe benadering van deskundige instanties en personen. Het blijft desondanks een afweging van de afnemende meeropbrengst bij het pogen om ook de verondersteld laatste publicaties in handen te krijgen tegen de sterk toenemende tijd en inspanning die dat vergt.

Bij het onderwerp van deze literatuurstudie is sprake van een concreet en weinig veelzijdig onderwerp dat kan worden gekarakteriseerd met een beperkt aantal ondubbelzinnige trefwoorden. Er is voorafgaand reeds vanaf mei 1997 begonnen met het opsporen van literatuur. Dit doet aannemen dat de representativiteit van de steekproef praktisch gezien groot moet zijn.

Na bijna driekwart jaar, eind december 1997, is gestopt met het opsporen van literatuur. Er is echter tot in juni 1998 doorgegaan met pogingen om de laatste publicaties in handen te krijgen. Dit betrof de achtergrondrapporten van het Zweedse VIOL-project (Viltolycksprojektet), uitgevoerd door Statens Vägverk in samenwerking met een aantal onderzoeksinstituten, en een Fins onderzoek.

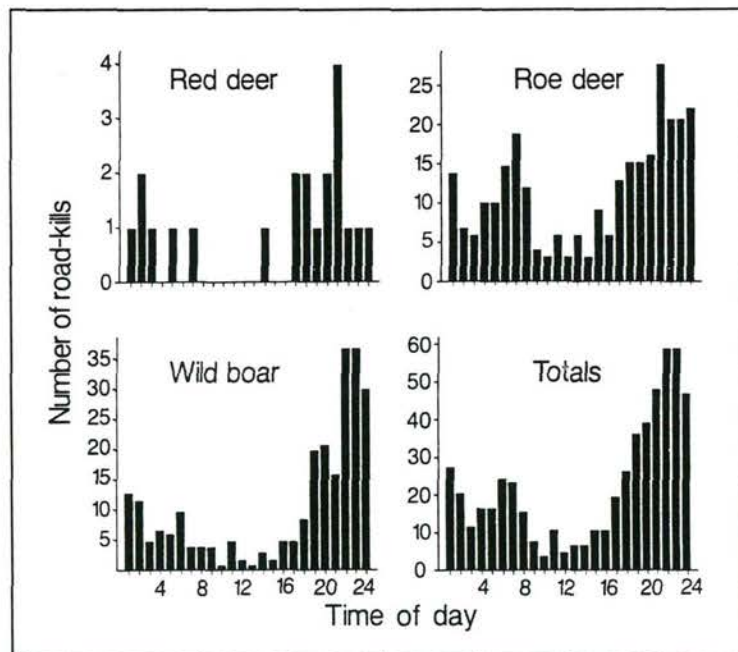
3 AANRIJDINGEN MET WILD

3.1 Vooraf

*In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het verschijnsel van aanrijdingen met wild. In het volgende hoofdstuk wordt ingegaan op de factoren die het risico van die aanrijdingen kunnen beïnvloeden. De dieren waar het in deze studie in het bijzonder om gaat zijn grote zoogdieren: reeën, edelherten, damherten (*Dama dama*) en wilde zwijnen, hierna verder als 'wild' aangeduid. Dit zijn dieren die vooral in de schemering actief zijn, in de zin dat zij zich dan bij voorkeur verplaatsen - onder meer tussen rust- en foerageergebieden - en daarbij wegen kunnen kruisen.*

3.2 Verdeling van aanrijdingen over het etmaal

De meeste grote inheemse zoogdieren zijn vooral in de schemering actief. Veel onderzoek geeft dan ook aan dat er dan sprake is van een verhoogd risico op aanrijdingen met groot wild tijdens dit deel van de dag (Müller 1967, Keller 1969, Schoenemann 1973, Indermauer 1976, Schulz 1979, Statens Vägverk 1980, Reed & Woodard 1981, Ueckermann 1989, Lav-sund & Sandegren 1991, Waring et al. 1991, Petrak 1992, Chapman 1993, Hartwig 1993).



Figuur 3. Dagelijks patroon van ongevallen met edelhert, ree en wild zwijn op de Veluwe tijdens de periode 2 januari 1979 tot 11 mei 1994. Totaal aantal waarnemingen: 1390 (Groot Bruinderink & Hazebroek 1996).

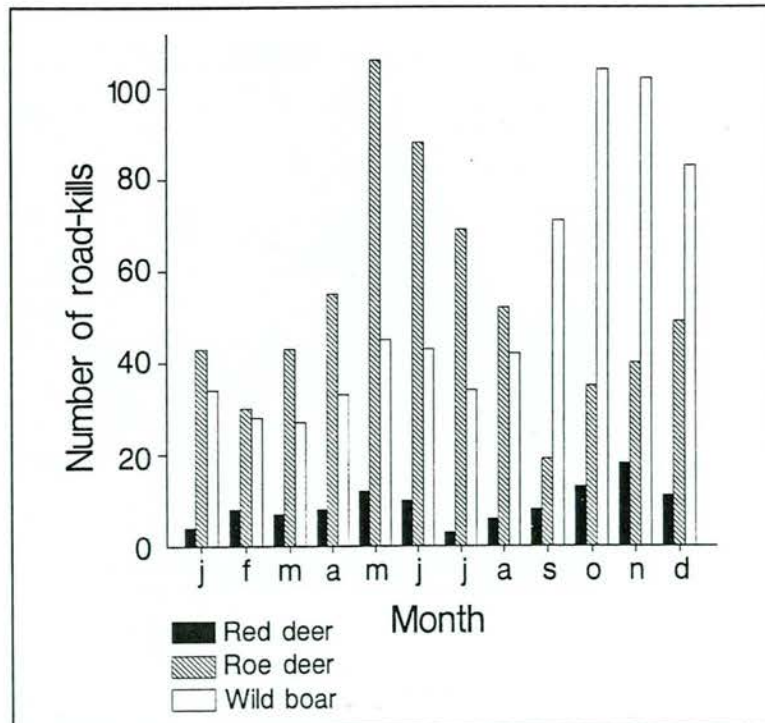
De meeste ongevallen met edelhert, ree en wild zwijn gebeuren tussen 22.00-23.00 uur en omstreeks 7.00 uur (fig. 3; Groot Bruinderink &

Hazebroek 1996). 's Nachts, daartussen, is overigens minder verkeer op de weg. Volgens Ueckermann & Olbrich (1984) vindt ongeveer 80% van alle aanrijdingen met wild plaats tijdens begin en eind van de nacht, en in de nacht zelf.

3.3 Verdeling van aanrijdingen over het jaar

a. Algemeen

Aanrijdingen met wild zijn ook niet gelijkmatig over het jaar verdeeld. De hoogste piek treedt op in het voorjaar rond mei, een tweede piek in de herfst rond november (fig. 4, Groot Bruinderink & Hazebroek 1996). Doorgaans wordt dit patroon in verband gebracht met de voortplanting: de bronst, het verspreiden of uitzwerven van de jonge dieren, en het werpen van de jongen; daarnaast kan ook een piek optreden tijdens eventuele seizoenstrek (Case 1978, Feldhamer et al. 1986, Jaren et al. 1991, Groot Bruinderink & Hazebroek 1996). Ueckermann (1964) wijst er echter op dat er in voor- en najaar ook een verband kan worden gelegd tussen het samenvallen van de ochtend- en avondspitsen in het verkeer met het tijdstip van de ochtend- en avondschemering waarin de dieren zich het meest verplaatsen. Er is mogelijk ook een verband met verstoring door recreatie (zie par. 4.2.5). In de winter (december - februari) is als gevolg van een geringere activiteit van de dieren sprake van een dal (Groot Bruinderink & Hazebroek 1996, Ueckermann 1964, Müller 1967, Keller 1969, Schoenemann 1973, Schulz 1979).



Figuur 4. Aantal ongevallen per maand met edelhert, ree en wild zwijn op de Veluwe in de periode 1979-1994 (Groot Bruinderink & Hazebroek 1996).

b. Herten - algemeen

Mannetjes en jongen zijn tijdens de bronsttijd door onrust, onachtzaamheid c.q. preoccupatie met andere bezigheden, zwerven en onervarenheid vaker slachtoffer dan volwassen vrouwtjes (Waring et al. 1991; fig. 2 en 3). Hinden (edelhert) en geiten (reeën) lopen een verhoogd risico tegen het eind van de zwangerschapsperiode en in de periode dat de kalveren geboren worden (Fig. 3). Jonge dieren, kalveren en jaarlingen, lopen in die periode eveneens extra risico. Lück (1977) stelde bij edelhert en ree vast, dat circa eenderde van de verongelukte dieren uit kalveren bestond.

c. Reeën

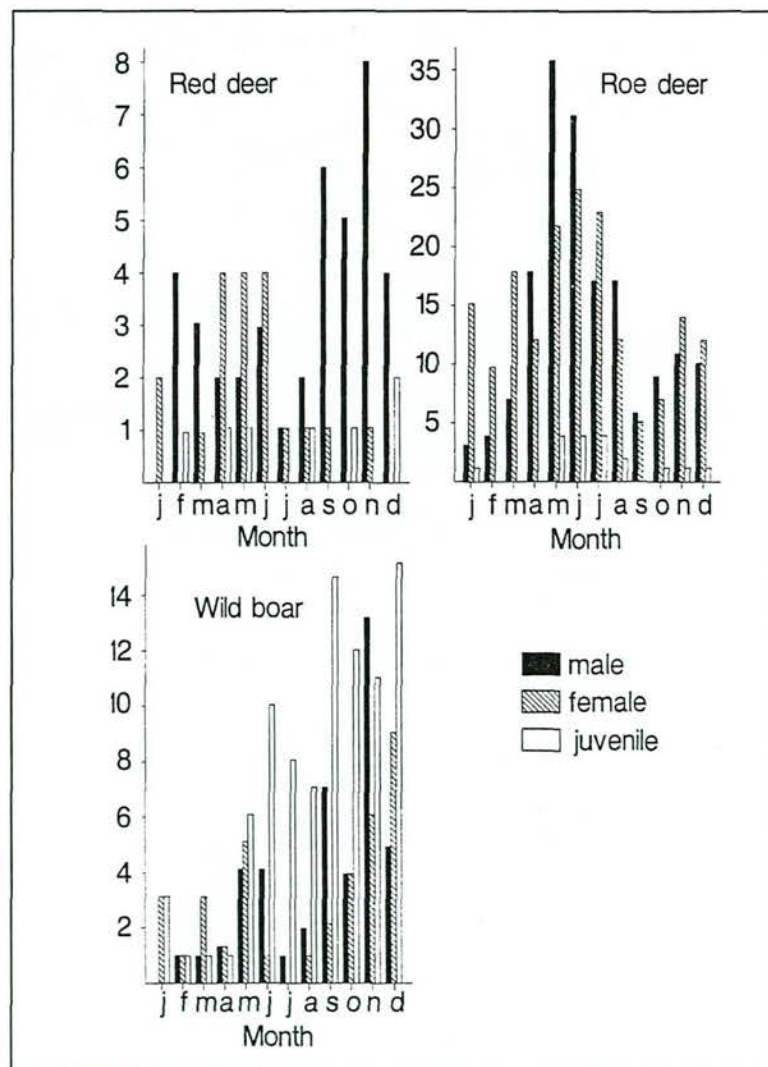
Jaarlijks worden op de Veluwe volgens de officiële registratie zo'n 50 tot 100 reeën doodgereden (Provincie Gelderland 1995). Ongeveer 50% van de aanrijdingen gebeurt tussen mei en augustus (Groot Bruinderink & Hazebroek 1996), met de top in mei, juni en juli (Provincie Gelderland 1995). In deze periode spelen een aantal zaken die het risico verhogen. De dominante bokken zetten hun territoria uit, eenjarige bokken en oudere minder dominante bokken worden verdreven van hun geboorte-grond, waarna ze op zoek gaan naar nieuwe gebieden (Wahlstrom & Li-berg 1995, Provincie Gelderland 1995). De bronstperiode juli-augustus is de tijd waarin de dieren (bokken en door die bokken gedreven geiten) verhoogde activiteit ten toon spreiden en minder waakzaam zijn. Vrouwtjes en jongen zijn het meest kwetsbaar van mei tot juli.



Aanrijdingen met groot wild betreffen in ons land vooral overstekende reeën (foto IBN-DLO).

Van de bokken wordt ongeveer 67% doodgereden in de periode april tot en met augustus. De minste worden doodgereden in september en januari-februari. Het doodrijden van geiten vindt veel meer gespreid over het jaar plaats, met een minder hoge piek dan de bokken in de periode mei-juli (Provincie Gelderland 1995).

De resultaten van de Veluwe staan niet op zich, maar zijn vergelijkbaar met studies in andere gebieden (Groot Bruinderink & Hazebroek 1996). Een tweede, minder duidelijke piek kan in de winter optreden, vooral in noordelijker gebieden, als de reeën groepen vormen (sprongen) en grotere afstanden moeten afleggen om voedsel te vinden of als deze groepen uiteenvallen en de individuen terugtrekken op zoek naar territoria (Wahlstrom & Liberg 1995).



Figuur 5. Maandelijks aantal verkeersslachtoffers onder mannelijke, vrouwelijke en juveniele (≤ 12 maanden oude) edelherten, reeën en wilde zwijnen, op de Veluwe over de periode 1979-1994 (Groot Bruinderink & Hazebroek 1996).

d. Edelherten

Het aantal verkeersslachtoffers onder de edelherten op de Veluwe is veel minder dan onder de reeën. Het geregistreerde jaarlijkse aantal schommelt tussen de ongeveer 5 à 10 stuks. Dit heeft te maken met de lagere dichtheid en het voorzichtiger gedrag van edelherten. In tegenstelling met het reewild worden er neer bokken dan hinden doodgereden (dubbel zoveel in plaats van evenveel). Meer dan de helft van de dieren wordt tijdens en na de bronst, in de periode september - november doodgereden (Provincie Gelderland 1995).

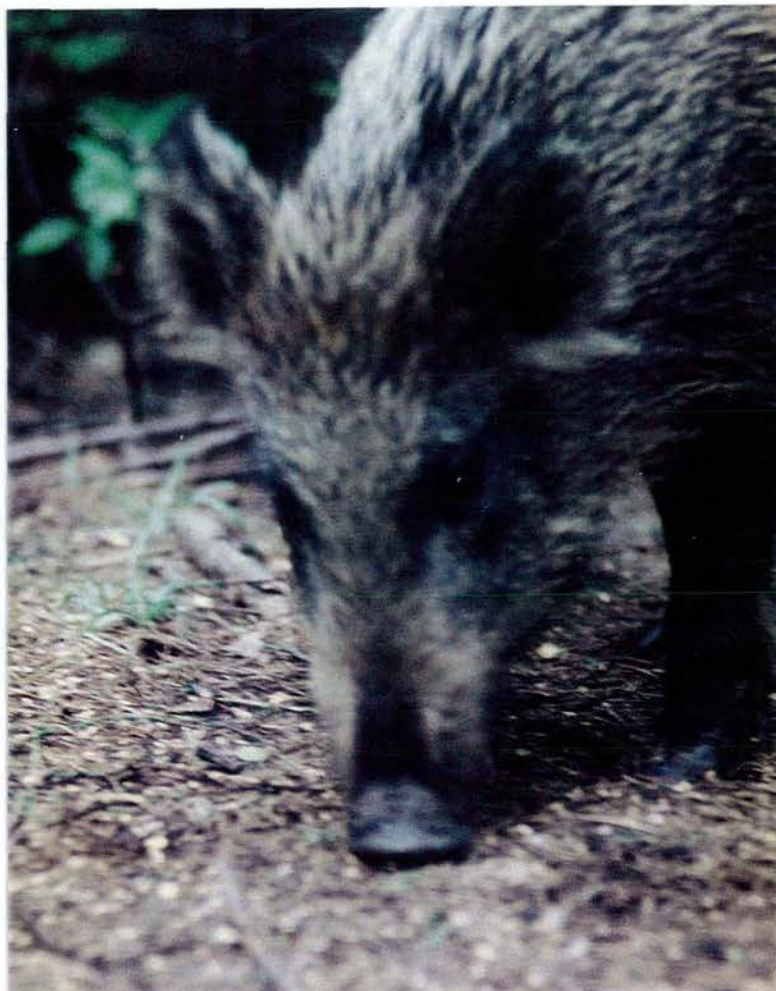


Bronst van edelherten op de Hoge Veluwe (foto IBN-DLO).

e. Wilde zwijnen

Het totale aantal verkeersongevallen met wilde zwijnen vertoont twee pieken. Deze vallen in de vroege zomer en vooral de vroege winter (Fig. 4 en 5, Groot Bruinderink & Hazebroek 1996). De piek in de bronsttijd (november) valt samen met de piek in het aantal wegslachtoffers onder mannetjes (54%). Vanaf het moment dat de biggetjes met de zeug gaan trekken (mei-juni), vormen zij de bulk van het aantal ongevallen met wilde zwijnen. Lück (1977) stelde vast dat van alle verongelukte wilde zwijnen in het Reinhardswald in Duitsland, ruim de helft bestond uit biggetjes.

Het aantal op de Veluwe doodgereden wilde zwijnen ligt per jaar tussen de 50 à 100 stuks. Het ten opzichte van het bestand hoge aantal lijkt te maken te hebben met de aantrekkelijkheid van de berm (mastdragende wegbeplanting, rijker bodemleven, voedselrijker gras, strooizout, weggeworpen etensresten e.d.; Provincie Gelderland 1995).



Wilde zwijnen lopen risico op aanrijding onder meer omdat zij vaak in wegbermen naar voedsel wroeten (foto IBN-DLO).

f. Overige

Wat overige soorten elders betreft, constateert Hartwig (1991) een piek in het aantal aanrijdingen met damhert en moeflon (*Ovis aries*) in hun bronsttijd.

In Zuid-Zweden vindt het grootste aantal aanrijdingen met elanden (*Alces alces*) plaats in de vroege zomer tijdens het kalven en in de herfst tijdens de bronst (Lavsund & Sandegren 1991). In Finland treedt een stijging in het aantal aanrijdingen met elanden op tijdens de bronst en een daling tijdens de late winter. In het noorden van Zweden doet zich een stijging voor als deze dieren tijdens de eerste sneeuwval naar de lager gelegen gebieden en wegen trekken (Lavsund & Sandegren 1991). Hetzelfde doet zich voor bij bijvoorbeeld witstaartherten (*Odocoileus virginianus*) in de VS (Groot Bruinderink & Hazebroek 1996).

In het laatste geval is sprake van seizoensgewijze grootschalige migratie tussen zomer- en winterbiotoop, zoals naast het witstaarthert ook het muildeerhert (*Odocoileus hemionus*) dat vertoont. Dit is wat anders dan

de trek van verspreidende juvenielen of bronstige mannetjes zonder uitgesproken voorbestemde route, waarop veel - maar zeker niet alle - midden-Europese studies betrekking hebben. De trekbewegingen van witstaart- en muildeerhert gebeuren en masse en gericht, waarbij traditionele en dus voorspelbare routes worden gebruikt. Resultaten van deze specifieke studies zijn daarmee niet representatief voor situaties waarin dieren geregeld de weg kruisen gedurende dagelijkse bewegingen binnen een bepaald gebied. Conclusies van dergelijke onderzoeken moeten daarom met zorg worden gezien op hun relevantie voor onze streken. De hoge mate van effectiviteit bij reflectoren in deze onderzoeken kan mede het resultaat zijn van plaatsing langs gedeelten van autosnelwegen die gekruist worden door jaarlijkse trekroutes van herten. De dieren komen de wildspiegels slechts zelden op hun trek tegen, waardoor de factor gewenning hier minimaal kan zijn.

4 INVLOEDEN OP AANRIJDINGSRISICO'S

4.1 Vooraf

De oorzaak van aanrijdingen met wild ligt primair in de mobiliteit van wild en voertuig. De 'trefkans' tussen beide wordt bepaald door het gedrag van wild en voertuig, en door de dichtheid van de wildstand en het verkeer (intensiteit). Daarbij wordt het gedrag beïnvloed door verschillende externe factoren, zoals zichtomstandigheden en verkeerssnelheid. Zo kunnen hoge verkeerssnelheid en slecht zicht de trefkans verhogen, terwijl andersom lage snelheid en elkaar vroegtijdig gewaar worden die kunnen beperken.

Hier wordt ingegaan op de invloed die het wild, de omgeving en de weg- en verkeerssituatie op het risico van aanrijdingen kunnen hebben. Van cruciaal belang hierbij zijn wat wild en verkeersdeelnemer betreft het wederzijds zien en gezien worden, en de aantrekking of afstoting van wild door de wegsituatie en/of het verkeer op zich (bijvoorbeeld verkeerslawaaï). Van belang is bijvoorbeeld ook de reactiesnelheid van wild en verkeersdeelnemer. Een concentratie van aanrijdingen blijkt op te treden waar wildwissels wegen met een relatief geringe verkeersintensiteit kruisen (Knoflacher 1980).

4.2 Het wild

4.2.1 Populatiedichtheid

Er kunnen van jaar tot jaar en van gebied tot gebied grote verschillen zijn in de populatiedichtheid van de verschillende diersoorten. Veelvuldig is aangetoond dat het aantal verkeersslachtoffers onder reeën, edelherten, witstaartherten, sikaherten (*Sika nippon*), elanden, wilde zwijnen en hazen sterk positief tot significant positief is gecorreleerd met de populatiedichtheid (Knoflacher 1980, Lav Sund & Sandegren 1991, Groot Bruinderink & Hazebroek 1996).

Het verband is echter gecompliceerd omdat ook andere factoren kunnen veranderen. Zo steeg in Nederland gedurende de laatste twintig jaar het aantal reeën met een factor 2.2 (25.000-55.000) en tegelijkertijd de verkeersomvang met een factor 1.5. Het aantal aanrijdingen met reeën steeg in die periode met een factor tien (200-2000; Groot Bruinderink & Hazebroek 1996).

Men mag aannemen dat zo'n disproportionele toename onder meer samenhangt met dichtheidsafhankelijk gedrag van de dieren en (hogere) bezetting van minder preferente gebieden. De invloed daarvan uit zich in de intensiteit en afstand van dagelijkse en seizoensgewijze verplaatsingen, op alertheid en gewenning, e.d.

Hoge wilddichtheden leiden bij bijvoorbeeld reewild tot voedsel- en territoriumconcurrentie, en daardoor tot een verhoogde mobiliteit met groter risico op aanrijdingen. Als ergens meer bokken dan potentiële territoria zijn, dan ontstaat een soort stoelendans. De dieren die overschieten worden door de bokken die wél een territorium hebben veroverd, niet

geduld en gaan rusteloos rondzwerfen. Deze zwervers leiden een zeer verborgen bestaan en houden zich nergens lang op. Ze zijn hierdoor vaak bij de jagers onbekend, waardoor zij ook goeddeels in de bestandsopnames ontbreken. Het zijn juist deze dieren die een groot aandeel hebben in aanrijdingen. Zo bleek ongeveer 70% van de zeventig in een jachtterrein in Schwaben (BRD) op de weg verongelukte reebokken bij de plaatselijke jagers volledig onbekend te zijn (Ueckermann & Olbrich 1984).

Aan de andere kant zegt een landelijke stijging van het aantal auto's of verkeersdeelnemers zonder meer niet veel over de omvang van de toename van de verkeersintensiteit en eventuele veranderingen in de verkeerssnelheid in het deel van de dag met het grootste risico en op verschillende typen van wegen in een bepaald gebied.

4.2.2 Ruimtegebruik en landschap

De patronen van risico's in de ruimte zijn gerelateerd aan het gebruik dat groot wild van de verschillende onderdelen van het landschap maakt. De opbouw van het landschap is hierdoor van betekenis door de variatie in, de schaal van en de afstanden tussen rust- en foerageermogelijkheden, en de structurering van de verplaatsingsroutes van het wild. Deze factoren beïnvloeden de voorkeur van standwild voor bepaalde plekken en hun bekendheid met de terreinomstandigheden. Daarmee beïnvloeden ze de mate waarin de dagelijkse verplaatsingen een vast patroon van wissels (looproutes) volgen en de reactie die het dier op verkeer en eventuele wildspiegels kan vertonen. Dat vaste patroon van wissels verandert in de loop van het jaar met de foerageermogelijkheden.

Voor relatief kwetsbare dieren, dat wil zeggen dieren die zijn gepreoccupeerd of afgeleid door activiteiten in verband met de voortplanting, territoriale problemen, vluchten voor verstoring en dergelijke, ligt het ruimtegebruik veel minder vast. De aanwezigheid van dieren in zo'n toestand hangt uiteraard wel op een wat ruimer schaal samen met concentraties van vaste wissels.

Ueckermann & Olbrich (1984) onderscheiden als bijzonder riskante situaties:

- wegen met aan één kant bos en aan de andere kant landbouwgronden (akkers, weiland) met attractieve foerageermogelijkheden;
- wegen door grotere bosgebieden, in het bijzonder als daarbij een dichte ondergroei of struikvegetatie tot dicht bij de wegrand reikt;
- wegen op het platteland op plekken waar kleine bosjes, houtwallen, heggen, boomrijen of sloten met ruigte of struiken erlangs bij de weg komen of in de nabijheid daarvan liggen.

Voor de situatie in Nederland ligt het in de lijn om hieraan toe te voegen:

- wegen op het platteland op plekken waar die waterlopen kruisen.

Figuur 6 geeft de relatie tussen aanrijdingen en de aard van het omliggende landschap in Zwitserland. Een kwart van alle ongevallen blijkt te gebeuren bij wegen met aan weerszijden bos of bosschages, terwijl bijna driekwart van de ongevallen plaatsvindt in open gebied en langs bosranden. Een heg of bosuitloper die naar een weg toeloopt, leidt vaak tot een concentratie van aanrijdingen bij het punt waar deze natuurlijke ge-

langs dekking en worden zo vanzelf naar dat bepaalde punt van de weg geleid (Müller & Berthoud 1996). Figuur 7 geeft een dergelijk beeld van Denemarken.



Doodgereden reekalf langs een weg door bos. Bos aan beide zijden geeft naar verhouding het hoogste risico van ongelukken met reeën (foto R. Peltzer).

Landschap langs de ene weghelft	landschap langs de andere weghelft		
	gras- en bouwland	bos, bosschage	variabel
gras- en bouwland	52	16	5
bos, bosschage	16	22	1
variabel	5	1	4

Figuur 6. Percentage ongevallen veroorzaakt door dieren in Zwitserland in relatie tot het landschap langs de beide weghelften (Müller & Berthoud 1996).

Het gaat hierbij het voorgaande om gemiddelde situaties. Er is niet alleen sprake van afwisseling in de ruimte, maar ook van periodiciteit in de loop van het jaar en variatie in de loop der jaren. Voor hun dagelijkse voedselbehoefte exploreren dieren hun hele homerange. Dat voedsel kan bijvoorbeeld aanwezig zijn in landbouwgebieden aan de overkant van een weg. In deze gebieden worden echter niet ieder jaar dezelfde gewassen

verbouwd, die bovendien in de loop van het seizoen in wisselende mate wat aan het wild te bieden hebben. Daardoor mogen in de loop van het jaar en van jaar tot jaar verschillen worden verwacht in de dagelijkse verplaatsingsroutes. Zo constateerden Waring et al. (1991) dat herten met name het bos verlieten en de weg overstaken als aan de overkant een maïsveld (voedsel en dekking) aanwezig was. Er kan tussen de jaren echter ook een verschil zijn in voedselaanbod in de bossen zelf. Door een verhoogde eikelproductie blijven zwijnen mogelijk meer in het bos en is de behoefte om elders, bijvoorbeeld aan de overkant van de weg, voedsel te gaan zoeken geringer. Ook de aanwezigheid van water kan een rol spelen.

Knoflacher (1980) signaleerde dat de populatiedichtheid van reeën en hazen, en daarmee ook het aantal verkeersslachtoffers, significant positief gecorreleerd is met de oppervlakte aan geteelde gewassen.

Landschapstype	aanwezigheid langs de weg	relatief risico
bebouwing	aan beide zijden	0,7
	aan één zijde	0,7
bouwland	aan beide zijden	1,0
	aan één zijde	1,7
heggen, houtwallen e.d.	aan beide zijden	3,9
	aan één zijde	3,3
heide, moeras, open water	aan beide zijden	4,3
	aan één zijde	4,2
bos	aan beide zijden	8,3
	aan één zijde	4,3

Figuur 7. Relatief risico van aanrijdingen met groot wild in Denemarken, ten opzichte van de situatie met bouwland langs beide zijden van de weg (Hald Andersen et al. 1996).

4.2.3 Fysieke barrières

Fysieke barrières voor het wild zullen ook effect op het aantal aanrijdingen met wild hebben. Vaak zijn ze er ook voor bedoeld, zoals in geval van wildrasters. In Oostenrijk blijken daardoor per kilometer autosnelweg, waar weliswaar met hoge snelheid gereden wordt, gemiddeld toch minder ongevallen op te treden dan op wegen waarlangs geen rasters staan (Knoflacher 1980). Ook vangrails, prikkeldraad en bermsloten kunnen mogelijk een beperkend effect op het aantal aanrijdingen hebben. Het effect van zulke fysieke barrières moet dus worden onderscheiden van het mogelijke effect van wildspiegels.

4.2.4 Reactie op naderende voertuigen

Verschillen tussen de aantallen slachtoffers onder edelhert, damhert, ree en wild zwijn kunnen mede een gevolg zijn van soortspecifieke reacties op verkeer. Reeën reageren vaak paniekerig op de komst van een auto, edelherten veel minder. De laatste kunnen eerder worden omschreven als voorzichtige overstekers, die de situatie beoordelen of het inderdaad vei-

als voorzichtige overstekers, die de situatie beoordelen of het inderdaad veilig is om over te steken. Wilde zwijnen zijn tamelijk onvoorspelbaar. De wildspiegelliteratuur vermeldt hierover, direct of verwijzend, weinig.

Uit de waarnemingen van Lück (1977) blijkt dat als een roedel edelherten een weg nadert, het leiddier 'zekert'. Dit dier kijkt daarbij in de richting van waaruit een eventueel voertuig nadert, rechtstreeks in de koplampen. Daarbij beweegt het dier vaak de oren en verstart soms geheel. Dit gedrag van het leiddier verschilt niet wezenlijk op wegen met en wegen zonder wildspiegels (Lück 1977). Bij op kortere afstand naderend verkeer zal het leiddier, gevolgd door de rest, in principe van of langs de weg wegvlugten (Petrač 1992). Bij op grotere afstand naderend verkeer ontstaan gevaarlijke situaties vooral als het leiddier de weg al is overgestoken, terwijl het roedel nog moet volgen. Het roedel volgt dan "blindelings" het leiddier, waarbij de volgers zich niets aan het verkeer of wildspiegels gelegen laten liggen (Lück 1977).

Damherten zouden in vele gevallen eerst aan de rand van de weg blijven stilstaan, de situatie bekijken en dan langzaam verder lopen, het leiddier voorop. Evenals bij edelherten zal de rest van het roedel het leiddier volgen zonder daarbij zelf uit te kijken (Olsson 1996). Bij naderend verkeer echter blijven zij eerder dan edelherten stilstaan en afwachten tot 'de kust veilig is' (Petrač 1992) dan edelherten. Bij witstaartherten signaleren Waring et al. (1991) dat volwassen hinden langer aan de wegrand pauzeren dan bokken en jongere dieren.

Dieren met vaste wissels, zoals wilde zwijnen en reeën, houden daaraan sterk vast (Olsson 1996).

Volgens Olsson (1996) laat het ree zich niet zo gemakkelijk door hindernissen als rasters weerhouden, maar zal het pogen daar onderdoor te kruipen. Bij 's nachts oversteken van wegen zouden reeën als het ware proberen om onder naderende koplampen door te gaan, waarbij zij recht op het voertuig aflopen. Volgens Petrač (1992) kunnen zij echter evenzeer van of langs de weg wegvlugten. Verder is het zo dat een reegeit met een kalfje of jaarling blindelings door dat jong wordt gevolgd, ook als het moederdier de weg oversteekt.

Wilde zwijnen reageren volgens Lück (1977) nog minder op voertuigen dan herten en reeën. Zeugen en groep (rotte) gaan hooguit iets verder in de berm wroeten naar voedsel. Als ze de weg over willen steken, doen ze dat ongeacht naderende voertuigen en wildspiegels.

4.2.5 Verstoring

Aanrijdingen met wild concentreren zich in Duitsland op zaterdag en zondag (Blaser 1961, Schoenemann 1973). Dit suggereert een verband met verstoring in het terrein door recreatie. In Zweden, waar die druk door de weidsheid van het land en de veel lagere bevolkingsdichtheid aanzienlijk minder is, is geen sprake van zo'n concentratie in het weekend (National Swedish Road Administration 1976).

In het bijzonder loslopende honden spelen een grote rol bij verontrusting van wild (Ueckermann & Olbrich 1984). Ook de jacht kan van invloed zijn, waarbij het uiteraard niet alleen gaat om jacht op herten, reeën en wilde zwijnen, en er verschil is tussen 'rustige' jacht (jagen voor de voet weg, aanzitjacht e.d.) en drijfjacht; in Nederland is jagen op zondag

overigens niet toegestaan. In een geval in de VS bleek de helft van de dodelijke aanrijdingen plaats te vinden in een periode van 8 dagen aan het begin van het hertenjachtseizoen (Waring et al. 1991).

Van invloed zijn dus de vorm en intensiteit van het recreatieve gebruik, en hoe die ruimtelijk en in de tijd verdeeld zijn. Hiermee direct te maken hebben toegangsbepalingen en controle op de naleving daarvan, ontsluiting (centrale of verspreide ontsluiting, dichtheid van het padennet en tracering van de paden in relatie met wegen in de buurt), weersgesteldheid, e.d.

Verontrust wild vlucht meestal in de dichtstbijzijnde of best bekende dekking. In agrarisch gebied met hier en daar bosjes wordt die dekking in de perioden dat dekking op het veld ontbreekt, door dergelijke bosjes geboden. Worden deze door mensen betreden, dan wisselt het wild naar dekking aan of vanuit de tegenoverliggende zijde. De vluchtafstand is daardoor variabel. In grotere bosgebieden zijn kortere uitwijkbewegingen meestal voldoende. Verontrusting door loslopende honden veroorzaakt echter een lange en wildere vlucht over grotere afstanden, in het bijzonder als de hond achter het wild aan gaat. Vluchtend wild is in paniek en daardoor onberekenbaar. Het vlucht dan voor een deel blind over welk obstakel dan ook, inclusief wegen en afrasteringen, wat niet zelden de dood tot gevolg heeft. Paaltjes met wildspiegels maken in zo'n situatie niets uit.

4.2.6 Bijzondere weersomstandigheden

De weersgesteldheid (sneeuw, regen, mist e.d.) kan van invloed zijn op het gedrag van wild en op aanrijdingen met wild. Men mag veronderstellen dat regenachtig weer, mist en sneeuwval het zicht voor automobilist en dier beperken. Daarnaast is de remweg op een vochtig wegdek langer dan bij een droog wegdek, zeker bij hoge snelheden (fig 9). Het aantal aanrijdingen zou daardoor kunnen toenemen. Het is echter evenzeer mogelijk dat dit kan worden gecompenseerd door een grotere voorzichtigheid en minder verplaatsingen van beide partijen.

Hartwig (1993) constateerde een afname in het aantal ongevallen in Nordrhein-Westfalen van december tot maart, als gevolg van een lagere snelheid van het verkeer in reactie op sneeuw en ijzel. Daartegenover staat dat strooizout in gebieden waar sprake is van een tekort aan natuurlijke mineralen, dieren kan aantrekken. Zo worden in Ontario aanrijdingen met elanden geassocieerd met de aanwezigheid van zout(waterplassen) op de weg (Feldhamer et al. 1986). Ook wordt wel gesuggereerd dat groot wild tijdens perioden met sneeuw de dan beter begaanbare wegen als wissels kan prefereren (Ueckermann & Olbrich 1984). Een 's winters tijdens sneeuw veelvuldiger op de weg komen van wild (in het bijzonder reeën) is echter alleen uit sneeuwrijke gebieden bekend (op.cit.).

4.2.7 Algemeen

Vele dieren lijken wegen, en in mindere mate open tot laag begroeide bermten te ervaren als vreemde, risicovolle situaties die zij liever mijden. Dit geldt in het bijzonder voor dieren met een duidelijke voorkeur voor - ten opzichte van hun lichaamsgrootte - hoge en uitgesproken dichte be-

groeiing en dekking. Voor zulke dieren vormen dergelijke elementen in het landschap een hindernis die zij òf schuwen, òf toch maar aarzelend of van de weeromstuit roekeloos nemen. Indien die hindernis toch wordt genomen, kan de kans op aanrijdingen toenemen met de breedte van het wegdek omdat het dier er langer over doet om de andere kant te bereiken.

Bredere wegen zijn overigens niet voor niets breder, als regel zijn de verkeersintensiteit en de verkeerssnelheid er ook hoger waardoor de kans op aanrijdingen er hoger kan zijn. Tezamen bewerkstelligen barrière-werking en verkeersslachtoffers een potentiële bedreiging van deelpopulaties.

4.2.8 Relatieve hoogteligging

De ligging van de weg ten opzichte van de omgeving kan invloed hebben op het aantal ongevallen met wild. Het lijkt op het eerste oog onwaarschijnlijk dat deze factor in de vlakke Nederlandse situatie een noemenswaardige rol speelt. Men kan dit echter wel vertalen in de zin van de ligging van wegtaluds, en daarbij bijvoorbeeld denken aan diep ingesneden wegen (zoals delen van de A1 op de Veluwe) en dijkwegen. Daarnaast komen juist de relevante wildsoorten deels relatief geconcentreerd voor in voor Nederlandse begrippen heuvelachtig gebied zoals de Veluwe.

In Oostenrijk bleken wegen die evenwijdig aan de hoogtelijn in het landschap verlopen, tot in 10° hellend landschap de hoogste aantallen ongevallen te kennen (Knoflacher 1980). Eerder vond Indermauer (1976) in Zwitserland dat juist wegen die op gelijke hoogte met de directe omgeving verlopen, risico geven. Omdat hij echter geen opgave doet van de verdeling van de verschillende dwarsprofielen over het totale reliëf, roept dit twijfel op. Ueckermann & Olbrich (1984) merken naar aanleiding hiervan op: 'Leider haben sie kommentarlos Eingang in das offizielle Normblatt "Wildschutz" der Schweizer Strassenfachmänner (1969) gefunden'.

4.2.9 Wegbreedte

In Oostenrijk constateerde Knoflacher (1980) dat op bredere wegen significant meer aanrijdingen met wild plaatsvinden dan op smallere wegen. Hij komt tot de volgende risicoverhouding, dat is het aantal aanrijdingen per kilometer:

$$\text{breedte} > 10 \text{ m} : \text{breedte } 6 \text{ tot } 8 \text{ m} : \text{breedte} < 6 \text{ m} = 2,5 : 1,7 : 1.$$

Naar type weg, waarin ook wegbreedteverschillen zijn te herkennen, komt deze auteur tot een wat andere risicoverhouding:

$$\text{autosnelweg} : \text{autoweg/secondaire weg} : \text{wegen van lagere orde} \\ = 2,8 : 4 : 1.$$

Eerder heeft Schulz (1973) de toen beschikbare gegevens over aanrijdingen met reeën in de toenmalige Bondsrepubliek Duitsland betrokken op

de verschillende wegtypen die daar worden onderscheiden. Dat leverde de risicoverhouding:

$$\text{Bundesautobahn} : \text{Bundesstrassen} : \text{Landstrassen} : \text{Kreisstrassen} : \\ \text{Gemeinde-strassen} = 22 : 12 : 7,5 : 4 : 1.$$

Deze vergelijkingen zijn echter niet zuiver. Niet alleen maakt Knoflacher de aantekening dat in zijn geval autosnelwegen als regel worden begeleid door beschermende voorzieningen zoals wildrasters, wat ook in de Bondsrepubliek Duitsland aan de orde is, maar dat ook verkeersdichtheden en verkeerssnelheden een rol kunnen spelen (zie hierna).

4.2.10 Bermbreedte

Wild dat vanuit dekking de open berm betreedt, heeft eerder en ruimer zicht op de weg, op eventueel naderend verkeer en op de lichtflitsen of het oplichten van eventueel aanwezige wildspiegels als die berm breder is. Men mag ook veronderstellen dat wild in brede, open grasbermen eerder zal opvallen dan in smalle, hoger begroeide bermen. Mogelijk is een automobilist, doordat deze het wild in dergelijke situaties eerder kan opmerken, alerter op het risico dat dat wild zou kunnen oversteken en past hij zijn snelheid daarop aan.

4.2.11 Bermbegroeiing

Behalve dat een open tot laagbegroeide berm van invloed kan zijn op het oversteken van dieren, kan de bermvegetatie voedsel bieden en daardoor dieren aantrekken, waarmee de kans op ongelukken wordt verhoogd.

Kruiden en grassen ontluiken in de lente vaak het vroegst in wegbermen en blijven daar ook vaak langer sappig in de herfst, waardoor wild uit de omgeving kan worden aangetrokken (Case 1978, Feldhamer et al. 1986). In Japan blijken dit belangrijke oorzaken van botsingen met Sika-herten (Kaji 1996). Wilde zwijnen zoeken 's winters in de berm naar insectenlarven en wormen. Het risico op botsingen wordt daarmee vergroot (Feldhamer et al. 1986), vooral als de omgeving weinig te bieden heeft omdat die bijvoorbeeld bestaat uit dicht en/of ondergroei-arm bos. Ook bomen in de berm, zoals eiken en beuken, kunnen met hun vruchten in de herfst en winter voedsel voor dieren opleveren.

Door verwijdering van voor wild aantrekkelijke vegetatie kan vermindering van het aantal ongevallen optreden. Zo toonden Jaren et al. (1991) aan dat verwijdering van struweelvegetatie tot 20-30 m aan weerszijden van een spoor zorgde voor een 56% afname van het aantal treinongelukken met elanden. Verwijdering van struweel kan echter de opkomst van kruiden tot gevolg hebben, waarmee weer andere dieren worden aangetrokken (Groot Bruinderink & Hazebroek 1996). Uit oogpunt van verkeersveiligheid kan het echter veiliger zijn om bermen onaantrekkelijk te maken voor groot wild, waarmee de kans op ongevallen met kleinere dieren op de koop toe wordt genomen.

Minder ver gaat vermindering van de aantrekkelijkheid van de berm als foerageermogelijkheid voor wild door te verschromen. Dit kan door bij aanleg van de berm een voedselarme dekgrondlaag aan te brengen en/of

Het gaat bij deze problematiek niet alleen om de globale situatie, maar ook om de variatie in de aantrekkelijkheid van de berm van jaar tot jaar, in de loop van het jaar en van plek tot plek. Met betrekking tot wildspiegels is het daarom van belang te weten in welke zin en mate, en wanneer een berm als voedselbron kan dienen voor welke soort(en). Een verminderd voedselaanbod in de berm, bijvoorbeeld van gras of eikels, kan een lagere ongevallenfrequentie betekenen die mogelijk onterecht aan wildspiegels kan worden toegeschreven.

4.2.12 Verlichting

Wegverlichting kan op twee manieren werken. In de eerste plaats kan het het contrast tussen de donkere nachtelijke omgeving en de scherp begrensde, intensieve lichtbundel van de koplampen van naderende voertuigen afzwakken, waarbij ook de omgeving meer verlicht wordt. Hierdoor kan het wild beter adapteren en beter zicht op de weg en het verkeer krijgen. In de tweede plaats kan verlichting van invloed zijn op het ruimtelijke gedrag van wild, in de zin van erdoor worden aangetrokken en daarna in de buurt blijven, of juist erdoor worden afgestoten (De Molenaar et al. 1997). Zeer sterke en scherp begrensde verlichting kan mogelijk net zo werken als lichtbakken waarmee stropers soms werken (zie par. 7.3).

De informatie verstrekt door het Department of Transportation van de staat North Carolina (VS) suggereert dat het gaat om een 'betere' verlichting van de omgeving in combinatie met afstoting (vergelijk 'daglicht' met 'duisternis, verlicht' en 'duisternis, onverlicht' in figuur 8). Sinds 1990 worden de in die staat gerapporteerde verkeersongevallen met wild (herten) centraal geregistreerd. Over de periode januari 1990 - 30 juni 1997 levert dit wat de lichtsituatie betreft het overzicht in figuur 8. De getallen zijn echter niet meer dan indicatief, het gaat om totalen zonder nadere informatie.

Omstandigheden van licht	absoluut aantal	percentage
onbekend	83	0,1
daglicht	12.650	19
schemering	4.299	6
duisternis	48.064	74
avondschemering	1.467	2
ochtendschemering	2.832	4
duisternis, verlicht	2.101	3
duisternis, onverlicht	45.963	71

Figuur 8. Verkeersongevallen met wild in verband met de lichtsituatie; onverlicht en verlicht hebben betrekking op straatverlichting (J.M. Lynch, pers. mededeling)

4.3 De verkeerssituatie

4.3.1 Verkeersintensiteit

Een hogere verkeersintensiteit gaat doorgaans samen met meer aanrijdingen met wild. Het aantal ongevallen met reeën en wilde zwijnen, maar

4.3 De verkeerssituatie

4.3.1 Verkeersintensiteit

Een hogere verkeersintensiteit gaat doorgaans samen met meer aanrijdingen met wild. Het aantal ongevallen met reeën en wilde zwijnen, maar ook met hazen, is significant positief gecorreleerd met de verkeersintensiteit (Knoflacher 1980). Dit geldt echter alleen voor overigens gelijkwaardige wegen.

De risicoverhoudingen tussen verschillende typen van wegen die hiervoor zijn gegeven, veronachtzamen zoals opgemerkt de verkeersintensiteit. Wordt deze alsnog betrokken op de gegevens van Schulz, met uitsluiting van 'Gemeindestrassen' omdat gegevens daarover ontbraken, dan wordt de verhouding bijna omgekeerd (Ueckermann & Olbrich 1984):

$$\begin{aligned} & \text{Bundesautobahn} : \text{Bundesstrassen} : \text{Landstrassen} : \text{Kreisstrassen} \\ & = 0,2 : 0,5 : 0,8 : 1 \text{ (in plaats van } = 5,5 : 3 : 1,9 : 1) \end{aligned}$$

De verkeersintensiteit is in belangrijke mate van invloed op de veronderstelde effectiviteit van wildspiegels. Het wild moet immers de kans krijgen om in het interval tussen twee passerende voertuigen, de weg over te steken. Bij een hoge verkeersintensiteit kan die 'donkerinterval' dusdanig worden bekort dat een vrijwel continue visuele barrière ontstaat. Zo'n situatie kan in theorie bij het wild verschillende reacties oproepen: (1) acceptatie: niet meer op de weg wagen en wegblijven, (2) gewenning: het beoogde schrikeffect van oplichtende wildspiegels blijft na verloop van tijd uit en er wordt daarna ook op onveilige momenten overgestoken, of (3) noch acceptatie, noch gewenning: in wankel, wisselend evenwicht tussen aarzeling en paniek wordt op willekeurige, wellicht juist op onveilige momenten overgestoken. Het is echter niet duidelijk welke reactie, bij welke diersoort onder welke omstandigheden overheerst. De effectiviteit van wildspiegels op wegen met een hoge verkeersintensiteit is op zijn minst twijfelachtig. Het algemene patroon lijkt te zijn dat het aantal aanrijdingen met stijgen van de verkeersintensiteit eerst toeneemt, vervolgens een bepaald maximum bereikt en ten slotte weer afneemt.

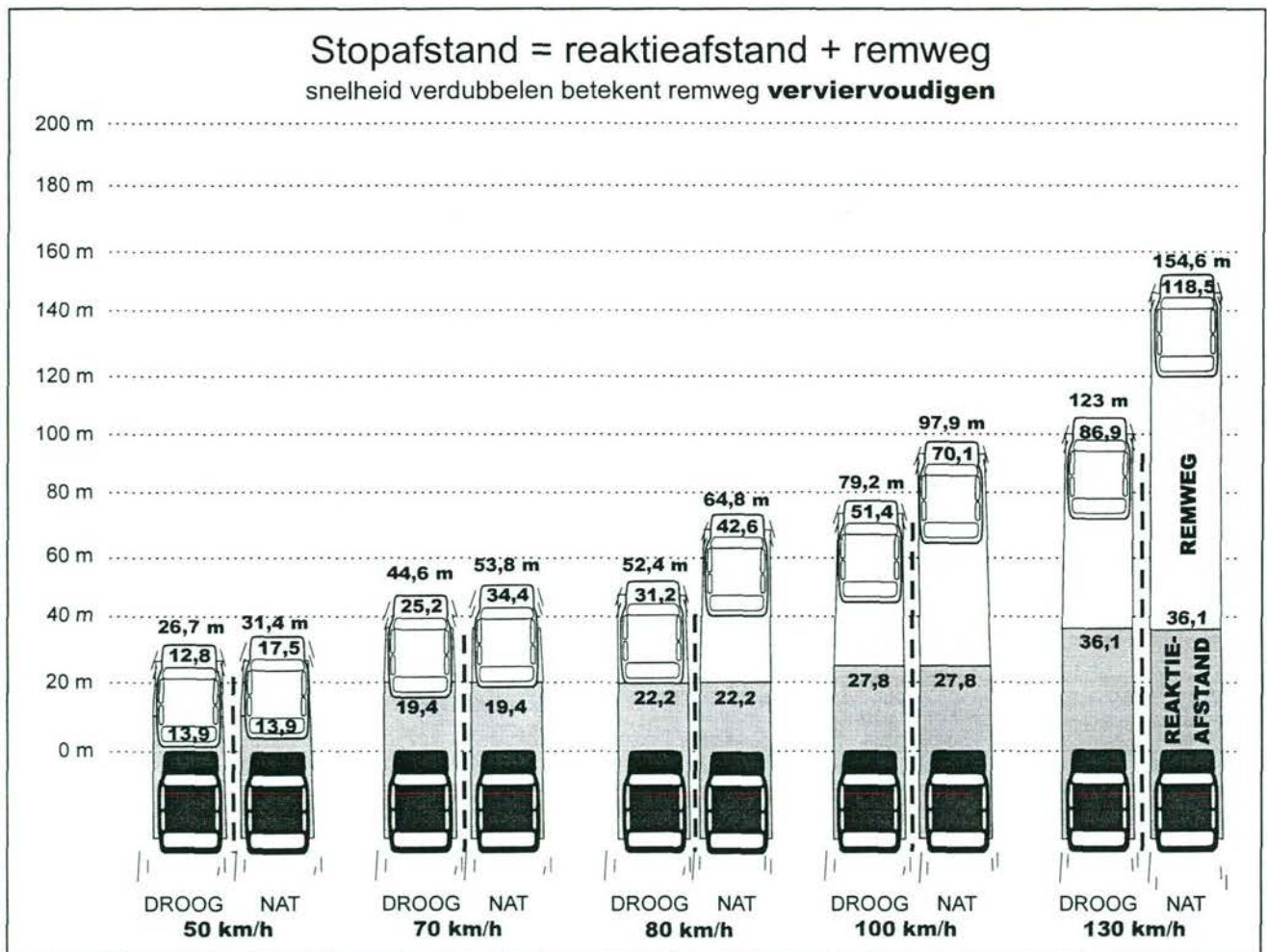
Wat de pieken in het aantal aanrijdingen met wild in voorjaar en herfst betreft, ziet Ueckermann (1964) een verband met het samenvallen van de spitsuren in het verkeer met het tijdstip van de ochtend- en avondschemering waarin de dieren het actiefst zijn.

4.3.2 Rijsnelheid en rijgedrag

Een hoge verkeerssnelheid wordt als een van de belangrijkste oorzaken van aanrijdingen met dieren gezien (Pojar et al. 1975; Case 1978; Hartwig 1993, 1994), vooral omdat de tijd om te reageren voor zowel de automobilist als het wild sterk verkort wordt. Het aantal aanrijdingen in relatie tot de rijsnelheid verhoudt zich in Oostenrijk volgens Knoflacher (1980) als:

$$< 50 \text{ km/uur} : 50-90 \text{ km/uur} : > 90 \text{ km/uur} = 1 : 1,2 : 2,35$$

Daarbij spelen waarneming, verrassingseffect en reactievermogen een rol. Wat de waarnemingsmogelijkheid betreft, is het van belang dat het fixatiepunt van de bestuurder bij hoge rijsnelheden overdag op aanzienlijke afstand voor het voertuig ligt. Bij 100 km/uur ligt dat punt al tot op 600 m. Veranderingen op kortere afstand, vooral als zij zijdelings, naast de weg optreden, worden nauwelijks meer waargenomen (Höfner 1973). Dat lijkt ook op te gaan voor wild langs de weg. Zo blijkt plaatsing van opgezette herten in de berm bij passerende automobilisten weinig reactie op te roepen (Åberg 1981, Groot Bruinderink & Hazebroek 1996). Nabootsing van elanden, dieren groter dan een paard, die in Zweden naast de weg werden opgesteld bleken zelfs bij daglicht slechts door 20% van de passerende automobilisten waargenomen te worden. Bij attenderen vooraf op wat op het onderzoekstraject te verwachten was, steeg dit percentage tot 80% (Statens Vägverk 1978). De beperking van zo'n onderzoekopzet is echter dat de opgezette dieren onbeweeglijk zijn. Men mag verwachten dat bewegende levende dieren eerder door verkeersdeelnemers worden opgemerkt. Hierover is uit de literatuurstudie echter niets naar voren gekomen.



Figuur 9. Remweglengten bij verschillende snelheden, op droog en nat wegdek (bron: Veilig Verkeer Nederland).

Belangrijker zijn, zoals al opgemerkt, de perioden van ochtend- en avondschemering waarin aanrijdingen met wild zich concentreren. Het risico is dan wat de weggebruiker betreft in hoge mate afhankelijk van de afstand waarop hij wild in zijn koplamplicht kan waarnemen in combinatie met de lengte van de remweg bij verschillende snelheden.

In de lichtbundel van een voertuig kan volgens Ueckermann & Olbrich (1984) een hindernis ter grootte van een ree bij dimlicht worden waargenomen op ongeveer 35 - 60 meter afstand. Bij groot licht is dit op ongeveer 90 - 100 meter afstand. Een rijsnelheid van 65 km/uur gaat samen met een remweglengte van ongeveer 60 m, bij 85 km/uur heeft men ongeveer 100 m om tot stilstand te komen. Er ligt dus een kritische grens om nog te kunnen reageren bij dimlicht omstreeks 60 km/uur, en bij groot licht omstreeks 80 km/uur.

In vergelijking met het gemiddeld aantal afgelegde kilometers treden ontmoetingen met wild zo hoogst zelden op, dat de verkeersdeelnemer zich niet of nauwelijks van dat verkeersrisico bewust is. Daardoor vergt het enige tijd om van een verrassende gewaarwording van een plotselinge ontmoeting te komen tot een meer of minder adequate reactie. In tegenstelling tot stadsverkeer rekent verkeer op buitenwegen niet of nauwelijks op plotseling opduikende hindernissen (Ueckermann & Olbrich 1984), vooral niet op doorgaande hoofdwegen in het buitengebied.

Het aangehaalde onderzoek van Statens Vägverk wijst erop dat het van belang is dat een waarschuwing van de weggebruiker vooraf zo plaatsvindt dat dat doordringt en die zich ervan bewust blijft. Daarbij zou het zinvol zijn om vooral de aandacht te vestigen op het feit dat een overstekend dier blindelings door anderen gevolgd kan worden. Waarneming van het eerste dier, het leiddier van een roedel herten, de reegeit met een of twee kalfjes of het wilde zwijn met een rotte biggen, wordt vaak nog wel gezien. Als de weggebruiker dat eerste dier met de ogen volgt, komt het tot een aanrijding met de volgende dieren (Lück 1977, Ueckermann & Olbrich 1984).

Waarschuwingsborden voor overstekend wild en borden met snelheidsbeperkingen kunnen de alertheid van automobilisten en/of het rijgedrag beïnvloeden. Doordat ca. 60% van de aanrijdingen volgens Hartwig (1993) kan worden toegeschreven aan het rijgedrag, kan beïnvloeding daarvan in principe veel resultaat opleveren. Volgens Ueckermann (1964) en Pojar et al. (1975) blijkt echter dat de reactie van weggebruikers op waarschuwingsborden ter voorkoming van botsingen met wild onvoldoende is om effect te hebben op het aantal aanrijdingen. De afwijkende bevindingen van Knoflacher (1980) berusten volgens Ueckermann & Olbrich (1984) op onvoldoende onderzoek. Zelfs de experimenten in de VS met 'oversized' waarschuwingsborden met een bewegend 'neonhert' leverden geen zichtbare afname van de aanrijdingen op (Pojar et al. 1975).

Zacks (1985) veronderstelt dat de rood oplichtende wildreflectoren aan beide zijden van de weg goed zichtbaar zijn voor de automobilist. Doordat rood bij mensen associaties met gevaar oproept, zou als reactie (weliswaar onbedoeld) een grotere alertheid kunnen optreden en daarmee een verminderde kans op aanrijdingen. De alertheid heeft mogelijk zowel een snelheidsvermindering als een mogelijk ook eerder waarnemen van wild in de berm tot gevolg. Dit zou dan mogelijk de verklaring zijn voor de significant positieve correlatie tussen rode Swareflex-reflec-

toren en de afname van aanrijdingen met wild in het onderzoek van Schafer et al. (1985).

4.4 Bepaling van risico's

4.4.1 Mogelijkheden

Als wild de weg oversteeft kunnen er verschillende dingen gebeuren:

1. het wordt aangereden en is (vrijwel) direct dood;
2. het wordt aangereden maar is niet direct dood, het sterft ('verloerdert') na enige tijd elders;
3. het wordt aangereden maar loopt geen direct of op termijn dodelijk letsel op;
4. het wordt niet aangereden dankzij een uitwijkmanoeuvre van het voertuig of dankzij een uitwijkmanoeuvre van het wild (bijna-aanrijding);
5. het wordt zonder wederzijdse complicaties niet aangereden.

Het voertuig en de bestuurder kunnen in de eerste drie gevallen schade respectievelijk letsel oplopen. Als de uitwijkmanoeuvre ongelukkig uitpakt, kan dit ook in geval 4 mogelijk zijn.

Risico's van aanrijdingen met wild worden in de praktijk, een hoogst enkele uitzondering daargelaten, niet bepaald door directe waarneming van de gang van de gebeurtenis, maar afgeleid uit geconstateerde aanrijdingen. Dit kan gebeuren aan de hand van:

- inventarisatie van verkeersslachtoffers, volgens een al dan niet gestandaardiseerde methode; dit heeft uitsluitend betrekking op geval 1 waarin het aangereden wild dood op of langs de weg achterblijft;
- registratie van meldingen van verkeersslachtoffers door min of meer toevallige vindsters bij de politie of de jachtgerechtigde; ook dit heeft uitsluitend betrekking op geval 1;
- registratie van meldingen van (bijna-)aanrijdingen door de betrokken verkeersdeelnemers bij de politie, de jachttopzichter en/of de auto-schadeverzekeraar; dit kan betrekking hebben op de gevallen 1, 2, 3 en 4.

Bij al deze wijzen van informatievergaring moeten kanttekeningen worden geplaatst. Bij regelmatige inventarisatie zijn dit de volgende:

- de gevallen 2, 3, en 4 worden gemist;
- ook geval 5 wordt gemist, wat ondanks het feit dat er niets gebeurt wel relevant is; dit kan immers het verband leggen tussen het aantal aanrijdingen en het aantal oversteken, en daarmee de afweging tussen wel of niet treffen van preventieve maatregelen duidelijker grond geven;
- de waarde van de waarnemingen is betrekkelijk omdat de verdwijnsnelheid van dood gereden wild onduidelijk is; de betrokken verkeersdeelnemer of later passerende wildliefhebbers kunnen wildslachtoffers doen verdwijnen voordat de onderzoeker zijn inventarisatieronde maakt - al verdwijnt een ree gemakkelijker in de kofferbak dan een edelhert; honden en vossen kunnen ook met kleinere slachtoffers gaan slepen.

- tenzij minstens twee maal per etmaal wordt geïnventariseerd, is het onmogelijk enig idee te krijgen van of, en zo ja hoe het aanrijdingsrisico over het etmaal (dag/licht en nacht/donker) door plaatsing van wildspiegels wordt beïnvloed.

Registratie van meldingen van verkeersslachtoffers door min of meer toevallige vindsters mist eveneens de gevallen 2, 3, 4 en 5. Dit heeft door zijn toevalligheid geen andere waarde dan dat het in aanvulling of controle van beide andere mogelijkheden kan worden gebruikt. Min of meer toevallige vondsten van 'valwild' in het veld kunnen met wisselende mate van zekerheid worden toegeschreven aan geval 2 en zo terecht of onterecht worden geregistreerd.

De kanttekeningen bij afgaan op registratie van meldingen van aanrijdingen door de betrokken verkeersdeelnemers bij de politie, de autoschadeverzekeraar e.d. zijn onder meer de volgende.

- in principe dekt dit de gevallen 1, 2, en 3, en 4 indien sprake is van schade en/of letsel; geval 5 wordt ook hier gemist;
- in geval van schade aan het voertuig is de omvang van die schade in vergelijking met het bedrag van het eigen risico in de autoverzekeringpolis waarschijnlijk een belangrijke factor voor wel of niet melden;
- in geval van letsel aan de bestuurder kan bij behandeling door arts of specialist melding bij de politie, de autoschadeverzekeraar en/of de jachtgerechtigde erbij inschieten;
- in zowel het geval van schade als van letsel, kunnen tal van andere factoren maken dat officiële melding achterwege blijft;
- een pre van deze informatiebron is wel dat de informatie over het tijdstip concreter is of kan zijn dan bij inventarisaties of toevallige vondsten het geval is.

Bij de informatie over aanrijdingen met wild die door het Department of Transportation van de staat North Carolina (VS) werd verstrekt, wordt fijntjes opgemerkt: *'This database provides an inventory of reported crashes. Please note that many traffic crashes go unreported for a variety of reasons'* (Lynch, pers.mededeling). Kortom, de absolute waarde van risicobepalingen is min of meer betrekkelijk. De waarde is in de eerste plaats indicatief.

4.4.2 Betekenis en aanbevelingen

Het aantal op een of andere wijze geconstateerde aanrijdingen moet dus met een onbekende marge worden genomen. Daarbij is een ernstig punt van zorg - of zou dat moeten zijn - dat de aantallen aanrijdingen per onderzocht wegtraject in de praktijk zo beperkt zijn dat een gedegen statistische bepaling van de betrouwbaarheid doorgaans problematisch tot uitgesloten is.

Minstens zo belangrijk is dat blijkt dat het aantal aanrijdingen op een en hetzelfde wegtraject van jaar tot jaar opmerkelijk sterk kan wisselen. Verschillen van 100 à 150% zijn daarbij bepaald geen uitzonderingen (bv. Ueckermann & Olbrich 1984). De oorzaak van deze fluctuaties is waarschijnlijk veelzijdig. Gedacht kan worden aan veranderingen in de

mobiliteit van het wild als gevolg van veranderingen in de weer- en terreingesteldheid, in de foerageeromstandigheden en in verstoring, als ook aan veranderingen in de populatiedichtheid en populatieopbouw en in de omstandigheden van de weg, het verkeer en dergelijke.

Als zoveel factoren van invloed kunnen zijn maar zij niet alle voldoende zijn bepaald, dan kan dit een vergelijking van situaties voor en na plaatsing van wildspiegels oncontroleerbaar vervalsen. Dit gevaar is volgens Ueckermann & Olbrich (1984) in het bijzonder groot bij onderzoek van korte weggedeelten en weggedeelten met een gering aantal aanrijdingen. Alle onderzoeksresultaten die worden uitgedrukt in procentuele veranderingen op afzonderlijke weggedeelten of in jachtgebieden moeten daarom met uiterste terughoudendheid bezien worden.

Dit geldt eens te meer als zonder meer al niet duidelijk is hoe de aantallen aanrijdingen over het etmaal, minimaal over dag en nacht, zijn verdeeld. Het is volstrekt onverantwoord om aan te nemen dat een eventueel geconstateerde afname van het totale aantal aanrijdingen geweten kan worden aan plaatsing van wildspiegels, tenzij aantoonbaar is dat het aantal aanrijdingen tijdens schemering en duisternis naar verhouding duidelijk meer afneemt. De specificatie van schemering en duisternis zegt dan alsnog niet veel als dat gebeurt in termen van de periode tussen X en Y uur. De werkelijke tijd van de dagelijkse schemering en duisternis verandert immers in de loop van het jaar, tussen die in juni en december zitten uren verschil.

Voor het verkrijgen van enigszins betrouwbare resultaten van vergelijking van verschillende situaties, in het bijzonder van situaties met en zonder wildspiegels, moet in principe voldaan worden aan de volgende voorwaarden:

- de registratie van aanrijdingen met wild moet betrouwbaar zijn;
- het totale aantal aanrijdingen moet zijn uitgesplitst in de aantallen tijdens de dag en de nacht, en dan de werkelijke daglichtperiode en schemerings- en duisternisperiode;
- de registratie-intervallen mogen niet groter zijn dan hoogstens 1 maand, om seizoensinvloeden niet uit te vlakken en wat dat betreft controle te hebben op de vergelijkbaarheid van waarnemingsreeksen voor en na plaatsing;
- bekend moet zijn of de situatie, vooral de bermsituatie (hoogte en dichtheid van de *bermbegroeiing*, *bermbreedte*, *frequentie van maaien* e.d.) bij of na de plaatsing van de wildspiegels ongewijzigd is gebleven, of dat die plaatsing samenging met andere, meer of minder ingrijpende werkzaamheden/maatregelen aan de berm en/of weg;
- de onderzochte weglengte moet minstens 1 kilometer zijn (Ueckermann & Olbrich 1984);
- zowel de periode van onderzoek voorafgaand aan plaatsing van wildspiegels als de periode van onderzoek na plaatsing van wildspiegels moet minstens twee jaar zijn (op.cit.);
- het aantal aanrijdingen moet minstens 1,3 per km per jaar zijn (op.cit.).

De voorwaarde dat bekend moet zijn of de situatie bij of na de plaatsing van de wildspiegels ongewijzigd is gebleven of is veranderd, lijkt wat overdreven want redelijkerwijs overbodig. Uit eigen ervaring en die van wegbeheerders blijkt echter dat de berm bij plaatsing van wildspiegels

vaak onder handen wordt genomen of, omgekeerd, dat bij ingrijpende bermwerkzaamheden en wegreconstructies tegelijkertijd wildspiegels worden geplaatst. De literatuur rept hier echter niet over (met uitzondering van Statens Vägverk 1980).

Het moet worden aangenomen dat de registratie van aanrijdingen met wild zo betrouwbaar mogelijk is. In elk geval is dit op basis van de literatuur oncontroleerbaar. Deze voorwaarde kan dus in de praktijk alsnog vervallen. De voorwaarde betreffende de registratie-intervallen kan evenzo vervallen, omdat de registratie doorgaans plaatsvindt op datum en omdat deze voorwaarde grotendeels ondervangen wordt door die aangaande de duur van de periode van onderzoek.

5 FYSISCHE WERKING VAN WILDSPIEGELS

5.1 Vooraf

In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan de fysische werking van wildspiegels. In het volgende hoofdstuk wordt op basis hiervan ingegaan op de omgevingsfactoren die deze werking in de praktijk kunnen beïnvloeden.

De grote wildsoorten zijn vooral in de schemering actief. Door de beperkte zichtomstandigheden voor automobilist en dier creëert dit 's ochtends en 's avonds een verhoogd risico van aanrijdingen. Als gevolg van het gedrag van de dieren en mogelijk ook door het samenvallen van de spitsuren in het verkeer en de ochtend- en avondschemering wordt dit risico in voorjaar en herfst extra verhoogd.

5.2 Algemeen

Wildspiegels worden geacht te werken als een 'optisch hekwerk' dat alleen aanwezig is als het nodig is: in het donker bij nadering van verlichte voertuigen. Deze beeldspraak vasthoudend en daargelaten of het wild er dan op reageert zoals wordt be doeld, zijn van belang:

- de draadsterkte van het 'optische hekwerk', dat wil zeggen de intensiteit van de reflectie van de wildspiegels: kan het dier, gegeven een zekere lichtgevoeligheid, de reflecties van de wildspiegels überhaupt waarnemen;
- de maaswijdte van het 'optische hekwerk', dat is de mate van aansluiten of dekking van de reflecties van de wildspiegels: kan het dier er wel of niet door de mazen (de donkere gaten) slippen.

De draadsterkte hangt af van 'materiaal' en 'dikte', respectievelijk:

- de intensiteit van de reflectie van de wildspiegels; deze is afhankelijk van de retroreflectiecoëfficiënt van de spiegels, de afstand en de spreiding bij de weerkaatsing (een grotere spreidingshoek betekent 'verdunding' = afname van de verlichtingssterkte per oppervlakte-eenheid) en de afstand (de intensiteit neemt af met het kwadraat van de afstand);
- de spectrale samenstelling (kleur) van de reflectie van de wildspiegels; als van het totale spectrum van het invallende licht slechts een deel wordt weerkaatst, is de intensiteit van het weerkaatste licht minder.

De maaswijdte dan wel dekking van de reflecties hangt af van:

- de reflectiehoek, zowel horizontaal als verticaal (is de hoek van weerkaatsing gelijk aan of groter dan de hoek van inval);
- eventueel optreden van een donkerzone in de reflectie hoek;
- de plaatsing van de wildspiegels
 - * ten opzichte van de weg (reflectie richting);
 - * ten opzichte van elkaar (onderlinge afstand binnen de rij);
 - * positie ten opzichte van elkaar in de beide rijen aan weerszijden van de weg.

Dieren kunnen wildspiegels alleen waarnemen als zij zich in de zone bevinden waarbinnen het weerkaatste licht hun oog kan treffen. De spiegels moeten dus zo worden geplaatst dat zoveel mogelijk van de wegomgeving door het weerkaatste licht kan worden bestreken of gedekt. Dit geldt niet alleen in het horizontale vlak, maar ook in het verticale vlak. Het is, met andere woorden, gewenst dat de dekking van de reflectie zo dicht mogelijk bij de wegrand al 100% is.

5.3 Typen van wildspiegels

Onder wildspiegels verstaat men voorzieningen die licht van koplampen naar de berm weerkaatsen, met als beoogd doel hierdoor dieren in het donker naderende voertuigen van de weg te houden om aanrijdingen te voorkomen. Deze wildspiegels zijn er in twee basistypen.

Het ene type is een eenvoudig, gepolijst roestvrij stalen plaatje, met vier of meer deukjes (merken Van de Ree, Hemey, Svenska e.a.). Dit plaatje weerkaatst het erop vallende licht volgens het eenvoudige principe: hoek van instraling is gelijk aan hoek van weerkaatsing. De deukjes voegen hier een zekere mate van verstrooiing van licht aan toe. Het weerkaatste licht is van dezelfde kleur als het invallende koplamplicht, dus doorgaans wit. Hierna wordt dit type verder aangeduid als 'metalen wildspiegel'.

Het andere type is opgebouwd uit prisma's die zijn ingebed in gekleurd plastic dat wit of gekleurd licht breder verstrooid weerkaatst. De hoek van weerkaatsing is dus groter dan de hoek van instraling. Zij kunnen daardoor verder uit elkaar worden geplaatst. Verschillende producenten brengen varianten van dit type op de markt, o.a. Swareflex, Bosch, Wegu en ADE. Swareflex-reflectoren zijn in ons land het gangbaarst. Hierna wordt dit type gemakshalve verder aangeduid als 'kunststof-reflector'.

Figuur 10 geeft een samenvatting van de optische eigenschappen. Met de spreidingshoek is bedoeld de spreiding van de gereflecteerde lichtbundel op een bepaald moment van weerkaatsing. De zwaaihoek betreft de hoek tussen het begin van weerkaatsing en het eind van weerkaatsing (zie fig. 15). Figuur 11 geeft een beeld van de wildspiegels uit figuur 10.

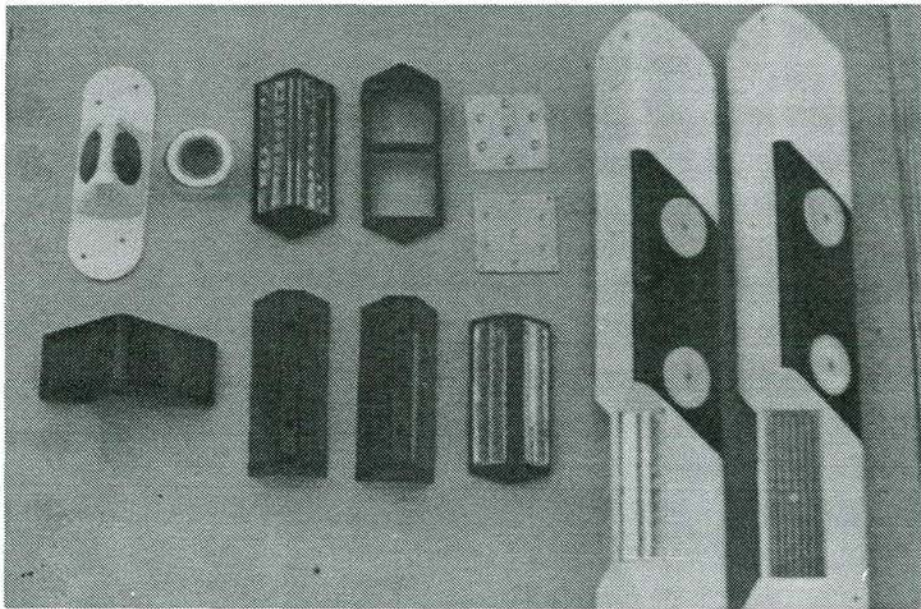
	Metalen spiegels	kunststof				
		Swareflex		Bosch	Wegu	ADE
		vlak type	helling type			
gereflecteerde lichtkleur	wit	rood	rood	wit	wit	groen
gereflecteerde lichtintensiteit	groot	klein	klein	groot	groot	klein
spreidingshoek, horizontaal	klein*	gemidd.	klein	groot	groot	zr .klein
donkerzone in spreidingshoek	geen	geen	geen	wel	wel	geen
zwaaihoek horizontaal	45o	geen	geen	geen	geen	geen
spreidingshoek, verticaal	klein*	klein	gemidd.	groot	gemidd.	gemidd.

* door indeukingen in de metalen spiegels vindt additioneel een grotere spreiding van het gereflecteerde licht plaats, maar met een lage intensiteit

Figuur 10. Relatieve beoordeling van de optische eigenschappen van de verschillende typen wildspiegels (naar Ueckermann & Olbrich 1984, aangepast).

De term 'wildspiegel' wordt hierna verder alleen gebruikt als verzamelnaam voor metalen wildspiegels en kunststof-reflectoren. In de lopende tekst worden metalen wildspiegels en kunststof-reflectoren bij herhaling afgekort tot respectievelijk 'spiegel' en 'reflector'.

De relatieve draadsterkte lijkt dus in grote lijn af te nemen in de volgorde: metalen wildspiegels > Bosch-reflector & Wegu-reflector > Swareflex-reflector & ADE-reflector. De relatieve maaswijdte lijkt, bij een ruime onderlinge afstand van plaatsing, evenzo af te nemen in de volgorde: Bosch-reflector > Wegu-reflector > Swareflex-reflector > metalen spiegels & ADE-reflector.



Figuur 11. Merken wildspiegels. Boven v.l.n.r. ADE, Aluminiumfolie, Bosch met daarnaast de houder, Hemey/Svenska (onder elkaar). Onder v.l.n.r. Swareflex in drie uitvoeringen en WEGU. Uiterst rechts twee reflectorpalen met Bosch- en Swareflex-wildspiegels (Ueckermann & Olbrich, 1984).

5.4 Efficiënte plaatsing van wildspiegels

Voor een efficiënte plaatsing van wildspiegels zijn twee factoren van belang:

- de omgeving moet zo veel mogelijk door weerkaatst licht worden bereikt; d.w.z. zo weinig mogelijk onbeschenen laten;
- gereflecteerd licht van de reflectorlijn ($RR/RS =$ rij van reflectoren/spiegels naast elkaar) aan de linker wegzijde moet zo weinig mogelijk overlap vertonen met die aan de rechter wegzijde.

Om zoveel mogelijk van de omgeving te kunnen verlichten, is het zaak de wildspiegels niet rechtstreeks maar eerst dwars over de weg de omgeving in te laten weerschijnen. Dit heeft twee voordelen. Enerzijds valt daarmee de weg zelf ook binnen het werkingsgebied van de reflectoren. Anderzijds is de gereflecteerde lichtbundel zowel horizontaal als verticaal

meer verbreed zodat op relatief korte afstand van de weg al een groot deel van de omgeving belicht kan worden (vergelijk de bosschages in fig. 13A en 13C). Nadeel is echter wel dat het licht daardoor sterk aan intensiteit inboet (fig. 12). Dit nadeel is echter beperkt omdat het gezichtsvermogen van schemeringsdieren goed ontwikkeld is. Het lijkt hierdoor niet op te wegen tegen het voordeel van de verbreding van de lichtbundel en het daarmee gepaard gaande grotere bereik van de omgeving en - praktisch - het aantal benodigde spiegels.

	reflectierichting	
	van de weg af	over de weg heen
dekking	klein	groot
intensiteit	groot	klein
aantal spiegels benodigd voor gelijke mate van dekking	groot	klein

Figuur 12. Dekking en intensiteit afhankelijk van de reflectierichting

Uit oogpunt van effectiviteit en efficiëntie is het gewenst dat zo min mogelijk sprake is van overlap van weerkaatst licht tussen reflectoren aan weerszijden van de weg, de zogenaamde reflectorlijnen (fig. 13B). Een dier dat zich tussen deze twee reflectorlijnen op de weg bevindt, zal immers bij nadering van een auto zowel links als rechts van de weg een spiegel of reflector kunnen zien oplichten. Als reactie zou het dan mogelijk tussen de twee reflectorlijnen blijven stilstaan of heen en weer gaan lopen, met een gerede kans op aanrijding. Daarnaast is overlap van weerkaatst licht ook niet efficiënt. Voor eenzelfde bereik van de omgeving zijn in figuur 13B tien spiegels nodig tegen zes in figuur 13C.

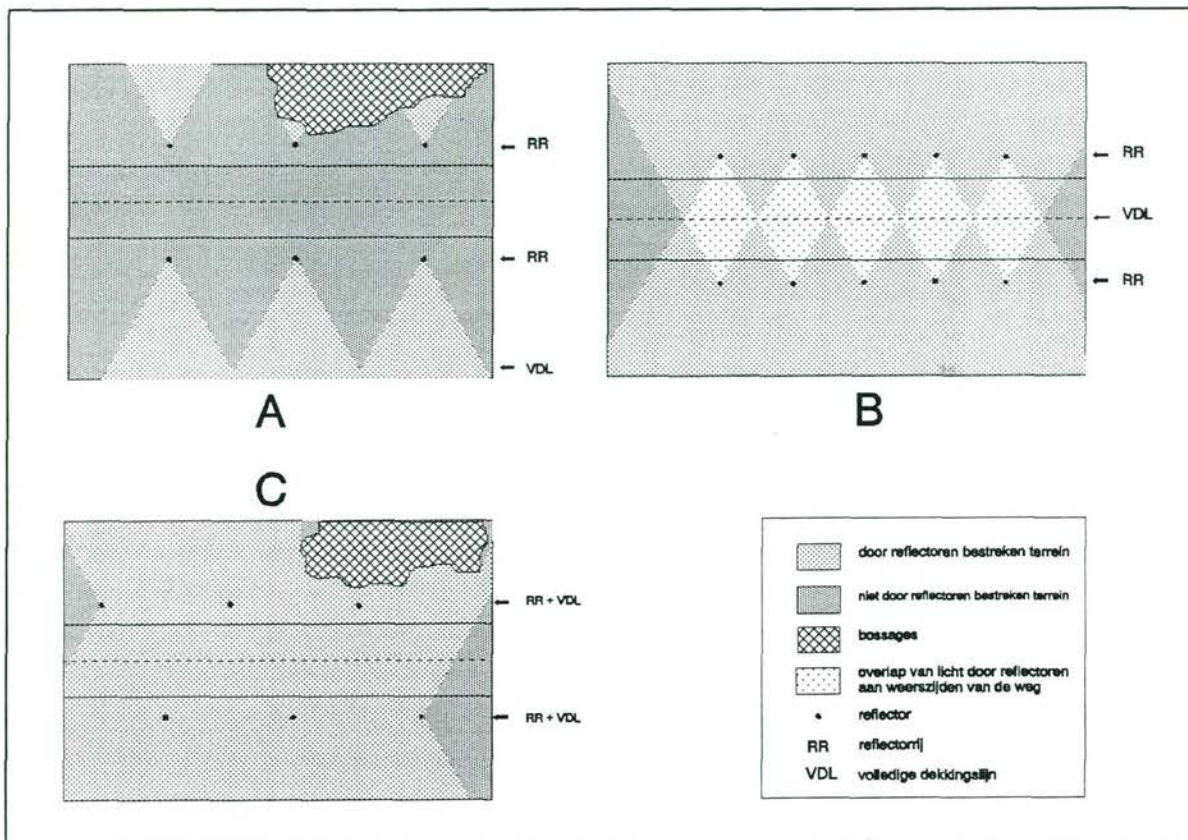
Voor een efficiënte en effectieve wijze van plaatsing moet daarom met de volgende punten rekening worden gehouden:

- de wildspiegels dienen aan weerszijden van de weg te worden geplaatst;
- de wildspiegels dienen naar de weg toegekeerd te worden aangebracht, zodat ze eerst over de weg schijnen alvorens de omgeving te belichten;
- de wildspiegels dienen niet recht tegenover elkaar maar in zigzagpatroon te worden geplaatst, om overlap van weerkaatst licht tussen de reflectorlijnen midden op de weg te voorkomen.

Er is sprake van een juiste plaatsing van wildspiegels indien:

- met de voorgaande punten rekening wordt gehouden, en
- de volledige dekkingslijn (VDL = de lijn waarop het horizontale bereik 100% is) samenvalt met de rij reflectoren/spiegels aan de overzijde van de weg.

De afstand tot elkaar en de hoogte waarop de wildspiegels uiteindelijk worden geplaatst is o.a. in belangrijke mate afhankelijk van het type wildspiegel. Die juiste afstand en hoogte kan eenvoudig worden berekend. Hierop zal in het vervolg van dit hoofdstuk worden ingegaan.

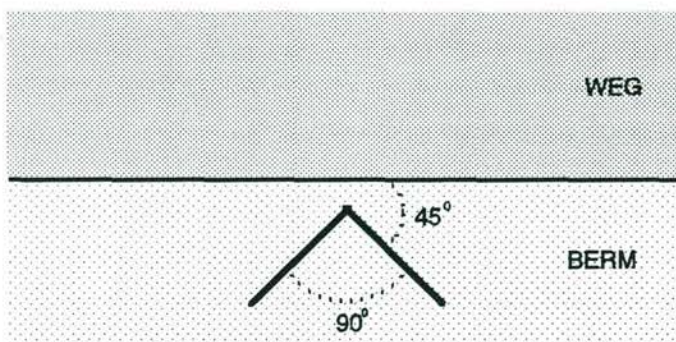


Figuur 13 Opstelling en reflectierichting van wildspiegels: direct naar de omgeving (A); tegenover elkaar opgesteld met reflectie over de weg (B); zigzag opgesteld met reflectie over de weg (C).

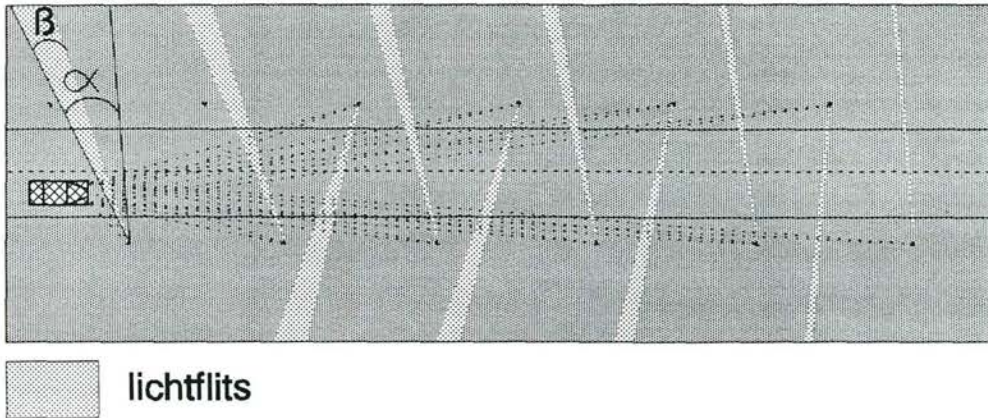
5.5 Werkingsprincipe van metalen wildspiegels

5.5.1 Algemeen

De metalen wildspiegels bestaan, in verband met beide rijrichtingen op de weg, uit twee delen. De spiegelende vlakken staan verticaal, onder een hoek van 90° met elkaar. De hoek van beide delen met de lengteas van de weg is dus 45° (fig. 14).



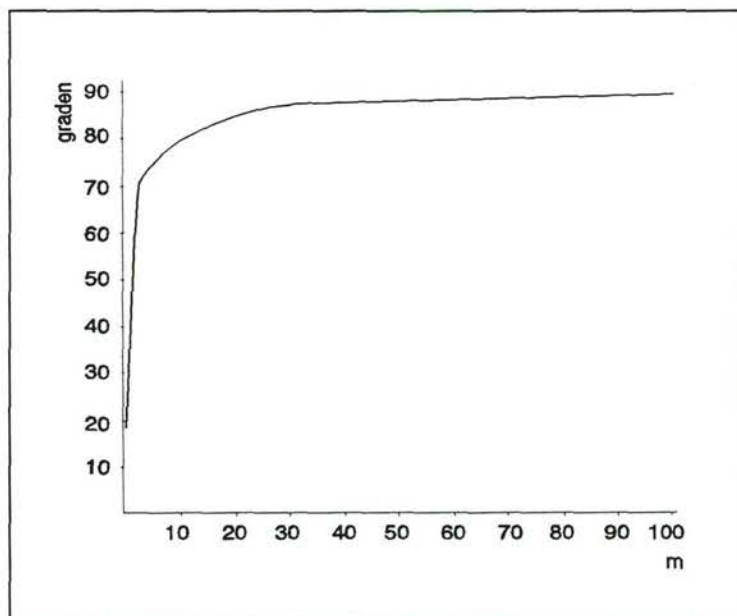
Figuur 14. Metalen wildspiegel



Figuur 15. Werkingsprincipe van de metalen wildspiegel; a = zwaaihoek; B = spreidingshoek.

Hierdoor waaiert het weerkaatste licht bij nadering van een auto als het ware door de omgeving. Dieren kunnen het licht van deze spiegel waarnemen als een lichtflits. De werking is geïllustreerd in figuur 15.

Deze waaier van licht kent echter geen constant verloop. De lichtinvalshoek wordt bij nadering van een voertuig versneld steeds kleiner. Bij een met constante snelheid naderend voertuig verloopt de afname van de lichtinvalshoek exponentieel (fig. 16).



Figuur 16. Exponentieel verband tussen de afstand van een koplamp en de hoek van inval (reflectorpaal op 1,5 m van de weg (Ueckermann & Olbrich 1984).

Een noemenswaardige verandering van de lichtinvalshoek vindt pas plaats als het voertuig de spiegel tot op ca. 20 m is genaderd. Bij 80 km/uur is

km/uur is dat 0,9 sec. voor het passeren van de spiegel. Het "dynamisch waaierende lichteffect", dat is de snelle verandering van de invalshoek, treedt dus pas op vlak voor het passeren van de metalen spiegel op. In hoeverre wild in dit korte tijdsbestek kan reageren en er dan van wordt weerhouden de weg te betreden, is niet duidelijk.

5.5.2 Opstelling en horizontaal weerkaatsingsbereik.

Zoals al eerder aangestipt gaat het er uit veiligheidsoverweging om, dat de wildspiegels zo worden geplaatst dat in principe 100% van de weg-omgeving door het weerkaatste licht kan worden bestreken. Wildspiegels die direct de omgeving in schijnen, vallen daarbij buiten beschouwing. De volledige of 100% dekkingslijn (VDL) van een rij spiegels aan een wegzijde moet daartoe samenvallen met de rij spiegels aan de andere wegzijde. Twee factoren bepalen hoever de spiegels in elke rij daartoe dan uiteindelijk uit elkaar moeten staan:

- de zwaaihoek van de spiegel;
- de afstand tussen twee spiegelrijen.

Bij metalen wildspiegels is het door weerkaatst licht bestreken gebied afhankelijk van de hoek van lichtinval.

Zwaaihoek van de reflectie

Op grote afstand is de hoek van lichtinval op de spiegel vrijwel 45° (de hoek van het spiegelend vlak met de lengteas van de weg is immers 45°). De weerkaatsing staat dan dwars over de weg (de hoek reflectie - wegas is 90°). Dichterbij komend neemt die hoek toe, tot het licht loodrecht invalt, dat is onder een hoek van 45° ten opzichte van de wegas, en rechtstreeks naar het voertuig wordt weerkaatst. Vanaf dat moment ligt de overkant van de weg in de schaduw van het voertuig. De horizontale zwaaihoek van de weerkaatsing is dus bijna 45°. Dit geldt zowel voor de spiegels in de linkerberm als voor de spiegels in de rechterberm. Doordat de koplampen verder van de spiegels in de linkerberm dan van de spiegels in de rechterberm zijn verwijderd, komt de rechterkant van de weg wel eerder in de schaduw van het voertuig dan de linkerkant.

Horizontale dekking

De dekking is afhankelijk van de zwaaihoek, de afstand tussen de spiegelrijen en de lijn waarop men die dekking zoekt. De dekking is dan de afstand van de spiegels in de rij aan de ene kant van de weg, gedeeld door de afstand van die spiegelrij tot de lijn in de tegenoverliggende berm waarop men de dekking wil weten. Bij een gegeven afstand tussen wegrand en spiegelrij links en rechts van de weg, is de dekking op een afstand d_x achter de spiegelrij in de tegenoverliggende berm bij benadering

$$\text{dekking} = [\tan \alpha * (d_x + d_{\text{rij-rij}})]/c = \tan 45^\circ * (d_x + d_{\text{rij-rij}})/c$$

$$\text{dus dekking} = (d_x + d_{\text{rij-rij}})/c$$

Hierin is:

$d_{\text{rij-rij}}$: de afstand tussen twee spiegelrijen = wegbreedte + 2(afstand wegrand-spiegelrij);

c : afstand tussen twee spiegels in een rij.

Hoe verder de spiegelrijen uit elkaar staan, hoe groter de afstand tussen de spiegels dus kan zijn om toch een 100% dekking van de omgeving te bereiken (dat is vanaf de spiegelrij in de berm aan de overkant van de weg). Bij 100% dekking is $d_x = 0$, en de berekening is dan eenvoudig:

$$c = d_{\text{rij-rij}} * \tan \alpha \approx d_{\text{rij-rij}} * \tan 45^\circ = d_{\text{rij-rij}}$$

Voor een 100% dekking van de omgeving is het dus zaak dat de spiegels in een rij altijd even ver uit elkaar staan als de spiegelrijen ten opzichte van elkaar (dus niet de standaard 20 m volgens de folder van de Van de Ree wildspiegels!).

Voorbeeld 1: 100% dekking ter hoogte van de spiegelrij

1. Aannamen:

- wegbreedte = 6 m
- afstand wegrand - spiegelrij (dwars op de wegas) = 1,5 m
- de spiegels zijn correct geplaatst (schijnen over de weg)

2. Afstand tussen de beide spiegelrijen is dus : $6 + (2 \times 1,5) = 9$ m

3. Afstand tussen de spiegels binnen de rij: ook 9 m van elkaar

Horizontale spreidingshoek

Naarmate het voertuig dichterbij komt, wordt de hoek van de spreiding van het weerkaatste licht weliswaar steeds groter (zie hierna), maar dit betekent niet veel meer dan dat de toename van de 'hoeveelheid' weerkaatst licht wordt tegengewerkt door de grotere spreiding waarbij de schaduwwerking van het voertuig op het laatst die spreiding snel terugbrengt tot nul.

Voorbeeld 2: spreidingshoek horizontaal

1. Aannamen:

- wegbreedte = 6 m
- afstand koplamp - spiegelrij rechts (dwars op de weg) = 1,5 m
- afstand koplamp - spiegelrij links (dwars op de weg) = 5 m
- afstand wegrand - spiegelrij (dwars op de wegas) = 1,5 m
- de spiegels zijn correct geplaatst (schijnen over de weg)

2. Spiegel rechts van de weg: $\tan \frac{1}{2}\alpha = 0,03/1,5 = 0,02$; $\alpha = 2,3^\circ$.

3. Spiegel links van de weg: $\tan \frac{1}{2}\alpha = 0,03/5 = 0,006$; $\alpha = 0,7^\circ$.

Bij van veraf invallend, vrijwel evenwijdig licht is de spreiding van de reflectie bij benadering 0° . De breedte van de reflectiebundel in het horizontale vlak is dan $\sin 45^\circ \times$ breedte spiegel. Dat is dus $x \ 9 \text{ cm} = 0,7 \times 9 = 6,4 \text{ cm}$. Vlak voor de weerkaatsing door het voertuig wordt onderschept, gemakshalve bij een hoek afgerond op 45° , valt het koplamplicht loodrecht in. Waar het dan om gaat is de werkelijke afstand koplamp - spiegel op dat moment. Die d_{k-s} is afhankelijk van de afstand koplamp - wegrand - spiegel dwars op de weg d_{k-w-s} , dat wil zeggen

$$d_{k-s} = (1/\sin 45^\circ) * d_{k-w-s} = 1,4 * d_{k-w-s}$$

De maximale horizontale spreidingshoek α kan dan worden berekend uit de tangens:

$$\tan \frac{1}{2}\alpha = 0,5 * \text{breedte spiegel} / d_{k-s} = 0,045 / 1,4 * d_{k-w-s} = 0,03 / d_{k-w-s}$$

5.5.3 Opstelling en verticaal weerkaatsingsbereik

Verticale spreidingshoek

In het verticale vlak is de spreiding van de weerkaatste lichtbundel van groot belang voor de trefkans met het dier. Die spreiding hangt af van de afstand van het voertuig tot de spiegel en het formaat van de spiegels; wat het eerste betreft dus ook van de kant van de weg waar de spiegel staat.

Op grote afstand is de verticale spreidingshoek β ook vrijwel 0° . De hoogte van de reflectiebundel is dan gelijk aan de hoogte van de spiegel h_s (9 cm). Het maximum wordt bereikt op het moment dat de hoek in het horizontale vlak tussen voertuig en spiegel 45° is (zie hiervoor). Dan geldt dezelfde benadering als voor de maximale horizontale spreidingshoek is gegeven.

$$\tan \frac{1}{2}\beta = 0,5 * \text{hoogte spiegel} / d_{k-s} = 0,045 / 1,4 * d_{k-w-s} = 0,03 / d_{k-w-s}$$

Voorbeeld: als voorbeeld 2

Verticale dekking

De dekking betreft in dit geval de verticale doorsnede van de bundel gereflecteerd licht. Als het voertuig nog veraf is en het licht vrijwel evenwijdig invalt, is die doorsnede in de tegenoverliggende berm ter hoogte van de spiegel- of reflectorlijn gelijk aan die van de spiegel, is 9 cm.

Voorbeeld 3: verticale doorsnede van de gereflecteerde lichtbundel

1. Aanamen:

- wegbreedte = 6 m
- afstand spiegelrij - spiegelrij = 8 m
- de spiegels staan op 6 dm hoogte
- de spiegels zijn correct geplaatst (schijnen over de weg)

2. Verticale doorsnede ter hoogte van de spiegelrij

- minimaal = auto is veraf, in linker en rechter wegberm: < 1 dm
- maximaal = auto is nabij, in linker wegberm: > 4 dm
[0,09 + 2*0,02(1,4*6) = 0,09 + 0,33 m]
- maximaal = auto is nabij, in rechter wegberm: \cong 2 dm
[0,09 + 2*0,006(1,4*6) = 0,09 + 0,10 m]

3. Als 2, op 4 meter voorbij (achter) de spiegelrij

- minimaal = auto is veraf, in linker en rechter wegberm: < 1 dm
- maximaal = auto is nabij, in linker wegberm: \cong 6,5 dm
[0,09 + 2*0,02(1,4*10) = 0,09 + 0,56 m]
- maximaal = auto is nabij, in rechter wegberm: < 2,5 dm
[0,09 + 2*0,006(1,4*10) = 0,09 + 0,10 m]

De maximale verticale doorsnede wordt bepaald door de maximale spreidingshoek bij een reflectiehoek van net wat kleiner dan 45° . Gemakshalve uitgaande van 45° is die maximale verticale doorsnede dan:

$$h_{\text{spiegel}} + 2 \cdot \tan \frac{1}{2}\beta \cdot (\text{afstand reflectie spiegel} - \text{tegenoverliggende spiegelrij})$$

$$= h_{\text{spiegel}} + 2 \cdot \tan \frac{1}{2}\beta \cdot [1/\sin 45^\circ \cdot (\text{afstand spiegelrij-spiegelrij})],$$

ofwel: $h_s + 2 \cdot \tan \frac{1}{2}\beta \cdot [1,4(d_{\text{rij-rij}})]$

Reflectiehoek, verticale dekking en trefkans

Onder reflectiehoek wordt hier verstaan de hoek die de as van de gereflecteerde lichtbundel maakt met het vlakke maaiveld van de berm. Dit is van belang voor het wel of niet kunnen zien, de trefkans van het oog van het wild door de lichtbundel. Hiermee wordt hier bedoeld op waarneming van de reflectie, afgezien van de beperkte verstrooiing van de reflectie en de beperkte weerschijn van de deukjes in de spiegels. De vrijwel halfbolvormige deukjes geven geen plotselinge lichtflits maar een oplichten dat naar eigen veldwaarneming (vrijwel) in het niet valt bij de verlichting van de omgeving door de autolampen. Overigens, door bevestiging van de spiegels aan witte paaltjes contrasteren de spiegels minder sterk dan bij bevestiging aan donkere paaltjes.

Die reflectiehoek hangt af van de hoogte van de spiegels in vergelijking met de gemiddelde hoogte van de koplampen van de auto's. Als wordt aangenomen dat deze beide hoogten gelijk zijn, dan is de reflectiehoek 0° (de as van de gereflecteerde bundel is horizontaal). Dan kan men in vervolg op voorbeeld 3 de potentiële waarnemingshoogte van de gereflecteerde lichtbundel berekenen, dat wil zeggen de hoogte van het oog van het dier waarop het die lichtbundel zou kan waarnemen (voorbeeld 4). Omdat de doorsnede van de gereflecteerde bundel toeneemt met het dichterbij komen van het voertuig, zijn in voorbeeld 4 de minima en maxima van die potentiële waarnemingshoogte gegeven.

Voorbeeld 4: potentiële waarnemingshoogte van de gereflecteerde lichtbundel
1. Aannamen als in voorbeeld 3, plus <ul style="list-style-type: none"> • hoogte koplampen = hoogte spiegels
2. Waarnemingshoogte (boven maaiveld), ter hoogte van de spiegelrij <ul style="list-style-type: none"> • minimaal, linker en rechter berm: tussen 5,5 en 6,5 dm • maximaal, linker berm: tussen 4 en 8 dm • maximaal, rechter berm: tussen 5 en 7 dm
3. Als 2, op 4 m voorbij (achter) de spiegelrij <ul style="list-style-type: none"> • minimaal, linker en rechter berm: tussen 5,5 en 6,5 dm • maximaal, linker berm: tussen 3 en 9 dm • maximaal, rechter berm: tussen 4,7 en 7,3 dm
minimaal = auto veraf; maximaal = auto nabij

Anders gezegd, bij een ooghoogte van het edelhert van grofweg 15 dm kan de horizontale dekking 100 % zijn, maar in beide gevallen in voorbeeld 3 ziet het dier de weerkaatsing toch niet omdat die onder oog-

hoogte blijft. Een ree met een ooghoogte van ongeveer 10 dm ziet dan ook geen spiegels oplichten.

Alleen een wild zwijn, met een ooghoogte van omstreeks 5 dm, zou de spiegels kunnen zien. Bevindt het zwijn zich op de lijn van de spiegelrij dan is dat echter pas op vrijwel het laatste moment, vlak voor de auto passeert, en bovendien alleen als het dier zich in de linker wegberm bevindt (gezien vanuit de rijrichting van de auto). Bevindt het zwijn zich nog op 4 m achter de spiegelrij in de linker wegberm, dan ziet het dier de spiegels eerder. Als het zich in de rechter berm bevindt, ziet het de spiegels niet of op het allerlaatste moment. Dit gaat dan uit van de aanname dat het dier in de richting van de spiegel kijkt, en niet - gealarmeerd door het geluid en de koplampen - naar het naderende voertuig of naar wat anders kijkt, of met de kop vlak boven de grond aan het eten is.

Plaatsing en stand

De spiegels kunnen ook lager staan dan de gemiddelde hoogte van de koplampen van de auto's. Dan gaat de reflectiebundel meer of minder schuin naar beneden. Voor dieren met grotere ooghoogte vermindert de trefkans, voor dieren met een lagere ooghoogte neemt die toe - totdat de weerkaatsing al voor het dier geheel op de grond komt. Omgekeerd gaat bij spiegels die hoger staan dan de gemiddelde koplamphoogte de reflectiebundel meer of minder schuin naar boven. Voor dieren met grotere ooghoogte neemt de trefkans toe, totdat de weerkaatsing geheel over zijn kop heengaat, voor dieren met een lagere ooghoogte neemt die zonder meer snel af.

Bij een hellend maaiveld van de berm werken verticaal staande spiegels alsof zij op een andere hoogte staan dan de gemiddelde hoogte van de koplampen. Bij een omhooglopende berm alsof zij lager staan, bij een afhellende berm alsof zij te hoger staan.

Uit het lood staande spiegels doen de as van de gereflecteerde lichtbundel afwijken van het horizontale vlak, naar boven of naar beneden. Ze werken dan alsof zij op een andere hoogte staan dan de gemiddelde hoogte van de koplampen: als zij naar de weg toe hellen alsof zij hoger staan, als zij van de weg af hellen alsof zij lager staan.

5.5.4 Horizontaal en verticaal weerkaatsingsbereik

Ten slotte is de kans op mogelijk kunnen waarnemen van de reflectie een kwestie van de horizontale én verticale dekking tezamen. Een horizontale dekking van 50% betekent voor een dier waarvan de ooghoogte voor 30% binnen de potentiële waarnemingshoogte valt, een uiteindelijke kans op waarneming van maximaal 12½%.

5.5.5 Autosnelwegen

Een aparte situatie doet zich voor op brede autowegen en autosnelwegen met middenberm. Metalen wildspiegels langs auto(snel)wegen kunnen door de afstelling van de koplampen alleen geraakt worden als ze in de rechter berm staan. Reflectie over de hele breedte van de weg naar

de andere berm heeft dan, door de zeer sterk afgenomen intensiteit en onderschepping door obstakels in de middenberm (vangrails) en het drukke verkeer, weinig zin. De hele spiegel wordt daarom vaak gedraaid. Of een kwartslag (in figuur 7 linksom tegen de klok in), zodat beide vlakken worden beschenen en deze zowel over de weg als over de aanliggende rechter berm weerkaatsen, of een halve slag zodat één vlak wordt beschenen en rechtstreeks de rechter omgeving in schijnt. Ter ondersteuning kunnen spiegels worden geplaatst langs de beide randen van de middenberm, bijvoorbeeld aan de vangrails als die er zijn, zo die over de weghelft naar de omgeving schijnen.

De weerkaatsing van zo in de zijberm geplaatste spiegels heeft uiteraard een andere horizontale dekking dan hiervoor is besproken.



Wildspiegels langs autosnelwegen kunnen in de berm ook zo worden opgesteld dat het weerkaatste licht zowel over de weg als direct naar de omgeving schijnt (foto D.A. Jonkers).

De formule in § 5.5.2 geeft dat volledige horizontale dekking pas wordt bereikt op een afstand vanaf de spiegelrij die gelijk is aan de afstand tussen twee spiegels in die rij. De standaard onderlinge afstand van 20 m volgens de folder van de Van de Ree wildspiegels betekent dus een dekking op 5, 10 en 15 m achter de spiegelrij van respectievelijk 25, 50% en 75%, en pas op 20 m van 100%. Anders gezegd: een hoge dekking vereist dan een behoorlijk brede open berm. Omgekeerd moet

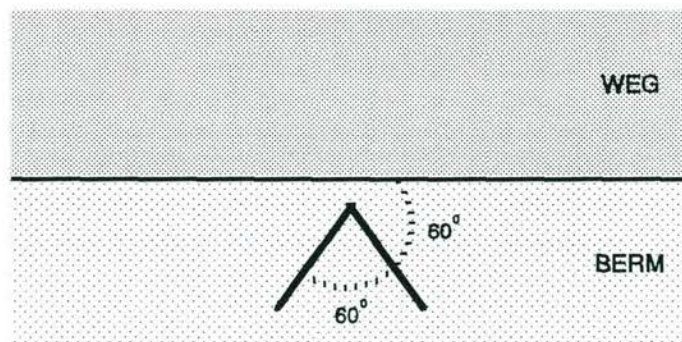
voor bijvoorbeeld een 100% dekking op 10 m achter de spiegelrij de onderlinge afstand tussen de spiegels de helft zijn van de opgave in de folder.

Nog steeds uitgaande van een onderlinge afstand tussen de spiegels van 20 m, geeft de formule in § 5.5.3 dat de maximale verticale doorsnede van gereflecteerde lichtbundel op 5, 10, 15 en 20 m achter de spiegelrij respectievelijk $3\frac{3}{4}$, $6\frac{1}{2}$, $9\frac{1}{4}$ en 12 dm bedraagt. Bij plaatsing van de spiegels op dezelfde hoogte als de gemiddelde hoogte van de koplampen, zeg 6 dm, zijn de potentiële waarnemingshoogten op 5, 10, 15 en 20 m achter de spiegelrij afgerond in alle gevallen minimaal $5\frac{1}{2}$ tot $6\frac{1}{2}$ dm hoogte boven maaiveld, en maximaal respectievelijk $4\frac{1}{4}$ tot $7\frac{3}{4}$, $2\frac{3}{4}$ tot $9\frac{1}{4}$, $1\frac{1}{4}$ tot $10\frac{3}{4}$ en 0 tot 12 dm.

5.6 Werkingsprincipe van reflectoren

5.6.1 Algemeen

Reflectoren bestaan eveneens uit twee delen waarvan het vlak verticaal staat. Hierna wordt uitgegaan van de Swareflex-reflector omdat deze in ons land veel wordt geplaatst. De hoek die beide delen met elkaar maken, is kleiner dan bij de metalen spiegel: 60° . De hoek met de lengteas van de weg is dus ook 60° (fig. 17). De reflectoren van Bosch en WEGU werken overeenkomstig.

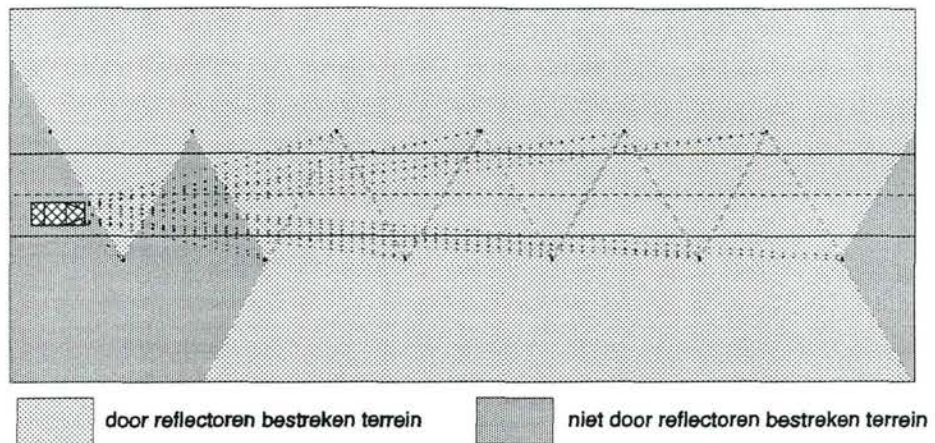


Figuur 17. Reflectoren (Swareflex)

Het weerkaatste licht van de Swareflex-reflector is niet als lichtflits waarneembaar zoals bij de eigenlijke wildspiegel, maar als een brede band van licht die pas weer verdwijnt na het passeren van de auto. De kleur van het weerkaatste licht is doorgaans rood. Op de kleurkeuze wordt later teruggekomen. Figuur 18 illustreert de werking.

Hoe verder de auto verwijderd is van de reflector, hoe zwakker de intensiteit van het weerkaatste licht. Evenals bij de metalen spiegel kent de intensiteit van het weerkaatste licht een exponentieel verband in relatie tot de afstand van de koplamp. Doordat de auto relatief verder van de reflectoren aan de linker weghelft verwijderd is en de linkerkoplamp, uit veiligheidsoverweging voor tegemoetkomend verkeer, minder scherp

schijnt, worden de linker reflectoren nabij de auto het eerst gemist. Figuur 19 geeft voor verschillende merken de horizontale en verticale spreidingshoek.



Figuur 18. Werking van een wildreflector.

Merk	type	spreidingshoek	
		horizontaal	verticaal
Swareflex	vlak type	56°	10°
Swareflex	hellingtype	40°	40°
Bosch	-	70°	30°
Wegu	-	65°	18°
ADE	-	10°	14°

Figuur 19. Spreidingshoeken van verschillende reflectoren

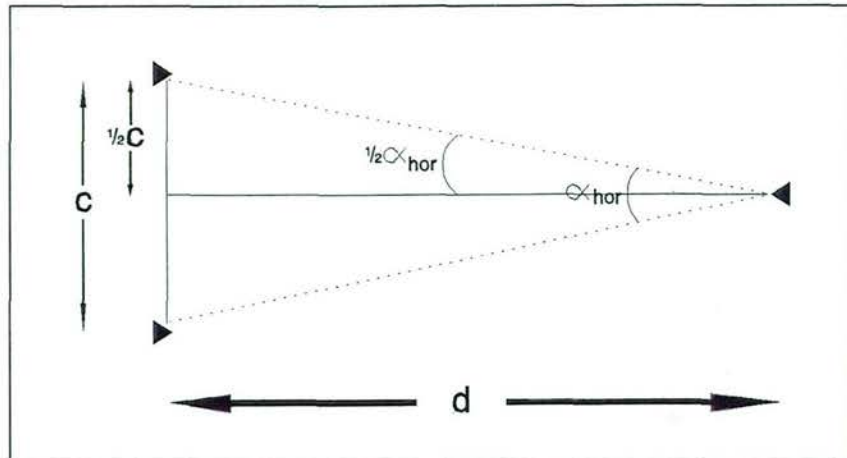
5.6.2 Opstelling en horizontaal weerkaatsingsbereik

Voor een wegbeheerder is het belangrijk te weten op welke afstand de reflectoren in een reflectorlijn uit elkaar moeten worden geplaatst. Dit hangt af van de afstand tussen de reflectorlijnen (d) en de horizontale spreidingshoek (α_{hor}) van de reflector (fig. 20). Deze afstand tussen de reflectoren kan eenvoudig worden berekend volgens de formule:

$$c = 2d \cdot \tan \frac{1}{2} \alpha_{hor}$$

Hierin is;

- c: afstand tussen twee reflectoren
- d: afstand tussen twee reflectorlijnen
- α_{hor} horizontale spreidingshoek



Figuur 20. Variabelen bij horizontale reflectie (in bovenaanzicht)

5.6.3 Opstelling en verticaal weerkaatsingsbereik

Het verticale weerkaatsingsbereik is vanwege twee opzichten belangrijk:

- hellende wegomgeving (dijken, taluds, wallen, heuvels e.d.);
- de ooghoogte van het betrokken wild.

De verticale reflectiehoek geeft aan in hoeverre een type reflector kan worden gebruikt voor een hellende wegomgeving. Indien een helling 20° helt dan moet de verticale reflectiehoek ook minstens 20° bedragen. Reflectoren zoals van WEGU, ADE en het vlakke Swareflextype vallen dan bijvoorbeeld af (fig. 19).

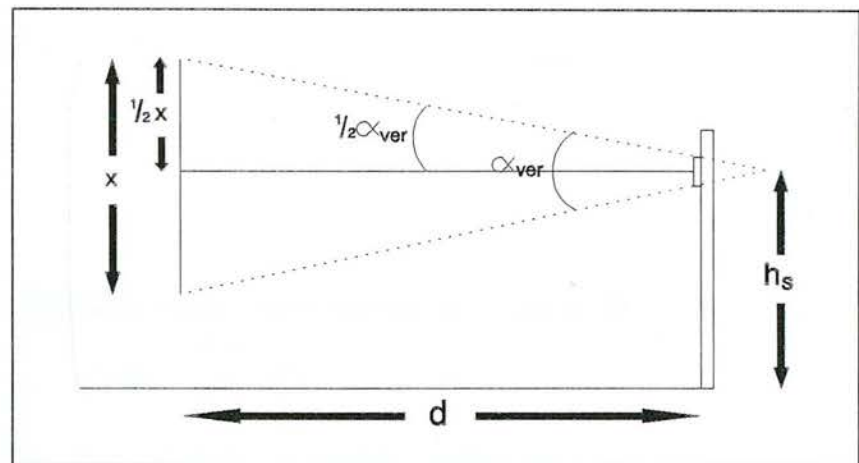


De dekking van de weerkaatsing van deze wildreflectoren is minimaal: ze zijn aangebracht op reeds aanwezige, ver uit elkaar staande reflectorpaaltjes. Bovendien wordt de reflectie onderschept door een er vlak achter staande heg. Het dier dat naar de berm loopt ziet er niets van (foto J.G. de Molenaar).

Probleem bij aflopende hellingen vormt de plaatsing van de reflectoren. Indien de reflectoren over de weg de omgeving in schijnen, betekent dit dat een groot gedeelte van die omgeving in de schaduw ligt van de weg. Veelal zal de reflector pas door het dier worden opgemerkt indien het met zijn kop boven de helling uitsteekt. Globaal kan worden gesteld dat de afstand tot de weg, waarop de reflector door het dier wordt opgemerkt, kleiner wordt naarmate de helling steiler en de ooghoogte van het dier lager is. Op steile dalende hellingen zoals dijken moet de reflector derhalve niet eerst over de weg, maar direct de omgeving in schijnen. Nadeel hiervan is dan wel dat er in de omgeving onbelichte 'donkere' stukken voorkomen. Door de reflectoren dichter op elkaar te plaatsen kan dit probleem enigszins worden verholpen.

In Nederland zullen echter vooral vlakke reflectoren worden geplaatst. Het weerkaatste licht moet de ogen van het wild kunnen bereiken. De ooghoogte verschilt echter nogal tussen de verschillende diersoorten. Voor een konijn is dit ca. 1 - 1,5 dm en voor een edelhert al gauw ca. 1.5 m. Of de ogen van een dier door het weerkaatste licht worden geraakt, is globaal van vier factoren afhankelijk (fig. 21):

- de verticale reflectiehoek (α_{ver}) van de wildspiegel;
- de hoogte (h_s) waarop de spiegel is geplaatst;
- de ooghoogte van het dier (h_{oog});
- de afstand van het dier tot de weg.



Figuur 21. Variabelen voor verticale reflectie (in zijaanzicht)

Het dier moet minstens door gereflecteerd licht bereikt kunnen worden op een afstand van de reflector waar de horizontale dekking 100% is, dus op afstand d . Op afstand d is de verticale spreiding x te berekenen volgens:

$$x = 2d \cdot \tan \frac{1}{2} \alpha_{\text{ver}}$$

De ooghoogte (h_{oog}) van het dier moet binnen het verticale bereik x vallen, dus tussen het maximale bereik ($h_s + \frac{1}{2}x$) en het minimale bereik ($h_s - \frac{1}{2}x$). Dus tussen $h_{\text{oog}} = h_s + \frac{1}{2}x$ en $h_{\text{oog}} = h_s - \frac{1}{2}x$.

De hoogte h_s waarop de reflectoren dan minimaal en maximaal geplaatst kunnen worden om op afstand d de ogen van het wild te raken kan worden berekend met de volgende formules:

$$h_{s\max} = h_{oog} + d \cdot \tan \frac{1}{2} \alpha_{ver} \quad \text{en} \quad h_{s\min} = h_{oog} - d \cdot \tan \frac{1}{2} \alpha_{ver}$$

Hierin is:

- $h_{s\max}$: maximale plaatsingshoogte spiegel
 $h_{s\min}$: minimale plaatsingshoogte spiegel
 h_{oog} : ooghoogte diersoort
 α_{ver} : verticale spreidingshoek reflector
 d : de afstand tussen twee reflectorlijnen

Voorbeeld 5: potentiële waarnemingshoogte
van de gereflecteerde lichtbundel

1. Stel: in een gebied komen edelherten, reeën en wilde zwijnen voor
2. Stel: de ooghoogten van de dieren op resp. 1,5, 1,0 en 0,5 m
3. Men wil vlakke Swareflex-reflectoren plaatsen ($\alpha = 10^\circ$) op 1.5 m uit de kant van een 6 m brede weg ($d = 9$ m)
4. De minimale plaatsingshoogten zijn dan resp. 0.7, 0.2 en -0,3 m
5. De maximale plaatsingshoogten zijn dan resp. 2.3, 1.8 en 1.3 m.
6. Om op afstand d alle drie de wildsoorten met de reflectie te kunnen bereiken, kunnen de reflectoren worden geplaatst op een hoogte tussen 0.7 en 1.3 m
7. Doordat koplampen op ca. 0.6 m hoogte staan, is dus theoretisch aan te bevelen de reflectoren in dit geval op een hoogte te plaatsen van 0.7 m
8. In de praktijk staan de koplampen zo afgesteld dat bij het voeren van dimlicht tegenliggers niet in de ogen worden geschoten. Naar links schijnen de koplampen daarvoor ietsje schuin naar beneden. Aan die zijde worden reflectoren die hoger zijn geplaatst dan ca. 0.6 m dus **niet** geraakt. De reflectoren werken dan maar aan één kant van de weg.

B I D O C
(bibliotheek en documentatie)



Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA DELFT
Tel. 015 - 2518 363/364

6 PRAKTISCHE WERKING VAN WILDSPIEGELS

6.1 Vooraf

De visuele waarneembaarheid van een voorwerp is afhankelijk van:

- *de helderheid van het voorwerp in contrast met de achtergrond/omgeving;*
- *de invloed van de aanwezigheid van obstakels;*
- *de mate waarin het object door grootte, beweging e.d., en door het contrast daarvan met de omgeving, de aandacht trekt;*
- *de mate waarin andere signalen uit de omgeving de aandacht erop vestigen, dan wel juist daarvan afleiden;*
- *de tijdsduur van waarneming (zie bv. Woodham 1991).*

Uit de hoofdstukken 4 en 5 blijkt dat de werking van wildspiegels in de praktijk beïnvloed kan worden door een aantal variabele omstandigheden. Informatie hierover is dus van belang voor de beoordeling van de betekenis van onderzoek naar de effectiviteit van wildspiegels. Deze omstandigheden worden hierna besproken.

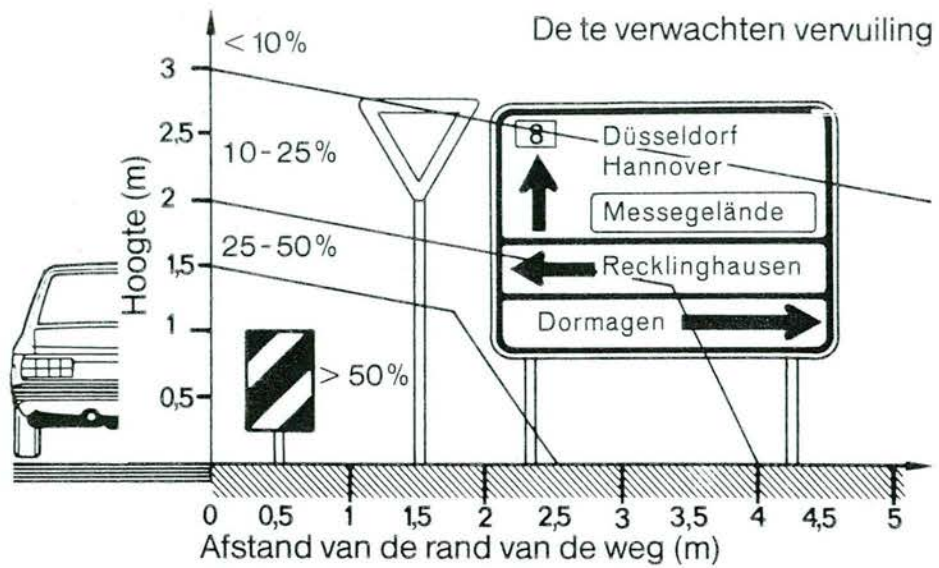
6.2 Onderhoud en beheer

a. Vervuiling en reiniging

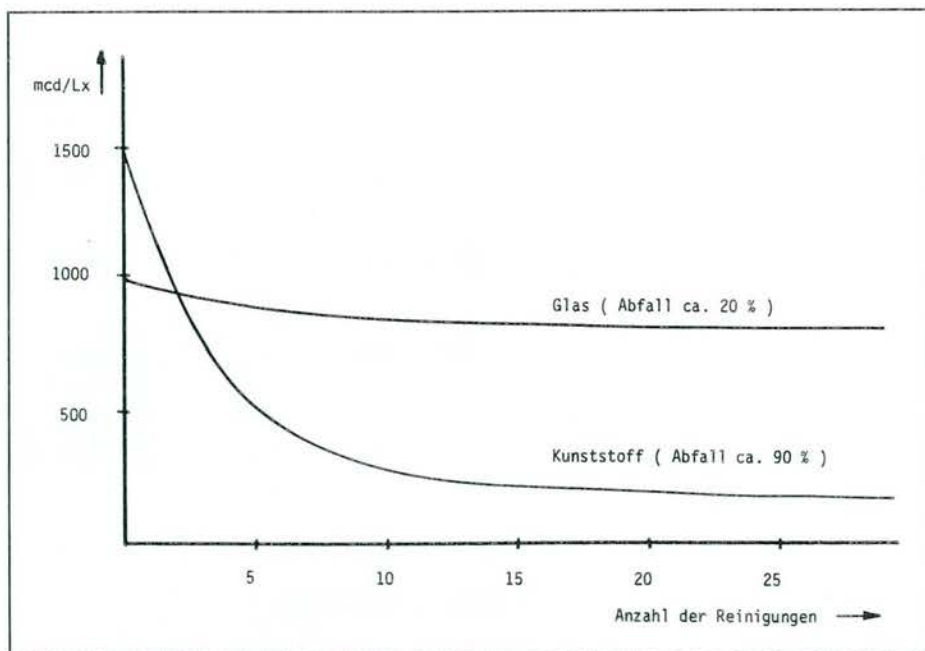
De werking van een wildspiegel hangt nauw samen met de afstand tot de weg. Indien wildspiegels vlak langs de wegrand worden geplaatst, zullen ze snel smerig worden door opspattend vuil, waardoor ze hun werking verliezen. Dit vergt dan ook meer onderhoud. Figuur 22 geeft een globaal beeld van de afstand tot (horizontaal en verticaal) de weg in relatie tot de mate van vervuiling (n.b. de plaatsing van de borden wijkt af van de in Nederland gebruikelijke).

De wildspiegels moeten derhalve regelmatig goed gereinigd worden. In principe is het mogelijk ze te reinigen gezamenlijk met de handmatige of machinale reiniging van de reflectorpaaltjes. De tijd die normaal gesproken verstrikt tussen twee reinigingsbeurten van die paaltjes is echter voor de wildspiegels te lang. Om ze optimaal te laten reflecteren is het noodzakelijk om de kunststof-reflectoren, al naar gelang de weersgesteldheid, om de 2 à 3 weken met een lap schoon te wrijven (Ueckermann & Olbrich 1984). Door de grotere gevoeligheid van metalen spiegels voor vervuiling (Ueckermann & Olbrich 1984) zouden deze nog frequenter gereinigd dienen te worden.

Het nadeel hiervan is echter dat het oppervlak van de wildspiegels wordt beschadigd en dof wordt. Hierdoor neemt het reflectievermogen af. Deze afname in reflectievermogen kent een exponentieel verloop. Figuur 23 laat dit zien voor kunststof- en glasreflectoren: in het geval van kunststof bleek het reflectievermogen binnen twee maanden al tot 50% van de uitgangssituatie gereduceerd. Na 20 reinigingen, of wel binnen één jaar, bedraagt de afname zo'n 90% (Rudelstorfer & Schwab z.j.). Daarna blijft het reflectievermogen vrijwel constant op dit lage niveau steken. Bij glas is de beschadiging minder sterk. De afname in reflectievermogen zal ca. 20% bedragen. Van metalen wildspiegels is dit minder bekend.



Figuur 22. De te verwachten vervuiling van wegmeubilair in relatie tot de horizontale en verticale afstand tot de weg (Rumar z.j.).



Figuur 23. Afname reflectievermogen door reiniging (Rudelstorfer & Schaw z.j.).

Naast de mate van vervuiling is de kans op omver rijden en daarmee onwerkzaam raken van de wildspiegels, groter naarmate ze dichterbij de weg staan.

b. Scheefstand

Als de palen waaraan de wildspiegels bevestigd zijn min of meer uit het lood staan, wordt de reflectie beperkt. Scheefstand betekent immers dat het gereflecteerde licht al op korte afstand schuin omhoog de lucht ingaat, of schuin naar beneden naar de grond gaat.

Bij de voorbeelden in het voorgaande hoofdstuk (spiegels op 6 dm hoogte, afstand tussen de twee spiegelrijen = 8 m) betekent een scheefstand, dwars op de weg, van 4 centimeter een afwijking van de reflectiebundel van ruim een halve meter naar boven of naar beneden aan de andere kant van de weg. Bij een scheefstand van ruim 5 cm naar de weg toe, haalt de gereflecteerde bundel van een metalen wildspiegel zelfs niet eens de spiegelrij aan de overkant (vgl. voorbeeld 4). Bij kunststof reflectoren is de afwijking door de bredere spreiding van de reflectie minder dramatisch (zie voorbeeld 5). De potentiële werkingsruimte wordt daardoor beperkt. Hierom zal vooral in perioden waarin verhoogd risico op ongevallen bestaat - naast frequent reinigen - regelmatig controle van de wildspiegels moeten plaatsvinden.



Slecht onderhouden vervuilde en scheef staande wildreflector aan de verkeerde kant van het paaltje en vlak voor een dichte heg (foto J.G. de Molenaar).

In Noord-Dakota wordt vanwege de scheefstand van de reflectoren en het terugkerend vele onderhoud dat dat met zich meebrengt, gezocht naar andere manieren om ongevallen met herten te voorkomen (pers. mededeling. A. Covlin, Department of Transportation).

c. Opmerkingen

- Het voorgaande doet concluderen dat het gewenst is dat:
 - * de onderzoeksperiode tenminste 2 jaar is;
 - * de waarnemingen worden geregistreerd in tijdsintervallen van niet groter dan 1 maand.
- Een aanvankelijke daling van het aantal ongevallen met wild na plaatsing van wildspiegels, wordt na verloop van tijd vaak weer gevolgd door een toename. Gewenning van wild aan reflectoren wordt vaak als oorzaak hiervoor aangedragen. Een verminderde effectiviteit als gevolg van een verminderde reflectie door de wildspiegels lijkt minstens zozeer voor de hand te liggen als (mede- of hoofd)oorzaak.
- Met betrekking tot de reiniging zou men ook over kunnen gaan op ander materiaal. Het doorzichtige kunststof zou vervangen kunnen worden door hard glas. Tevens zou dit glas vuilbestendig moeten zijn. Enerzijds is de afname van het reflectievermogen door vervuiling kleiner, anderzijds hoeft reiniging minder vaak te gebeuren. Als reiniging plaatsvindt levert dit vrijwel geen schade op aan de wildspiegel. Dit zou het reflectievermogen en daarmee de werkzaamheid van de wildspiegels sterk kunnen verbeteren.
- Het is overigens niet uitgesloten dat bij ingrijpende werkzaamheden aan weg en berm tegelijkertijd wildspiegels worden geplaatst of, omgekeerd, dat de berm bij plaatsing van wildspiegels eenmalig onder handen wordt genomen en 'geschoond'. De plaatsing van de wildspiegels gaat dan samen met een berm die enige tijd kaal of open is, wat het risico van aanrijdingen voorbijgaand kan beperken. De literatuur rept hier niet over, maar omdat die ook doorgaans nauwelijks rept over de vele factoren die direct van invloed zijn, zegt dit niet veel.

Figuur 24 geeft enige praktische aspecten van de verschillende typen wildspiegels.

	Metalen spiegels	kunststof reflectoren				
	v.d.Ree Hemey Svenska	Swareflex		Bosch	Wegu	ADE
		vlak type	helling type			
gevoeligheid voor vervuiling	groot	gemidd.	gemidd.	gemidd.	Wegu	gemidd.
gevoeligheid van reflecterende werking voor regelm. Reinigen	klein	groot	groot	groot	groot	groot
gevoeligheid voor corrosie	gemidd.	klein	klein	groot	groot	klein
hellingmontage mogelijk	nee	ja	ja	ja	nee	nee
mogelijkheid tot bevestigen aan reflectorpaaltjes	goed	goed	goed	gemidd.	gemidd.	gemidd.
gevoeligheid voor diefstal	klein	gemidd.	gemidd.	gemidd.	gemidd.	gemidd.

Figuur 24. Praktische aspecten van de verschillende typen wildspiegels.

6.3 Wegligging

Vooral bij spiegels kan de hoogteligging van de weg ten opzichte van zijn omgeving, in de zin van oplopende of afhellende taluds, net zoals scheefstand van wildspiegels effect hebben op de reikwijdte van de reflectie en dus op de waarneembaarheid van de 'lichtflits'. Men kan daarbij bijvoorbeeld denken aan verdiept gelegen wegen en wegen op dijken. Daarnaast kan de tijdsduur dat de wildspiegels het koplamplicht weerkaatsen sterk worden bekort op glooiende en/of bochtige wegen in vergelijking met lange rechte vlakke wegen. Verkorting van de tijdsduur van oplichten zal naar verwachting ook de effectiviteit van de wildspiegels beïnvloeden.

6.4 Wegbreedte

Bij wildspiegels die over de weg de vegetatie in schijnen, legt het weerkaatste licht een langer traject af en wordt meer verspreid naarmate de weg breder is. Men mag veronderstellen dat daardoor de lichtintensiteit en daarmee de effectiviteit van de wildreflector sterk afneemt. Om een goed beeld te krijgen van de mogelijke effectiviteit van wildspiegels dient de breedte van de weg ook te worden bepaald. Daarnaast is bij hogere verkeersintensiteiten sprake van onderschepping van het weerkaatste licht door passerende andere voertuigen.

6.5 Bermsituatie

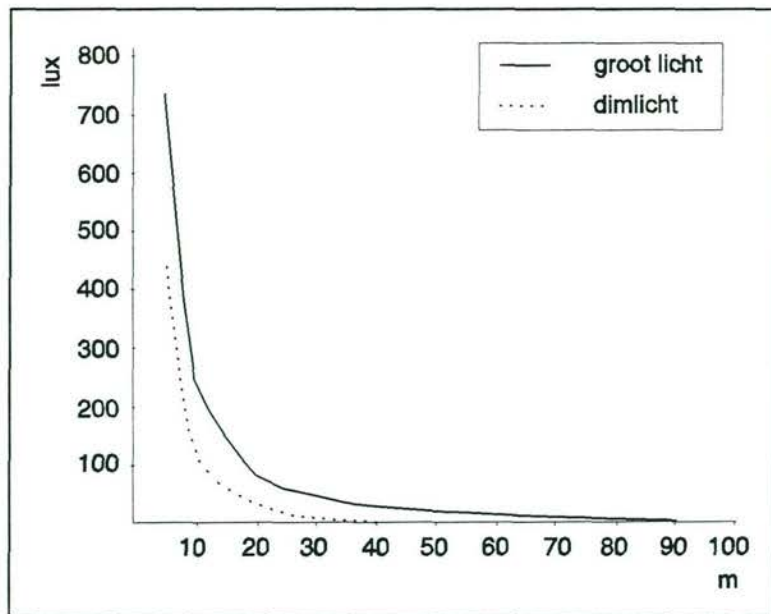
Onder bermbreedte wordt hier verstaan de breedte van een berm vanaf de wegrand tot een dichte en hogere vegetatie zoals heg, struweel of bos, die gereflecteerd licht dempt tot geheel onderscheept. Ook de vegetatie in de berm zelf mag niet te hoog worden, omdat anders de reflecterende werking verloren gaat. Dit betekent dat het maaieregime (hoogteafstelling en frequentie) mede op de hoogte waarop de reflectoren zijn geplaatst, moet worden afgestemd.

6.6 Wegverlichting

Voor de effectiviteit van wildspiegels kan het zeer belangrijk zijn of wegverlichting afwezig of aanwezig is. De waarneembaarheid van reflecterende wildspiegels is mede afhankelijk van het contrast t.o.v. de achtergrond (Woodham 1991). Dat contrast wordt minder naarmate de omgeving meer wordt verlicht. De alarmerende prikkel die van de wildspiegels zou kunnen uitgaan is daardoor in de situatie mét wegverlichting geringer dan in de situatie zonder wegverlichting. Doordat gewenning eerder zal optreden bij zwakke prikkels dan bij sterke prikkels bestaat daardoor het gevaar dat langs verlichte wegen eerder gewenning aan wildspiegels optreedt, met daardoor een afname van de effectiviteit ervan (Jansen & Claus 1996).

6.7 Koplamp

De werking en waarneembaarheid van de reflectie van wildspiegels hangt uiteraard af van het contrast met de verlichting van de omgeving. Indien geen sprake is van "achtergrondverlichting" door straatverlichting e.d., is alleen de verlichting door de koplampen in het spel. Bij dimlicht treedt in dit geval een duidelijk contrast tussen wildspiegel en achtergrond op binnen een bereik van 150 tot 30 m tot de spiegel. Bij groot licht is daarvan sprake op een afstand van 250 tot 50 m. Als het voertuig genaderd is tot een afstand binnen 30 m, respectievelijk 50 m, dan is dat contrast en daarmee de veronderstelde effectiviteit van de spiegel veel kleiner (Ueckermann & Olbrich 1984). De waargenomen intensiteit van het koplamplicht verloopt bij nadering van een voertuig namelijk niet lineair maar exponentieel (fig. 25). Dit betekent bijvoorbeeld dat tijdens het "dynamisch waaierende effect" bij metalen spiegels, dat optreedt als het voertuig tot binnen ca. 20 m afstand genaderd is, het contrast met de achtergrond afneemt en dus ook de effectiviteit afneemt.

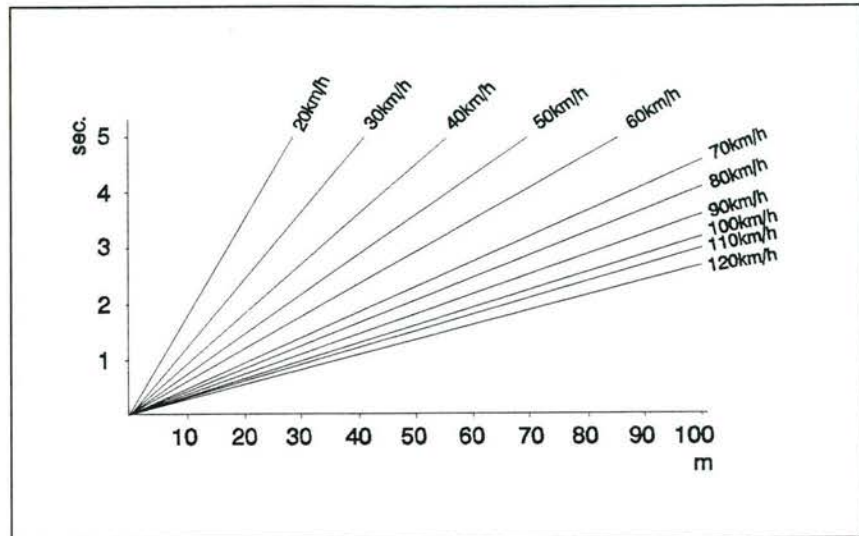


Figuur 25. Exponentieel verband tussen de waargenomen lichtintensiteit en de afstand van een normale (H 4) koplamp (Ueckermann & Olbrich 1984).

6.8 Verkeerssnelheid

De verkeerssnelheid kan ook mede bepalend zijn voor de effectiviteit van wildspiegels. Immers, hoe hoger de snelheid, hoe korter de tijdsduur dat zij oplichten, en hoe korter de tijd om dat oplichten waar te nemen en daarop eventueel te reageren. Bij dimlicht vertonen reflectoren een duidelijk contrast met hun achtergrond (indien geen storende lichtbron aanwezig is) vanaf het moment dat het voertuig tot op een afstand van ca. 150 m genaderd is (Ueckermann & Olbrich 1984). Uit figuur 26 kan dan

worden opgemaakt hoelang de reflectoren oplichten alvorens de auto gepasseerd is.



Figuur 26. Snelheid in relatie tot de afgelegde afstand per tijdseenheid. Horizontaal: afstand van het voertuig tot de wildspiegel; verticaal: 'oplichtingstijd' van de spiegel (Ueckermann & Olbrich 1984).

6.9 Weersgesteldheid

De weersgesteldheid (sneeuw, regen, mist e.d.) kan niet alleen gevolgen hebben op verkeersongevallen met wild door de invloed ervan op het gedrag van dier en automobilist, maar ook op de mogelijke effectieve werking van de reflectie van wildspiegels. Men mag immers veronderstellen dat sneeuw, regen en mist als gevolg van demping van de straling de veronderstelde werking van wildspiegels beperken. Een bijkomend nadeel van natte weersomstandigheden is corrosie van de wildspiegels. Bosch-wildspiegels bleken na een jaar en WEGU-reflectoren zelfs al na acht maanden te gaan corroderen. Bij Swareflex- en ADE-reflectoren konden geen corrosieverschijnselen vastgesteld worden (Ueckermann & Olbrich, 1984).



Als wildreflectoren al zouden kunnen werken, dan is dat in deze situatie toch wel zeer de vraag: de wildreflector was verkeerd om bevestigd aan reeds aanwezige, veel te ver uit elkaar staande en scheef gezakte reflectorpaaltjes - en intussen is die wildreflector verdwenen (foto J.G. de Molenaar).

7 WILD EN REACTIE OP LICHT EN WILDSPIEGELS

7.1 Vooraf

Er is weinig bekend over de reactie in het gedrag van zoogdieren op verlichting in termen van aantrekking, afstoting en dergelijke (De Molenaar et al. 1997). Het is verder onbekend maar niet uitgesloten dat wegverlichting het risico voor sommige soorten zou kunnen beperken, maar niet voor predatoren die op insecten e.d. afkomen die door de verlichting worden aangetrokken (De Molenaar et al. 1997).

Bij wildspiegels is natuurlijk niet in de laatste plaats de vraag wat het dier eigenlijk ziet, en hoe het daarop reageert. De publicaties over wildspiegels gaan hier echter niet op in.

7.2 Gezichtsvermogen

De soorten waar het hier om gaat zijn schemeringsdieren van min of meer gesloten bos tot min of meer open bos. Bij deze, en in het bijzonder waar het planteneters betreft, spelen de reukzin en de gehoorzin een veel grotere rol dan bij de mens, en wordt het gezichtsvermogen in de regel alleen voor grove oriëntatie en waarnemen van bewegingen benut (Ueckermann & Olbrich 1984). Van het gezichtsvermogen van de mens is weliswaar het meest bekend, maar het is dus niet representatief voor zoogdieren in het algemeen en het wild waar het hier om gaat in het bijzonder.

Het oog van hoefdieren kan door zijn astigmatische eigenschappen en geringe accommodatievermogen slechts onscherpe beelden op het netvlies krijgen. Het is daardoor echter goed geschikt om bewegingen waar te nemen (Hamburger 1908). Daarbij betekent de geringe overlap tussen de gezichtsvelden van beide ogen van hoefdieren een sterke beperking van het ruimtelijke zien (Duke-Elder 1958). In de tweede plaats gaat het hier om schemeringsdieren die ingesteld zijn op zogenaamd 'donkerzien', dat wil zeggen op waarneming van intensiteitsverschillen veel meer dan op waarneming van spectrale verschillen (kleurzien). De consequentie hiervan is - uitgaande van een en dezelfde lichtbron invallend licht - dat:

- bij selectieve weerkaatsing van een bepaalde kleur licht in plaats van wit licht een beperkt deel van het licht wordt gereflecteerd, de verlichtingsintensiteit dus wordt verlaagd en de waarneembaarheid daardoor wordt verminderd;
- bij grotere spreiding van de weerkaatste lichtbundel de verlichtingsintensiteit lager wordt en de waarneembaarheid dus ook afneemt;
- bij combinatie van selectieve weerkaatsing en vergrote spreiding de waarneembaarheid eens zozeer afneemt.

Op voorhand leidt dit tot de conclusie dat de waarneembaarheid van wildspiegels afneemt volgens de reeks metalen wildspiegel - witte reflectoren - gekleurde reflectoren. De volgende vraag is of de spectrale gevoeligheid van het oog van het wild hier nog nader in differentieert.

Er wordt wel aangenomen dat de spectrale gevoeligheid van het zoogdieroog niet wezenlijk afwijkt van die van het menselijk oog (Goldsmith 1990). Gewoonlijk is echter sprake van twee gevoeligheidspieken, een bij 420-440 nm (violet-blauw) en een bij 500 nm (blauw-groen; Jacobs 1991). Ultraviolet licht (360 nm) zou slechts door enkele diersoorten zoals zwarte rat *Rattus rattus* en huismuis *Mus musculus* kunnen worden waargenomen (Jacobs 1992).

Volgens Knoflacher (1980) kunnen vele nacht- en schemeractieve dieren zelfs geen kleuren onderscheiden. Dit lijkt echter te absoluut gesteld te zijn.

Zo toonde Zacks (1985) bij een witstaarthert aan dat dit gevoeliger was voor kortere golflengtes dan mensen dat zijn, en minder gevoelig voor langere golflengtes. Dit hert heeft in elk geval voldoende kleuronderscheidend vermogen om een band van lange golflengte (wat rood lijkt voor mensen) te onderscheiden van wit licht (Zacks & Budde 1983). Menner (1929) vond in de retina van het ree een verhouding tussen kegeltjes en staafjes van 1 : 21, wat wijst op een uitgesproken donkerzien met een beperkt golflengte- c.q. kleuronderscheidend vermogen. Volgens Backhaus (1958) zou ook het edelhert in staat zijn kleuren te onderscheiden. Echter, betrokken op de gezichtsscherpte zou die ongeveer 10 tot 20 maal minder zijn dan bij de mens.

Bij het huisvarken is door Klopfer & Buttler (1964) een gezichtsvermogen vastgesteld dat zich wat de kleurwaarneming en donkeradaptatie betreft niet wezenlijk van dat van de mens onderscheidt. Het lijkt aannemelijk dat dit ook geldt voor het wilde zwijn.

7.3 Reflectie van wit licht

Wit reflecterende wildspiegels zijn in de praktijk metalen wildspiegels; de literatuur vermeldt geen gebruik van witte Swareflex-reflectoren. De in het buitenland wel gebruikte WEGU- en Bosch-reflectoren weerkaatsen wel wit licht. Volgens bijvoorbeeld Gilbert (1982) zijn witte spiegels/reflectoren niet effectief om herten van wegen weg te houden.

De bronnen geven echter zeer tegenstrijdige informatie over de invloed van spiegels op het aantal aanrijdingen met wild en verkeersongevallen waarbij wild is betrokken. De opzet van veel onderzoek laat echter nogal wat te wensen over. Niet een van de minste manco's is dat slechts zelden onderscheid wordt gemaakt tussen aanrijdingen overdag en 's nachts. Als de wildspiegels enig effect zouden hebben, moet dit blijken uit vergelijking van het aantal aanrijdingen in het donker op overigens vergelijkbare wegen met en zonder wildspiegels, of op dezelfde weg voor en na plaatsing van die spiegels. Ter controle moet dat dan vervolgens worden betrokken op het aantal aanrijdingen bij daglicht of in totaal. De schaarse bronnen die dat onderscheid tussen overdag en 's nachts maken, geven dan aan dat spiegels geen effect hebben; zie als voorbeeld figuur 27.

Het is wat anders dat dieren zich in het donker gemakkelijk kunnen laten 'vangen' door plotseling zeer sterk wit licht, door zich korter of langer stil te houden of tegen de grond te drukken, en/of door binnen de lichtbundel te blijven.

	donkerperiode		daglichtperiode		totaal	
	eland	ree	eland	ree	eland	ree
weggedeelte zonder spiegels	43	34	26	11	69	45
weggedeelte met spiegels	49	34	26	12	75	46

Figuur 27. Aantal aanrijdingen met wild in het donker en bij daglicht op vergelijkbare weggedeelten zonder en met wildspiegels; driejarig onderzoek in Zweden (Statens Vägverk 1980).

Onder andere in verband met de bescherming van de zeeweringsfunctie van de duinen worden jaarlijks vergunningen verstrekt aan jagers om konijnen te schieten met behulp van een zogenaamde 'lichtbak'. Ook stroppers maken sinds jaar en dag dankbaar gebruik van dit gedrag door sterke lampen ('lichtbakken') te gebruiken om onder andere reeën, hazen en konijnen te bemachtigen. Automobilisten zijn hier op een andere wijze ook wel mee bekend: dieren zoals hazen en konijnen die eenmaal door het koplamplicht gevangen zijn, lopen een sterk vergrote kans om door auto's aangereden te worden.

Deze ervaring is niet of nauwelijks nader onderzocht. Het blijft gissen of deze reactie optreedt omdat het direct in het oog vallend licht de dieren even verblindt, of omdat snelle adaptatie van het oog maakt dat ze wegblijven uit de duisternis buiten de lichtbundel. Wat wildspiegels betreft is het uit de publicaties onduidelijk of op zo'n reactie wordt ingespeeld, of dat wordt aangenomen dat ze gewoon schrikken van het onverwachte licht dan wel dat ze daardoor alerter worden. Er zijn in de literatuur over wildspiegels echter geen nadere constatering, suggesties dan wel verwijzingen te vinden in antwoord op de vraag welke minimale lichtintensiteit dit bij de verschillende wildsoorten zou kunnen vereisen.

Eigen waarnemingen suggereren dat die drempel hoog ligt. Hazen en reeën 'bevriezen' of blijven 's nachts in de lichtbundel pas op vrij korte afstand voor de auto. Gewoon met een felle (halogeen) zaklantaarn kort en langer beschijnen stoort dieren (reeën, reumuizen) naar eigen bevinden doorgaans niet. Het veroorzaakt hooguit een enkele keer even opkijken van het dier. Natuurdocumentaires over in de schemering actieve dieren maakten, toen er nog nauwelijks lichtgevoelige apparatuur bestond, van verlichting gebruik zonder dat het de dieren verontrustte.

Het is overigens niet uitgesloten dat de overgang donker - licht door het weerkaatste, zwakkere licht geleidelijker wordt, waardoor het oog kan adapteren en het naderende voertuig beter waarneembaar wordt. Dit zou dan moeten berusten op waarneming van strooilicht en verlichting van een deel van de omgeving door het weerkaatste licht.

7.4 Reflectie van rood licht

Volgens Gilbert (1982) is verschil in gedrag van herten bij rood en bij wit licht onbekend. Ook Zacks (1985) constateert dat er geen gegevens zijn die aanleiding geven om te veronderstellen dat rood licht herten doet schrikken. Dit blijkt ook uit de praktijk, waaruit hertenjagers melden dat rode lenzen op zaklampen (flashlights), die ze gebruiken om in de duisternis te kunnen zien, geen verstorend effect op herten hebben (Woodham 1991).

De in Nederland meest toegepaste reflectoren van Swareflex weerkaatsen rood licht (670 nm). Waring et al. (1991) constateerden dat van veertien waargenomen witstaartherten die in de schemering op een weg zonder reflectoren afliepen terwijl een voertuig naderde, er drie duidelijk op dat naderend verkeer reageerden door om te keren. Overdag deed dit één van de negen. Van de eveneens veertien herten die ook in de schemering op een weg afliepen terwijl een voertuig naderde, maar dan een weg voorzien van rode Swareflex-reflectoren, reageerden er twee; eigenlijk nog minder, het betrof een hinde met haar kalf. Armstrong (1992) constateerde bij acht gevallen met (witstaart)herten één mogelijke reactie, een dier dat opkeek. Lück (1977) constateerde geen reacties op rode Swareflex-reflectoren bij (edel)herten en wilde zwijnen. De dieren reageerden veeleer op het geluid en de lichten van de auto's zelf (vrijwel) op het moment dat het voertuig passeerde (Waring et al. 1991, Armstrong 1992). Statistisch gezien is een en ander niet erg betrouwbaar, maar desondanks suggereert dit dat rode reflectoren geen effect hebben op het aantal verkeersongevallen met wild.

In overeenstemming hiermee is de gebleken ineffectiviteit bij het muildeerhert (mule deer, *Odocoileus hemionus*) in de studies van Woodard et al. (1973), Gilbert (1982) en Ford & Villa (1993).

In tegenspraak met het voorgaande lijken de resultaten van het experiment van Ujvári et al. (in druk) met rode wildreflectoren en damherten. Dit toont echter na de aanvankelijke reacties een snel optreden van gewenning (zie par. 7.6).

Vele publicaties rapporteren toch een afname van het aantal aanrijdingen na plaatsing van reflectoren. Het meest intrigerend zijn de publicaties die voor verschillende wegtrajecten zowel een afname als een gelijkblijven en een toename melden.

Echter, ook bij reflectoren is een wezenlijk manco dat zelden onderscheid wordt gemaakt tussen aanrijdingen overdag en 's nachts. De schaarse bronnen die dat onderscheid tussen overdag en 's nachts maken, geven dan aan dat ook rode reflectoren geen effect hebben; zie als voorbeeld figuur 28.

		Donker- periode	daglicht- periode	totaal
gebied 1	reflectoren niet afgedekt	10	7	17
	reflectoren wel afgedekt	11	7	18
gebied 2	reflectoren niet afgedekt	4	2	7
	reflectoren wel afgedekt	5	5	10
gebied 3	reflectoren niet afgedekt	14	9	23
	reflectoren wel afgedekt	16	12	28

Figuur 28. Aantal aanrijdingen met (witstaart)herten in het donker en bij daglicht in twee proeven met afwisselend onbedekte en bedekte rode reflectoren (Swareflex) in Ontario; proefduur een jaar (Armstrong 1992).

De keuze voor rood weerschijnende reflectoren is gebaseerd op de combinatie van twee veronderstellingen: (1) herten kunnen rood licht relatief goed onderscheiden, en (2) ze zijn voor deze kleur angstig. Er zijn echter geen aanwijzingen dat herten rood licht relatief goed kunnen onderschei-

den. Het tegendeel lijkt eerder waar te zijn (zie § 7.2). Ook de veronderstelling dat rood licht beangstigt, lijkt uit de lucht gegrepen te zijn. Die angst zou worden opgeroepen omdat rood gereflecteerd licht de dieren zou doen 'denken' aan het oplichten van de ogen van roofdieren. Deze hypothese is gebaseerd op welgeteld één experiment met één vrouwelijk edelhert (Backhaus 1969), de theorie van Koenig (1974) dat ogen van predatoren rood oplichten, en een populair artikel door Weiss (1981).

Deze zienswijze lijkt een antropomorfisme. Het veronderstelt dat dieren bekend zijn met de aanname dat ogen van predatoren door invallend sterk licht rood oplichten. Bij deze veronderstelling is echter de vraag hoe die dieren iets kunnen 'weten' of 'denken' van een verschijnsel dat zich in het vrije veld van nature niet voordoet. Volgens Olsson (1982) reflecteren ogen van predatoren geen licht, behalve licht van menselijk bronnen. Bovendien kan ieder die daarop attent is, constateren dat de ogen van bijvoorbeeld katten in het licht van autokoplampen wel kunnen oplichten, maar dan veeleer met een bleke, grijsblauwige dan een duidelijk rode weerschijs. Het oproepen van een rode weerschijs vereist een hogere verlichtingssterkte, bijvoorbeeld van flitslicht van een fotocamera. Ten slotte, en niet in de laatste plaats, is het oog veelal uitgesproken weinig gevoelig voor rood.

Koenig (1974) meende ook dat rood licht zonder meer op alle gewervelde dieren een alarmerende werking zou hebben. Het is algemeen bekend dat bepaalde kleuren, waaronder rood, door ongenietbare dieren wordt gebruikt om zich te beschermen tegen predatoren. Predatoren leren snel om die waarschuwingskleuren te associëren met ongenietbaarheid, en laten daarna die dieren voor wat ze zijn (Fogden & Fogden 1974). Dit is echter geen argument voor het gebruik van gekleurde wildreflectoren: de te alarmeren dieren zijn geen predatoren maar zelf potentiële prooien, en planteneters waarvoor andere dieren met waarschuwingskleuren geen betekenis hebben. Ze laten zich bij hun voedselkeuze bovendien vrijwel uitsluitend leiden door reuk en smaak.

7.5 Andere kleuren gereflecteerd licht

Reflectoren die andere kleuren weerkaatsen zijn er nauwelijks. Het idee achter gebruik van andere kleuren berust, voor zover kan worden nagegaan, op de waarneembaarheid en de veronderstelling dat een betere waarneembaarheid de dieren er eerder of meer van zal weerhouden de weg voor naderende auto's over te steken - om welke reden dan ook.

Geel licht (580 nm) schijnt bij mist verder dan wit licht (Schachinger 1962). Bovendien zou geel minder verblindend werken en daardoor dieren die in koplamplicht terecht komen, minder dan bij wit koplamplicht of zelfs niet doen verstarren. Ter beperking van aanrijdingen met wild beveelt Ueckermann (1964) daarom geel koplamplicht aan. Later onderzoek heeft echter uitgewezen dat geel licht geen werking heeft (Reed 1981). Hoewel geel licht minder verblindend zou kunnen zijn, verhindert dat niet dat wild op de weg komt en daardoor aan potentieel gevaar wordt blootgesteld (Kinze 1993).

Een eventuele keuze voor reflectoren die blauwgroen licht (420 - 500 nm) weerkaatsen, kan worden ingegeven door de spectrale gevoeligheid van het (gemiddelde) dierenoog. Het voordeel ervan boven wildspiegels die het opvallende licht zonder beperking tot een bepaalde bandbreedte weerkaatsen, is niet duidelijk. In publicaties over de mogelijke effectiviteit

teit van wildspiegels wordt onderzoek met dergelijke reflectoren niet geëpt. Wat anders is de trend in het gebruik van gloeilampen en inmiddels veelvuldig ook halogeenlampen naar kwiklampen voor autolichten. Dat betekent een verschuiving in gevoerd koplamplicht van wit naar zeer fel blauwig licht. Als dit doorzet, zou men mogen verwachten dat het naderende voertuig eerder beter zichtbaar wordt, en dat het oplichten van reflectoren met minder verlies intensiever wordt. Blijft echter de vraag of dit iets in de verhouding tussen de reactie op het een en op het ander ten gunste van de veronderstelde werking van die reflectoren zal kunnen wijzigen.

Het ligt daarom voor de hand te veronderstellen dat de waarneembaarheid van wildspiegels afneemt volgens de reeks metalen wildspiegel - witte reflectoren - blauwgroene reflectoren - gele reflectoren - rode reflectoren. Voor zover iets over gevoeligheid en de gedragsreactie bekend is, suggereert dit in elk geval dat rode reflectoren geen effect zullen kunnen hebben op het aantal aanrijdingen met wild. Het is echter niet uitgesloten dat rode reflectoren in plaats van het wild wel automobilisten meer alert kunnen maken, en zo toch effect kunnen hebben.

7.6 Gewenning

Gewenning aan een prikkel kan optreden, wanneer zich bij herhaling van die prikkel verder geen alarmerende situatie voordoet die daarmee kan worden of wordt geassocieerd. Het dier kan dan zijn aanvankelijke angst of schuwheid voor die prikkel gaan verliezen. Er zijn ook wel aanwijzingen dat herten wildspiegels zouden kunnen mijden door als het ware 'om te lopen' om buiten het testgebied over te steken (Mah 1989). Indien rode reflectoren in plaats van het wild de weggebruiker meer alert zou kunnen maken, dan kan evenzeer gewenning optreden maar dan bij de mens.

Wanneer ergens nog maar kort wildspiegels staan, zou activering daarvan als gevolg van angst voor het onbekende aanvankelijk bij het wild een schrikreactie kunnen oproepen. Echter, wanneer bij herhaalde activatie van de wildspiegels ogenschijnlijk geen gevaar volgt, dan kan de angst voor dat verschijnsel verdwijnen. Hiermee gaat ook de veronderstelde effectiviteit verloren. In een aantal, hiervoor ook al nader aangegepaste situaties, zal gewenning sneller kunnen optreden:

- bij voortdurende prikkel; bv. reflector wordt voortdurend geactiveerd langs auto(snel)weg (Putman 1997), wild heeft veel te maken met wildspiegels binnen homerange e.d.;
- bij een zwakke prikkel bv. weinig contrast met achtergrond door wegverlichting (Janssen & Claus 1996), zwak weerkaatst licht door een te grote afstand, gecorrodeerde wildspiegel, vervuilde of beschadigde reflector door het vele reinigen e.d. Deze afname van het reflectievermogen door een afname van de kwaliteit van de wildspiegel kan i.p.v. gewenning ook oorzaak zijn van het ongevalsverloop na plaatsing van wildspiegels (zie § 6.3).

Om na te kunnen gaan of gewenning aan wildspiegels optreedt, zal niet alleen het aantal ongevallen vlak na plaatsing maar ook in de jaren daarna bekend moeten zijn. Tijdens deze periode mag dan uiteraard geen van

de andere omstandigheden, zoals het reflecterend vermogen van de wildspiegels, veranderen.

Ujvári et al. (in druk) hebben recent experimenteel onderzoek verricht naar de reactie van damherten op het oplichten van rode wildreflectoren (WEGU-reflectoren). Dit is uitgevoerd in het vrije veld, waarbij geen controle is uitgevoerd in een vergelijkbare situatie zonder experimentele reflector. Voor de reflector werd bijgevoerd.

Er is geen onderscheid gemaakt tussen kop even optillen, zekeren, weglopen en dergelijke als 'normaal' gedrag en als gedrag in reactie op het oplichten van de reflectoren. Elk van deze activiteiten is opgevat als 'reactie'. Aldus vertoonden de dieren tijdens de twee controlenachten voorafgaand aan belichting van de reflector activiteiten die voor 7% van de waarnemingen ook in de termen van reacties vielen.

De grote lijn toonde een snel optreden van gewenning. Kanttekeningen hierbij zijn:

- vijftien nachten, exclusief twee controlenachten aan het begin en drie maal een onderbreking door een nacht pauze, bleken niet voldoende om de dieren volledig onverschillig te laten worden;
- de mate van reactie varieerde sterk van nacht tot nacht en tussen door pauzenachten gescheiden blokken van nachten;
- onderbrekingen van het experiment met één pauzenacht leidden tot een terugval in de gewenning.



Gewenning? (foto J. Zeeman).

8 LITERATUUREVALUATIE

8.1 Vooraf

In het voorgaande is nagegaan welke aspecten aan de wildspiegeproblematiek kleven. In dit hoofdstuk worden de publikaties aan de hand hiervan als geheel beoordeeld. Publicaties moeten daarbij breed worden verstaan als geschreven bronnen die concreet cijfermateriaal bevatten. Zij variëren dus van artikelen in wetenschappelijke media tot interne notities e.d. Zij variëren ook naar inhoud. Sommigen betreffen een enkel geval van onderzoek, anderen verschillende tot enige tientallen. Het totale bronnenmateriaal leverde zo in eerste instantie 127 cases op, waarvan er 10 alsnog niet direct ter zake bleken te zijn.

Hierna wordt eerst aangegeven waarmee en hoe de cases worden beoordeeld. Dit betreft de opzet van het onderzoek, de opzet van de uitvoering en de telresultaten, en de factoren die het resultaat kunnen beïnvloeden. Vervolgens worden de afzonderlijke onderzoeken aan de hand hiervan geanalyseerd op controleerbaarheid en betrouwbaarheid. De resultaten en conclusies uit de literatuur passeren aldus drie zeven. Ten slotte worden de resultaten van het meest verantwoord opgezet en uitgevoerd onderzoek samengevat. Een heikel punt is en blijft de statistische betrouwbaarheid.

8.2 Beoordelingscriteria

8.2.1 De opzet van het onderzoek

Om de stap van de evaluatie systematisch aan te pakken is een sleutel opgesteld naar analogie van Van Wingerden et al. (1997), waarmee publicaties kunnen worden geclassificeerd op basis van de onderzoekopzet (fig. 29). Deze classificatie dient duidelijk te maken welke uitspraken op onderzoek berusten en welke niet, en als ze op onderzoek berusten hoe het met de kwaliteit van dat onderzoek, en daarmee van de resultaten en de conclusies is gesteld. Bijlage 1 geeft een korte toelichting op de groepen of typen van onderzoek en de beoordeling van de mate waarin de resultaten het toelaten om te kunnen spreken van betrouwbare, algemenere wetmatigheden.

Opmerkingen bij de sleutel. (1) *Blanco's/referenties*. Een algemeen praktisch probleem bij vergelijking van proef- of testvlakken c.q. -trajecten met controles of blanco's is dat het zeer moeilijk is om werkelijk goed vergelijkbare referenties te vinden. Dit is een essentieel punt bij de beoordeling van de betrouwbaarheid van vergelijkend onderzoek. Het wordt hier nog niet meegenomen bij de beoordeling, maar later in § 8.2.3 gezien door een gestandaardiseerde controle op de beschrijving van de onderzochte situatie(s). (2) Wat betreft het onderscheid enkelvoudige en meervoudige opzet: zie § 8.1.

1.	* Artikel geeft geen beschrijving van resultaten ⇒ Alg. beschouwende publicaties	
	* Artikel vermeldt wel onderzoekresultaten ⇒ 2	
2.	* Artikel geeft een literatuurreview ⇒ Secundaire bronnen	
	* Artikel behandelt eigen onderzoek ⇒ 3	
3.	<i>Artikel betreft eigen onderzoek</i>	
	• Het onderzoek betreft het gedrag van wild in reactie op wildspiegels (relevantie: fundamenteel voor achtergrond) ⇒ ethologisch onderzoek	
	* Het onderzoek betreft ongevallen met wild ⇒ effectenonderzoek ⇒ 4	
<i>Artikel betreft eigen onderzoek naar effectiviteit van wildspiegels</i>		
4.	* Uitgangssituatie niet bekend	
	** De wildspiegels werken ononderbroken ⇒ 6	
	** De wildspiegels worden regelmatig uitgeschakeld ⇒ 8	
5.	* Uitgangssituatie wel bekend	
	** De wildspiegels werken ononderbroken ⇒ 12	
	** De wildspiegels worden regelmatig uitgeschakeld ⇒ 8	
<i>Uitgangssituatie onbekend: ACI-opzet (After Control Impact)</i>		
5.	* Opzet zonder controle(s)/blanco referentiesituaties ⇒ 6	
	* Opzet met controle(s)/blanco referentiesituaties ⇒ 7	
6.	* Er is gekeken naar één teststrook = ACI-1	
	« Enkelvoudige opzet - controle; relevantie: geen	
	* Er is sprake van meer teststroken in hetzelfde gebied = ACI-2	
	« Meervoudige opzet - controles; relevantie: geen	
7.	* Er is gekeken naar één teststrook = ACI-3	
	« Enkelvoudige opzet + controle; relevantie: geen tot minimaal/anekdotisch	
	* Er is sprake van meer teststroken in hetzelfde gebied = ACI-4	
	« Meervoudige opzet + controles; relevantie: gering tot vrij groot (1)	
<i>Blanco's 'gegeven' in proefopzet: PNP-opzet (Present - Not Present; ingreep 'aan-uit')</i>		
8.	* Uitgangssituatie onbekend	
	** zonder afzonderlijke controle(s)/blanco('s) ⇒ 9	
	** met afzonderlijke controle(s)/blanco('s) onbekend (2)	
	* Uitgangssituatie bekend	
	** zonder afzonderlijke controle(s)/blanco('s) ⇒ 10	
	** met afzonderlijke controle(s)/blanco('s) ⇒ 11	
9.	* Er is gekeken naar één teststrook = PNP-1	
	« Enkelvoudige opzet - afz. controle; relevantie: (zeer) gering	
	* Er is sprake van meer teststroken in hetzelfde gebied = PNP-2	
	« Meervoudige opzet - afz. controles; relevantie: gering tot vrij groot (1)	
10.	* Er is gekeken naar één teststrook = PNP-3	
	« Enkelvoudige opzet - afz. controle; relevantie: gering	
	* Er is sprake van meer teststroken in hetzelfde gebied = PNP-4	
	« Meervoudige opzet - afz. controles; relevantie: (vrij) groot (1)	
11.	* Er is gekeken naar één teststrook = PNP-5	
	« Enkelvoudige opzet + afzonderlijke controle; relevantie: gering	
	* Anders onbekend (2)	
<i>Uitgangssituatie bekend: BACI-opzet (Before-After Control Impact)</i>		
12.	* zonder afzonderlijke controle(s)/blanco('s) ⇒ 13	
	* met afzonderlijke controle(s)/blanco('s) ⇒ 14	
13.	* Er is gekeken naar één teststrook = BACI-1	
	« Enkelvoudige opzet - controle; relevantie: gering	
	* Er is sprake van meer teststroken in hetzelfde gebied = BACI-2	
	« Meervoudige opzet - controle; relevantie: vrij gering (1)	
14.	* Er is gekeken naar één teststrook = BACI-3	
	« Enkelvoudige opzet + controle; relevantie: vrij gering	
	* Er is sprake van meer teststroken in hetzelfde gebied = BACI-4	
	« Meervoudige opzet + controle; relevantie: groot (1)	
(1) afhankelijk van het aantal dupliceringen; (2) niet aangetroffen in bronnenmateriaal		

Figuur 29. Sleutel voor classificatie van de onderzoekopzet.

8.2.2 De opzet van de uitvoering

Voor beoordeling van de opzet van de uitvoering is absoluut de eerste voorwaarde dat het aantal aanrijdingen ten minste apart moet worden vastgesteld voor de daglichtperiode en de nachtelijke duisternisperiode. Zonder dat zeggen aantallen aanrijdingen voor en na plaatsing van wildspiegels of vergelijking tussen weg of wegtrajecten met en zonder wildspiegels uiteindelijk niets. Verder worden de in § 4.5.2 reeds genoemde criteria toegepast, voor zover ze praktisch relevant zijn (zie fig. 30).

<ul style="list-style-type: none"> • Het aantal aanrijdingen moet uitgesplitst zijn naar het dagdeel, tenminste onderscheid makend tussen dag en nacht; daarbij moeten de aantallen voor beide perioden zijn gegeven. • De onderzochte weglengte moet minstens 1 kilometer zijn. • De periode van onderzoek voorafgaand aan plaatsing van wildspiegels moet minstens twee jaar zijn. • De periode van onderzoek na plaatsing van wildspiegels moet minstens twee jaar zijn. • Het aantal aanrijdingen moet minstens 1,3 per km per jaar zijn. • De situatie, vooral ook de bermsituatie, moet na de plaatsing van wildspiegels ongewijzigd zijn gebleven.

Figuur 30. Criteria betreffende de opzet van de uitvoering

8.2.3 De in het onderzoek betrokken factoren

De volgende zeef schift naar de mate waarin - blijkens de desbetreffende publicatie - rekening is gehouden met de factoren die door hun invloed op de resultaten als belangrijk naar voren zijn gekomen (hoofdstuk 4, 5 en 6). Deze factoren zijn in fig. 31 geordend en getaxeerd op hun relatieve betekenis voor bepaling van de effectiviteit van wildspiegels. Die taxatie loopt van 1 (weinig relevant) tot 3 (zonder meer, c.q. meest relevant).

Beoordelingscriteria	score
<i>Wijze van onderzoek</i>	
■ de methode van inventarisatie van slachtoffers/aanrijdingen met wild	3
■ als het gaat om eigen waarneming: de frequentie van inventarisatie van slachtoffers/aanrijdingen met wild (1)	3
■ de duur van het onderzoek voor plaatsing van wildspiegels	3
■ de duur van het onderzoek na plaatsing van wildspiegels	3
■ specificatie van waarnemingsperioden in kalendertijd (2)	3
<i>Geconstateerde aanrijdingen met wild</i>	
■ de betrokken soort	3
■ het verloop van het aantal aanrijdingen in de waarnemingsperiode	3
■ de weersomstandigheden tijdens de aanrijdingen	3
■ de periode van het jaar waarin aanrijdingen plaatsvonden	1
■ het geslacht en de leeftijd van de slachtoffers	1

<i>Wat het wild betreft</i>	
■ de dichtheid van de populatie(s) van de wildsoort(en)	3
■ het patroon in de aanwezigheid van min of meer preferente oversteekplaatsen of wissels van wild.	3
<i>Weg en begeleidende voorzieningen</i>	
■ de lengte van het (de) onderzochte wegtraject(en)	3
■ de breedte van de weg	3
■ de rel. hoogteligging van de weg (helling van berm en verdere omgeving)	3
■ de bochtigheid van de weg (overzichtelijkheid)	3
■ de aan- of afwezigheid van wegverlichting langs de weg	3
■ de aan- of afwezigheid van fysieke barrières langs de weg (uiteraard gerelateerd aan de soort(en) waarvoor ze wel of geen hindernis vormen; denk bijv. aan de hoogte van rasters)	3
■ de aan- of afwezigheid van voorzieningen langs de weg die het rijgedrag van automobilisten kunnen beïnvloeden (bebording e.d.)	1
■ de aan- of afwezigheid van voorzieningen op de weg die het rijgedrag van automobilisten kunnen beïnvloeden (obstakels)	3
<i>Berm en verdere omgeving (3)</i>	
■ algemene karakteristiek van de bermbegroeiing (hoog/dicht - laag/open)	3
■ de breedte van de 'open' wegberm	3
■ de aard van de verdere wegomgeving	3
■ aanwezigheid van wildverstorende invloeden in de omgeving	3
■ aantrekkelijkheid van de bermbegroeiing voor benutting door het wild	2
<i>Verkeerssituatie</i>	
■ de verkeerssnelheid op de betrokken weg(en)	3
■ de verkeersintensiteit op de betrokken weg(en) - algemeen	1
■ de verkeersintensiteit gedurende schemering en nacht	2
■ de verkeersintensiteit gedurende de avond- en ochtendschemering	3
<i>De aard en plaatsing van de wildspiegels</i>	
■ het type wildspiegel	3
■ de reflectierichting van de wildspiegels (direct of over de weg de omgeving in)	3
■ de opstelling van de wildspiegels aan weerszijden van de weg (recht tegenover elkaar of afwisselend)	3
■ de onderlinge afstand van de wildspiegels in de rijen	3
■ de afstand van de spiegelrijen in de berm tot de wegrand	3
■ de hoogte van de wildspiegels	3
<i>Beheer en onderhoudstoestand van de wildspiegels</i>	
■ de frequentie van schoonmaken	3
■ de mate van aantasting van het reflecterend vermogen van de wildspiegels	3
<p>(1) Meldingen door anderen - en welke dan en hoe/wat?</p> <p>(2) In verband met de periodiciteit in het aanrijdingsrisico: de gelijkwaardigheid van de perioden van inventarisatie voor en na plaatsing dan wel van vergelijking van verschillende situaties (in principe dus wel of geen veelvouden van 12 maanden, of expliciet wel of niet dezelfde periode van het jaar).</p> <p>(3) Inclusief veranderingen tijdens het onderzoek, naar aard, intensiteit, omvang; in de ruimte en in de tijd. Zoals lichten of kappen van bos, vruchtwisseling op landbouwgronden, optreden van mastjaren, verschillen in drenkgelegenheid e.d., resp. recreatie, jacht e.d.</p>	

Figuur 31. Factoren die de relevantie van de onderzoekresultaten beïnvloeden

8.3 Toepassing van de beoordelingscriteria

8.3.1 Algemeen

De literatuur is volgens het voorgaande geanalyseerd en per afzonderlijk onderzoek zijn de resultaten opgeslagen in een databestand. Het totale aantal onderzoeken bedraagt 117.

8.3.2 De opzet van het onderzoek

Relevant voor de evaluatie is het volgens de ACI-, PNP- en BACI-opzet (fig. 29). De score van deze bronnen op onderzoeksopzet is gegeven in fig. 32.

groep	typering	relevantie*	aantal	percentage
ACI	uitgangssituatie onbekend			
ACI-1	zonder controle, enkelvoudige opzet	0	4	3,4
ACI-2	zonder controle, meervoudige opzet	0	0	0
ACI-3	met controle, enkelvoudige opzet	1	0	0,9
ACI-4	met controle, meervoudige opzet	3	2	1,7
PNP	uitgangssit. onbekend, zonder controle			
PNP-1	zonder controle, enkelvoudige opzet	1	0	0
PNP-2	zonder controle, meervoudige opzet	4	2	1,7
	uitgangssituatie bekend, zonder controle			
PNP-3	zonder controle, enkelvoudige opzet	2	3	2,5
PNP-4	zonder controle, meervoudige opzet	5	0	0
	uitgangssituatie bekend, met controle			
PNP-5	enkelvoudige opzet	4	0	0
PNP-6	meervoudige opzet	6	0	0
BACI	uitgangssituatie bekend			
BACI-1	zonder controle, enkelvoudige opzet	1	103**	88
BACI-2	zonder controle, meervoudige opzet	5	0	0
BACI-3	met controle, enkelvoudige opzet	3	2	1,7
BACI-4	met controle, meervoudige opzet	7	1	0,9

* de relevantie is gewaardeerd volgens een schaal oplopend van 0 (geen tot minimaal) tot 7 (grootst); bij een meervoudige opzet is de waardering uiteraard afhankelijk van het aantal dupliceringen.

** betreft in 11 gevallen een bijeenvoeging van afzonderlijke onderzoeken waarvan de concrete resultaten van elk afzonderlijk niet naspeurbaar zijn.

Figuur 32. Score van de onderzoeken (primaire bronnen) beoordeeld naar de onderzoeksopzet

Fig. 32 laat zien dat wat de kwaliteit van het onderzoek betreft, slechts 1 geval hoog scoort (relevantie 7), 2 gevallen redelijk (relevantie 4), 7 gevallen matig (relevantie 2 en 3) en 107 gevallen ver onder de maat (relevantie 1 en 0). Ruim genomen kunnen slechts 10 (relevantie >2) de toets der kritiek enigermate verdragen.

8.3.3 De opzet van de uitvoering

Figuur 33 geeft de resultaten van toepassing van de criteria voor de algemene beoordeling aan de hand van de uitvoering van het onderzoek. Op het kerncriterium (1) dat het aantal aanrijdingen ten minste apart moet worden vastgesteld voor de daglichtperiode en de nacht, scoren welgeteld niet meer dan 5 cases. Wat de overige 5 criteria betreft, is het criterium waarop veruit het laagst wordt gescoord de vermelding dat de situatie ongewijzigd is gebleven. Aan het criterium dat het aantal aanrijdingen minstens 1,3 per km per jaar moet zijn, voldoen 2 van de 5 gevallen. De overige scores in de orde van grootte van 7 van de 10 gevallen. Fig. 34 geeft een beeld van de mate waarin voldaan wordt aan de criteria van fig. 33. Dit laat zien dat geen enkel geval echt voldoet. Zuiver getalsmatig voldoen er 18 redelijk, 42 matig en zijn de overige 57 zeer matig.

Criterium		aantal onderzoeken	
nr.	omschrijving	absoluut	percentage
1	onderscheid aanrijdingen overdag en 's nachts	5	4
2	onderzochte weglengte \geq 1 kilometer	81	69
3	periode voor plaatsing wildspiegels \geq 2 jaar	75	64
4	periode na plaatsing wildspiegels \geq 2 jaar	74	63
5	aantal aanrijdingen \geq 1,3/km/jaar	45	38
6	(berm)situatie ongewijzigd	1	1

* inclusief 5 PNP's, waarvoor dit criterium in feite niet geldt
 ** publicaties die alleen procentuele veranderingen melden zijn buiten beschouwing gelaten

Figuur 33. Score op afzonderlijke criteria.

	aantal criteria waaraan wordt voldaan						
	0	1	2	3	4	5	6
aantal gevallen	9	9	39	42	18	0	0

Figuur 34. Mate waarin aan de criteria uit fig. 33 voor de opzet van de uitvoering wordt voldaan.

8.3.4 De in het onderzoek betrokken factoren

Er zijn 37 factoren geïdentificeerd die door hun invloed op de kwaliteit van de resultaten van belang zijn, waarvan er 31 relatief zwaar worden gewogen (fig. 31). Fig. 35 geeft de mate waarin per onderzoek rekening is gehouden met die 31. Deze factoren zijn vanwege het aantal verdeeld over 6 groepen. Het blijkt dat de score over het geheel genomen matig tot zeer matig is.

	Aantal als betrokken vermelde factoren (in klassen)					
	0-3 ($<$ 10%)	4-7 (10-24%)	8-15 (25-49%)	16-23 (50-74%)	24-27 (75-90%)	28-31 ($>$ 90%)
aantal onderzoeken	25	74	15	3	0	0

Figuur 35. Mate waarin rekening is gehouden met relevante factoren.

Opmerking

Het patroon in de aanwezigheid van min of meer preferente oversteekplaatsen of wissels van wild, en de eventuele periodiciteit in het gebruik daarvan wordt nooit vermeld. Men mag echter aannemen dat het onderzoek per definitie hiermee rekening houdt. Daarom is uitgegaan van een 'impliciete' vermelding. Daarentegen is een vermelding van 'wild' of van een soortengroep (bv. 'hert' in Noord-Amerikaanse bronnen) niet als vermelding van een soort opgevat.

Daarna is nagegaan hoe de aandacht voor die afzonderlijke factoren is verdeeld over de onderscheiden groepen van factoren (fig. 36).

Groep van factoren	aantal factoren	aantal gevallen met vermelding	gemiddeld aantal vermelde factoren
beheer en onderhoud wildspiegels	2	9	0,1
verkeerssituatie	2	8	0,1
geconstateerde aanrijdingen	3	16	0,1
berm en verdere omgeving	4	15	0,3
weg en voorzieningen	7	92	1
het wild betreffend	2	117	1
aard en plaatsing wildspiegels	6	113	2,6
wijze van onderzoek	5	110	1,7

Figuur 36. Verdeling van de vermelde factoren over de onderscheiden groepen van factoren

De helft van de 8 groepen van factoren wordt sterk verwaarloosd: 'beheer en onderhoud van de wildspiegels', 'verkeerssituatie', 'geconstateerde aanrijdingen' en 'berm en verdere omgeving'. Zij worden in slechts 1 op de 10 gevallen genoemd. Samen betreffen zij 12 factoren, waarvan het gemiddelde aantal vermeldingen scoort op 2.

De 4 andere categorieën scoren relatief hoog. De mate waarin de afzonderlijke factoren uit elke groep aan bod komen, is echter wisselend. Dat varieert gemiddeld van 1 op de 6 (18%) bij de categorie 'weg en voorzieningen' tot 3,5 op de 5 (70%) bij de categorie 'wijze van onderzoek'. In 9 op de 10 gevallen, tot in alle gevallen, worden één of meer van de factoren uit die groepen vermeld.

8.4 Combinatie en eindselectie

In principe zou men alleen die gevallen moeten selecteren welke op elk van de drie ingangen voldoende scores, dat wil zeggen boven het gemiddelde. Slechts één enkel geval kan deze toets doorstaan (het Zweedse VIOL-onderzoek, zie hierna). Daarom wordt bij samenvoeging van de drie ingangen uitgegaan van sterk afgezwakte normen. Daarbij moet worden gerealiseerd dat er een zekere marge zit in de beoordeling van elke case op de punten in het uitgezette stramien. Als hardste norm wordt gehanteerd dat moet worden voldaan aan het kerncriterium dat onderscheid wordt gemaakt tussen de aantallen aanrijdingen overdag en 's nachts.

In de eerste stap van de eindselectie zijn dan de normen:

- *als maat voor wetenschappelijke methode* - de waardering van de opzet van het onderzoek is getaxeerd als hoger dan 'geen tot gering', dat wil zeggen vanaf relevantie = 2 figuur 32;

- *als maat voor begrip van de essentie* - er wordt voldaan aan het onderscheid tussen aantallen aanrijdingen overdag en 's nachts;
- *als maat voor het inzicht en de zorgvuldigheid* van het onderzoek -
 - * er wordt tenminste voldaan aan 2 van de 5 overige algemene criteria (fig. 33) voor de uitvoering;
 - * het aantal vermelde relevante factoren is minstens 16 van de 31.

Deze selectie laat vier gevallen door. De eerste twee betreffen Canadees onderzoek (Armstrong 1992) met Swareflex-reflectoren, volgens het principe van afwisselend aan en uit. De conclusie is dat de installatie statistisch (Chi-kwadraattest) geen invloed had op het aantal aanrijdingen met herten (Ontario, dus hoogst waarschijnlijk uitsluitend witstaartherten).

Het derde geval is een onderzoek in de VS door Waring et al. (1991) naar de invloed van Swareflex-reflectoren op aanrijdingen met herten (witstaart-herten). Het aantal aanrijdingen tijdens de nacht (sic) was voor en na plaatsing van de reflectoren hetzelfde.

De vierde is het zeer gedetailleerde en langdurige Zweedse VIOL-onderzoek (Viltolycksprojektet), uitgevoerd door Statens Vägverk (1980) in samenwerking met een aantal onderzoeksinstituten. Blijkens het eindrapport, de achtergrondrapporten voor zover in handen gekregen en aanvullende mondelinge mededelingen van betrokkenen scoort dit onderzoek veruit het hoogst. Het kon echter niet in alle detail op alle aspecten worden gecontroleerd, daar niet alle achtergrondrapporten ter beschikking stonden. Dit onderzoek toonde eveneens geen invloed van reflectoren aan.

Als het kerncriterium 'onderscheid tussen aanrijdingen overdag en 's nachts' vanwege dit geringe aantal wordt losgelaten, maar de normen voor het inzicht en de zorgvuldigheid van het onderzoek blijven gehandhaafd, dan scoren nog twee gevallen relatief hoog: Eiberle (1972) en Reeve & Anderson (1993).

Eiberle deed onderzoek in Zwitserland met metalen wildspiegels en reeën. Het resultaat is negatief. Sterker nog, de proefstroken vertonen geen verschil in het aantal aanrijdingen per jaar tussen de perioden voor en na plaatsing van de spiegels, maar de controle (aansluitend weggedeelte) vertoont een afname daarvan met 2/3.

Reeve & Anderson betreft een onderzoek in de VS naar de invloed van Swareflex-reflectoren op aanrijdingen met herten (muilnierherten). Er bleken geen resultaten die erop wezen dat deze reflectoren enige reducerende invloed hadden op aanrijdingen met herten, ondanks het feit dat de hertenstand inmiddels was afgenomen en een verminderd aantal aanrijdingen daardoor voor de hand lag.

De zo in totaal zes gevallen zijn gekarakteriseerd in fig. 37.

8.5 Conclusie

Het overgrote deel van het onderzoek is, blijkens de publicaties daarover, dermate matig van opzet en/of slecht controleerbaar dat grote vraagtekens moeten worden gezet bij de resultaten. Vele hebben overigens meer het karakter van bijhouden van de stand van aanrijdingen zonder meer dan van onderzoekverslagen.

Auteurs(s)	Onderzoekopzet			aantal vermelde	
	type opzet	relevantie	kerncriterium	overige criteria*	relevante factoren**
Armstrong 1992	PNP-3	2	+	2	8-15..
Armstrong 1992	PNP-3	2	+	2	8-15
Waring et al. 1991	BACI-3	3	+	2	16-23
Statens Vägverk 1980	BACI-4	7	+	5	meeste
Eiberle 1972	BACI-3	3	-	4	8-15
Reeve & Anderson 1993	PNP-5	2	-	4	8-15

* in tabel 12;
 ** van de in totaal 31 hoogst gewaardeerde in tabel 8

Figuur 37. Overzicht van de eindselectie.

Er konden geen publicaties worden gevonden die ruimschoots voldeden aan wat van onderzoek verwacht mag worden. De minst onverantwoorde publikaties betreffen onderzoeken die zonder uitzondering uitwijzen dat het plaatsen van wildspiegels, in het bijzonder van reflectoren, geen effect heeft op het aantal aanrijdingen. Van deze 6 komen er 4 uit Noord-Amerika en 2 uit Europa.

De uitkomst van deze onderzoeken is in tegenspraak met wat de overige, als volgens de aanpak van deze ver ondermaats beschouwde en terzijde gelegde publicaties merendeels menen te mogen concluderen.

9 NABESCHOUWING

9.1 Algemeen

De problematiek van de werking en effectiviteit van wildspiegels is complex. De wijze waarop de opgespoorde bronnen op dit terrein daarmee omgaan, roept vele kanttekeningen en vraagtekens op. Opmerkelijk is hoe weinig aandacht wordt besteed aan de werking, zowel de fysische werking als de werking in de zin van de reactie van het wild, en hoe onzorgvuldig het onderzoek voor bepaling van de effectiviteit wordt opgezet. Het is niet duidelijk of dit te maken heeft met onvoldoende analytisch inzicht in de materie, onachtzaamheid bij de organisatie en uitvoering van het onderzoek of onzorgvuldigheid bij het publiceren, of wat anders. Wel heel opmerkelijk is dat men zich slechts zelden realiseert dat wildspiegels hun veronderstelde werking alleen bij duisternis kunnen vertonen, en dat het dus zaak is het aantal nachtelijke aanrijdingen te bezien tegen de algemene trend in het totale aantal aanrijdingen.

Analyse van het gepubliceerde materiaal laat zien dat slechts enkele gevallen de toets der kritiek enigermate kunnen verdragen. Deze concluderen zonder uitzondering dat plaatsing van wildspiegels geen zin heeft. Het merendeel van de overige, minst verantwoorde gevallen geeft daarentegen aan dat wildspiegels wel het beoogde effect hebben of kunnen hebben. Dit zou dan kunnen liggen in de orde van grootte van tientallen procenten. Een kort overzicht van Noord-Amerika op Internet van U.S. Roads (1997) laat een vergelijkbaar patroon zien. De daarin genoemde positieve resultaten met wildspiegels betreffen informele mededelingen, in het bijzonder brieven aan de producenten.

Desondanks blijkt in de gevallen waarin zulk onderzoek langer is voortgezet, vaak dat dit veronderstelde positieve effect na enige tijd verdwijnt. Waarschijnlijk heeft het verdwijnen van dit effect, als er al sprake van is, te maken met het afnemen van de reflectie als gevolg van regelmatig reinigen en corrosie. Het is niet onmogelijk dat wildspiegels eerder automobilisten dan wild meer alert maken. Als dit zo zou zijn, kan het verdwijnen van het eventuele effect tevens te maken hebben met gewenning. Het optreden van gewenning is overigens ook wat het wild betreft niet uitgesloten.

Het is echter ook niet uitgesloten dat de berm bij plaatsing van wildspiegels eenmalig onder handen wordt genomen en gekort of, omgekeerd, dat bij ingrijpende bermwerkzaamheden tegelijkertijd wildspiegels worden geplaatst. Dat kan leiden tot een tijdelijk brede en kale of open berm, die op zich het risico van aanrijdingen een tijd kunnen beperken maar op termijn weer verdwijnt. De literatuur rept hier niet over, alleen Statens Vägverk (1980) merkt nogal suggestief op dat dit in het desbetreffende experiment met nadruk is vermeden.

Het geheel overziend, kan niet volstrekt worden uitgesloten dat de plaatsing van wildspiegels in bepaalde situaties toch mogelijkerwijs wel zin zou kunnen hebben. Tenminste, als zij wit licht reflecteren, als zij vuilafstotend zijn, als zij bestand zijn tegen aantasting door reiniging en door corrosie en andere invloeden, als zij op de juiste wijze worden geplaatst en regelmatig worden onderhouden, en als de berm voldoende laag be-

groeit en breed is. Dan zou men kunnen overwegen: 'baat het niet, schaden doet het ook niet'.

9.2 Andere maatregelen

Ueckermann & Olbrich (1984), Kinze (1993), Madsen (1993), Bruun-Schmidt (1994), Premo & Premo (1995) en Statens Vägverk (1978, 1980) geven overzichten en beoordelingen van methoden om aanrijdingen met wild te beperken. Op basis hiervan en van de voorgaande hoofdstukken is fig. 38 opgesteld.

Methode	cate- gorie	effecti- viteit	opmerkingen m.b.t. de situatie in Nederland
plaatsing wildspiegels	2	■	kosten: plaatsen, onderhoud, vervangen
beperking wildstand	1	■	maatschappelijk en politiek gevoelig
aanpassing wegtracering	1	■	weinig realistisch
beperking zoutstrooien	1	·	risico verkeersveiligheid; alternatieven?
Verbreiding 'open' berm	1+2	■	ruimtegebrek, grondkosten
aanbrengen schrale bermgrond	1+2	■	
verschraling wegberm	1+2	■	lange-termijn aangelegenheid
intensief bermbeheer	1+2	■	ecologisch ongewenst
aanbrengen wegverlichting	2	■	negatieve effecten op natuur
plaatsing waarschuwingen (borden, e.d.)	2	·	bewuste waarneming, ter harte neming, gewenning
beperking verkeerssnelheid	2	■	aansluiting bij algemeen beleid
voorlichting en educatie	2	■	acceptatie en doorwerking = ? (vgl. voorlichting verkeersveiligheid)
plaatsing rasters	1	■	versnippering; kosten plaatsing, onder- houd
aanleg wildviaducten + rasters	1	■	kosten aanleg & onderhoud
aanleg wildoversteekplaatsen = rasters + doorlaatposten	±2	·	kosten aanleg & onderhoud
idem, + wildroosters	2	■	kosten aanleg & onderhoud
idem, + signaleringssysteem	2	■	kosten van aanleg, onderhoud & kwetsbaarheid
habitataanpassing algemeen	1	■	landschapsstructuur
aanpassing landschapsstructuur	1	■	conflicterende belangen; aansluiting bij hoofdlijn NBP: EHS en verbindingzones
aanpassing land- & bosbouw	1	■	problematisch, conflicterende belangen
afleiding met wildakkers	1	▪	bijvoeding is punt van discussie
stoppen bijvoeding bij weg	1	▪	sluit aan bij bestaande trend
inzet afweerstoffen	1	·	kosten, korte werking, gewenningsrisico
inzet afweergeluiden	1	·	naast effectiviteit: gewenningsaspect

categorie: 1 = dieren van weg weghouden, 2 = beperken aanrijdingen;
 effectiviteit: · = geen-gering/laag, ▪ = matig/vrij laag, ■ = vrij goed/vrij hoog,
 ■ = goed/hoog

Figuur 38. Beoordeling mogelijkheden tot beperking van aanrijdingen

Dit globale overzicht geeft aan dat het minstens zo effectief is om op kritieke gedeelten de verkeerssnelheid te beperken tot 60 of 50 km/uur, of minder, en zo mogelijk de open berm daar te verbreden en de begroeiing erop consequent kort te houden. Verlichting kan mogelijk ook positief bijdragen, maar is uit oogpunt van mogelijke andere effecten op

de natuur niet aan te bevelen. Plaatsing van waarschuwborden voor overstekend wild lijkt in de praktijk eigenlijk niets uit te halen.

Een ander en - vanuit de verkeersdeelnemer en het individuele dier bezien - probaat alternatief is de plaatsing van rasters. Dit beperkt echter de mogelijkheid van pendelen tussen verschillende leefgebieden en van uitwisseling van individuen tussen deelpopulaties. Dit negatieve effect kan worden teruggedrongen door, vanwege de kosten vooral in bijzondere situaties, het tevens aanbrengen van faunapassages: wildviaducten voor ree, edelhert en wild zwijn, wildtunnels voor ree. Zulke faunapassages zijn trouwens door medegebruik ook van betekenis voor het beperken van verkeersslachtoffers onder kleinere diersoorten.

Als nog een ander type faunapassage kan men ook denken aan het plaatsen van rasters met plaatselijk openingen die fungeren als 'dwangwissels' waar dieren de weg kunnen oversteken. Daarbij dient door plaatsing van wildroosters te worden voorkomen dat de dieren naar weerszijden over de weg kunnen gaan zwerven. Tegelijkertijd kunnen die wildroosters, aangekondigd door waarschuwborden, de verkeerssnelheid temperen. Als extra voorziening kunnen zulke 'wilddoorlaatposten' bovendien worden voorzien van elektronische apparatuur die signaleert wanneer wild de opening in de rasters nadert en de weg dreigt over te steken, en die dan een signaleringssysteem voor waarschuwing van het verkeer in werking stelt. Daarmee kan gewenning van de weggebruiker worden beperkt.

9.3 Aanbevelingen voor nader onderzoek

Het is zeer gewenst dat, gezien wat in het verleden in onderzoek is geïnvesteerd, praktijkonderzoek wordt opgezet dat verantwoord uitsluitsel geeft over de effectiviteit van wildspiegels. Praktijkonderzoek waarbij verschillende mogelijkheden betrokken worden, onder meer wat betreft waarneembaarheid (reflecterend vermogen/retroreflectiecoëfficiënt, dispersiehoek en reflectiehoek of zwaaihoek, e.d.), en gevoeligheid voor vervuiling en voor aantasting door reiniging en door corrosie en andere weersinvloeden.

Daarbij zou het goed zijn nader praktijkonderzoek op te zetten dat verantwoord uitsluitsel geeft over de effectiviteit van aanbrengen van wegverlichting over kortere of langere afstand, en over de effectiviteit van beperking van de verkeerssnelheid, en de resultaten te vergelijken met die van het bedoelde wildspiegelonderzoek. Wat beperking van de verkeerssnelheid betreft, lijkt het werkzamer dit na te streven door middel van aanpassing van de weg (bijvoorbeeld aanbrengen van verkeersdrempels) dan door signaleringen in de berm (bebording e.d.).

Ook kan worden gedacht aan het alternatief van plaatsing van rasters in combinatie met aanleg van faunapassages. Naast passages in de vorm van vrije kruisingen (wildviaducten, tunnels) kan men daarbij ook denken aan de hiervoor vermelde mogelijkheden van beveiligde wildoversteekplaatsen of 'dwangwissels'. Bij het eerste geval kan men vooral denken aan autosnelwegen, bij het tweede gaat het om niet-autosnelwegen.

Hiernaast is het gewenst dat meer kennis en inzicht wordt verkregen over de rol die het wild speelt, wat betreft waarneming en reactie.

Op korte termijn zou het zinnig en lonend zijn om de registratie van ongevallen waarbij dieren betrokken zijn, zoals thans reeds gedaan wordt door de AVV (Adviesdienst voor Verkeer en Vervoer, in Heerlen), uitgebreider te documenteren. Het voor deze studie opgezette databestand kan hiervoor een aanzet bieden. Dit betekent wel dat de processen-verbaal of rapporten van zulke ongevallen in principe aanzienlijk gedetailleerder zouden moeten worden opgemaakt. In de praktijk kan dit echter tenminste voor een deel worden vervangen door los van de feitelijke registratie van elk afzonderlijk geval, met een zekere regelmaat (bijvoorbeeld jaarlijks) de betrokken situaties - of de meest relevante selectie daaruit - adequaat te beschrijven.

LITERATUUR

- Armstrong, J.J. 1992. An Evaluation of the Effectiveness of Swareflex Deer Reflectors. Publ.: Ontario Ministry of Transportation, Research and Development Branch, 15 p.
- Åberg, L. 1981. The human factor in game-vehicle accidents: a study of driver's information acquisition. *Acta Universitatis Upsaliensis, Studia Psychologica Upsaliensia* 6: 130p.
- Backhaus, D. 1958. Experimentelle Untersuchungen über die Sehschärfe und das Farbsehen einiger Huftiere. *Z.f. Tierpsych.* 16,4: 445-467.
- Blaser, E. 1961. Wildschutz und Verkehr. *Natur und Landschaft* 36: 54-57.
- Bruun-Schmidt, J. 1994. Trafikdræbte dyr - i relation til landskab, topografik og vejtype. Biologisk Institut, Odense Universitet. Specialrapport. 84 p.
- Case, R.M. 1978. Interstate highway road killed animals: a data source for biologists. *Wildlife Society Bulletin* 6: 8-13.
- Chapman, N.G. 1993. Deer and people in Great Britain. Pages 67-71 in *Proceedings of the International Symposium on Deer, Hokkaido 1992. Eco-Network, Sapporo, Japan.*
- Desire, G. & Recorbet, B. 1987. Protection de la grande faune experimentation de reflecteurs en Foret d'Olonne, Vendee, trois annees de suivi. In: J.M. Bernard et al. (eds.), *Actes de Coll. Routes et Faune Sauvage (juin 1985): 339-345. Strasbourg.*
- Duke-Elder, S. 1958. *System of Ophthalmology Vol I, The Eye in Evolution.* Kimpton, London.
- Eiberle K, 1972. Rehwildhege und Strasseverkehr. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 123,4: 201-210.
- Espersen, S.P. 1996. Det er vildt. *Tidsskriftet Forsikring* 5,11: 3-96.
- Feldhamer, G.A., J.E. Gates, D.M. Harman, A.J. Loranger & K.R. Dixon, 1986. Effects of interstate highway fencing on white-tailed deer activity. *Journal of Wildlife Management* 50: 497-503.
- Fogden, M. & P. Fogden. 1974. *Animals and their colours.* Lowe, London.
- Ford, S.G. & S.L.Villa, 1993. Reflector use and the effect they have on the number of mule deer killed on California highways. Report FHWA/CA/PD(\$/01. California Department of Transport, Sacramento. 16p
- Gilbert, J.R., 1982. Evaluation of Deer Mirrors for Reducing Deer-Vehicle Collisions. United States Federal Highway Administration Report Report FHWA/RD/82/061. Washington D.C. 16p.
- Goldsmith, T.H. 1990. Optimization, constraint, and history in the evolution of eyes. *Q. Rev. Biol.* 65: 281-322.
- Groot Bruinderink, G.W.T.A. & E. Hazebroek 1996. Ungulate traffic collisions in Europe. *Conservation Biology, Vol. 10: 1059-1067.*
- Hald Andersen, M., et al. 1996. Dyr og trafik. Foreningen til Dyrens Beskyttelse i Danmark og Falck Redningskorps A/S, s.l. 32p
- Hamburger, E. 1908. Über Auge und Sehkraft des Wildes. *Deutsche Jäger Zeitung* 52: 354-357, 369-371, 385-388.
- Hartwig, D. 1991. Erfassung der Verkehrsunfälle mit Wild im Jahre 1989 in Nordrhein-Westfalen im Bereich der polizeibehörden. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 37: 55-62.

- Hartwig, D. 1993. Auswertung der durch Wild verursachten Verkehrsunfälle nach der Statistik für Nordrhein-Westfalen. Zeitschrift für Jagdwissenschaft 39: 22-33.
- Hartwig, D. 1994. Der Tod auf die Straße. Die Pirsch 13: 25-29.
- Höfner, K.J. 1973. Geschwindigkeitsbegrenzung, Überblick über den derzeitigen Stand in der Forschung. Verkehrspsychologisches Institut, Wien.
- Indermayer, R. 1976. Wildunfälle im Straßenverkehr. Bündner Jäger Zeitung 63: 171-177.
- Jacobs, G.H. 1992. Ultraviolet vision in vertebrates. Amer. Zool. 32: 544-554.
- Janssen, L. & Claus, K. 1996. Wildspiegels; Beheer van wildspiegels; Wildspiegels. In: Vademecum Natuurtechniek: Wegen. V-I/2-1 t/m 2-2; V-O/14-1 t/m 14-2; IV-39 t/m 41. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, departement Leefmilieu en Infrastructuur, Brussel. 41p.
- Jaren, V., R. Andersen, M. Ulleberg, P.H. Pedersen & B. Wiseth 1991. Moose-train collisions: the effects of vegetation removal with a cost-benefit analysis. Alces 27: 93-99.
- Kaji, K. 1996. The distribution of sika deer and present status of cervid-vehicle accidents in Hokkaido. Pages 50-71 in N. Ohtaishi, editor. Proceedings of the symposium on wildlife-traffic collisions, 23-28 January. University of Sapporo, Japan.
- Keller, O. 1969a. Wild als Unfallursache. Wild und Hund 71: 1088-1090.
- Keller, O. 1969b. Verkehrsunfälle mit Wildbeteiligung. Die Pirsch 21: 586-589.
- Kinze, C.K. 1993. Vurdering af foranstaltninger til forhindring af trafikdræbte dyr. Rapport udarbejdet for Falck Danmark of Dyrens Beskyttelse. 20 p.
- Klopfer, J.D. & R.H. Buttler, 1964. Color Vision in Swine. Am. Soc. Zool. 4: 294.
- Knoflacher, M., 1980. Untersuchung der Wirtschaftlichkeit und Wirksamkeit der im Straßennetz verwendeten Wildschutzeinrichtungen, Bundesministerium für Bauten und Technik, Straßenforschung H. 138, Wien. 109 p.
- Koenig, O. 1974. Eye-point of vision. Mimeo translation from Strieter Corp; Rock Island Ill: 9p.
- Lavsund, S. & F. Sandegren, 1991. Moose-vehicle relations in Sweden: a review. Alces 27: 118-126.
- Lück, F.W., 1977. Untersuchungen an einer Swareflex-Wildwarnreflektorenanlage im Reinhardtswald. Diplomarbeit Forstliche Fakultät, Göttingen. 101 p. + bijlagen.
- Madsen, A.B. 1993. Faunapassager i forbindelse med større vejanlæg, II. Danmarks Miljøundersøgelser, Faglig rapport nr. 82. 54 p.
- Mah, L. 1989. Wildlife Warning Reflectors, Alberta Trans. And Utilities, Res. and Dev. Br., Report No. ABTR/RD-89/08. 13 p.
- Menner E. 1929. Untersuchungen über die Retina des Rehes mit besonderer Berücksichtigung der äußeren Körnerschicht. Z.f. vergl. Phys. 8: 761-828.
- Molenaar, de J.G., D.A. Jonkers & R.J.H.G. Henkens 1997. Wegverlichting en natuur; I. Een literatuurstudie naar de werking en ef-

- fecten van licht en verlichting op de natuur. IBN-rapport 287 / DWW Ontsnipperingssreeks. Deel 34. 292 p.
- Müller, S. 1967. Straßenverkehr und Wild. Straße und Verkehr 52: 479-484.
- Müller, S. & G. Berthoud. 1996. Fauna/Traffic Safety. Manual for Civil Engineers. Laboratoire des voies de circulation (LAVOC), École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne. 119 p.
- National Swedish Road Administration (Statens Vägverk). 1976. Research on wildlife accidents on roads (VIOL), Progress Report Oct. 1976.
- Nispen, H & R. Peltzer, 1994. Onderzoek naar gevaarlijke wegen voor het reewild in Zuid-Oost Utrecht. Een onderzoek naar gevaarlijke wegen voor reewild en de plaatsing van reewildspiegels om ongevallen te voorkomen. Stichting Natuuronderzoek en Voorlichting Utrechtse Heuvelrug, Doorwerth. 34 p.
- Olsson, J. 1996. Wildwechsel kennen; Unfälle verhüten. Die Pirsch 20: 46-48.
- Petrak, M. 1992. Verhaltensbiologische Grundlagen zu Wildunfälle im Strassenverkehr. Wild und Hund 14: 28-31.
- Pojar, T.M.R.A. Prosenice, D.F. Reed & T.N. Woodard, 1975. Effectiveness of a lighted, animated deer crossing sign. Journal of Wildlife Management 39: 87-91.
- Provincie Gelderland. 1995. Verslag werkbezoek elektronisch wildwaarschuwingssysteem Zwitserland. 15 p. + bijlagen.
- Putman, R.J. (manuscript). Deer and road traffic accidents: options for management.
- Premo, K. & D. Premo 1995. Investigating methods to reduce deer-vehicle accidents in Michigan. Michigan Department of Transportation in cooperation with U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. 67 p.
- Reed, D.F. 1981. Mule deer behavior at a highway underpass exit. Journal of Wildlife Management 45: 542-543.
- Reed, D.F. & T.N. Woodard, 1981. Effectiveness of highway lighting in reducing deer-vehicle accidents. Journal of Wildlife Management 45: 721-726.
- Reeve, A.F. & S.H. Anderson. 1993. Ineffectiveness of Swareflex reflectors at reducing deer - vehicle collisions. Publ. Wildl. Soc. Bull. 21,2: 127-132
- Rudelstorfer, K. & K. Schwab. z.j. Optische Einrichtungen im Dienste der Verkehrssicherheit. Institut für Strassenbau und Verkehrsplanung, Univ. Innsbruck. Heft 4. 57 p.
- Rumar, K. (z.j.). Report on traffic signs. University of Uppsala.
- Schachinger, F. 1962. Geel autolicht tegen wildverliezen op de weg. De Nederlandse jager 67, 1:19. (overgenomen en vertaald uit Oesterreichs Waidwerk 1960, 11: 374-375).
- Schafer, J.A., S. Penland & W.P. Carr. 1984. Effectiveness of Wildlife Warning Reflectors in reducing deer-vehicle accidents in Washington Stat. Washington Department of Transportation, Olympia. ReportWA-RD 64.117 p.
- Schafer, J.A. & S.T. Penland, 1985. Effectiveness of Swareflex reflectors in reducing deer-vehicle accidents. Journal of Wildlife Management 49: 774-776.

- Schoenemann, W. 1973. Bedrohung der Wildtiere auf den Kraftfahrzeugstraßen. Z. Verkehrssicherheit 19: 191-205.
- Schulz, W. 1979. Wildzusammenstöße und Wildunfälle - Untersuchung der Rehwildunfälle in Bayern. Diplomarbeit München. Forstliche Fakultät.
- Statens Vägverk (National Swedish Road Administration). 1978. Viltolycksprojektet 2. Lägesrapport Sept. 1978. 78 p.
- Statens Vägverk, Utvecklingssektionen (National Swedish Road Administration, Development Division). 1980. Viltolycksprojektet (VIOL). Slutrapport Maj 1980. Stockholm, Rapport TU 146. 117 p. + bijlagen.
- Thomson 1996. Dyr Og Trafik. Foreningen til dyrenes beskyttelse I Danmark. Falcks redningskorps A/S. 32p.
- Ueckermann, E. 1964. Erhebung über die Wildverluste durch den Straßenverkehr und die Verkehrsunfälle durch Wild. Z. Jagdwiss. 10,4: 142-168.
- Ueckermann, E. 1989. Verminderung die Wildverluste durch den Straßenverkehr und die Verkehrsunfälle durch Wild. Forschungsstelle für Jagdkunde und Wildschadenverhütung des Landes Nordrhein-Westfalen, Bonn. 40p.
- Ueckermann, E. & P. Olbrich. 1984. Untersuchung der Eignung von Wilddurchlässen und der Wirksamkeit von Wildwarnreflektoren. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 426. 55p
- Ujvári, M., H.J. Baagøe & A.B. Madsen. (in press). Effectiveness of wildlife warning reflectors in reducing deer-vehicle collisions - a behavioral study. Journal of Wildlife Management. 15p.
- U.S. Roads 1997. Roadside Wildlife Reflectors - Do They Work?. Internet. <http://www.usroads.com/journals/rmj/9705/rm970504.htm#graph>.
- Waring, G.H., J.L. Griffis & M.E. Vaughn, 1991. White-tailed deer roadside behavior, wildlife warning reflectors, and highway mortality. Applied Animal Behaviour Science 29: 215-223.
- Wahlström, L.K. & O. Liberg 1995. Patterns of dispersal and seasonal migration in roe deer (*Capreolus capreolus*). Journal of Zoology 235: 455-467.
- Weiss, J. 1981. Deer do see color! Outdoor Life 167(3): 64.
- Wingerden, van W.K.R.E., F.A. Bink, D.A. Jonkers, F.J.J. Niewold & A.L.J. Wijnhoven. 1997. Gedomesticeerde grote grazers in natuurterreinen en bossen: een bureaustudie. II. De effecten van begrazing. IBN-rapport 258. 128 p.
- Woodard, T. N., D.F. Reed & T.M. Pojar 1973. Effectiveness of Swareflex Wildlife warning reflectors in reducing deer-vehicle accidents. Unpublished report, Colorado Division of Wildlife. 5 p.
- Woodham, D. 1991. Evaluation of Swareflex Wildlife Warning Reflectors. Colorado Department of Highways, Denver. Report CDOT-DTD-91-11. 6 p.
- Zacks, J. & W. Budde 1983. Behavioral investigations of color vision in the white-tailed deer, *Odocoileus virginianus*. Investigative Ophthalmology 24, Supp. 185.
- Zacks, J.L. 1985. Are white-tailed deer afraid of red? An investigation of the assumption underlying the design of Swareflex wildlife warning reflectors. Department of Psychology. Michigan State University USA. 29 p.

BIJLAGE 1. CLASSIFICATIE VAN DE ONDERZOEKOPZET

<ul style="list-style-type: none"> ● Groep A - Algemene beschouwende publicaties Artikelen in deze groep zijn alleen van belang voor ideevorming en het genereren van hypothesen, maar deze zijn niet onderbouwd met onderzoeksresultaten. ★ <i>Relevantie voor effectiviteit wildspiegels: concreet geen.</i>
<ul style="list-style-type: none"> ● Groep B - Review-artikelen * De gerefereerde artikelen zullen moeten worden opgespoord en elk alsnog op hun merites worden beoordeeld, beginnend bij vraag 1 uit de sleutel. * Reviews kunnen worden beoordeeld op het correct interpreteren van de onderzoeksresultaten en op het aandeel origineel onderzoekwerk in de referenties. Referenties uit het buitenland moeten op hun toepassingsmogelijkheden in Nederland worden beoordeeld (bv. bergachtige gebieden versus vlak/laag Nederland). ★ <i>Relevantie voor effectiviteit wildspiegels: indirect.</i>
<ul style="list-style-type: none"> ● Groep C - Ethologisch onderzoek * Er is gekeken naar de reactie van wild op oplichtende wildspiegels in een experimentele situatie (groep C1) dan wel in het vrije veld (groep C2) ★ <i>Relevantie voor effectiviteit wildspiegels: fundamenteel en groot.</i>
<ul style="list-style-type: none"> ● Groep D - Uitgangssituatie onbekend: ACI-opzet - transversaal * ACI staat voor After Control Impact. * Vergelijkend onderzoek in de ruimte (transversaal). ★ <i>Relevantie - principieel: de onbekendheid van de uitgangssituatie sluit goede vergelijking uit. Waargenomen verschillen tussen verschillende situaties kunnen het gevolg zijn allerlei onbekende omstandigheden.</i>
<ul style="list-style-type: none"> ● Groep D1 - ACI-opzet zonder controle * Bij deze opzet wordt de ingreep (plaatsen spiegels) onderzocht enige tijd na plaatsing, zonder vergelijking met een referentie. <ul style="list-style-type: none"> . Groep D1a - Enkelvoudige ACI-opzet zonder controle ★ <i>Relevantie voor effectiviteit wildspiegels: geen.</i> . Groep D1b - Meervoudige ACI-opzet zonder controle. ★ <i>Relevantie voor effectiviteit wildspiegels: geen.</i>
<ul style="list-style-type: none"> ● Groep D2 - ACI-opzet met controle * Bij deze opzet wordt de ingreep (plaatsing spiegels) vergeleken met een blanco referentie, door onderzoek enige tijd na de ingreep. Dus: spiegels wel en spiegels niet aanwezig. <ul style="list-style-type: none"> . Groep D2a - Enkelvoudige ACI-opzet met controle * De opzet levert anekdotes en daarmee mogelijke aanzetten tot hypothesevorming. ★ <i>Relevantie voor effectiviteit wildspiegels: geen tot minimaal/anekdotisch</i> . Groep D2a - Meervoudige ACI-opzet met controle(s) ★ <i>Relevantie voor effectiviteit wildspiegels: gering tot vrij groot</i>
<ul style="list-style-type: none"> ● Groep E - Uitgangssituatie onbekend of bekend: PNP-opzet. * PNP staat voor Present - Not Present (ingreep aan/uit). * Vergelijkend onderzoek in de tijd (longitudinaal). * Bij deze opzet wordt de ingreep = de werking van een bepaalde invloed regelmatig onderbroken. Wildspiegels bijv. een week niet afgedekt, een week wel afgedekt, een week niet afgedekt enz. * Het verschil tussen PNP-opzet met onbekende uitgangssituatie en zo'n opzet met bekende uitgangssituatie is betrekkelijk. * Beperkingen van een PNP-opzet zonder blanco-referentie: synchronisatie en synchorisatie kunnen niet of niet zuiver worden opgespoord; de periode 'spiegel afgedekt' is geen echte referentie waar de periode 'spiegel 'onafgedekt' tegen afgezet kan worden; de periode 'spiegel afgedekt' is een 'pseudo-nulsituatie', waarin mogelijke effecten van de voorgaande periode 'spiegel onafgedekt' kunnen doorwerken; een PNP met blanco/referentie heeft deze beper-

king niet.
<ul style="list-style-type: none"> • Groep E1 - PNP-opzet, Ausgangssituatie onbekend, geen blanco's <ul style="list-style-type: none"> . Groep E1a - Enkelvoudige opzet <ul style="list-style-type: none"> ★ <i>Relevantie voor effectiviteit wildspiegels: (zeer) gering.</i> . Groep E1b - Meervoudige opzet <ul style="list-style-type: none"> ★ <i>Relevantie voor effectiviteit wildspiegels: vrij gering tot vrij groot, afhankelijk van het aantal dupliceringen.</i> • Groep E2 - PNP-opzet, Ausgangssituatie bekend, geen blanco's. <ul style="list-style-type: none"> . Groep E2a - Enkelvoudige opzet <ul style="list-style-type: none"> ★ <i>Relevantie voor effectiviteit wildspiegels: gering.</i> . Groep E2b - Meervoudige opzet <ul style="list-style-type: none"> ★ <i>Relevantie voor effectiviteit wildspiegels: vrij groot, afhankelijk van het aantal dupliceringen.</i> • Groep E3 - PNP-opzet, Ausgangssituatie bekend, met afzonderlijke blanco('s) <ul style="list-style-type: none"> • Slechts één geval is in de literatuur aangetroffen: enkelvoudige opzet met afzonderlijke controle ★ <i>Relevantie voor effectiviteit wildspiegels: gering.</i>
<ul style="list-style-type: none"> ● Groep F - Ausgangssituatie bekend en betrokken: BACI-opzet <ul style="list-style-type: none"> * BACI staat voor Before-After Control Impact. * Vergelijkend onderzoek in de tijd (longitudinaal). Zowel voor als na plaatsing van wildspiegels wordt het aantal ongefallen geïnventariseerd.
<ul style="list-style-type: none"> • Groep F1 - BACI-opzet zonder blanco(s)/controle. <ul style="list-style-type: none"> . Groep F1a - Enkelvoudige BACI-opzet zonder controle. <ul style="list-style-type: none"> * Er is slechts één proef. Veralgemeinering of extrapolatie van de resultaten naar een groter gebied of andere gebiedstypen is onverantwoord. ★ <i>Relevantie voor effectiviteit wildspiegels: gering.</i> . Groep F1b - Meervoudige BACI-opzet zonder controle <ul style="list-style-type: none"> * Er is sprake van méér proeven c.q. teststroken. Veralgemeinering of extrapolatie van de resultaten naar een groter gebied of andere gebiedstypen is alleen bij grote aantallen van combinaties van wel en geen spiegels onder zeer uiteenlopende gebieden statistisch meer verantwoord c.q. betrouwbaarder. ★ <i>Relevantie voor effectiviteit wildspiegels: vrij gering, afhankelijk van de omvang van het aantal steekproeven</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Groep F2 - BACI-opzet met blanco(s)/controle <ul style="list-style-type: none"> * Hiermee kunnen, in theorie, alle variabelen met uitzondering van de ingreep uitgesloten worden. De Ausgangssituatie(s) is (zijn) bekend en de factor tijd kan worden uitgesloten door de aanwezigheid van (een) niet-behandelde referentie(s). * Uit dergelijk onderzoek kunnen conclusies worden getrokken over het effect van de ingreep. Het blijft een praktisch probleem om, met zoveel betrokken factoren, (een) betrouwbare referentie(s) te vinden. . Groep F2a - Enkelvoudige BACI-opzet met controle <ul style="list-style-type: none"> * Er is sprake van één controlestrook en/of één teststrook. Veralgemeinering van de resultaten door extrapolatie van de resultaten naar een groter gebied of gebiedstype is strikt benaderd niet verantwoord, in elk geval niet statistisch. ★ <i>Relevantie voor effectiviteit wildspiegels: vrij gering.</i> . Groep F2b - Meervoudige BACI-opzet met controle. <ul style="list-style-type: none"> • Er is sprake van méér controlestroken en teststroken, die at random zijn geselecteerd binnen een aantal gebieden welke op hun beurt ook weer at random zijn geselecteerd uit een populatie gebieden. Veralgemeinering van de resultaten door extrapolatie van de resultaten naar een groter gebied of gebiedstype is meer verantwoord en statistisch betrouwbaarder. ★ <i>Relevantie voor effectiviteit wildspiegels: groot, afhankelijk van de omvang van het aantal steekproefparen.</i>

BIJLAGE 2. BRONNEN VAN DE DATABASE

volgnr.

- 1 Schafer, J.A. & S.T. Penland, 1985. Effectiveness of Swareflex reflectors in reducing deer-vehicle accidents. *Journal of Wildl. Management* 49: 774-776.
- 2 Reeve, A.F. & S.H. Anderson. 1993. Ineffectiveness of Swareflex reflectors at reducing deer - vehicle collisions. *Publ. Wildl. Soc. Bull.* 21,2: 127-132.
- 3 Woodham, D. 1991. Evaluation of Swareflex Wildlife Warning Reflectors. Colorado Department of Highways, Denver. Report CDOT-DTD-91-11. 6 p.
- 4 Eiberle K, 1972. Rehwildhege und Strasseverkehr. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 123,4: 201-210.
- 5 Folkers, W. 1973. Wildspiegels. *Nederlandse Jager* 78: 29-32.
- 6-7 Gilbert, J.R., 1982. Evaluation of Deer Mirrors for Reducing Deer-Vehicle Collisions. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation. Report FHWA/RD-82/061. 13 p.
- 8 Ingebrigtsen, D.K. & J.R. Ludwig 1986. Effectiveness of Swareflex wildlife warning reflectors in reducing deer-vehicle collisions in Minnesota. *Publ. Minn. Wildl. Rep. No. 3.* 6 p.
- 9 Statens Vägverk, Utvecklingssektionen. 1980. Viltolycksprojektet VIOL. Stockholm, Rapport TU 146. 102 p.
- 10 Waring, G.H., J.L. Griffis & M.E. Vaughn, 1991. White-tailed deer roadside behavior, wildlife warning reflectors, and highway mortality. *Applied Animal Behaviour Science* 29: 215-223.
- 11 Zacks, J.L. 1985 (manuscript). Are white-tailed deer afraid of red?: An investigation of the assumption underlying the design of Swareflex wildlife warning reflectors. Department of Psychology. Michigan State University USA. 29 p.
- 12 Korps Rijkspolitie, district Apeldoorn, Groep Vorden. 1984. Reewildongevallen in 1983 in gem. Vorden. 1 p. (ongepubliceerd).
- 13 Anonymus. 1982. Wildspiegels voorkomen ongelukken langs bossen. *Rijnpost* 21.5.1982.
- 14-16 Verkehrssicherheitskommission. 1988. Erfahrungsbericht über Wildwarnereflektoren zur Vermeidung von Wildunfällen. Hessisches Ministerium für Wirtschaft und Technik. 4 p. (ongepubliceerd).
- 17 Anonymus, 1964. Spiegel verhindern Verkehrsunfälle durch Wildwechsel.
- 18 Ladstätter, K. 1974. Wildwarnreflectoren. *Der Anblick.* 29,10: 378.
- 19 Graumann, F. 1988. Versuche mit Wildwarnereflektoren. *Jäger* 88,3: 33.
- 20 Anonymus. 1965. Amerika. Erfolgreiche Erprobung von Wildspiegeln. *Wild und Hund* 68: 17.
- 21 Lavsund, S. & F. Sandegren, 1991. Moose-vehicle relations in Sweden: a review. *Alces* 27: 118-126.
- 22-30 Olbrich P 1984. Untersuchung der Wirksamkeit von Wildwarnereflektoren und der Eignung von Wilddurchlassen. *Z. Jagdwiss.* 30,2: 101- 116.

-
- 31-34 Ueckermann, E. 1964. Erhebung über der Wildverluste durch den Strassenverkehr und die Verkehrsunfälle durch Wild. Z. Jagdwiss. 10,4: 142-158.
- 35 Rijkswaterstaat, Directie Zuiderzeewerken, afd. WXP-V. 1982. Toelichting proefvak wildspiegels. 2 p. + bijlage. (ongepubliceerd)
- 36 Romin, L.A. & J.A. Bissonette. 1996. Deer-vehicle collisions: status of state monitoring activities and mitigation efforts. Deer Highway Mortality: 276-283.
- 37 Graumann F, 1988. Versuche mit Wildwarnreflektoren. Publ. Jaeger 106,3: 32-33
- 38 Putman, R.J. (manuscript). Deer and road traffic accidents: options for management.
- 39-41 Armstrong, J.J. 1992. An Evaluation of the Effectiveness of Swareflex Deer Reflectors. Publ.: Ontario Ministry of Transportation, Research and Development Branch, 15 p.
- 42 Rudelstorfer, K. 1981. Wildwarnreflektoren - Wirkungsweise und erfahrungen. Zeitschrift für Jagd, Fischerei, Jagdhundewesen und Naturschutz: Jagdzeitschrift der Steirischen Landesjägerschaft 36:266-268.
- 43 Ladstätter, K. 1974. Wildwarnreflektoren - wirkungsvoller Schutz gegen Wildunfälle im Straßenverkehr. Öst. Weidwerk, 449-450.
- 44 Siebenga, S. 1988. Wildspiegels voor hazen. De Jager 14: 327.
- 47-57 Swareflex, in: Lück, F.W., 1977. Untersuchungen an einer Swareflex-Wildwarnreflektorenanlage im Reinhardtswald. Diplomarbeit Forstliche Fakultät, Göttingen. 101 p. + bijlagen.
- 58-59 Rudelstorfer, K. z.j. Verminderung von Wildunfällen. In: K. Rudelstorfer & K. Schwab, Optische Einrichtungen im Dienste der Verkehrssicherheit. Institut für Strassenbau und Verkehrsplanung, Univ. Innsbruck. Heft 4: 37-57. (aanvulling op no. 47-57).
- 60-65 Mah, L. 1989. Wildlife Warning Reflectors, Alberta Trans. and Utilities, Res. and Dev. Br., Report No. ABTR/RD-89/08. 13 p.
- 66-122 State of North Dakota, Department of Transportation - Planning Division. z.j. (1996). Deer mirror locations and evaluation. 11 ('No written report').
- 123 Brunelle, R.E. 1994. "Swareflex" wildlife warning reflectors. Research update U94-2. Vermont Agency of Transportation, Materials & Research Division. 3 p. (ongepubliceerd).
- 124-27 State of North Dakota, Department of Transportation - Planning Division. z.j. (1996). Deer mirror locations and evaluation. 11 p. ('No written report')
-

Het bestellen van IBN-rapporten

IBN-rapporten kunnen besteld worden door overschrijving van het verschuldigde bedrag op gironummer 94 85 40 of banknummer 53.91.05.988 van het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO) te Wageningen.

Vermeld op de overschrijving het nummer van het gewenste IBN-rapport (en naam en afleveradres als die afwijken van de naam en adres op de overschrijving).

Gebruik geen verzamelgiro omdat het adres van de besteller andersniet op onze bijschrijving komt. Het bestelde kan dan niet worden toegezonden.

Onderstaande lijst vermeldt alleen de rapporten die in 1997 en 1998 zijn verschenen. Een volledige lijst is op aanvraag gratis verkrijgbaar.

- 255 G.W.W. Wamelink, H.F. van Dobben, J.R.M. Alkemade & J. Wiertz 1997. Maaigevoeligheid van de Nederlandse flora; aanvulling van de door Briemle & Ellenberg (1994) geschatte indicatiegetallen. 55 p. f 41,50
- 256 G.J. Nabuurs, K. Kramer & G.M.J. Mohren 1997. Effecten van klimaatverandering op het Nederlandse bos en bosbeheer. 55 p. f 48,-
- 257 M.E.A. Broekmeyer & A.P.P.M. Clerkx 1997. Vegetatie en bosstructuur van het bosresevaat De Zwarte Bulten. 77 p. f 45,-
- 258 W.K.R.E. van Wingerden, F.A. Bink, D.A. Jonkers, F.J.J. Niewold & A.L.J. Wijnhoven 1997. Gedomesticeerde grote grazers in natuurterreinen en bossen: een bureaustudie. II. De effecten van begrazing. 128 p. f 51,50
- 259 J. Verboom, P.C. Luttkhuizen & J.T.R. Kalkhoven 1997. Minimumarealen voor dieren in duurzamepopulatiernetwerken. 49 p. f 31,50
- 260 P.A.M. Visschedijk 1997. Kaarten recreatiegebieden compensatiebeginsel. 72 p. f 41,50
- 261 G.M. Dirkse 1997. Vegetatiekartering van de Schinveldse bossen en de Brunsummerheide in 1996. 100 p. f 47,50
- 262 P.J.M. Bergers 1997. Versnippering door railinfrastructuur; een verkennende studie. 68 p. f 40,-
- 263 T. Schavemaker, N. Brink, J.W.M. Langeveld, E. Murriss, J. Nieuwenhuis & K. Vos 1997. Onderzoek naar de plaats van het groene vakgebied binnen de gemeentelijke organisatie. 35 p. f 31,50
- 264 A.H.J. Segeren & P.A.M. Visschedijk 1997. Het recreatief gebruik van SBB-terreinen in de regio Brabant-West. 79 p. f 40,-
- 265 J. van Asten, A. Augustijn-van Buren, B.J. Galjaard, D.A. van der Heij, C. Jochemsen, H.D. van der Kamp & J. van Reijendam 1997. Groencompensatie in de gemeenten; startnotitie. 31 p. f 31,50

- 266 M.E. Sanders, A.M. Schmidt, A.J. Griffioen & G. van Wirdum 1997. Kartering van de vegetatiestructuur van de Weerribben. 78 p. f 57,-
- 267 H. Koop, L.J. van Os & A.P.P.M. Clerkx 1997. Start monitoring omvormingsbeheer Staphorst. 55 p. f 42,-
- 268 N.H. Edelenbosch & R.A.M. Schrijver 1997. Ex-ante-evaluatie van bosuitbreiding door agrariërs; de haalbaarheid van het bebossingsbeleid op landbouwbedrijven. 125 p. f 50,-
- 269 H.J.M. Goverde, J. Wisserhof, E.K. Dijkstra & R.A.M. Tilmans 1997. Bestuurlijke Evaluatie Strategische Groenprojecten Natuurontwikkeling. 118 p. f 50,-
- 270 J. van den Burg 1997. Groei en groeiplaats van de Grove den en de Corsicaanse den in Nederland. 91 p. f 40,-
- 271 J.K. van Raffe, P.J.W. Hinssen, N.W.J. Borsboom & H.G. Six Dijkstra 1997. Instrumentarium bosbedrijfsvoering; een onderzoek naar de beschikbaarheid van en de behoefte aan computerprogrammatuur ter ondersteuning van de bedrijfsvoering van Nederlandse bosbedrijven. 71 p. Supplement. 56 p. Deze twee delen zijn niet afzonderlijk te bestellen. f 50,-
- 272 J.B. den Ouden, M.E.A. Broekmeyer & H.G.J.M. Koop 1997. A-locatie bossen in Overijssel; kenschets, beoordeling en adviezen met betrekking tot behoud en ontwikkeling van relictten van inheemse bosgemeenschappen in de provincie Overijssel. 229 p. f 70,-
- 273 J. van den Burg 1997. Groei en groeiplaats van Japanse lariks, *Abies grandis* en *Tsuga heterophylla* in Nederland. 68 p. f 40,-
- 274 D.M. Pronk, T.A. de Boer & H.W.J. Boerwinkel 1997. Aantrekkingskracht van parken op stadsniveau. 129 p. f 53,-
- 275 K.S. Dijkema, N.M.J.A. Dankers, G.J.M. Wintermans, J.C.A.M. Bervaes & D.C. van der Werf 1997. Compensatie voor gaswinning in het grensgebied met de Waddenzee: visie op een rol voor natuurontwikkeling. 55 p. f 41,50
- 276 K.S. Dijkema, N.M.J.A. Dankers, G.J.M. Wintermans, J.C.A.M. Bervaes & D.C. van der Werf 1997. Bodemdaling en waterhuishouding in Groningen: visie op een grotere rol voor natuurontwikkeling. 41 p. f 31,50
- 277 F.J.J. Niewold 1997. De fauna van het Dwingelderveld: recente ontwikkelingen en een faunabeheerplan. 98 p. f 40,-
- 278 C.L.M. Spinnewijn & T.A. de Boer 1997. 'Water trekt'; een kwalitatief onderzoek naar gebruik en beleving van het water in de Waterwijk in Almere. 75 p. f 50,-
- 279 A.P.P.M. Clerkx & M.E.A. Broekmeyer 1997. Bosdynamiek in Noordhout; tien jaar monitoring van een Wintereiken-Beukenbos. 95 p. f 50,-
- 280 J.K. van Raffe 1997. Handleiding Tactic; een computerprogramma voor de tactische bosbedrijfsplanning. 46 p. f 30,-
- 281 P.A. Slim & H.F. van Dobben 1997. De baten van vegetatiebeheer. 59 p. f 41,50
- 282 J.C.A.M. Bervaes, D.M. Pronk & T.A. de Boer 1997. Recreatie in de Dordwijkzone. 115 p. f 51,50
- 283 I.M. Bouwma & A.F.M. Olsthoorn 1997. Weerstandshogende maatregelen in bossen. 67 p. f 40,-

- 284 I.M. Bouwma & A.F.M. Olsthoorn (red.) 1997. Trends in het ecologisch functioneren van bossen. 77 p. f 45,-
- 285 C.B. Bussink, E.A.P. Wieman & A.F.M. Olsthoorn 1997. Verwachting en knelpunten van kleinschalig bosbeheer; een enquête onder bos-eigenaren en bosbeheerders. 144 p. f 51,50
- 286 J. van den Burg 1997. Groei en groeiplaats van de fijnspar en de Sitkaspar in Nederland. 79 p. f 41,50
- 287 J.G. de Molenaar, D.A. Jonkers & R.J.H.G. Henkens 1997. Wegverlichting en natuur; I. Een literatuurstudie naar de werking en effecten van licht en verlichting op de natuur. 293 p. f 70,-
- 288 A.P.P.M. Clerkx, M.E.A. Broekmeyer & P.J. Szabo 1997. Bosstructuur en vegetatie van het bosreservaat Drieduin 1. 55 p. f 43,-
- 289 W.C. Ma, H. Siepel & J.H. Faber 1997. Onderzoek naar mogelijke ecotoxicologische effecten van bodemverontreiniging in de uiterwaarden op de terrestrische invertebratenfauna. 79 p. f 42,-
- 290 P. Filius 1997. Institutioneel draagvlak voor natuur. 87 p. f 49,-
- 291 W. Kuindersma, G.J. Zweegman & J.P.P. Hinssen 1997. Van beleidsprestaties naar oorzaken; natuurbeleid is mensenwerk. 185 p. f 61,50
- 292 H. Schekkerman 1997. Graslandbeheer en groeimogelijkheden voor weidevogelkuikens. 92 p. f 40,-
- 293 J.W.M. Langeveld, S.P. Tjallingii & L. Bus 1997. Stroomland; Netwerken van verkeer en water als dragers voor ruimtelijke ontwikkeling. 99 p. f 50,-
- 294 R. Pouwels 1997. Effecten van habitatverarming op het broedsucces van insectenetende vogels: het stoelpotenmodel. 53 p. f 40,-
- 295 P.A. Slim 1997. Vooronderzoek duindoornsterfte duingebied Oost-Ameland. 61 p. f 41,50
- 296 P.J. Szabo 1997. De bosstructuur en samenstelling van bosreservaat Meerdijk 1991 (Flevoland); luchtfoto's en steekproefcirkels. 60 p. f 40,-
- 297 G.F.C. van Leiden 1997. Openstelling en toegankelijkheid van het agrarisch gebied. 108 p. f 53,-
- 298 G. van Wirdum & V. Joosten 1997. De proef 'Grondwater als bron' in De Weerribben; Basisrapport over de periode 1989-1995. 145 p. f 56,-
- 299 J.B. den Ouden & M.E.A. Broekmeyer 1997. A-locatie bossen in Utrecht; kenschets, beoordeling en adviezen met betrekking tot behoud en ontwikkeling van relicten van inheemse bosgemeenschappen in de provincie Utrecht. 83 p. f 40,-
- 300 J.B. den Ouden 1997. A-locatie bossen in Drenthe; kenschets, beoordeling en adviezen met betrekking tot behoud en ontwikkeling van relicten van inheemse bosgemeenschappen in de provincie Drenthe. 101 p. f 50,-
- 301 M.E.A. Broekmeyer & J.B. den Ouden 1997. A-locatie bossen in Noord-Holland; kenschets, beoordeling en adviezen met betrekking tot behoud en ontwikkeling van relicten van inheemse bosgemeenschappen in de provincie Noord-Holland. 85 p. f 40,-
- 302 A. Brenninkmeijer & E.W.M. Stienen 1997. Migratie van de grote stern *Sterna sandvicensis* in Denemarken en Nederland. 57 p. f 40,-

- 303 J. van den Burg 1997. Groei en groeiplaats van de beuk in Nederland. 60 p. f 40,-
- 304 C.J. Grashof 1997. Verbindingszones en algemene natuurwaarden in het middengebied van de Achterhoek; een verkenning van enkele scenario's 57 p. f 48,-
- 305 A.P.P.M. Clerkx, M.E.A. Broekmeyer & P.J. Szabo 1997. Bosstructuur en vegetatie van het bosreservaat Drieduin 2. 64 p. f 47,-
- 306 J.F. Jonkhof (red.) 1997. Landschapspark De Graven; ecologisch onderzoek voor een geïntegreerde ontwikkelingsvisie. 123 p. f 65,-
- 307 P.A. Slim 1997. Vooronderzoek meidoornsterfte duingebied Oost-Ameland. 25 p. f 31,50
- 308 M.H.A. van den Ham, E. Hoogendam, C.L.M. Spinnewijn & R.H.M. Peltzer 1997. Bos zonder slagbomen; een kwalitatief onderzoek naar de openstelling en toegankelijkheid van bos. 114 p. f 50,-
- 309 J. van den Burg 1997. Groei en groeiplaats van de Zwarte els en van de Witte els in Nederland. 57 p. f 40,-
- 310 J. van den Burg 1997. Groei en groeiplaats van de zomereik, de wintereik en de Amerikaanse eik in Nederland. 104 p. f 40,-
- 311 A. Oosterbaan, C.A. van den Berg & A.F.M. Olsthoorn 1997. Ontwikkelingen in mengverhouding en groei van enkele gemengde beplantingen. 40 p. f 31,50
- 312 G.W.W. Wamelink, C.J.F. ter Braak & H.F. van Dobben 1997. De Nederlandse natuur in 2020: schatting van de potentiële natuurwaarde in drie scenario's. 79 p. f 48,-
- 313 C.A. van den Berg & A. Oosterbaan 1997. Natuurlijke verjonging van grove den (*Pinus sylvestris*); zaadval en de invloed van grondbewerking, afrasteren en een scherm op de opkomst en ontwikkeling van zaailingen. 38 p. f 31,50
- 314 P.J. Szabo 1997. De bosstructuur en bossamenstelling van bosreservaat Lheebroek bij Dwingeloo in 1988; luchtfoto's en steekproefcirkels. 57 p. f 40,-
- 315 A.H. Prins 1997. Natuurwaarden van het populierenbos ten noordoosten van het Van Tuyll sportpark in Zoetermeer. 25 p. f 30,-
- 316 G.W.T.A. Groot Bruinderink, H.G.J.M. Koop, A.T. Kuiters & D.R. Lammermsma 1997. Herstel van het ecosysteem Veluwe-IJsseluitervaren; gevolgen voor bosontwikkeling, edelherten en wilde zwijnen. 27 p. f 34,-
- 317 E.P.A.G. Schouwenberg & G. van Wirdum 1997. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring in De Weerribben; monitoring van kraggenvenen in de periode 1991-1996. 172 p. f 61,50
- 320 L.G. Moraal 1997. Eikenprachtkever, *Agrilus biguttatus*, en eikensterfte: een literatuurstudie over aantastingen, levenswijze en verspreiding. 24 p. f 30,-
- 321 H.F. van Dobben, M.J.M.R. Vocks, I.M. Bouwma, G.W.W. Wamelink & V. Joosten 1997. Eerste opname van de ondergroei in het Meetnet-Bosvitaliteit. 29 p. f 31,50,-
- 322 W. Kuindersma & G.J. Zweegman 1997. Grondverwerving voor natuur: het rijk van provincies?; de provinciale oriëntaties op grondverwerving voor bosuitbreiding in de Randstad, natuurontwikkelingen reservaatvorming. 89 p. f 41,50

- 323 R.P.B. Foppen & W. Nieuwenhuizen 1997. Probleemanalyse ten behoeve van het soortbeschermingsplan hazelmuis *Muscardinus avellanarius*. 70 p. f 40,-
- 324 J.K. van Raffe, R.A.M. Schrijver, N.H. Edelenbosch, P.J.W. Hinssen, J. Hekman & H. Verbeek 1997. Informatieplan Databank Gemeentelijk Groenbeheer. 53 p. f 41,50
- 325 P.A. Slim, H.F. van Dobben & R.M.A. Wegman 1997. Maatregelen voor vernatting in de landgoederen Smalenbroek en Groot Brunink. 47 p. f 42,-
- 326 W.E. van Duin, K.S. Dijkema & J. Zegers 1997. Veranderingen in bodemhoogte (opslibbing, erosie en inklink) in de Peazemerlannen. 104 p. f 65,-
- 327 I.M. Bouwma, A.P.P.M. Clerkx & A.F.M. van Hees 1997. Bosdynamiek in het Vijlnerbos. 37 p. f 36,-
- 328 R.J. Bijlsma, J.T.R. Kalkhoven & H.G.J.M. Koop 1997. Natuurboszones; een procedure voor aanwijzing. 30 p. f 31,50
- 329 C.A. van der Kooij 1997. Abiotiek in oude elzenbroekbossen; een beschrijving van gradiënten in bodemprofiel en waterkwaliteit in de Oude Kooi en de Otterskooi. 103 p. f 54,50-
- 330 H. Koop 1997. Pilotstudie A-lokaties; beschrijving van 10 (complexen van) A-lokaties en diagnosemethode voor mate van natuurlijkheid 92 p. f 40,-
- 331 H. Schekkerman, A.J. Beintema & L.M.J. van den Bergh 1997. Mobiliteit van grutto's in de ruime jas. 33 p. f 30,-
- 333 A. Oosterbaan, J.P. Peeters & C.A. van den Berg 1997. De historie van een beukenopstand bij Garderen. 23 p. f 30,-
- 334 H.J. Hekhuis, M.N. van Wijk & C.J.M. van Vliet 1997. Effectiviteit regeling Functiebeloning Bos en Natuurterreinen; een stap op weg naar realisatie van het Bosbeleidsplan. 161 p. f 61,50
- 336 J.G. de Molenaar & D.A. Jonkers 1997. Wegverlichting en natuur; haalbaarheidsstudie aanvullend onderzoek. 106 p. f 41,50
- 337 I.M. Bouwma, A.P.P.M. Clerkx & P.J. Szabo 1998. Bosstructuur en vegetatie van het bosreservaat Drieduin 3. 57 p. f 47,50
- 338 P.A.M. Visschedijk & A.H.J. Segeren 1998. Ontwerp monitoringmodel recreatie SGP Schouwen. 34 p. f 31,50
- 339 G.W.T.A. Groot Bruinderink, D.R. Lammertsma & E. Hazebroek 1998. Zelfredzaamheid van edelherten en wilde zwijnen op de Veluwe. 44 p. f 31,50
- 340 J.G. de Molenaar & D.A. Jonkers 1998. Birkhoven-Bokkeduinen; bouwstenen voor de toekomstige ontwikkeling van een Amersfoorts bosgebied. 121 p. f 51,50
- 341 F.A. Bink, A.J. Beintema, H. Esselink, J. Graveland, H. Siepel & A.H.P. Stumpel 1998. Fauna-aspecten van effectgerichte maatregelen; preadvies fauna. 191 p. f 60,-
- 342 H.J. Hekhuis, A. Oosterbaan, M.N. van Wijk & C.A. van den Berg 1998. Voorbeeldbedrijven geïntegreerd bosbeheer Gelderland: I Start en opzet van voorbeeldbedrijven, II Beschrijving van de beheervarianten per voorbeeldbedrijf. 107 p. f 50,-
- 345 J.G. de Molenaar 1998. Een verkennende beschouwing over grondhoudingen, natuurbeelden en natuurvisies in relatie tot draagvlak voor natuur. 111 p. f 55,-

- 346 J. van den Burg 1998. Groei en groeiplaats van de populier en de esp in Nederland; Resultaten van 35 jaar onderzoek. 261p. f 71,50
- 347 J. Graveland 1998. Beheersvisie Zwarte Meer. 67 p. f 40,-
- 348 J. van den Burg 1998. Groeiplaatsseisen van enkele loofboomsoorten: Tamme kastanje, noot, boskers, robinia en bergesdoorn. Een verkenning. 82 p. f 40,-
- 349 J.K. van Raffe, F.T.J. Hoksbergen, A.A.J.M. Leenaars, A.H. Schaafsma & C.M. van Schagen 1998. Houtoogst bij kleinschalig bosbeheer. 105 p. f 50,-
- 350 H.J. Hekhuis, H.G.J.M. Koop, M.N. van Wijk, I.M. Bouwma, C.B. Bussink & A.F.M. Olsthoorn 1998. Beheer en beleidsinstrumentarium voor A-locaties. 123 p. f 52,-
- 351 C.A. van der Kooij, K.W. van Dort, R. Kwak, A. H.F. Stortelder & R.W. de Waal 1998. Vernatting Randmeerbossen Flevoland; Mogelijkheden, referenties, voorbeeldprojecten en sleutelfactoren. 83 p. f 47,50
- 352 N.H. Edelenbosch, P.J.W. Hinssen & E.A.P. Wieman 1998. Verkenning van de toekomstige bosontwikkeling met behulp van het model HOPSY. 31 p. f 31,50
- 353 A.P.P.M. Clercx, I.M. Bouwma & A.F.M. van Hees 1998. Het bosreservaat Vijlnerbos; bijlagerapport. 136 p. f. 53,50
- 355 A.P.P.M. Clercx & A.F.M. van Hees 1998. Bosdynamiek in Tussen de Goren. 30 p. f 34,-
- 356 I.M. Bouwma 1998. Beheersvisie A-lokatie Edese bos. 37 p. f. 30,-
- 357 H.N. Siebel & R.J. Bijlsma 1998. Patroonontwikkeling en begrazing in boslandschappen: New Forest en Fontainebleau als referenties. 62 p. f 40,-
- 359 K.G. Kranenborg & S.M.G. de Vries 1998. Vergelijkend onderzoek naar de gebruikswaarde van twaalf Nederlandse en veertien Belgische klonen van populier. 28 p. f 42,-
- 360 J.A. Sinkeldam, R.C. Nijboer & P.F.M. Verdonschot 1998. Typologie van diatomeeëngemeenschappen in Overijssel. 135 p. f 70,-
- 361 A.T.C. Bosveld, G.M. Dorrestein & P.L. Mieninger 1998. Visdieven in gevaar. Een pilot-studie naar oorzaken van verminderd broedsucces van Visdieven (*Sterna hirundo*) broedend op het sluiscomplex bij Terneuzen. 34 p. f 38,-
- 362 J.G. de Molenaar & R.J.H.G. Henkens 1998. Effectiviteit van wildspiegels: een literatuurevaluatie. 100 p. f 58,-