



Kansrijke maatregelen om aanrijdingen met hoefdieren te voorkomen op de Zeeweg (N200)

Een literatuuronderzoek

E.A. van der Grift



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Kansrijke maatregelen om aanrijdingen met hoefdieren te voorkomen op de Zeeweg (N200)

Een literatuuronderzoek

E.A. van der Grift

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in opdracht van en gefinancierd door de provincie Noord-Holland.

Wageningen Environmental Research
Wageningen, april 2022

Gereviewd door:

F.G.W.A. Ottburg, onderzoeker Dierecologie (Wageningen Environmental Research)

Akkoord voor publicatie:

M. Kluivers-Poodt, teamleider Dierecologie

Rapport 3161
ISSN 1566-7197

Van der Grift, E.A., 2022. *Kansrijke maatregelen om aanrijdingen met hoefdieren te voorkomen op de Zeeweg (N200); Een literatuuronderzoek*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3161. 102 blz.; 21 fig.; 7 tab.; 144 ref.

In opdracht van de provincie Noord-Holland is verkend welke factoren van invloed zijn op het aantal aanrijdingen met herten op verkeerswegen. Verkend is ook welke maatregelen in de praktijk zijn toegepast en hoe effectief deze zijn gebleken om aanrijdingen tegen te gaan. Tevens is onderzocht in hoeverre enkele kansrijke maatregelen uitvoerbaar zijn bij de Zeeweg, een provinciale weg die het duingebied tussen Overveen en Bloemendaal aan Zee doorkruist.

Commissioned by the province of Noord-Holland, it was investigated which factors influence the number of collisions with deer on traffic roads. It also explored which measures have been applied in practice and how effective these have proven to be in preventing collisions. It has also been investigated to what extent some promising measures can be implemented at the Zeeweg, a provincial road that crosses the dune area between Overveen and Bloemendaal aan Zee.

Trefwoorden: versnippering, ontsnippering, faunaslachtoffers, mortaliteit, verkeersweg, mitigatie, faunarasters, wilddetectiesysteem, faunabeheer, ree, damhert

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/568486> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2022 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem.

In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3161 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Shutterstock / WildMedia

Inhoud

Verantwoording	5
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
1.1 Achtergrond	13
1.2 Doel van het onderzoek	13
1.3 Onderzoeksvragen	13
1.4 Aanpak van het onderzoek	14
1.4.1 Werkwijze literatuuronderzoek	14
1.4.2 Werkwijze verkenning uitvoerbaarheid maatregelen bij de Zeeweg	15
1.5 Studiegebied	15
1.5.1 Zeeweg (N200)	15
1.5.2 Bestaande faunamaatregelen	16
1.6 Populaties en populatiebeheer	21
1.6.1 Populatie damhert	21
1.6.2 Populatie ree	21
1.6.3 Populatiebeheer	22
1.7 Aanrijdingen met damhert en ree op de Zeeweg	22
1.8 Leeswijzer	25
2 Factoren die invloed hebben op aanrijdingen met herten	26
2.1 Inleiding	26
2.2 Resultaat literatuuronderzoek	26
2.3 Geïdentificeerde factoren	26
2.3.1 Factoren die samenhangen met de weg en berm	27
2.3.2 Factoren die samenhangen met het gebruik van de weg	29
2.3.3 Factoren die samenhangen met het omliggende landschap	29
2.3.4 Factoren die samenhangen met de diersoort	31
2.3.5 Factoren die samenhangen met andere diersoorten	32
2.3.6 Factoren die samenhangen met activiteiten van de mens	32
2.3.7 Factoren die samenhangen met weersomstandigheden	33
2.4 Conclusies	34
3 Factoren die relevant zijn voor de Zeeweg	36
3.1 Inleiding	36
3.2 Factoren die samenhangen met weg en berm	36
3.3 Factoren die samenhangen met het gebruik van de weg	38
3.4 Factoren die samenhangen met het omliggende landschap	38
3.5 Factoren die samenhangen met de diersoort	40
3.6 Factoren die samenhangt met andere diersoorten	41
3.7 Factoren die samenhangen met activiteiten van de mens	41
3.8 Factoren die samenhangen met de weersomstandigheden	42
3.9 Conclusies	42

4	Maatregelen die aanrijdingen met herten kunnen voorkomen	44
4.1	Inleiding	44
4.2	Maatregelen gericht op aanpassing van het verkeer	44
4.2.1	Reduceren verkeersintensiteit	44
4.2.2	Reduceren toegestane rijsnelheid	45
4.2.3	Afsluiting weg voor gemotoriseerd verkeer	45
4.3	Maatregelen gericht op het beïnvloeden van de weggebruikers	46
4.3.1	Educatie en voorlichting	46
4.3.2	Waarschuwingsborden	46
4.3.3	Wilddetectiesysteem – in de wegberm	47
4.3.4	Wilddetectiesysteem – in het voertuig	49
4.3.5	Waarschuwingsmeldingen in de auto	49
4.3.6	Bermbeheer voor beter zicht weggebruiker	50
4.4	Maatregelen gericht op het beïnvloeden van het gedrag van de herten	50
4.4.1	Wildspiegels/-reflectoren	50
4.4.2	Akoestisch afschrikmiddel	53
4.4.3	Virtueel hekwerk	55
4.4.4	Olfactorisch afschrikmiddel	55
4.4.5	Aanbrengen wegverlichting	56
4.4.6	Herinrichting of verbetering van het leefgebied	57
4.4.7	Verminderen aantrekkelijkheid bermen voor fauna	57
4.5	Maatregelen gericht op het reduceren van populaties	58
4.5.1	Verkleinen populaties door afschot	58
4.5.2	Verkleinen populaties door geboortebepanking	59
4.6	Maatregelen gericht op het creëren van fysieke barrières	59
4.6.1	Faunarasters	59
4.7	Conclusies	62
5	Uitvoerbaarheid kansrijke maatregelen op de Zeeweg	65
5.1	Inleiding	65
5.2	Uitvoerbaarheid	65
5.2.1	Faunarasters, in combinatie met faunapassages	65
5.2.2	Wilddetectiesystemen in wegbermen	69
5.2.3	Verlagen van de toegestane rijsnelheid	70
5.2.4	Herinrichting of verbetering van het leefgebied	72
5.2.5	Het verminderen van de aantrekkelijkheid van bermen voor fauna	72
5.2.6	Het verkleinen van populaties door afschot	72
5.3	Conclusies	73
5.4	Aandachtspunten	74
Literatuur		76
Bijlage 1	Geconsulteerde personen	83
Bijlage 2	Verkenning factoren	84

Verantwoording

Rapport: 3161

Projectnummer: 5200047096

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord Referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Onderzoeker Dierecologie

naam: F.G.W.A. Ottburg

datum: 25 januari 2022

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: M. Kluivers-Poodt

datum: 2 februari 2022

Woord vooraf

Dit literatuuronderzoek komt voort uit het besluit van Gedeputeerde Staten (GS) op 20 oktober 2020 over het *Faunabeheerplan Damherten duingebieden Noord- en Zuid-Holland 2020-2026*. Verkeersveiligheid is een van de onderwerpen in dit faunabeheerplan. De Noord-Hollandse Zeeweg wordt hierin genoemd als een van de plekken waar aanrijdingen met damherten met enige regelmaat voorkomen. Specifiek voor de Zeeweg is in het beheerplan aangegeven dat er nader onderzoek aanbevolen wordt naar aanvullende maatregelen op het faunabeheer, om het aantal aanrijdingen met hoefdieren alhier te verminderen. Daarom hebben we Wageningen Universiteit & Research de opdracht gegeven om een literatuuronderzoek uit te voeren. Voor u ligt het verslag van deze studie, waarin maatregelen die elders in het land en in de wereld werden onderzocht, zijn samengebracht.

Het resultaat is een goed overzicht geworden van de factoren die aanrijdingen met herten beïnvloeden en geeft een aantal potentiële maatregelen die mogelijk toepasbaar zijn bij de Zeeweg. We hopen dat deze studie van nut zal zijn als inbreng bij de uitwerking van de optimale mix van maatregelen voor de verbetering voor de algehele verkeersveiligheid van de weg. Zo kunnen op specifieke plekken hekken blijven staan, waar elders juist beter ingezet kan worden op verlaging van de maximumsnelheid of het toepassen van faunadetectiesystemen. Er moet altijd gekeken worden naar de context van de omgeving en de situatie. Een mix van maatregelen biedt ruimte voor maatwerk voor alle belangen rondom de weg. Er zal bijvoorbeeld ruimte moeten blijven voor de uitwisseling van andere dieren (zoals kleinere zoogdieren en insecten) tussen de natuurgebieden aan weerszijden van de weg en voor andere mogelijke aanpassingen om rijgedrag veiliger te laten worden. Denk daarbij aan de weginrichting en lokale aanpassingen van de maximale toegestane snelheid, al dan niet gemotiveerd vanuit andere belangen dan verkeersveiligheid en natuur (bijvoorbeeld milieuaspecten, geluid en stikstof). In de uitwerking dient daarom rekening gehouden te worden met de juridische, bestuurlijke, financiële, ecologische, landschappelijke en maatschappelijke haalbaarheid en wenselijkheid.

Dit literatuuronderzoek geeft een aanzet voor de gebiedsbeheerders om een afweging te kunnen maken over al deze aspecten.

Esther Rommel, gedeputeerde provincie Noord-Holland

Samenvatting

Aanleiding en doel

Binnen de provincie Noord-Holland is de Zeeweg (N200) – een provinciale weg tussen Overveen en Bloemendaal aan Zee – een plek waar relatief veel aanrijdingen met damherten en reeën plaatsvinden. In de periode 2014-2021 zijn er op de Zeeweg 201 aanrijdingen met herten geregistreerd: 151 damherten en 50 reeën. Dit betekent dat er gemiddeld circa 25 herten per jaar worden aangereden, gemiddeld 5 tot 6 dieren per kilometer weg. Het doel van dit onderzoek is om alle beschikbare kennis bijeen te brengen die kan helpen om het aantal aanrijdingen met hoefdieren op de Zeeweg te verminderen of zelfs naar nul terug te brengen. In het onderzoek is verkend welke factoren van invloed zijn op het aantal aanrijdingen met herten en welke maatregelen in de praktijk geschikt zijn gebleken om aanrijdingen met herten tegen te gaan. Tevens is onderzocht in hoeverre deze maatregelen uitvoerbaar zijn bij de Zeeweg. De informatie moet de provincie Noord-Holland en de diverse terreineigenaren inzicht geven in het palet aan maatregelen dat een oplossing kan bieden en de (verwachte) effecten van deze maatregelen op het aantal aanrijdingen met herten. Dit moet hen in staat stellen om afgewogen keuzes te maken tussen verschillende maatregelen of maatregelpakketten om de risico's op aanrijdingen met hoefdieren op de Zeeweg drastisch te verlagen.

Factoren die invloed hebben op aanrijdingen met herten

In de literatuur zijn 77 factoren geïdentificeerd die op meer of mindere wijze invloed lijken te hebben op het aantal en patroon van aanrijdingen met herten op verkeerswegen. Deze factoren zijn globaal in zeven groepen in te delen: factoren die samenhangen met (1) de weg en wegberm, (2) het gebruik van de weg, (3) het omliggende landschap, (4) de diersoort, (5) andere diersoorten, (6) activiteiten van de mens en (7) de weersomstandigheden. Van deze factoren zijn er 53 relevant geacht voor de Zeeweg. Hiervan kunnen 15 factoren als optie voor mitigatie worden gezien, waarvan 7 slechts onder voorwaarden. Van de factoren die samenhangen met de weg en wegberm zijn het reduceren van de wegbreedte of het aantal rijbanen en de aanleg van faunapassages of barrières/rasters als optie voor mitigatie aangemerkt. Van de factoren die samenhangen met het gebruik van de weg zijn het reduceren van het verkeersvolume, de (toegestane) rijnsnelheid of een combinatie van beide als optie voor mitigatie aangemerkt. Alle factoren die samenhangen met het reduceren van de populatiegrootte zijn als optie voor mitigatie aangemerkt. Echter wel onder voorwaarden, aangezien deze strategie niet mag leiden tot te kleine populaties. Ook de komst van wolven is slechts onder voorwaarden als optie voor mitigatie aangemerkt. Deze predator zal immers eerst het duingebied moeten koloniseren. Alle factoren die samenhangen met het omliggende landschap zijn niet als optie voor mitigatie aangemerkt. Het (deels) ongeschikt maken van het landschap rond de Zeeweg is immers strijdig met de doelen van het beschermd natuurgebied. De activiteitenpatronen van de dieren zijn belangrijke factoren, maar niet te manipuleren. Wel kan er middels mitigerende maatregelen worden geanticipeerd op – wat aanrijdingen met herten betreft – de meest risicovolle tijdstippen van de dag of momenten in het jaar. Een vergelijkbare conclusie geldt voor de factor 'klok verzetten' en alle factoren die samenhangen met de weersomstandigheden. De factoren zelf zijn in principe niet te beïnvloeden, maar inzicht in de verbanden met aanrijdingen kan wel helpen om gerichter maatregelen te nemen. Dit geldt dan vooral voor mitigerende maatregelen die gericht zijn op de mate en wijze van het weggebruik en het gedrag van de weggebruiker.

Maatregelen die aanrijdingen met herten kunnen voorkomen

Er is inmiddels een palet aan maatregelen voor het terugdringen van aanrijdingen met herten ontwikkeld en toegepast. De maatregelen zijn in te delen in vijf groepen, afhankelijk van de manier waarop een maatregel het aantal aanrijdingen tracht te verminderen: (1) maatregelen gericht op aanpassingen van het verkeer; (2) maatregelen gericht op het beïnvloeden van weggebruikers; (3) maatregelen gericht op het beïnvloeden van het gedrag van de herten; (4) maatregelen gericht op het reduceren van populaties; (5) maatregelen gericht op het creëren van fysieke barrières. In relatie tot herten is er vooral onderzoek uitgevoerd naar de effecten van wildspiegels/-reflectoren, faunarasters en wilddetectiesystemen in wegbermen. Voor deze drie typen maatregelen zijn dan ook meer onderbouwde conclusies te trekken wat betreft het verwachte effect op het aantal aanrijdingen met herten. Voor wildspiegels/-reflectoren is de conclusie dat deze geen of

nauwelijks effect hebben. Deze maatregel wordt dan ook niet geadviseerd. De conclusie voor faunarasters (in combinatie met faunapassages) en wilddetectiesystemen is dat deze maatregelen wel een duidelijk effect hebben, dat kan oplopen tot 100% reductie in het aantal aanrijdingen, afhankelijk van het ontwerp van de maatregel en de lokale situatie. Dit betekent dat deze maatregelen de eerste keuze zouden moeten zijn bij het uitwerken van een mitigatieplan. Daarnaast kan worden geconcludeerd dat er, hoewel het uitgevoerde onderzoek beperkt en dus slechts indicatief is, drie maatregelen als potentieel kansrijk kunnen worden aangemerkt: het verlagen van de toegestane rijsnelheid, het verminderen van de aantrekkelijkheid van bermen voor fauna en het verkleinen van populaties door afschot.

Uitvoerbaarheid kansrijke maatregelen op de Zeeweg

De plaatsing van faunarasters langs de Zeeweg, gecombineerd met faunapassages, is in principe goed uitvoerbaar. Er zijn met deze maatregel grote reducties in het aantal aanrijdingen mogelijk, tot zelfs 100%, mits de faunarasters niet te kort zijn, insprongen bevatten en er speciale voorzieningen bij zijwegen en de uiteinden van de rasters worden getroffen. Faunarasters langs wegen kunnen het landschapsbeeld aantasten en de belevingswaarde van een gebied voor weggebruikers negatief beïnvloeden. Potentiële oplossingen zijn (1) het kiezen van een ontwerp dat vanuit het perspectief van de weggebruiker minder opvalt of (2) het camoufleren van het faunaraster. Het gebruik van een wilddetectiesysteem langs de Zeeweg is naar verwachting alleen goed uitvoerbaar als het systeem wordt gecombineerd met de aanleg van faunarasters. In dat geval beperkt het wilddetectiesysteem zich tot het monitoren van herten bij een wildsluis, i.e. een opening in het raster waar dieren de weg kunnen oversteken. Hoewel er voorbeelden zijn dat wilddetectiesystemen het aantal aanrijdingen met herten met bijna 100% reduceren, ligt die reductie naar verwachting eerder rond de 50%.

Het verlagen van de toegestane rijsnelheden op de Zeeweg is in principe goed uitvoerbaar. Hierbij heeft men de keuze tussen het permanent of tijdelijk verlagen van de maximumsnelheid. De gewenste snelheidsreducties en precieze effecten van deze maatregel zijn nog nauwelijks onderzocht. Als het doel is om aanrijdingen min of meer volledig te voorkomen, is de verwachting dat de maximumsnelheid moet worden teruggebracht naar maximaal 40 km/uur. Een permanente verlaging van de toegestane rijsnelheid vraagt in de meeste gevallen om een aanpassing van het ontwerp van de weg, zodat de inrichting van de weg weer past bij de herziene, lagere rijsnelheid. Bij een tijdelijke beperking van de toegestane rijsnelheid kan gekozen worden voor lagere snelheden op specifieke, risicovolle momenten. Een optie is ook om de maximumsnelheid niet over het hele traject, maar op een of enkele plekken te verlagen. Bij een verlaging van de maximaal toegestane rijsnelheid, permanent of tijdelijk dan wel lokaal of over het hele traject, is het van belang dat deze ook wordt gehandhaafd.

De herinrichting of verbetering van het leefgebied als maatregel om aanrijdingen tegen te gaan, lijkt maar beperkt uitvoerbaar bij de Zeeweg. De duingebieden aan weerszijden van de weg zijn zeer vergelijkbaar en alle geschikt leefgebied voor herten. Een herinrichting om bewegingen van herten over de Zeeweg te verminderen, is dan ook geen reële optie. Wat in principe wel tot de mogelijkheden behoort, is het op grotere afstand van de weg aanleggen of ontwikkelen van specifieke habitatelementen die door de dieren aantrekkelijk worden gevonden, zoals een mineralenbron. Als dit al effect heeft op het aantal aanrijdingen, is dit naar verwachting echter beperkt. Het verminderen van de aantrekkelijkheid van bermen voor herten is in principe uitvoerbaar bij de Zeeweg, maar past niet bij de doelen van het beschermde natuurgebied. De maatregel betekent immers een aantasting van bestaande natuurwaarden in de bermen. Ook kan het verwijderen van (opgaande) begroeiing in de bermen de barrièrewerking van de weg vergroten voor andere diersoorten.

Het verkleinen van de populatiegrootte van herten door afschot is uitvoerbaar bij de Zeeweg en wordt ook al toegepast voor damhert in het kader van het vigerende Faunabeheerplan Damherten 2020-2026. De verwachting is dat een forse reductie in het aantal aanrijdingen met herten alleen bereikt kan worden als de populaties fors worden verkleind. In dit verband is het de vraag of de voorgenomen populatiereductie in het NPZK – van bijna 600 getelde damherten in 2021 naar een doelstand van 200 (getelde) dieren – voldoende is. Er bestaat een kans, mede afhankelijk van de doelen die men stelt, dat de gewenste reductie in aanrijdingen pas bereikt kan worden als de populatie beneden de nu gestelde doelstand wordt gebracht. Wellicht is er door afschot ook een 'landscape of fear' te creëren rond de Zeeweg, maar zeker is dat niet.

Aandachtspunten

- De eerste stap op weg naar een mitigatieplan om aanrijdingen met herten op de Zeeweg te reduceren, is het stellen van expliciete doelen. Dit is van belang bij keuze van mitigerende maatregelen en helpt ook om achteraf te evalueren of de genomen maatregelen effectief zijn.
- Een mitigatieplan voor de aanrijdingen met herten op de Zeeweg richt zich bij voorkeur op de hele weg, van de bebouwing van Overveen tot aan de boulevard langs het strand. Het vraagt om een integrale aanpak, in samenspraak met alle grondeigenaren van de aanliggende terreinen. Dit zal zonder twijfel de snelheid waarmee maatregelen kunnen worden geïmplementeerd, verhogen en meer zekerheid geven dat, ook op de lange termijn, de doelen gehaald worden.
- Bij het uitwerken van een mitigatieplan om aanrijdingen met herten te voorkomen, worden bij voorkeur ook andere diersoorten betrokken die bij de Zeeweg een versnipperingsprobleem ervaren. Hierdoor kan een grote slag geslagen worden wat betreft het herstellen van de ecologische connectiviteit, waar het hele duinecosysteem van zal profiteren.
- Een mitigatieplan kan niet zonder een monitoringplan. Monitoring stelt in staat om na enige tijd de maatregelen te evalueren en vast te stellen of maatregelen (nog steeds) doen wat ze zouden moeten doen of niet. Het kan aanleiding zijn om het ontwerp en/of beheer van de genomen maatregelen te optimaliseren of aanvullende maatregelen te treffen. Het kan ook helpen om mitigatieplannen voor andere locaties met een vergelijkbaar probleem vorm te geven.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Binnen de provincie Noord-Holland is de Zeeweg (N200) – een provinciale weg tussen Overveen en Bloemendaal aan Zee – een plek waar relatief veel aanrijdingen met hoefdieren plaatsvinden (Guldemond & Schoon, 2019; Acheampong, 2021). Dit betreft damherten (*Dama dama*) en reeën (*Capreolus capreolus*). Mede om het aantal slachtoffers onder deze hoefdieren te reduceren en de dieren een veilige oversteek te bieden, is hier in 2017 een ecoduct aangelegd – Natuurbrug Zeepoort – met aan weerszijden van de weg hoge faunarasters over een lengte van circa 500 m. Acheampong (2021) heeft berekend dat het aantal faunaslachtoffers onder hoefdieren vóór en na de opening van het ecoduct min of meer gelijk is gebleven. Dezelfde studie concludeert dat het effect van het ecoduct met de bijbehorende hoge faunarasters op het aantal aanrijdingen met hoefdieren reikt tot circa 600-700 m vanaf deze faunapassage. Daarbuiten zijn nog steeds 'hotspots' aan te wijzen waar relatief frequent hoefdieren het slachtoffer worden in het verkeer.

Dit is niet verwonderlijk, omdat elders langs dit bijna 5 km lange wegtraject vooral lage rasters (1,2 m hoog) staan, zowel gaas- als draadrasters, die niet primair bedoeld zijn als faunakerend raster. De hoefdieren zijn fysiek in staat om deze lage rasters te passeren en doen dat in de praktijk dus ook. In november 2020 is er overleg geweest tussen de provincie en de beheerders van de terreinen rondom de Zeeweg en enkele andere betrokken partijen, te weten PWN, Staatsbosbeheer, gemeente Bloemendaal, gemeente Zandvoort en Faunabeheereenheid Noord-Holland. Toen is besloten om een deel van de bestaande (lage) draadrasters te versterken met een 1,2 m hoog gaasraster op plekken waar relatief vaak hoefdieren op of naast de weg werden gezien. Deze versterkingen van de bestaande rasters zijn in de wintermaanden 2020-2021 uitgevoerd. Op andere plekken zijn openingen in het raster opgevuld met takken om de toegankelijkheid van de weg voor de herten te beperken (FBE Noord-Holland, 2021). Tijdens het overleg is ook besloten dat de provincie Noord-Holland onderzoek laat doen naar manieren om het aantal aanrijdingen met grote hoefdieren op de Zeeweg verder terug te dringen ten behoeve van de verkeersveiligheid.

1.2 Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is om alle beschikbare kennis bijeen te brengen die kan helpen om het aantal aanrijdingen met hoefdieren op de Zeeweg te verminderen of zelfs naar nul terug te brengen. In het onderzoek is verkend welke factoren van invloed zijn op het aantal aanrijdingen met hoefdieren en welke maatregelen in de praktijk geschikt zijn gebleken om aanrijdingen met hoefdieren tegen te gaan. Tevens is onderzocht in hoeverre deze maatregelen uitvoerbaar zijn bij de Zeeweg.

Deze informatie moet de provincie Noord-Holland en de diverse terreineigenaren inzicht geven in het palet aan maatregelen dat een oplossing kan bieden en de (verwachte) effecten van deze maatregelen op het aantal aanrijdingen. Dit moet hen in staat stellen om afgewogen keuzes te maken tussen verschillende maatregelen of maatregelpakketten om de risico's op aanrijdingen met hoefdieren op de Zeeweg drastisch te verlagen.

1.3 Onderzoeksvragen

Het onderzoek richt zich op de volgende concrete onderzoeksvragen:

1. Welke factoren zijn van invloed op de ruimtelijke en temporele patronen van aanrijdingen met herten op verkeerswegen?
2. Welke van deze factoren spelen naar verwachting een rol bij de Zeeweg?
3. Welke maatregelen kunnen aanrijdingen met herten op verkeerswegen voorkomen en hoe effectief zijn deze maatregelen?
4. Welke van deze in potentie geschikte maatregelen zijn praktisch uitvoerbaar bij de Zeeweg?

1.4 Aanpak van het onderzoek

Voor de beantwoording van onderzoeksvraag 1 en 3 is een literatuuronderzoek uitgevoerd. Voor de beantwoording van onderzoeksvraag 2 en 4 is een bezoek gebracht aan de Zeeweg en aanliggende natuurgebieden en zijn enkele direct betrokken partijen geconsulteerd (Bijlage 1).

1.4.1 Werkwijze literatuuronderzoek

Gezocht is naar wetenschappelijke publicaties waarin factoren zijn onderzocht die invloed hebben op aanrijdingen met herten op verkeerswegen en/of maatregelen die aanrijdingen met herten op verkeerswegen tegengaan. De aandacht ging hierbij primair uit naar Engelstalige 'peer-reviewed' publicaties in wetenschappelijke tijdschriften en boeken (periode 1990-2021), maar waar relevant zijn ook Nederlandstalige onderzoeksrapporten en artikelen in tijdschriften zonder peerreview betrokken.

In het literatuuronderzoek hebben we ons niet strikt beperkt tot publicaties die onderzoek presenteren voor de bij de Zeeweg relevante hertensoorten, damhert en ree. Ook onderzoek naar andere hertensoorten is betrokken. Dit kunnen soorten zijn die elders in Nederland, elders in Europa of buiten Europa voorkomen. Hoewel de effecten van verkeerswegen op de diverse soorten herten anders kunnen zijn, evenals de functionaliteit van mitigerende maatregelen, zijn er overeenkomsten in biologie en gedrag die maken dat studies naar de ene hertensoort ook relevante informatie kunnen bevatten voor andere hertensoorten. Extrapolatie van kennis over andere hertensoorten naar ree en damhert moet desondanks met voorzichtigheid gebeuren; we maken in dit onderzoek dan ook steeds duidelijk welke kennis direct betrekking heeft op damhert of ree en welke niet. Andere hoefdieren (zoals wilde zwijnen (*Sus scrofa*), wisenten (*Bison bonasus*)), (semi)wilde schapen of runderen) blijven buiten beschouwing, omdat deze soorten wat betreft gedrag en beweging meestal sterk afwijken van herten en mitigerende maatregelen die functioneel zijn voor deze soorten dan ook niet altijd goed werken voor herten (en omgekeerd).

De literatuur is op vier manieren bijeengebracht:

- Met behulp van zoekopdrachten in de literatuurdatabase *Web of Science*, waarin onder meer de databases *Biological Abstracts*, *Current Contents* en *Zoological Records* zijn opgenomen, gericht op het identificeren van artikelen in Engelstalige, peer-reviewed tijdschriften. Hierbij zijn de volgende zoekopdrachten uitgevoerd:
 - De zoektermen 'fallow deer', 'dama', 'roe deer' of 'capreolus' gecombineerd met 'roadkill', 'collision', 'accident' of 'vehicle'. Dit resulteerde in 159 publicaties.
 - De zoekterm 'deer-vehicle'. Dit resulteerde in 162 publicaties, waarvan er 142 nieuw waren ten opzichte van de eerste zoekopdracht.
- Met behulp van zoekopdrachten in Google Scholar, gericht op het identificeren van artikelen in Engelstalige, peer-reviewed tijdschriften en het identificeren van Nederlandstalige artikelen en onderzoeksrapporten. Hierbij zijn de volgende zoekopdrachten uitgevoerd:
 - De zoekterm 'fallow deer' gecombineerd met 'roadkill', 'collision', 'accident' of 'vehicle'. Dit resulteerde in 6.760 publicaties. Deze publicaties zijn gesorteerd op relevantie en vervolgens zijn de eerste 150 aanbevolen publicaties in het onderzoek betrokken.
 - De zoekterm 'roe deer' gecombineerd met 'roadkill', 'collision', 'accident' of 'vehicle'. Dit resulteerde in 12.200 publicaties. Deze publicaties zijn gesorteerd op relevantie en vervolgens zijn ook hiervan de eerste 150 aanbevolen publicaties in het onderzoek betrokken.
 - De zoekterm 'damhert' gecombineerd met 'aanrijding' of 'verkeersslachtoffer'. Dit resulteerde in 128 publicaties.
 - De zoekterm 'ree' gecombineerd met 'aanrijding' of 'verkeersslachtoffer'. Dit resulteerde in 445 publicaties.
 - De zoekterm 'faunaslachtoffer'. Dit resulteerde in 37 publicaties.
- Met behulp van vergelijkbare zoekopdrachten in het door WENR opgebouwde archief met publicaties over de ecologische effecten van verkeerswegen en maatregelen die deze effecten kunnen voorkomen, mitigeren of compenseren.
- De referentielijsten in de met bovenstaande zoekopdrachten gevonden publicaties zijn geraadpleegd om publicaties op te sporen die niet via genoemde databases zijn achterhaald.

Alle op deze wijze verzamelde publicaties zijn op basis van de informatie in de titels en samenvattingen gescreend op relevantie. De kernvraag in deze screening was of de publicatie specifieke informatie bevat over (1) factoren die invloed hebben op de patronen van aanrijdingen – in ruimte en tijd – met herten op verkeerswegen en/of (2) de werking en effectiviteit van maatregelen die als doel hebben het aantal aanrijdingen met herten op verkeerswegen te reduceren. Deze screening resulteerde in 126 publicaties welke in het literatuuronderzoek zijn betrokken.

1.4.2 Werkwijze verkenning uitvoerbaarheid maatregelen bij de Zeeweg

In de verkenning naar de uitvoerbaarheid van diverse mitigerende maatregelen bij de Zeeweg zijn vier bronnen van informatie gebruikt:

- Informatie over de ruimtelijke en temporele spreiding van aangereden damherten en reeën op de Zeeweg (bron: FRS-dataset, Faunabeheereenheid Noord-Holland), inclusief informatie over 'hotspots' en 'coolspots', dus plekken waar respectievelijk relatief veel of relatief weinig slachtoffers worden gevonden (bron: Acheampong, 2021).
- Informatie over het studiegebied – fysieke kenmerken van de Zeeweg, kenmerken van het verkeer (volume, snelheid), aanwezige mitigerende maatregelen, inrichting van de wegbermen en kenmerken van de aangrenzende terreinen (bron: veldbezoek).
- Informatie over knelpunten en kansen zoals de provincie Noord-Holland, Omgevingsdienst Noord-Holland Noord, gemeente Bloemendaal, gemeente Zandvoort, PWN, Staatsbosbeheer en Faunabeheereenheid Noord-Holland die zien (bron: veldexcursie met alle betrokkenen).
- Informatie die bijeen is gebracht in het literatuuronderzoek over factoren die invloed hebben op aanrijdingen met herten en de effectiviteit van mitigerende maatregelen.

De verzamelde informatie is gebruikt om (1) per geïdentificeerde factor te verkennen of deze te beïnvloeden is en (2) per kansrijke maatregel te verkennen of deze praktisch uitvoerbaar is bij de Zeeweg. Het betreft hier een expertoordeel. Hierbij is aandacht voor de argumenten die pleiten voor of juist tegen het toepassen van een maatregel op deze locatie en voor eventuele wensen of bezwaren die ten aanzien van een specifieke maatregel kunnen worden ingebracht. In de verkenning van de uitvoerbaarheid van maatregelen betreffen we niet de bestuurlijk-politieke, juridische en maatschappelijke haalbaarheid. Maatregelen kunnen praktisch goed uitvoerbaar zijn en toch op bestuurlijk-politiek niveau 'sneuelen', bijvoorbeeld vanwege kosten of verkeerskundige argumenten. Er kunnen ook juridische hobbels blijken te zijn, bijvoorbeeld als planologische bestemmingen moeten worden gewijzigd of er anderszins vergunningen/ontheffingen nodig zijn. En maatregelen kunnen maatschappelijke discussies veroorzaken, bijvoorbeeld vanwege afschot van dieren of omdat een maatregel als 'lelijk' wordt ervaren.

1.5 Studiegebied

1.5.1 Zeeweg (N200)

De Bloemendaalse Zeeweg verbindt Overveen met Bloemendaal aan Zee (Figuur 1), een traject van 4,5 km. Het is een vierbaansweg met circa 12.500 voertuigen (twee rijrichtingen) op een gemiddelde werkdag. In de zomer komen piekdagen voor met meer dan 20.000 (tot circa 35.000) voertuigen per dag. Vanaf de Brouwerskolkweg in Overveen tot km 20.7 is de maximumsnelheid 50 km/uur. Tussen km 20.7 en Bloemendaal aan Zee is de maximumsnelheid 80 km/uur. Ter hoogte van de natuurbrug (zie Paragraaf 1.5.2) is de adviessnelheid 60 km/uur in verband met de bocht die de weg hier maakt. De weg is circa 22-25 m breed, inclusief een 6-8 m brede middenberm. Aan weerszijden van de weg ligt een circa 4 m breed fietspad waarop in twee richtingen kan worden gereden. Op korte afstand van deze fietspaden ligt een circa 2,5 m breed voetpad, zowel aan de noord- als zuidzijde van de weg. De bermen tussen de weg en de fietspaden en tussen de fietspaden en de voetpaden variëren in breedte. De totale breedte van de weg met fiets- en wandelpaden varieert daarom eveneens en is circa 40-70 m. Veel van de bermen, inclusief de middenberm, bevatten opgaande begroeiingen.



Figuur 1 De Bloemendaalse Zeeweg (N200) ter hoogte van Natuurbrug Zeepoort.

1.5.2 Bestaande faunamaatregelen

1.5.2.1 Natuurbrug Zeepoort

Natuurbrug Zeepoort is in 2017 geopend (Figuur 2). Deze natuurbrug overspant zowel de Bloemendaalse Zeeweg als de naastgelegen fiets- en voetpaden (Figuur 3). De natuurbrug ligt circa 1,5 km ten westen van Overveen (hectometer 4.8), ter hoogte van het duin Bokkenberg. Het verbindt de duingebieden van De Kennemerduinen met die van Het Kraansvlak, beide onderdeel van Nationaal Park Zuid-Kennemerland (NPZK). De natuurbrug is circa 52 m lang en circa 40 m breed. Exclusief de beheerpaden aan beide randen van het brugdek is de natuurstrook op dit ecoduct circa 39 m breed. De rasters op de natuurbrug zijn enigszins naar binnen geplaatst. De natuurzones buiten de rasters – aan de oost- en westzijde van het ecoduct – zijn circa 6 m breed. De natuurzone binnen de rasters is circa 27 m breed.

Op de natuurbrug is een gronddek van gebiedseigen duinzand aangebracht. Hierop moet zich een mozaïek van open zand en grijs duingrasland ontwikkelen. Het duingrasland moet zich vooral ontwikkelen door spontane vestiging van plantensoorten uit de omgeving. Daarnaast zijn zaden aangevoerd door het uitstrooien van maaisel. Aan weerszijden van de keerwand en pleksgewijs elders op de natuurbrug en de toelopen worden duindoornstruwelen en ruigte (tot 2 m rond het struweel) ontwikkeld. Hiervoor zijn onder meer struweelsoorten als wilde liguster, wegedoorn, meidoorn, duinroos en kardinaalsmuts aangeplant. In sommige struwelen zijn stobben aangebracht. Op de taluds aan de wegzijde van de toelopen is helmgras aangeplant om bodemerosie tegen te gaan. Het gronddek is minimaal 0,58 m dik waar duingrasland het streefbeeld is en minimaal 0,83 m dik waar duindoornstruweel wordt ontwikkeld.



Figuur 2 Natuurbrug Zeepoort verbindt de natuurgebieden Het Kraansvlak en de Kennemerduinen.



Figuur 3 Natuurbrug Zeepoort overspant de Bloemendaalse Zeeweg en de naastgelegen fiets- en voetpaden.

In de natuurterreinen van PWN en Staatsbosbeheer rondom het ecoduct worden grote grazers – Schotse hooglanders en konikpaarden – ingezet uit oogpunt van natuurbeheer. Voor deze dieren was de natuurbrug de eerste vier jaar na de opening nog niet toegankelijk. Vee-kerende rasters aan weerszijden van de brug hielden deze grazers tegen. Deze maatregel was genomen om te voorkomen dat de grote grazers de toplaag zouden vertrappen en zo de ontwikkeling van het duingrasland op de brug zouden tegengaan. In juli 2021 zijn de rasters verwijderd en nu kunnen de kuddes grote grazers dus passeren. Genoemde rasters waren overigens geen belemmering voor de wilde fauna, die onder, door of over de rasters konden passeren.

1.5.2.2 Faunarasters

Op de natuurbrug zijn faunarasters geplaatst om de dieren over de brug te geleiden. Deze rasters zijn bevestigd op circa 1,2 m hoge keerwanden aan weerszijden van de brug. Tegen de buitenkant van deze keerwanden is grond aangebracht, waarop struweel is aangeplant. Samen met de keerwanden zijn de rasters circa 2 m hoog. De rasters hebben geen overhang. De maaswijdte is 16x18 cm. De keerwanden eindigen op de rand van het brugdek.

Vanaf de rand van het brugdek zijn circa 2 m hoge combinatierasters langs de Zeeweg geplaatst, zowel aan de noord- als zuidzijde van de weg (Figuur 4). Deze combinatierasters bestaan uit een 0,5 m hoog amfibiescherm en een 2 m hoog gaasraster. Het gaasraster is tot 1 m hoogte een zogenoemd 'kleinwildraster' (maaswijdte 5x3 cm) en vanaf die hoogte een 'grofwildraster' (maaswijdte varieert van onder tot boven van 16x7 tot 16x18 cm). Het gaasraster is 0,2 m ingegraven en op die diepte 0,3 m haaks omgezet naar de wildzijde. Het amfibiescherm is circa 0,05 m ingegraven. De gaasrasters zijn tot 250 m vanaf de as van de natuurbrug aangebracht. Het amfibiescherm is tot 100 m vanaf de as van de natuurbrug aangebracht. Aan de zuidzijde van de Zeeweg sluiten de rasters aan op de rasters van Het Kraansvlak. Aan de noordzijde van de Zeeweg sluiten de rasters aan op de rasters van De Kennemerduinen.



Figuur 4 Faunakerend raster in de vorm van een combinatieraster nabij Natuurbrug Zeepoort met (links) en zonder (rechts) amfibieschermen.

In dit hoge combinatieraster zijn inspringvoorzieningen voor middelgrote tot grote zoogdieren aangelegd in de vorm van circa 1,5 m hoge aarden wallen in combinatie met een verlaging van het raster (Figuur 5). Er zijn twee insprongen aan de noordzijde van de weg en twee aan de zuidzijde van de weg, alle op circa 25 m afstand van de natuurbrug. Ook voor kleine zoogdieren, amfibieën en reptielen zijn er terugkeervoorzieningen doordat het amfibiescherm over de hele lengte is aangeaard vanaf de wegzijde.

Elders langs de Zeeweg zijn diverse typen rasters aanwezig (gaasrasters, draadrasters), die verschillen in hoogte (van circa 1,2 m tot 2 m hoog; Figuur 6). Deze rasters verschillen in kwaliteit en staat van onderhoud. Een deel van de draadrasters is in de winter van 2020-2021 aangepast om betreding van de bermen en weg door damherten te verhinderen (FBE Noord-Holland, 2021). Hierbij is over het draadraster een gaasraster gezet (Figuur 7). De plekken waar dit is gedaan, variëren in lengte en zijn meestal te vinden daar waar sprake is van meer open, lage vegetaties. Op plekken waar het raster overgroeit is door bijvoorbeeld duindoorn of sleedoorn, is deze aanpassing van het raster niet gemaakt.



Figuur 5 *Insprong ten oosten (links) en westen (rechts) van de natuurbrug, die dieren in staat stelt om het faunaraster te passeren vanaf de wegzijde als ze toch onverhoopt op de weg terecht zijn gekomen.*



Figuur 6 *Standaardraster (links) – 1,2 m hoog en bestaande uit een 5-draadsraster – en de aansluiting van dit standaardraster op het hoge faunaraster (rechts).*



Figuur 7 *Aangepast standaardraster, waarbij een 1,2 m hoog gaasraster tegen het draadraster is geplaatst.*

1.5.2.3 Waarschuwborden

Aan het begin van de Zeeweg en min of meer halverwege het wegtraject, in beide rijrichtingen, zijn waarschuwborden geplaatst die de weggebruikers alert moeten maken op overstekende herten (Figuur 8).

1.5.2.4 Wildreflectoren

Langs de Zeeweg zijn reflectoren van het merk ITEK aan de reflectorpaaltjes bevestigd. Dit betreft reflecterende oppervlakten die aan een door de wind of het langsrijdende verkeer in beweging gebracht 'molentje' zijn bevestigd (Figuur 9).



Figuur 8 Wildwaarschuwborden nabij Bloemendaal aan Zee (links) en nabij Natuurbrug Zeepoort (rechts) die weggebruikers waarschuwen voor overstekend wild. Het betreft bijzondere bebording, dus afwijkend van het standaardbord 'pas op overstekend wild', met een extra geel reflecterende achtergrond en een tekstbericht voor weggebruikers.



Figuur 9 Wildreflectoren, van het type 'ITEK-molentjes', langs de Zeeweg.

1.6 Populaties en populatiebeheer

1.6.1 Populatie damhert

In het NPZK, dat het hele duingebied tussen IJmuiden en Zandvoort omvat (circa 3.400 ha), zijn in de jaren vijftig van de vorige eeuw enkele damherten verschenen (Litjens & Pelzer, 1988). In de jaren daarna zijn er dieren bijgekomen doordat ze (illegaal) in het gebied zijn losgelaten of zijn ontsnapt. Vanaf eind jaren tachtig is de populatie beheerd. Tot 2009 was dit beheer erop gericht om een populatie van maximaal 200 dieren te vormen. In de periode 2009-2016 is dit beheer binnen het NPZK gestopt door het ontbreken van de benodigde ontheffing (Van Gool, 2016), wat heeft geleid tot een sterke toename van de populatie.

Het vigerende faunabeheerplan voor damherten (FBE Noord-Holland, 2020) onderscheidt vier leefgebieden voor damherten in het duingebied van Noord- en Zuid-Holland: (1) Leefgebied Nationaal Park Zuid-Kennemerland (NPZK), (2) Leefgebied Amsterdamse Waterleidingduinen - Boswachterij Noordwijk (AWD-BN), (3) Leefgebied Coepelduynen (CPD) en (4) Leefgebied Meijndel en Berkheide (M&B). De Zeeweg valt binnen het eerste leefgebied, dat bestaat uit het noordelijkste deel van het Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid. De randen van genoemde leefgebieden zijn aangewezen als bufferzones. Dit zijn zones waar damherten het leefgebied frequent verlaten en daarbij op autowegen en/of landbouwgronden en/of in de bebouwde kom komen. Ook de gebieden die grenzen aan de Zeeweg zijn aangewezen als bufferzone, tot circa 200 m vanaf de weg. Buiten de leefgebieden wordt een nulstand nagestreefd. Voor de precieze begrenzing van het leefgebied NPZK, de bufferzones en het nulstandgebied, verwijzen we hier naar het faunabeheerplan (FBE Noord-Holland, 2020).

Tijdens de telling in april 2021 zijn in het leefgebied NPZK, inclusief de bufferzones, 574 damherten geteld. Buiten dit leefgebied – dus in het nulstandgebied – zijn tijdens de telling geen dieren waargenomen. Tijdens tellingen worden altijd dieren gemist, dus de telling resulteert in een zogenoemd 'minimaal aantal levende dieren' ('minimal number alive' – MNA). De observatiekans van het gebied is geschat op circa 50% (FBE Noord-Holland, 2021). Dit betekent dat de werkelijke populatiegrootte in het NPZK is geschat op circa 1.200 damherten. De populatiegrootte in het NPZK vertoont sinds 2016, toen nog bijna 1.000 damherten werden geteld, wel een dalende trend. Binnen het leefgebied NPZK is momenteel sprake van een scheve populatiestructuur: 15% van de waargenomen dieren zijn herten, 85% zijn hinden en kalveren. Dit is te verklaren door de vanaf 2016 gevoerde beheerstrategie, waarbij veel nadruk is gelegd op afschot in de bufferzones – die vooral door mannelijke dieren worden bezocht – om schade te voorkomen. In 2020-2021 is deze beheerstrategie daarom aangepast (zie Paragraaf 1.6.3).

Het damhert heeft de status van een inheemse, beschermde diersoort. De soort maakt inmiddels dus bijna 75 jaar deel uit van de fauna in het duingebied en het is de wens van de terreinbeheerders om de soort te behouden binnen het NPZK. Als belangrijkste reden hiervoor is genoemd dat damherten, samen met de andere (grote) grazers in het gebied, een rol vervullen in het open en gevarieerd houden van het duingebied en daarmee de instandhouding van de soortenrijkdom (FBE Noord-Holland, 2020). Hierbij is van belang dat het aantal dieren niet te hoog is om overbegrazing te voorkomen en daarmee schade aan beschermde flora, fauna en habitats.

1.6.2 Populatie ree

De populatie reeën in het NPZK is ontstaan uit een groep in de AWD uitgezette dieren, medio jaren vijftig van de vorige eeuw (Broekhuizen et al., 2016; Guldemon & Schoon, 2019). De populatie is sindsdien snel gegroeid. In 2019¹ is het minimaal aanwezige aantal reeën in het NPZK bepaald op 119 dieren, waarvan er 72 binnen het voor deze soort aangewezen leefgebied zijn geteld en 47 buiten het leefgebied (Versteeg et al., 2019). Het werkelijke aantal dieren is natuurlijk hoger. Hoeveel hoger is niet te zeggen, omdat de observatiekans onbekend is. Uit onderzoek in andere populaties blijkt dat het werkelijke aantal reeën drie- tot tienmaal hoger kan liggen dan de berekende MNA (Guldemon & Schoon, 2019). Van de in 2019 getelde

¹ In 2020 kon in het NPZK geen telling volgens protocol worden uitgevoerd als gevolg van de toen geldende regels in verband met de uitbraak van COVID-19. De tellingen van reeën in het NPZK in 2021 zijn nog niet gepubliceerd. Daarbij komt dat in 2021 er in minder gebieden is geteld dan vóór COVID-19 en deze cijfers naar verwachting dus minder nauwkeurig zijn dan die van 2019 (L. van Breukelen, FBE Noord-Holland, persoonlijke communicatie).

dieren was 23% bok (adult of jaarling), 53% geit (adult of jaarling), 8% kalf en van 14% was het geslacht en/of de leeftijd onbekend. De geslachtsverhouding tussen bokken en geiten (alleen adulten) was hiermee 1:1,6 in het NPZK. In de periode 2016-2019 varieerde het aantal tijdens tellingen waargenomen reeën (MNA) in het NPZK tussen circa 104 en 120 dieren (Versteeg et al., 2019). De populatie was in deze periode dus min of meer stabiel. Er is sprake van een duidelijke toename in de aantallen vanaf 2016 ten opzichte van de periode 2013-2015 (Versteeg et al., 2019). Dit houdt mogelijk verband met het sinds 2016 gevoerde (intensievere) beheer van de damherten in het gebied.

1.6.3 Populatiebeheer

In de natuurgebieden rond de Zeeweg wordt de populatie damherten beheerd, met als doel de populatie door middel van afschot op een gewenst aantal te brengen en te houden. De populatie reeën wordt niet beheerd. Het populatiebeheer van damherten is er primair op gericht om schade aan flora en fauna, het verkeer en landbouwgewassen terug te brengen tot een aanvaardbaar niveau en daarbij tegelijkertijd het duurzaam voortbestaan van de populatie te garanderen (FBE Noord-Holland, 2020; 2021). Het concrete doel van het populatiebeheer tijdens de looptijd van het vorige faunabeheerplan voor damherten (2016-2020) was om de populatie damherten terug te brengen naar 800 tot 1.000 getelde damherten, waarvan 600-800 in het voor damherten aangewezen leefgebied AWD-BN en circa 200 in het voor damherten aangewezen leefgebied NPZK (Van Gool, 2016). In de bufferzones en de nulstandgebieden wordt jaarrond opgetreden bij dreigende schade, binnen de leefgebieden wordt beheer uitgevoerd tussen 1 november en 31 maart (FBE Noord-Holland, 2021).

In het seizoen 2020-2021 zijn in de NPZK en aangrenzende nulstandgebieden 522 damherten geschoten. Dit betrof 395, 87 en 40 dieren in respectievelijk het leefgebied, de bufferzones en het nulstandgebied. Binnen het leefgebied NPZK zijn in deze periode vooral vrouwelijke dieren (53%) en kalveren (42%) geschoten. Hier is sinds genoemd seizoen voor gekozen om zodoende niet alleen de populatie te verkleinen, maar ook de groeisnelheid van de populatie te verlagen. In de bufferzones van dit leefgebied en buiten het leefgebied zijn vooral mannelijke damherten geschoten. Het doel is om de doelstand van 200 dieren binnen twee beheerseizoenen te realiseren. Modelberekeningen hebben laten zien dat er, om dit te bereiken, bijna 1.100 damherten in 2021-2022 moeten worden geschoten en nog eens circa 350 in 2022-2023, als er vooral vrouwelijke dieren geschoten worden.

Naast het afschot in het kader van populatiebeheer worden zieke en gewonde hoefdieren – zowel damherten als reeën – gedood om onnodig lijden te voorkomen.

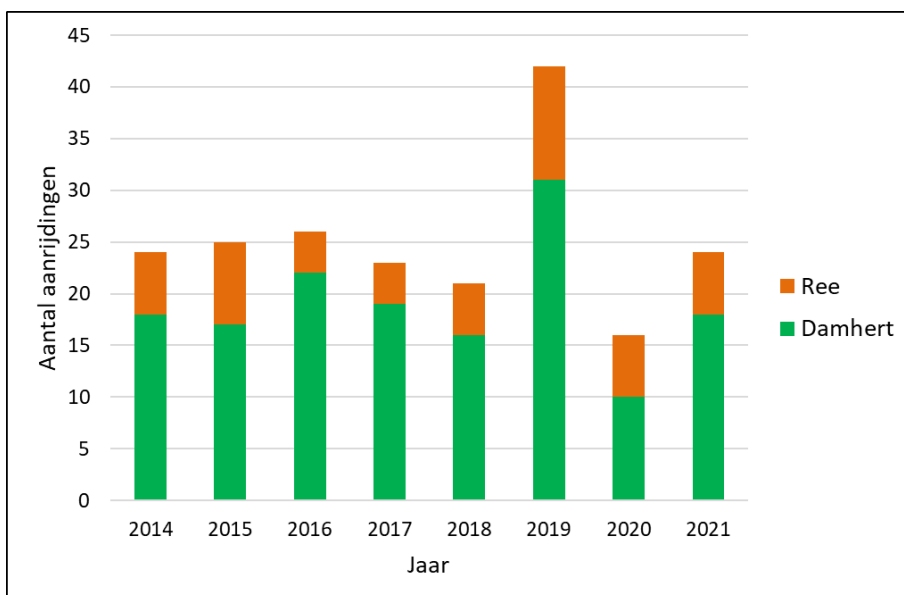
1.7 Aanrijdingen met damhert en ree op de Zeeweg

In de periode 2014-2021² zijn er op de Zeeweg 201 aanrijdingen met hoefdieren geregistreerd (Figuur 10): 151 damherten en 50 reeën (bron: FRS-dataset, Faunabeheereenheid Noord-Holland).³ Het werkelijke aantal aangereden herten is naar verwachting hoger, omdat niet alle dieren worden gevonden of gemeld. Dit betekent dat er gemiddeld circa 25 herten per jaar worden aangereden: 19 damherten en 6 reeën. Dit betekent dat er dus jaarlijks gemiddeld 5 tot 6 dieren per kilometer weg worden aangereden. Het gemiddelde aantal aanrijdingen met herten is min of meer gelijk over de 3 jaar vóór de aanleg van de natuurbrug (2014-2016) en over de 4 jaar na de opening van deze faunapassage (2018-2021), respectievelijk 25 en 26 aanrijdingen. Op het wegtraject waar de natuurbrug en de bijbehorende faunarasters zijn gebouwd, neemt het aantal aanrijdingen wel af, maar dit wordt gecompenseerd door een toename in het aantal aanrijdingen op andere plekken. Hoewel er plekken op de Zeeweg zijn aan te wijzen waar relatief veel ('hotspot') of relatief weinig ('coolspot') herten worden aangereden, zijn er over het hele traject van Overveen tot Bloemendaal aan Zee faunaslachtoffers geregistreerd (Figuur 11). Dit is zowel vóór als na de opening van de natuurbrug het geval (Figuur 11), hoewel de ligging van de hotspots en coolspots

² In 2021 betreft het de registraties tot 1 december.

³ Het betreft alleen registraties van aanrijdingen waarbij als doodsoorzaak 'aanrijding' is gegeven én die op maximaal 100 m van de Zeeweg zijn gekarteerd. Dat niet alle registraties precies op de verkeersweg liggen, is naar verwachting een gevolg van onnauwkeurigheid in de gps-metingen en/of dieren die niet op slag dood waren en dus op enige afstand van de weg zijn gevonden.

wel enigszins is gewijzigd (Acheampong, 2021). In 2020 zijn er relatief weinig aanrijdingen met damherten geregistreerd. Hoe dit komt, is niet met zekerheid vast te stellen. Wellicht is het een gevolg van de lockdown-maatregelen, inclusief avondklok, die in het kader van de COVID-19-pandemie werden getroffen.

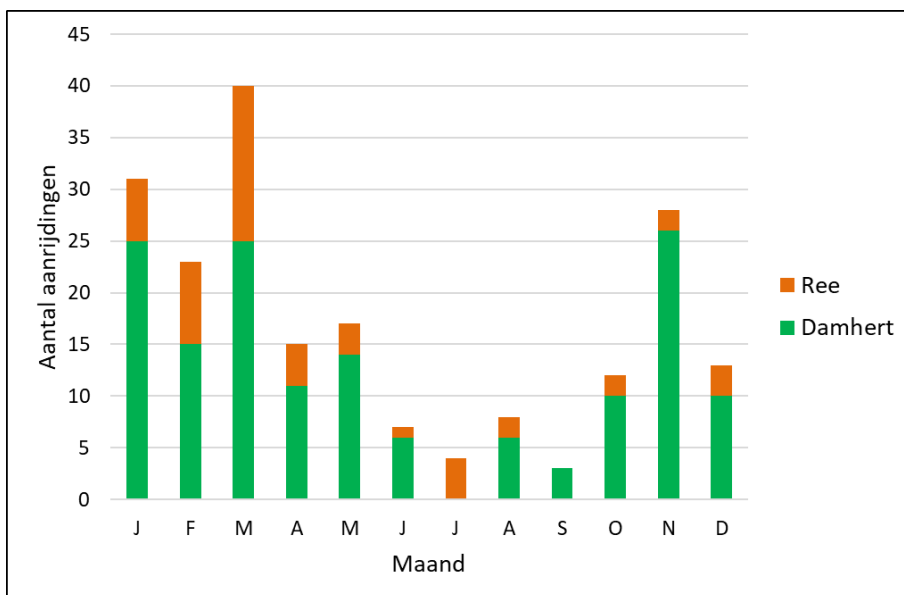


Figuur 10 Het aantal geregistreerde aanrijdingen met damhert en ree per jaar op de Zeeweg, over de periode 2014-2021.

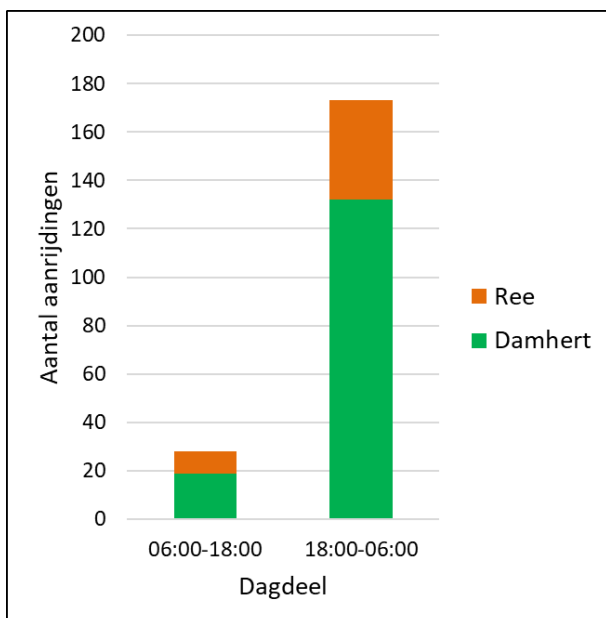


Figuur 11 Ruimtelijk spreiding van geregistreerde aanrijdingen met damhert en ree op de Zeeweg in de periode 2014-2021, per soort (boven) en per jaar (onder).

Aanrijdingen vinden het hele jaar plaats, maar er zijn duidelijke verschillen tussen de seizoenen (Figuur 12). De meeste aanrijdingen vinden plaats in de maanden november, januari en maart. In de maanden juni-september zijn de minste aanrijdingen geregistreerd. Aanrijdingen vinden op alle dagen van de week plaats, hoewel het aantal op werkdagen iets hoger ligt dan op weekenddagen. De meeste aanrijdingen zijn geregistreerd op vrijdag (Acheampong, 2021). De herten worden in lage aantallen overdag, maar vooral in de schemering en nacht aangereden (Figuur 13); 86% van de aanrijdingen vindt plaats tussen 18:00 en 06:00 uur. En van de aanrijdingen die wel tussen 06:00 en 18:00 uur plaatsvonden, is 61% geregistreerd tussen 06:00 en 09:00 uur, dus tijdens de ochtendspits.

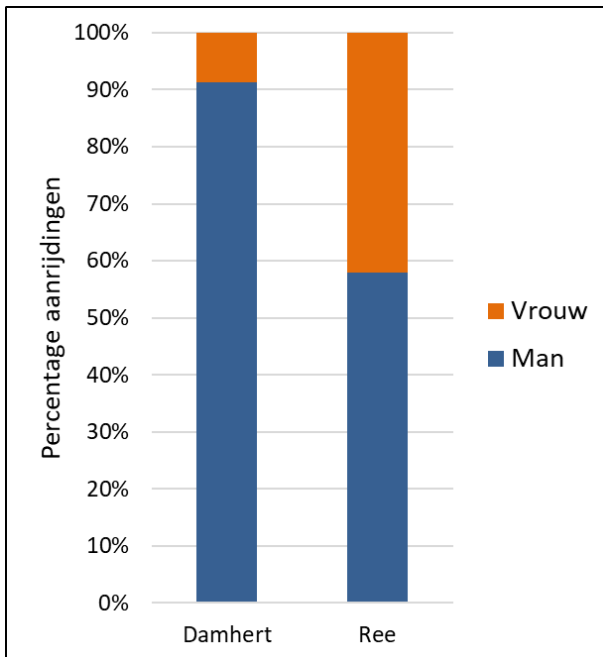


Figuur 12 Het aantal geregistreerde aanrijdingen met damhert en ree op de Zeeweg per maand, over de periode 2014-2021.



Figuur 13 Het aantal geregistreerde aanrijdingen met damhert en ree op de Zeeweg per dagdeel, over de periode 2014-2021.

Aanrijdingen met reeën en damherten zijn een groot risico voor de verkeersveiligheid. Naast materiële schade is er kans op persoonlijk letsel, zowel als gevolg van de aanrijding met het dier zelf of vanwege een eventuele uitwijkmanoeuvre. De gevaren worden groter geschat voor damherten omdat deze dieren groter (schouderhoogte 75-95 cm) en zwaarder (35-100 kg) zijn dan reeën (schouderhoogte 60-75 cm; 15-35 kg). Damherten bewegen ook meer in (grote) groepen en vertonen meestal minder schuw gedrag dan reeën. Hierdoor zijn ze regelmatig grazend in wegbermen aan te treffen, met een hoger risico om te worden aangereden. Dit wordt geïllustreerd door het gegeven dat in de periode 2014-2021 op de Zeeweg 75% van de aanrijdingen damherten betrof en 25% reeën. Daarbij komt dat veruit de meeste aangereden damherten (91%), mannelijke dieren zijn (Figuur 14). Deze zijn groter en zwaarder dan de hinden en dus een groter gevaar uit oogpunt van verkeersveiligheid.



Figuur 14 Procentuele verdeling van het aantal geregistreerde aanrijdingen met damhert en ree over de geslachten op de Zeeweg in de periode 2014-2021.

1.8 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 richten we ons op de vraag welke factoren invloed hebben op het aantal aanrijdingen met herten op verkeerswegen. Hoofdstuk 3 presenteert vervolgens welke van deze factoren relevant zijn voor de Zeeweg en of het manipuleren van deze factoren als optie voor mitigatie kan worden gezien. Hoofdstuk 4 presenteert de bevindingen van het literatuuronderzoek naar de effectiviteit van diverse maatregelen die aanrijdingen met herten naar verwachting kunnen verminderen. Hieruit komt een 'shortlist' van kansrijke maatregelen voort. In hoofdstuk 4 is de praktische uitvoerbaarheid van deze kansrijke maatregelen verkend en is een aantal aandachtspunten gegeven voor de uitwerking van een mitigatieplan voor de Zeeweg.

2 Factoren die invloed hebben op aanrijdingen met herten

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk richten we ons op de vraag welke factoren van invloed zijn op de ruimtelijke en temporele patronen van aanrijdingen met herten op verkeerswegen. Inzicht in de factoren die een rol spelen bij aanrijdingen met herten is immers een belangrijke eerste stap in de zoektocht naar effectieve maatregelen om het aantal aanrijdingen terug te dringen.

2.2 Resultaat literatuuronderzoek

Het uitgevoerde literatuuronderzoek heeft 69 publicaties opgeleverd waarin één of meer factoren zijn geïdentificeerd die van invloed zijn op het aantal of patroon van aanrijdingen, voor één of meer hertensoorten. Wat betreft de soorten die rond de Zeeweg voorkomen, zijn er relatief veel publicaties gevonden die gericht zijn op ree ($n=29$) en relatief weinig publicaties die gericht zijn op damhert ($n=2$). Daarnaast zijn er publicaties gevonden die factoren identificeren voor twee andere inheemse Europese hertensoorten: edelhert (*Cervus elaphus*; $n=11$), eland (*Alces*; $n=8$). Buiten Europa is vooral onderzoek gedaan naar factoren die een rol spelen bij aanrijdingen met witstaarthert (*Odocoileus virginianus*) en/of muilnierhert (*Odocoileus hemionus*) in Noord-Amerika ($n=29$). Daarnaast is er een publicatie gevonden voor sikahert (*Cervus nippon*) en een voor het Chinese waterree (*Hydropotes inermis*). Een studie presenteert factoren die op basis van een gecombineerde analyse van aanrijdingen van diverse soorten herten zijn vastgesteld. Het betreft in die studie vooral aanrijdingen met damhert, ree en muntjak (*Muntiacus reevesi*) en relatief lage aantallen aanrijdingen met edelhert, sikahert en het Chinese waterree. Publicaties waarin factoren zijn vastgesteld voor soortgroepen waarvan, behalve herten, ook andere soorten deel uitmaken, zijn hier buiten beschouwing gelaten. Op basis van dergelijk onderzoek is namelijk niet vast te stellen welke factoren gerelateerd zijn aan de individuele (herten)soorten.

2.3 Geïdentificeerde factoren

In de literatuur zijn in totaal, dus voor alle hertensoorten samen, 77 factoren geïdentificeerd die op meer of minder wijze invloed lijken te hebben op het aantal en patroon van aanrijdingen met herten op verkeerswegen. Deze factoren zijn globaal in zeven groepen in te delen: factoren die samenhangen met (1) de weg en wegberm, (2) het gebruik van de weg, (3) het omliggende landschap, (4) de diersoort, (5) andere diersoorten, (6) activiteiten van de mens en (7) de weersomstandigheden. Per hertensoort hier is verkend of de in de literatuur gepresenteerde factoren een positief, negatief of neutraal verband laten zien met het aantal aanrijdingen. Een positief verband betekent dat bij een toename van de meetwaarde van een factor er ook een toename van het aantal aanrijdingen is geconstateerd. Een negatief verband betekent dat bij een toename van de meetwaarde van een factor er een afname van het aantal aanrijdingen is geconstateerd. Een neutraal verband betekent dat er bij een toe- of afname van de meetwaarde van een factor geen verandering in het aantal aanrijdingen is geconstateerd.

Een voorbeeld: stel dat er een positief verband is vastgesteld tussen de factor 'rijnsnelheid' en het aantal aanrijdingen, dan betekent dit dat hoe hoger de rijnsnelheid is, hoe meer aanrijdingen er plaatsvinden. Nog een voorbeeld: stel dat er een negatief verband is vastgesteld tussen de factor 'areaal bebouwd gebied' en het aantal aanrijdingen, dan betekent dit dat hoe meer bebouwing er is rond de weg, hoe minder aanrijdingen er plaatsvinden. We beperken ons hier dus tot een kwalitatieve analyse van factoren. Hoe groot het effect is van de verschillende factoren op het aantal aanrijdingen – is het effect marginaal of substantieel – laten we hier buiten beschouwing. Enerzijds omdat de (relatieve) effectgrootte van factoren in veel gevallen niet in de studies is gepresenteerd, anderzijds omdat studies onderling meestal niet te vergelijken zijn door verschillen in (lokale) omstandigheden, gebruikte gegevenssets en/of gehanteerde onderzoeksmethoden.

In de tabellen in Bijlage 2 zijn de resultaten van het literatuuronderzoek samengevat. Hierbij zijn alle gevonden studies per hertensoort gepresenteerd. Per studie is aangegeven welke factoren zijn geïdentificeerd en wat de aard van het verband is – positief, negatief of neutraal – tussen deze factoren en het aantal aanrijdingen. In onderstaande paragrafen bespreken we deze uitkomsten, per onderscheiden groep van factoren.

2.3.1 Factoren die samenhangen met de weg en berm

Er zijn, voor alle hertensoorten samen, zeventien factoren geïdentificeerd die samenhangen met de weg zelf of de wegbermen. Het betreft hier vooral factoren die gerelateerd zijn aan de fysieke kenmerken van de weg (o.a. wegbreedte, verlichting) en de ligging van de weg in het landschap (o.a. bochtigheid, hoogteverschillen). Voor de bermen betreft het factoren die samenhangen met de inrichting (o.a. aanwezigheid grindstroken, open of gesloten vegetatie) of het beheer (o.a. breedte maaistreek).

Voor damhert en/of ree zijn in de literatuur vijf factoren geïdentificeerd die samenhangen met de weg en berm.

- Twee studies presenteren een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en de breedte van de weg. Op bredere wegen nam het aantal aanrijdingen toe. De verklaring hiervoor wordt vooral gezocht in een combinatie van hogere verkeersintensiteiten en rijsnelheden op bredere wegen. In een andere studie is echter geen verband met de wegbreedte gevonden. De verklaring hiervoor is dat in laatstgenoemde studie er nauwelijks variatie in de breedte van de onderzochte wegen was en een goede analyse van de effecten van dit kenmerk dus niet kon worden uitgevoerd.
- Eén studie presenteert een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en de aanwezigheid van kruisingen en afslagen. Deze studie richtte zich vooral op wegen waarlangs faunakerende rasters waren geplaatst. Op kruisingen en afslagen bleken de rasters onderbroken, wat resulteerde in 'lekken', dus plekken waar de dieren toch de weg konden betreden.
- Twee studies presenteren een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en de afstand tot een faunapassage. Dus hoe groter de afstand tot een faunapassage, hoe meer aanrijdingen. Een van deze twee studies heeft betrekking op de Zeeweg zelf en het effect van de aanleg van Natuurbrug Zeepoort (Acheampong, 2021). De verklaring voor dit verband wordt in deze studies niet alleen gezocht in de mogelijkheid die de faunapassages bieden om de weg veilig te passeren, maar ook in de meestal in combinatie met de faunapassages geplaatste faunakerende rasters, die enerzijds voorkomen dat de herten de weg betreden en anderzijds de dieren naar de faunapassages geleiden.
- Eén studie stelde een negatief verband vast tussen het aantal aanrijdingen en het aantal conventionele onderdoorgangen en overgangen, dus kunstwerken die niet primair voor fauna zijn bedoeld. Hoe meer van dergelijke passages, hoe minder aanrijdingen. De onderzoeker beargumenteert dat dergelijke passages, hoewel primair niet voor fauna bedoeld, blijkbaar wel in enige mate door de dieren worden gebruikt en rondom die passages vinden dus minder aanrijdingen plaats.
- Drie studies presenteren een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en de wegendichtheid. Dus hoe meer wegen er in een gebied zijn, hoe meer aanrijdingen. De verklaring hiervoor wordt gezocht in het frequenter moeten oversteken van wegen door herten in gebieden met een hoge wegendichtheid en dus een verhoogde kans om te worden aangereden.

Voor de andere hertensoorten zijn in de literatuur vijftien factoren geïdentificeerd die samenhangen met de weg en berm.

- Twee studies presenteren, net als voor damhert/ree, een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en de breedte van de weg. Eenzelfde verband is gevonden tussen aanrijdingen en het aantal rijbanen (vier studies), wat een vergelijkbare meetvariabele is. Eén studie presenteert daarentegen een negatief verband tussen het aantal aanrijdingen en het aantal rijbanen. In dit onderzoek is vastgesteld dat het risico op aanrijdingen met herten op wegen met twee rijbanen significant groter is dan op wegen met drie of vier rijbanen. De verklaring die de onderzoekers hiervoor geven, is dat het vooral tweebaanswegen zijn die de leefgebieden van de herten doorkruisen en dat de rijsnelheid op deze wegen relatief hoog is.
- Drie studies onderzochten het verband tussen aanrijdingen en de bochtigheid van wegen. Eén daarvan vond een positief verband, met meer aanrijdingen op plekken met veel bochten. Dit werd vooral verklaard door een beperkter zicht voor bestuurders op bochtige wegtrajecten. Een tweede studie vond juist een negatief verband. De verklaring die hiervoor is aangedragen, is dat de bochtigheid van de weg heeft geleid

tot lagere rijsnelheden, wat de kans op aanrijdingen reduceerde. De derde studie vond geen verband tussen het aantal aanrijdingen en de bochtigheid van wegen. De onderzoekers geven hiervoor geen (mogelijke) verklaring.

- Drie studies presenteren een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en hoogteverschillen – verticale curves – in de weg. Hoe meer wisselingen in hoogte, hoe meer aanrijdingen. Verklaringen worden niet gegeven, maar moeten wellicht gezocht worden in een beperkter zicht voor bestuurders en meer wisselingen in rijsnelheid.
- Twee studies presenteren een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en de hoogteligging van de weg ten opzichte van het omliggende landschap. Hierbij is een verhoogde of verdiepte ligging, inclusief ligging in een vallei, vergeleken met een maaiveldligging. Hoe groter het hoogteverschil tussen weg en landschap is, hoe groter de kans op aanrijdingen.
- Twee studies onderzochten het verband tussen aanrijdingen en het aantal onderdoorgangen en/of overgangen. De ene presenteert, net als voor damhert/ree, een negatief verband, dus met minder aanrijdingen als er meer passages zijn. De ander presenteert een positief verband. De onderzoekers van deze studie beargumenteren dat bruggen, over bijvoorbeeld rivieren of spoorwegen, kunnen functioneren als verbindingszone voor fauna en hier dus naartoe getrokken worden, met een verhoogd risico op aanrijdingen als gevolg.
- Eén studie presenteert een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en de afstand tot langs de weg aanwezige barrières, zoals faunakerende rasters. Verklaringen worden niet gegeven, maar moeten wellicht gezocht worden in aangepast habitatgebruik van de herten, waarbij barrières actief worden gemeden/omzeild.
- Eén studie presenteert een negatief verband tussen het aantal aanrijdingen en de mate van verlichting op en rond de weg. Verklaringen worden niet gepresenteerd, maar moeten wellicht gezocht worden in een verandering in het gedrag van de herten, waarbij verlichte landschappen worden gemeden en hier de kans op aanrijdingen dus afneemt.
- Zeven studies onderzochten het verband tussen aanrijdingen en de wegendichtheid. Vijf studies presenteren, net als bij damhert/ree een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en de wegendichtheid. Een hogere wegendichtheid leidt dus tot meer aanrijdingen. Twee studies presenteren daarentegen een negatief verband. De verklaring die hiervoor wordt gegeven, is dat in (suburbane) gebieden met een lagere wegendichtheid meer geschikte habitat voor herten aanwezig is en de populaties daar grotere dichtheden hebben.
- Eén studie presenteert een negatief verband tussen het aantal aanrijdingen en de breedte van een asfaltstrook langs de rijbaan. Dus hoe breder een dergelijke strook, hoe minder aanrijdingen. Een andere studie presenteert een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en de aanwezigheid van een grindstrook naast de rijbaan. Beide studies suggereren dat deze (half)verhardingen voor een bredere corridor zorgen met meer zicht, waardoor aanrijdingen worden voorkomen.
- Drie andere studies waarin kenmerken van de wegbermen zijn betrokken, sluiten hierop aan. De eerste studie laat een positief verband zien tussen aanrijdingen en de aanwezigheid van gesloten bermvegetaties. De tweede laat juist een negatief verband zien met de aanwezigheid van open bermvegetaties. En een derde presenteert een negatief verband tussen aanrijdingen en de breedte van berm die is gemaaid. Dus hoe breder de maaistrook, hoe lager het aantal aanrijdingen. In deze studie werd gesteld dat bij gemaaide bermen van meer dan 40 m breed, er naar verwachting geen aanrijdingen meer zouden plaatsvinden. Meer zicht voor bestuurders op de bermen en de herten die zich daar bevinden, wordt als belangrijkste verklaring aangevoerd. Daarnaast speelt naar verwachting ook het vergroten van de afstand tussen de weg en de randzone van opgaande begroeiing en grazige bermvegetaties een rol, want vooral die randzone is aantrekkelijk foerageergebied voor de herten.
- Twee studies presenteren een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en het aantal sloten/watergangen/greppels langs de weg. De verklaring die hiervoor wordt gegeven, is dat deze structuren voor reliëf zorgen, wat de zichtbaarheid van herten vlak langs de weg voor weggebruikers kan bemoeilijken.

2.3.2 Factoren die samenhangen met het gebruik van de weg

Er zijn, voor alle hertensoorten samen, vier factoren geïdentificeerd die samenhangen met het gebruik van de weg. Het betreft verkeersvolume, gemeten rijsnelheid, toegestane maximumsnelheid en type weg (primaire, secundaire, tertiaire). De factor 'type weg' reflecteert in veel gevallen een combinatie van (verschillen in) verkeersvolume en toegestane maximumsnelheid.

Voor damhert en/of ree zijn in de literatuur drie factoren geïdentificeerd die samenhangen met het gebruik van de weg.

- Acht studies onderzochten het verband tussen aanrijdingen en het verkeersvolume. Zes studies presenteren een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en het verkeersvolume. Op druk bereden wegen bleek het aantal aanrijdingen hoger dan op rustige wegen. Eén van deze studies stelt echter wel vast dat er een bovengrens zit aan dit verband: wegen met intermediaire verkeersvolumes kennen de meeste aanrijdingen, in vergelijking met zowel wegen met lage als hoge verkeersvolumes (Mayer et al., 2021). In twee studies werd geen verband gevonden tussen het aantal aanrijdingen en het verkeersvolume. De onderzoekers van een van deze studies beargumenteren dat dit een gevolg kan zijn van lokale omstandigheden of doordat andere factoren de eventuele effecten van veranderingen in verkeersvolume maskeren. De onderzoekers van de andere studie zeggen dat dit resultaat benadrukt dat het aantal aanrijdingen niet eenduidig met een toename in verkeersvolume samenhangt, zoals ook Mayer et al. al stelden.
- Eén studie presenteert een neutraal verband tussen het aantal aanrijdingen en de (gemeten) rijsnelheid van het verkeer. Een andere studie presenteert eveneens een neutraal verband tussen het aantal aanrijdingen en de toegestane maximumsnelheid. Dit suggereert dat de snelheid van het verkeer geen invloed heeft op het aantal aanrijdingen. Beide studies geven aan dat deze bevinding niet overeenkomt met de verwachting. Zij geven als verklaring dat de variatie in rijsnelheid of maximumsnelheid op de onderzochte wegen te gering was om een effect te kunnen detecteren.

Voor de andere hertensoorten zijn in de literatuur vier factoren geïdentificeerd die samenhangen met het gebruik van de weg.

- Veertien studies onderzochten het verband tussen aanrijdingen en het verkeersvolume. Tien studies laten een positief verband zien tussen het aantal aanrijdingen en het verkeersvolume. In vier studies werd geen verband gevonden tussen het aantal aanrijdingen en het verkeersvolume. De onderzoekers beargumenteren dat dit een gevolg kan zijn van de manier waarop gegevens over verkeersvolume zijn verzameld, de meetvariabele die is gebruikt of doordat andere factoren de eventuele effecten van veranderingen in het verkeersvolume maskeren.
- Zes studies onderzochten het verband tussen aanrijdingen en de (gemeten) rijsnelheid. Vijf studies presenteren een positief verband. Hier nam het aantal aanrijdingen dus toe als de rijsnelheid toenam. Eén studie vond geen verband tussen het aantal aanrijdingen en de rijsnelheid. De onderzoekers suggereren dat dit wellicht een gevolg is van andere factoren die de eventuele effecten van veranderingen in rijsnelheid maskeren.
- Vijf studies onderzochten het verband tussen aanrijdingen en de toegestane maximumsnelheid. Vier hiervan laten een positief verband zien. Eén studie vond geen verband met deze factor. De onderzoekers suggereren dat dit een gevolg kan zijn van de manier waarop gegevens over verkeersvolume zijn verzameld, de meetvariabele die is gebruikt of doordat andere factoren de eventuele effecten van veranderingen in verkeersvolume maskeren.
- Twee studies presenteren een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en het type weg, waarbij de onderzochte wegen van laag tot hoog zijn geclassificeerd op basis van verkeersvolume en maximumrijsnelheid. Het aantal aanrijdingen is in deze studies dus hoger op grotere wegen, met meer verkeer en hogere rijsnelheden.

2.3.3 Factoren die samenhangen met het omliggende landschap

Er zijn, voor alle hertensoorten samen, 36 factoren geïdentificeerd die samenhangen met het omliggende landschap. Het betreft hier factoren die gerelateerd zijn aan de topografie (o.a. hoogte, helling), karakteristieken van het landschap (o.a. heterogeniteit, openheid), het areaal van diverse vormen van landgebruik, (o.a. bos, grasland, akker, bebouwing), de afstand tot diverse vormen van landgebruik (o.a. bos, grasland, water), de aanwezigheid van specifieke landschapselementen (poel met brak water) en de (variatie in) grootte van percelen (o.a. bos, grasland, akker).

Voor damhert en/of ree zijn in de literatuur acht factoren geïdentificeerd die samenhangen met het omliggende landschap.

- Twee studies presenteren een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en een overwegend agrarisch landgebruik rondom de weg. In deze studies was het aantal aanrijdingen het hoogst in landbouwgebieden. De verklaring die hiervoor wordt gegeven, is dat agrarische gebieden geschikte leefgebieden zijn, omdat ze zowel dekking als voedsel bieden. Hierbij lijken vooral de overgangen tussen bos en grasland van belang.
- Meerdere studies wijzen op een positief verband tussen het aantal aanrijdingen met reeën en het areaal van diverse landgebruiksvormen: geschikte habitat (één studie), heide (één studie), bos (vijf studies), overige opgaande begroeiing (één studie), akker (twee studies). Voor damhert is een positief verband gevonden tussen aanrijdingen en bos (één studie). Dit betekent dat hoe groter het oppervlak van deze vormen van landgebruik rond de weg, hoe meer aanrijdingen. De onderzoekers zoeken in alle gevallen de verklaring in de aantrekkelijkheid van deze vormen van landgebruik (of een combinatie van deze vormen) voor de dieren.
- Eén studie onderzocht het effect van het areaal aan grasland op het aantal aanrijdingen, maar vond geen verband. Een verklaring hiervoor is niet gegeven.
- Eén studie presenteert een negatief verband tussen het aantal aanrijdingen en het areaal urbaan/bebouwd gebied. Hoe meer bebouwing, inclusief o.a. tuinen, erven en parkeerterreinen, hoe minder aanrijdingen. De verklaring die wordt gegeven, is dat deze gebieden weinig aantrekkelijk zijn voor de herten en meestal veel verstoring kennen.

Voor de andere hertensoorten zijn in de literatuur 34 factoren geïdentificeerd die samenhangen met het omliggende landschap.

- In twee studies is het verband tussen het aantal aanrijdingen en topografische kenmerken onderzocht. Eén studie presenteert een positief verband tussen aanrijdingen met elanden en de hoogte, waarbij dus meer aanrijdingen werden geregistreerd in hooggelegen gebieden. De verklaring die hiervoor wordt gegeven, is dat veel valleien, met dorpen en steden, ongeschikt zijn als leefgebied voor de elanden. De geschikte biotopen (bos) liggen juist op grotere hoogten. Dezelfde studie presenteert een negatief verband met de helling van de gebieden die aan de weg grenzen – dus hoe steiler de hellingen, hoe kleiner de kans op aanrijdingen – en een positief verband met plekken waar wegen (rivier)dalen kruisen. Een andere studie vond een vergelijkbaar effect van kruisingen met valleien. In beide studies wordt als verklaring voor deze verbanden gewezen op de bewegingspatronen van de herten, waarbij (zeer) steile hellingen worden gemedend en rivierdalen juist een bewegingscorridor vormen.
- Eén studie presenteert, net als voor damhert/ree, een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en agrarisch landschap. Eenzelfde verband is voor de andere herten gevonden tussen aanrijdingen en de aanwezigheid van productieve (agrarische) vegetaties in combinatie met een hoge wegendichtheid (één studie), de heterogeniteit van het landschap (vier studies), de mate van fragmentatie van bos, dus een landschap met veel overgangszones (één studie) en de menselijke populatiedichtheid (twee studies). Laatstgenoemde studies betroffen witstaartherten die geschikte habitat vonden in (sub)urbane gebieden (o.a. tuinen, parken). Eén studie presenteert een negatief verband tussen het aantal aanrijdingen en de openheid van het landschap, met relatief weinig aanrijdingen in gebieden met intensieve landbouw.
- Meerdere studies wijzen, net als voor damhert/ree, op een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en het areaal van diverse vormen van landgebruik: geschikt habitat (twee studies), (naald)bos (acht studies) en akker (één studie). Daarnaast zijn er voor andere hertensoorten positieve verbanden gevonden met het areaal randhabitat (één studie), agrarische percelen in combinatie met (grotere) bospercelen (twee studies), grasland (één studie), publiek land (één studie) en suburbaan gebied in combinatie met loofbos (één studie). Eén studie presenteert een negatief verband met het areaal aan akker. Zeven studies onderzochten het verband tussen het aantal aanrijdingen en het areaal aan urbaan/bebouwd gebied. De bevindingen waren wisselend. Drie studies presenteerden een positief verband, drie presenteerden een negatief verband en in de laatste studie werd geen verband vastgesteld.
- De literatuur geeft tien factoren die samenhangen met de afstand van de weg tot diverse typen landgebruik. Een negatief verband is gevonden tussen aanrijdingen en de afstand tot geschikt habitat (één studie), bos (één studie), grasland (drie studies), windsingel/houtwal (één studie), water (vier studies) en kruisingen met beken en rivieren (één studie). Hoe dichterbij de weg deze vormen van landgebruik worden aangetroffen, hoe meer aanrijdingen. Eenzelfde positief verband is vastgesteld tussen aanrijdingen en de afstand tot boerderijen (één studie), recreatiegebieden (één studie), suburbaan gebied (één studie)

en menselijke verstoring (één studie). De onderzoekers verklaren deze verbanden door te wijzen op de aantrekkelijkheid van deze vormen van landgebruik voor de onderzochte hertensoorten. Eén studie presenteert juist een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en de afstand tot bos. Dus hoe groter de afstand, hoe meer aanrijdingen. De verklaring die hiervoor wordt gegeven, is dat de herten bij een gebrek aan dekking meer risico's nemen bij het oversteken van wegen.

- Eén studie presenteert een positief verband tussen het aantal aanrijdingen (elanden) en de aanwezigheid van poelen met brakwater. Dergelijke poelen zijn bronnen van zout voor de dieren en trekken de dieren dus aan, met een verhoogde kans op aanrijdingen als gevolg.
- Eén studie onderzocht het verband tussen aanrijdingen en de (variatie in) perceelgrootte. Er bleek een positief verband te bestaan met de grootte van bos- en graslandpercelen en de variatie in perceelgrootte. Deze laatste meetvariabele werd gezien als een maat voor de intensiteit van het agrarisch landgebruik, met minder variatie in perceelgrootte in gebieden met intensieve landbouw. Een negatief verband bleek te bestaan met de grootte van akkerpercelen.

2.3.4 Factoren die samenhangen met de diersoort

Er zijn, voor alle hertensoorten samen, zeven factoren geïdentificeerd die samenhangen met de onderzochte hertensoort. Het betreft hier factoren die gerelateerd zijn aan de populatie (o.a. dichtheid, grootte en structuur) en het activiteitenpatroon van de herten, over het etmaal of over de seizoenen.

Voor damhert en/of ree zijn in de literatuur zeven factoren geïdentificeerd die samenhangen met de diersoort.

- Meerdere studies laten een positief verband zien tussen het aantal aanrijdingen en de populatiedichtheid (ree: vier studies; damhert: één studie) of de populatiegrootte (ree: twee studies). Meer herten in een gebied resulteren dus in meer aanrijdingen. In twee studies werd een dergelijk verband niet gevonden. De onderzoekers van de eerste van deze twee studies wijten dit aan het feit dat de onderzochte wegen van faunakerende rasters en faunapassages waren voorzien en aanrijdingen daardoor veel minder gerelateerd zijn aan (verschillen in) populatiedichtheid. Zij beargumenteren dat als er wel een relatie was met de populatiedichtheid, dit vooral niet-functionerende rasters en faunapassages zou betekenen. In de andere studie is als verklaring gegeven dat de gebruikte, aan de populatiegrootte gerelateerde meetvariabelen wellicht geen goede afspiegeling zijn van de werkelijke aantallen dieren in het gebied en dat andere, invloedrijke factoren zoals verkeersvolume en rijsnelheid, het verband met populatiegrootte kunnen maskeren.
- Eén studie presenteert een positief verband tussen aanrijdingen en de populatiestructuur. De onderzoekers stelden vast dat het geslacht en de leeftijd van de aangereden herten een goede reflectie waren van de populatiestructuur.
- Eén studie presenteert een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en de vraatdruk in een gebied. Hoe hoger de vraatdruk, hoe meer aanrijdingen. De onderzoekers verklaren dit door het gegeven dat vraatdruk een weerspiegeling is van (hoge) populatiedichtheden, een relatief intensief gebruik van bepaalde delen van het leefgebieden, zoals percelen met jonge bosaanplant of een combinatie van die twee factoren.
- Verbanden tussen aanrijdingen en factoren die samenhangen met het activiteitenpatroon van de herten zijn in een groot aantal studies vastgesteld. Voor ree is er een positief verband gevonden tussen aanrijdingen en zowel het dagritme (negentien studies) als seizoenritme (zeventien studies) van de herten. Voor damhert is eveneens een positief verband gevonden met dagritme (twee studies) en seizoenritme (twee studies). Al deze studies geven hetzelfde beeld: er vinden vooral aanrijdingen plaats in perioden dat de dieren meer activiteit laten zien. Zo kennen reeën veelal een piek in aanrijdingen in het voorjaar (april-juni) en het begin van de zomer, wanneer bokken territoriaal gedrag beginnen te vertonen en de geiten hun jongen van het voorgaande jaar verdrijven. In de herfst en winter volgt vaak een tweede piek, als voedsel schaarser wordt en de dieren grotere afstanden afleggen binnen hun leefgebied. Hierbij kunnen verschillen optreden tussen de geslachten. In de herfst en winter worden meer geiten aangereden, in het voorjaar en de zomer juist meer bokken. Tijdens het etmaal kennen reeën een piek in aanrijdingen tijdens de ochtend- en avondschemering en, in mindere mate, in de nacht. Het beeld is voor damherten niet veel anders.

Voor de andere hertensoorten zijn in de literatuur zes factoren geïdentificeerd die samenhangen met de diersoort.

- Meerdere studies laten, net als voor damhert/ree, een positief verband zien tussen het aantal aanrijdingen en de populatiedichtheid (tien studies) of de populatiegrootte (één studie). In één studie werd een dergelijk verband niet gevonden. De onderzoekers geven het karakter van het onderzoeksgebied – agrarisch gebied met veel geschikt leefgebied voor de herten – als verklaring. Fluctuaties in aantallen als gevolg van jaarlijks afschot zijn hier wellicht te gering om effect op het aantal aanrijdingen te hebben. Het afschot was ook zelden groter dan de (natuurlijke) populatieaanwas.
- Eén studie presenteert, net als voor damhert/ree, een positief verband tussen aanrijdingen en de populatiestructuur.
- Eén studie presenteert een positief verband tussen aanrijdingen en het habitatgebruik van de dieren (edelhart) en dan vooral de verspreiding van de verschillende familiegroepen over het gebied. Hoe meer verspreid de groepen zich bewegen over het gebied, hoe groter de kans op aanrijdingen.
- Voor de andere hertensoorten zijn, net als voor damhert/ree, alleen maar positieve verbanden tussen aanrijdingen en het activiteitenpatroon van de herten gevonden, zowel wat betreft het dagritme (vijftien studies) als seizoenritme (vijftien studies). Ook voor deze soorten geldt dus dat er meer aanrijdingen plaatsvinden in perioden dat de dieren meer activiteit vertonen.

2.3.5 Factoren die samenhangen met andere diersoorten

Er is, voor alle hertensoorten samen, één factor geïdentificeerd die samenhangt met andere diersoorten. Het betreft hier de factor 'aanwezigheid van wolven'. Deze factor is geïdentificeerd in een studie naar de effecten van een herstelde wolvenpopulatie in Wisconsin (VS) op het aantal aanrijdingen met witstaartherten (Raynor et al., 2021). Het onderzoek liet zien dat het aantal aanrijdingen door de komst van de wolven met gemiddeld 24% afnam. Behalve een reductie van de populatie als gevolg van predatie, bleek vooral een verandering in gedrag de afname te verklaren. De wolven maakten veelvuldig gebruik van wegen en bermen voor hun verplaatsingen. De wolven creëerden hiermee een 'landscape of fear' rond wegen, waardoor herten deze zones gingen mijden, met minder aanrijdingen als gevolg. Dit suggereert dat wolven economische schade door een te grote populatiedichtheid van herten kunnen controleren. De onderzoekers stelden vast dat dit effect voor een economische winst zorgde die 63 keer groter is dan de kosten van geregistreerde predaties van wolf op landbouwhuisdieren.

2.3.6 Factoren die samenhangen met activiteiten van de mens

Er zijn, voor alle hertensoorten samen, zes factoren geïdentificeerd die samenhangen met activiteiten van de mens. Het betreft hier factoren die gerelateerd zijn aan de jacht (o.a. jachtdruk, jachtseizoen en afschot), de aanwezigheid van voerplekken en het verzetten van de klok naar respectievelijk zomer- of wintertijd.

Voor damhert en/of ree zijn in de literatuur drie factoren geïdentificeerd die samenhangen met activiteiten van de mens.

- In één studie is het verband tussen aanrijdingen met ree en de jachtdruk onderzocht. Er werd geen verband gevonden. Pieken in de wekelijkse of maandelijkse jachtdruk bleken niet te worden weerspiegeld in het aantal aanrijdingen. Een mogelijke verklaring die de onderzoekers hiervoor geven, is de manier van jagen (aanzitjacht) die relatief weinig verstorend is, in vergelijking met bijvoorbeeld drijf- of drukjacht. De onderzoekers benadrukken dat we nog onvoldoende weten over hoe jacht, in al haar facetten, doorwerkt op het aantal aanrijdingen en we dus voorzichtig moeten zijn met het trekken van conclusies.
- Eén studie presenteert een positief verband tussen aanrijdingen met reeën en het jachtseizoen, met meer aanrijdingen in de periode dat het jachtseizoen geopend is in vergelijking met de periode dat jacht niet is toegestaan. Een mogelijke verklaring is niet gegeven.
- In vijf studies is het verband tussen aanrijdingen en de afschotaantallen onderzocht. In drie studies is een positief verband gevonden, dus meer aanrijdingen bij meer afschot. Dit lijkt tegenstrijdig, want het afschot verkleint de populatie waardoor men kan verwachten dat het aantal aanrijdingen afneemt. Zie hiervoor ook de eerdergenoemde studies die een positief verband hebben laten zien tussen populatiedichtheid of -grootte en het aantal aanrijdingen. De onderzoekers verklaren het verband door aan te geven dat afschotaantallen vooral een weerspiegeling zijn van de populatiegrootte. Als de populatie groot is, is het afschot hoog. Twee studies vonden geen verband tussen het aantal aanrijdingen en de afschotaantallen. In

de ene studie is dit verklaard door een te beperkte dataset om een robuuste analyse te kunnen uitvoeren. In de andere studie is geen verklaring gegeven.

Voor de andere hertensoorten zijn in de literatuur zes factoren geïdentificeerd die samenhangen met activiteiten van de mens.

- In één studie is het verband tussen aanrijdingen met edelherten en de jachtdruk onderzocht. Er werd geen verband gevonden. Het betrof hetzelfde onderzoek waarin deze factor voor ree is onderzocht en waar op de manier van jagen werd gewezen als mogelijke verklaring voor het ontbreken van een verband.
- In twee studies is het verband tussen aanrijdingen met herten en het jachtseizoen onderzocht. In de ene studie werd geen verband (voor eland) gevonden. Deze studie liet zien dat veranderingen in de bewegingen van de dieren en de frequentie waarmee ze wegen oversteken in de herfst, niet samenhangen met jachtactiviteit, maar met de bronst. De andere studie, gericht op witstaartherten, liet een negatief verband zien tussen het aantal aanrijdingen en de start van het jachtseizoen. De onderzoekers stelden vast dat het aantal aanrijdingen min of meer lineair afnam na de start van het jachtseizoen. Zij geven hiervoor vier mogelijke verklaringen: (1) een substantiële reductie in populatiegrootte, al na de eerste week van jagen; (2) het einde van de bronst aan het begin van het jachtseizoen en daarmee een afname in het aantal bewegingen en keren dat de dieren wegen kruisen; (3) de dieren veranderen mogelijk hun dagritme en worden actiever in de nacht om jagers te vermijden; (4) een verandering in verkeersvolume die samenhangt met de start van het jachtseizoen. De onderzoekers vonden geen bewijs voor de derde mogelijke verklaring en hadden onvoldoende gegevens om uitspraken te doen over de vierde verklaring.
- In zes studies is het verband tussen aanrijdingen en de afschotaantallen onderzocht. In vijf studies is een positief verband gevonden, dus meer aanrijdingen bij meer afschot. Net als voor damhert/ree wordt hierbij gewezen op de weerspiegeling die afschotcijfers zijn van de populatiegrootte. Eén studie (witstaartherten) vond geen verband tussen het aantal aanrijdingen en de afschotaantallen. Als mogelijke verklaring wordt in deze studie gewezen op het relatief kleine aantal dieren dat in het studiegebied jaarlijks geschoten wordt, in vergelijking met de populatiegrootte (<15%).
- In één studie is het aantal aanrijdingen en het aantal jachtvergunningen onderzocht, maar geen verband gevonden. Harde conclusies kunnen, volgens de onderzoekers, niet worden getrokken omdat het alleen vergunningen voor dieren zonder gewei betrof en dan nog op een hoog ruimtelijk schaalniveau, waardoor een koppeling met aanrijdingen op wegen lastig te maken is.
- Eén studie vond een negatief verband tussen het aantal aanrijdingen en de afstand tot voerplekken. Hoe korter die afstand, hoe meer aanrijdingen. De onderzoekers verklaren dit door de aantrekkingskracht van de voerplekken en hierdoor hogere activiteit rond deze plekken.
- Eén studie vond een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en het verzetten van de klok van zomertijd naar wintertijd. Er werd een kleine afname in aanrijdingen gevonden in de ochtend, maar een sterke toename in de avond. Als verklaring werd gegeven dat het terugzetten van de klok ervoor zorgde dat het verkeer, vooral tijdens werkdagen, meer samenvalt met het moment dat de dieren in de avond actief worden. Er werd geen negatief effect gevonden van het verzetten van de klok van wintertijd naar zomertijd, wellicht was er bij het vooruitzetten van de klok zelfs sprake van een kleine afname in het aantal aanrijdingen.

2.3.7 Factoren die samenhangen met weersomstandigheden

Er zijn, voor alle hertensoorten samen, zes factoren geïdentificeerd die samenhangen met weersomstandigheden. Het betreft hier factoren die gerelateerd zijn aan de luchttemperatuur, zicht voor weggebruikers (o.a. zonneschijn, neerslag), de sneeuwdiepte en de maancyclus.

Voor damhert en/of ree zijn in de literatuur vijf factoren geïdentificeerd die samenhangen met weersomstandigheden.

- Twee studies presenteren een positief verband tussen aanrijdingen met reeën en de temperatuur. De ene vond een positief verband tussen aanrijdingen en temperatuur in de zomer. Het verband wordt niet verklaard. De andere stelde een positief verband vast met de gemiddelde jaartemperatuur. Als mogelijke verklaringen worden in deze studie gesuggereerd (1) een positief effect van temperatuur op de populatiegrootte, (2) een negatief effect van temperatuur op de oplettendheid van bestuurders en (3) een effect van temperatuur op het gedrag van de dieren.

- Eén studie vond een negatief verband tussen het aantal aanrijdingen en de hoeveelheid zonneschijn in de winter. Hoe meer zonlicht tijdens de (korte) winterdagen, hoe minder aanrijdingen. De onderzoekers verklaren dit met meer zicht voor de weggebruikers bij onbewolkt weer. Dezelfde studie vond ook een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en de aanwezigheid van nevel of mist. Hoe meer mist, hoe meer aanrijdingen, wat opnieuw wordt toegeschreven aan de invloed die deze weersomstandigheden hebben op het zicht voor weggebruikers. Opmerkelijk in dit verband is dat dezelfde studie een negatief verband vond tussen het aantal aanrijdingen en de hoeveelheid neerslag in het voorjaar. Hoe meer neerslag, hoe minder aanrijdingen. Er wordt geen verklaring voor gepresenteerd.
- Drie studies onderzochten het verband tussen aanrijdingen met reeën en de maancyclus. Twee daarvan stelden een positief effect vast, met meer aanrijdingen bij volle maan in vergelijking met nieuwe maan. De helderheid van het maanlicht had ook een effect op het aantal aanrijdingen; minder aanrijdingen in perioden van de nacht dat de maan niet zichtbaar is en de meeste aanrijdingen in perioden van de nacht dat de maan helder schijnt. De onderzoekers kennen de oorzaken niet, maar suggereren dat het gevonden verband een gevolg kan zijn van aan het maanlicht gerelateerde verschillen in gedrag van de weggebruikers, de herten of van beide. De derde studie vond geen verband met de maancyclus voor ree. Een verklaring werd niet gepresenteerd.

Voor de andere hertensoorten zijn in de literatuur vier factoren geïdentificeerd die samenhangen met weersomstandigheden.

- Twee studies presenteren een positief verband tussen aanrijdingen met herten en de temperatuur. De ene vond een positief verband tussen aanrijdingen met edelherten en de temperatuur in het voorjaar. De onderzoekers vermoeden dat dit komt door een verslechterde conditie van de dieren na de winter, waardoor ze eerder slachtoffer worden tijdens het kruisen van wegen. De andere studie stelde een positief verband vast tussen aanrijdingen met elanden en de temperatuur in het voorjaar en de zomer. Als mogelijke verklaringen worden in deze studie gesuggereerd (1) een verschuiving van activiteit op warme dagen naar de nacht, met minder zicht voor weggebruikers en dus een grotere kans op aanrijdingen en (2) meer activiteit van de dieren op warme dagen in (open) wegbermen om te ontkomen aan bijtende insecten. In een derde studie werd een negatief verband gevonden tussen aanrijdingen met elanden en de temperatuur in de winter. Hoe hoger de temperatuur tijdens de wintermaanden, hoe minder aanrijdingen. De onderzoekers wijzen als mogelijke verklaring voor dit verband op het gegeven dat elanden veelal actiever zijn bij lagere temperaturen, maar wijzen ook op de optie dat de temperatuur het dagritme van de dieren kan beïnvloeden waardoor de dieren op risicovollere momenten van de dag wegen gaan passeren.
- Twee studies presenteren een positief verband tussen aanrijdingen met herten en neerslag. In de eerste studie werd vastgesteld dat winters met minder neerslag (vooral sneeuw) de herten in staat stellen om te foerageren in hoger gelegen gebieden, die verder weg liggen van drukke verkeerswegen. De kans op aanrijdingen nam daardoor af. De tweede studie verklaart het gevonden verband op basis van een verhoogde kans op aanrijdingen door slecht zicht bij neerslag.
- Twee studies presenteren een positief verband tussen aanrijdingen met herten en sneeuwdikte. Dus hoe dikker de sneeuwlaag, hoe meer aanrijdingen. De onderzoekers van beide studies wijzen erop dat bij een dikke sneeuwlaag de dieren genoodzaakt zijn om in lager gelegen gebieden te foerageren, dicht bij drukke verkeerswegen.
- Twee studies onderzochten het verband tussen aanrijdingen met herten en de maancyclus. De eerste studie vond geen verband voor edelhert en een positief verband voor witstaarthert, waarbij dus meer aanrijdingen plaatsvonden als er meer maanlicht was. De tweede studie vond een positief verband tussen het aantal aanrijdingen en mannelijke witstaartherten in de periode dat de hinden zwanger zijn. De onderzoekers veronderstellen dat dit samenhangt met de dispersiebewegingen van (jonge) mannelijke dieren in die periode.

2.4 Conclusies

- De fysieke kenmerken van verkeerswegen blijken in veel gevallen invloed te hebben op het aantal aanrijdingen, zoals de breedte van de weg of het aantal horizontale en verticale curves. Bij het bepalen van de route en het wegontwerp bestaan dus al kansen om aanrijdingen te verkleinen. Een beperkt aantal van de gevonden studies wijst op een positief effect van faunapassages, met bijbehorende geleidende rasters, als mitigerende maatregel om het aantal aanrijdingen te reduceren. Hoewel niet primair als

faunapassage bedoeld, kunnen in sommige situaties ook conventionele onderdoorgangen of overgangen het aantal aanrijdingen met herten in enige mate beperken. De inrichting en het beheer van wegbermen kunnen daarnaast ook een rol spelen bij het beperken van aanrijdingen, bijvoorbeeld door de bermvegetatie niet tot aan de rijbaan te laten reiken en de voorkeur te geven aan open (kort gemaaide) vegetaties.

- Een relatief groot aantal studies wijst op een relatie tussen het aantal aanrijdingen en het verkeersvolume, waarbij meer verkeer meestal leidt tot meer aanrijdingen. Dit verband is echter niet 'oneindig'; bij (zeer) hoge verkeersvolumes neemt in sommige studies het aantal aanrijdingen weer af, wellicht omdat de dieren de weg als een te grote verstoring of barrière gaan zien. De (maximum) rijsnelheid blijkt in veel studies ook een belangrijke factor, met meer aanrijdingen bij hogere rijsnelheden. Het ontbreken van een verband met de (maximum) rijsnelheid in sommige studies is vooral een gevolg van methodische tekortkomingen of omdat andere factoren de eventuele effecten maskeren.
- Een groot aantal factoren dat van invloed is op aanrijdingen met herten hangt samen met het landgebruik in de gebieden die grenzen aan de weg. Relatief hoge aantallen aanrijdingen zijn gevonden in gebieden met een gunstige topografie, grote oppervlakten geschikt leefgebied voor de dieren en/of aantrekkelijke landschapselementen op korte afstand van de weg. Naast duidelijke verbanden met natuurlijke biotopen, zoals bos en heide, zijn er ook duidelijke verbanden met agrarisch landgebruik, behalve als dit gebruik te intensief is en er open, weinig heterogene landschappen zijn ontstaan. Akkers laten een wisselend beeld zien. In sommige studies is een positief verband geconstateerd, in andere juist een negatief verband. Behalve verschillen tussen de diverse hertensoorten lijken hier vooral verschillen in het verbouwde gewas een mogelijke verklaring. Ook de verbanden met door mensen (intensief) gebruikte gebieden, voor bijvoorbeeld bewoning of recreatie, zijn niet altijd eenduidig. Dit lijkt vooral samen te hangen met de onderzochte hertensoort en de mate waarin deze (sub)urbane gebieden gebruikt: in tegenstelling tot bijvoorbeeld ree maken witstaartherten en muilpierherten veel gebruik van foerageergronden in bebouwde gebieden.
- Alle factoren die samenhangen met de populatie of het activiteitenpatroon van de dieren vertonen een positief verband met het aantal aanrijdingen. Relatief veel studies laten zien dat de dichtheid of grootte van de populatie een cruciale factor is. Maar ook de wijze waarop de dieren hun leefgebied gebruiken, dus hun ruimtelijke spreiding, speelt een rol. Temporele verschillen in activiteit, zowel binnen het etmaal als over het jaar, is eveneens een factor die in bijna alle studies naar voren komt als (mede) bepalend voor de temporele spreiding van het aantal aanrijdingen.
- Er is nog weinig onderzoek gedaan naar de effecten die andere diersoorten (kunnen) hebben op het aantal aanrijdingen met herten. Eén studie laat zien dat er een negatief verband is tussen de aanwezigheid van wolven en het aantal aanrijdingen met herten. Meer onderzoek, gericht op diverse soorten herten, is zeker nodig, maar het illustreert dat er potentie is om het aantal aanrijdingen met herten te reduceren door herstel van ecosystemen en populaties van (top)predatoren.
- Er zijn zowel positieve, negatieve als neutrale verbanden gevonden tussen aanrijdingen en factoren die samenhangen met jachtactiviteiten, zoals jachtdruk en jachtseizoen. Het effect van jachtactiviteiten is dus niet eenduidig en hangt naar verwachting sterk af van de lokale situatie. Effecten kunnen ook gemaskeerd worden door andere factoren, zoals de seizoenritmiek van de dieren, aangezien het jachtseizoen in veel gevallen direct volgt op de bronsttijd. De meeste studies laten wel een positief verband zien met de omvang van het afschot, wat te verklaren is doordat het afschot veelal een weerspiegeling is van de populatiegrootte. Het voeren van herten kan leiden tot meer aanrijdingen en dat geldt ook voor het in de herfst verzetten van de klok naar de wintertijd.
- De weersomstandigheden blijken invloed te kunnen hebben op het aantal aanrijdingen, waarbij diverse weersvariabelen een andere werking kunnen hebben en deze werking ook weer kan verschillen tussen seizoenen. Hoge temperaturen, weinig zonlicht, meer maanlicht, veel neerslag of mist en diepe sneeuw veroorzaken in de meeste gevallen meer aanrijdingen. Een positief of negatief effect op het zicht voor weggebruikers is een veelgenoemde verklaring voor de gevonden verbanden. Maar ook veranderingen in het gedrag van de dieren, bijvoorbeeld in habitatgebruik of dagritme, spelen naar verwachting een rol.

3 Factoren die relevant zijn voor de Zeeweg

3.1 Inleiding

In hoofdstuk 2 zijn op basis van een verkenning van de literatuur factoren geïdentificeerd die een effect kunnen hebben op het aantal aanrijdingen met herten op verkeerswegen. De betrokken studies zijn verschillend, zowel wat betreft de kenmerken van het studiegebied als de onderzochte infrastructuur, wat betekent dat niet alle factoren van toepassing zijn op de situatie bij de Zeeweg. Hier identificeren we daarom eerst de factoren die naar verwachting wel een rol kunnen spelen bij het zoeken naar een manier om het aantal aanrijdingen met herten op de Zeeweg te reduceren (Paragraaf 4.2). We categoriseren hierbij alle factoren als 'relevant' of 'niet relevant'. Een relevante factor is hierbij gedefinieerd als een factor die zich voordoet bij de Zeeweg en in principe te beïnvloeden is of waarop, met mitigerende maatregelen, kan worden geanticipeerd. Een niet-relevante factor is een factor waarvoor dit niet geldt.

Het resultaat is dat we inzicht krijgen in 'de knoppen waaraan gedraaid kan worden' om aanrijdingen te voorkomen. Vervolgens bespreken we de praktische uitvoerbaarheid van het beïnvloeden van de relevant geachte factoren ('zou het kunnen?') en eventuele ecologische bezwaren die eraan kleven ('is het vanuit ecologisch perspectief wenselijk?'). Zo kan het voorkomen dat een maatregel om een factor te beïnvloeden wél is uit te voeren, maar tegelijkertijd andere ecologische knelpunten genereert. Op basis van de inschattingen wat betreft uitvoerbaarheid en eventuele ecologische bezwaren bepalen we of het beïnvloeden of manipuleren van een factor als optie voor mitigatie kan worden gezien. Als beslisregel is hierbij gebruikt dat een factor geen optie is als deze niet uitvoerbaar is en/of ecologische bezwaren heeft.

We doen hier geen uitspraken over de grootte van het verwachte effect van de verschillende factoren. Dat is in de meeste studies immers niet gepresenteerd of op zo'n wijze dat studies lastig te vergelijken zijn. Op verschillende van de hier gepresenteerde factoren is echter al ingespeeld bij de ontwikkeling van bestaande vormen van mitigatie (zie hoofdstuk 4). Voor mitigerende maatregelen waarvan de effecten op het aantal aanrijdingen inmiddels zijn onderzocht, kunnen daarom wel voorzichtige verwachtingen worden gegeven wat betreft het effect van beïnvloeding van een factor (zie ook hoofdstuk 5).

3.2 Factoren die samenhangen met weg en berm

Twaalf van de zeventien factoren die samenhangen met de weg en wegberm zijn relevant geacht voor de Zeeweg (Tabel 1). Factoren die samenhangen met (grote) hoogteverschillen in het wegtraject (verticale curves) of tussen de weg en haar omgeving zijn bij de Zeeweg niet relevant, aangezien de hoogteverschillen nihil zijn. Genoemde factoren speelden vooral een rol in bergachtige streken. Het aantal conventionele onderdoorgangen of overgangen is geen relevante factor, omdat deze bij de Zeeweg niet voorkomen. Dat geldt ook voor het aantal watergangen of greppels langs de weg. Wegendichtheid is niet relevant geacht, omdat we ons hier richten op een specifieke verkeersweg en niet op het integraal mitigeren van een wegennetwerk in een groter gebied of regio.

Tabel 1 Factoren die samenhangen met de weg en berm en als optie voor mitigatie van het aantal aanrijdingen met herten op de Zeeweg kunnen worden gezien. Een factor is als optie voor mitigatie gezien als deze relevant en uitvoerbaar is en niet tot ongewenste ecologische effecten leidt.

Legenda: + = ja; - = nee; groen = de factor kan als optie voor mitigatie worden gezien; oranje = de factor kan onder voorwaarden als optie voor mitigatie worden gezien; rood = de factor kan niet als optie voor mitigatie worden gezien.

Factor	Relevant voor Zeeweg	Uitvoerbaar	Ecologische bezwaren	Optie voor mitigatie
Breedte van de weg	+	+	-	
Aantal rijbanen	+	+	-	
Bochtigheid van de weg	+	+	+	
Hoogteverschillen in de weg	-			
Hoogteligging weg t.o.v. omliggende landschap	-			
Kruising van wegen/afslagen	+	-		
Aantal onderdoorgangen/overgangen	-			
Afstand tot faunapassages	+	+	-	
Afstand tot barrières (e.g. rasters)	+	+	-	
Verlichting	+	+	+	
Wegendichtheid	-			
Berm - Breedte asfaltstrook	+	+	+	
Berm - Aanwezigheid grindstrook	+	+	+	
Berm - Gesloten vegetatie	+	+	+	
Berm - Open vegetatie	+	+	+	
Berm - Breedte gemaaide strook	+	+	+	
Berm - Aantal sloten/watergangen/greppels	-			

Het beperken van de breedte van de weg en/of het aantal rijbanen leidt veelal tot minder aanrijdingen. Deze maatregel is in principe uitvoerbaar bij de Zeeweg. Behalve het beperken van aanrijdingen met herten heeft dit vanuit ecologisch oogpunt naar verwachting ook als voordeel dat een aantal andere diersoorten minder gevaar loopt om aangereden te worden, de barrièrewerking van de weg voor veel diersoorten afneemt en er ruimte voor habitat bijkomt. Een ander voordeel is dat een versmalling van de weg waarschijnlijk gepaard zal moeten gaan met een lagere (toegestane) rijsnelheid, wat eveneens positief kan uitwerken op het streven om het aantal aanrijdingen te verminderen. Feitelijk wordt hiermee dus gekozen voor een verandering in de functionaliteit van de weg, waarbij deze niet meer als gebiedsontsluitingsweg – met als primair doel doorstroming en (snel) uitwisselen – wordt ontworpen en gebruikt.

Het aanpassen van het horizontale ontwerp van de weg, dus het verminderen van de bochtigheid, is in principe uitvoerbaar. Dit zal echter niet zonder milieueffecten kunnen plaatsvinden, aangezien bij het 'rechttrekken' van de weg bestaande delen van de aan weerszijden gelegen natuurgebieden verloren zullen gaan. Datzelfde geldt voor het aanbrengen van wegverlichting, die in de huidige situatie ontbreekt. Dit is uitvoerbaar, maar vanuit ecologisch perspectief niet wenselijk. Licht heeft immers veel negatieve effecten op allerlei natuurwaarden (Svechkina et al., 2020). Daarbij komt dat het effect van deze factor op aanrijdingen nog weinig onderzocht is en er dus nog weinig wetenschappelijk bewijs is dat het aanbrengen van wegverlichting daadwerkelijk het aantal aanrijdingen met herten terugdringt.

Minder afslagen of kruisingen kunnen leiden tot minder aanrijdingen. Deze factor lijkt echter niet uitvoerbaar, omdat dit betekent dat het aansluitende wegennet moet worden aangepast en/of het landgebruik (lokaal) moet worden gewijzigd, zodat toegangswegen kunnen worden opgeheven. Daarbij komt dat de maatregel vooral doeltreffend is als de aanrijdingen sterk geconcentreerd blijken rond afslagen/kruisingen en dat is bij de Zeeweg niet het geval.

Het verkleinen van de afstand tot een faunapassage of een barrière, zoals faunarasters, is uitvoerbaar en heeft ecologisch alleen maar voordelen. Dit betekent immers dat er faunapassages en/of faunarasters bijkomen die de dieren van de weg af houden en tegelijkertijd een veilige oversteekplaats bieden. Natuurbrug Zeepoort en de bijbehorende faunarasters langs de Zeeweg illustreren al dat het kan.

Het veranderen van de bermen, zowel wat betreft inrichting als beheer, is een optie om aanrijdingen te voorkomen. De kern van alle maatregelen is het creëren van een (brede) strook met ongeschikte habitat, bijvoorbeeld door een asfalt- of grindstrook aan te leggen of het (frequent) verwijderen van begroeiing. Bij de Zeeweg zou dit dan ook moeten gelden voor de brede middenberm. Vanuit ecologisch perspectief zijn dit geen wenselijke maatregelen. Het betekent een verlies aan natuurwaarden die nu in de bermen worden aangetroffen en een versterking van de barrièrewerking van de weg voor fauna.

3.3 Factoren die samenhangen met het gebruik van de weg

Alle geïdentificeerde factoren die samenhangen met het gebruik van de weg zijn relevant voor de Zeeweg (Tabel 2). Meer verkeer leidt in veel gevallen tot meer aanrijdingen en hogere (toegestane) rijsnelheden doen dat eveneens. Het verlagen van de verkeersintensiteit en/of rijsnelheden op de Zeeweg zijn in principe uitvoerbaar en hebben naar verwachting vooral ecologische voordelen, ook voor andere diersoorten. Het beïnvloeden van deze factoren kan dan ook als een optie worden gezien om het aantal aanrijdingen met herten te reduceren.

Tabel 2 Factoren die samenhangen met het gebruik van de weg en als optie voor mitigatie van het aantal aanrijdingen met herten op de Zeeweg kunnen worden gezien. Een factor is als optie voor mitigatie gezien als deze relevant en uitvoerbaar is en niet tot ongewenste ecologische effecten leidt.
Legenda: + = ja; - = nee; groen = de factor kan als optie voor mitigatie worden gezien; oranje = de factor kan onder voorwaarden als optie voor mitigatie worden gezien; rood = de factor kan niet als optie voor mitigatie worden gezien.

Factor	Relevant voor Zeeweg	Uitvoerbaar	Ecologische bezwaren	Optie voor mitigatie
Verkeersvolume	+	+	-	
Rijsnelheid	+	+	-	
Toegestane maximumsnelheid	+	+	-	
Type weg (primaair, secundair)	+	+	-	

3.4 Factoren die samenhangen met het omliggende landschap

10 van de 36 factoren die samenhangen met het omliggende landschap zijn relevant geacht voor de Zeeweg (Tabel 3). Factoren die samenhangen met de topografie zijn niet relevant voor de Zeeweg. Het betreft immers uitsluitend factoren die gerelateerd zijn aan bergachtige landschappen. Daarnaast zijn ook alle factoren die verband houden met diverse vormen van agrarisch landgebruik niet relevant, aangezien deze niet voorkomen in het studiegebied. Datzelfde geldt voor heide, rivieren/beken en poelen met brakwater.

De voor de Zeeweg relevant geachte factoren zijn globaal in drie groepen in te delen. De eerste groep betreft factoren die in principe uitvoerbaar zijn en waarvoor meestal een positief verband is aangetoond met het aantal aanrijdingen van herten. Dit betreft factoren die verband houden met een gevarieerd en voor herten aantrekkelijk landschap, het areaal van diverse vormen van geschikt leefgebied of de afstand tot geschikt leefgebied. Het benutten van deze factoren om het aantal aanrijdingen terug te dringen, betekent dan ook dat hiervoor de variatie/aantrekkelijkheid van het landschap en/of het areaal geschikt leefgebied zou moeten worden verkleind en/of de afstand tot geschikt leefgebied zou moeten worden vergroot. Dit druist lijnrecht in tegen de voor het beschermde natuurgebied gestelde doelen voor natuurbescherming, waarbij het streven juist is om optimaal leefgebied voor de flora en fauna van het duinecosysteem te creëren en te behouden. Datzelfde geldt voor de tweede groep van factoren, namelijk factoren die in principe uitvoerbaar zijn en waarvoor meestal een negatief verband is aangetoond met het aantal aanrijdingen. Dit betreft factoren die verband houden met een onaantrekkelijk landschap en veel verstoring, bijvoorbeeld door gebrek aan dekking of recreatiedruk. Het benutten van deze factoren om het aantal aanrijdingen terug te dringen, zou

betekenen dat er maatregelen moeten worden genomen die de onaantrekkelijkheid van het landschap rond de Zeeweg of mate van verstoring vergroten. Ook deze factoren kennen dus grote ecologische bezwaren en kunnen dan ook niet als optie voor mitigatie worden gezien. Een laatste groep betreft factoren die in principe niet uitvoerbaar zijn, zoals het veranderen van de mate van bebouwing of de bevolkingsdichtheid in de omliggende (sub)urbane gebieden.

Tabel 3 Factoren die samenhangen met het omliggende landschap en als optie voor mitigatie van het aantal aanrijdingen met herten op de Zeeweg kunnen worden gezien. Een factor is als optie voor mitigatie gezien als deze relevant en uitvoerbaar is en niet tot ongewenste ecologische effecten leidt.

Legenda: + = ja; - = nee; groen = de factor kan als optie voor mitigatie worden gezien; oranje = de factor kan onder voorwaarden als optie voor mitigatie worden gezien; rood = de factor kan niet als optie voor mitigatie worden gezien.

Factor	Relevant voor Zeeweg	Uitvoerbaar	Ecologische bezwaren	Optie voor mitigatie
Topografie - helling	-			
Topografie - hoogte	-			
Topografie - kruising met vallei	-			
Landschap - menselijke populatiedichtheid	+	-		
Landschap - agrarisch landgebruik	-			
Landschap - heterogeniteit	+	+	+	
Landschap - openheid	+	+	+	
Landschap - landbouw + hoge wegendichtheid	-			
Landschap - fragmentatie van bos	+	+	+	
Areaal geschikte habitat	+	+	+	
Areaal heide	-			
Areaal bos	+	+	+	
Areaal naaldbos	+	+	+	
Areaal opgaande begroeiing, exclusief bos	+	+	+	
Areaal randhabitat	+	+	+	
Areaal agrarische percelen + (grotere) bospercelen	-			
Areaal agrarisch grasland	-			
Areaal akker	-			
Areaal publiek land	+	-		
Areaal urbaan/bebouwd gebied	+	-		
Areaal suburbaan gebied in combinatie met loofbos	+	-		
Afstand tot geschikte habitat	+	+	+	
Afstand tot bos	+	+	+	
Afstand tot agrarisch grasland	-			
Afstand tot windsingel/houtwal	-			
Afstand tot water	+	+	+	
Afstand tot kruisingen met beken/rivieren	-			
Afstand tot boerderij	-			
Afstand tot recreatiegebieden	+	+	+	
Afstand tot suburbaan gebied	+	-		
Afstand tot menselijke verstoring	+	+	+	
Aanwezigheid poel met brakwater	-			
Grootte (agrarische) graslandpercelen	-			
Grootte bospercelen	+	+	+	
Grootte akkerpercelen	-			
Variatie in agrarische perceelgrootte	-			

3.5 Factoren die samenhangen met de diersoort

Alle geïdentificeerde factoren die samenhangen met de populatie of het activiteitenpatroon van de herten zijn relevant voor de Zeeweg (Tabel 4). Aanrijdingen blijken meestal een positief verband te hebben met de populatiedichtheid of -grootte of de hieraan gerelateerde vraatdruk. Het aantal aanrijdingen kan dus worden verminderd door het verkleinen van de populaties. Deze maatregel is uitvoerbaar en wordt momenteel al toegepast voor damhert via afschot (zie Paragraaf 1.6.3). Mits zorgvuldig uitgevoerd, hoeft afschot niet per se te leiden tot ecologische knelpunten. Het kan zelfs een middel zijn om effecten van overbegrazing op kwetsbare natuurwaarden te voorkomen. De verwachting is echter dat een aanvaardbaar aantal aanrijdingen pas bereikt wordt als de populatie fors verkleind is. Daarbij bestaat het risico dat de populatieomvang beneden de door de terreinbeheerder wenselijk geachte populatiedichtheid uitkomt of zelfs beneden het minimumaantal dieren dat nodig is voor een levensvatbare populatie.

Tabel 4 Factoren die samenhangen met de diersoort en als optie voor mitigatie van het aantal aanrijdingen met herten op de Zeeweg kunnen worden gezien. Een factor is als optie voor mitigatie gezien als deze relevant en uitvoerbaar is en niet tot ongewenste ecologische effecten leidt.

Legenda: + = ja; - = nee; groen = de factor kan als optie voor mitigatie worden gezien; oranje = de factor kan onder voorwaarden als optie voor mitigatie worden gezien; rood = de factor kan niet als optie voor mitigatie worden gezien.

Factor	Relevant voor Zeeweg	Uitvoerbaar	Ecologische bezwaren	Optie voor mitigatie
Populatie - Dichtheid	+	+	+/-	
Populatie - Grootte	+	+	+/-	
Populatie - Structuur	+	+	+	
Populatie - Habitatgebruik	+	+	+	
Populatie - Vraatdruk	+	+	+/-	
Activiteitenpatroon - Jaarlijks (seizoensritme)	+	-		
Activiteitenpatroon - Dagelijks (dagritme)	+	-		

De populatiestructuur is ook een factor die effect kan hebben op het aantal aanrijdingen. Zo blijken het in het NPZK vooral mannelijke dieren te zijn die zich in de periferie van het leefgebied begeven of net daarbuiten. Meer afschot van mannelijke dieren kan dan dus wellicht het aantal aanrijdingen beperken. Op de lange termijn is een dergelijke strategie echter niet wenselijk vanuit ecologisch perspectief. Een scheve populatiestructuur kan tijdelijk nodig zijn, bijvoorbeeld in een poging de populatiegrootte drastisch te verkleinen (met dat doel worden juist veel vrouwelijke dieren geschoten), maar kan op termijn ook leiden tot ongewenste effecten op de reproductie, fitness of genetische veerkracht van de populatie. Als de nadruk ligt op het afschieten van mannelijke dieren kan dit er bijvoorbeeld toe leiden dat uiteindelijk maar enkele dieren deelnemen aan de voortplanting, waardoor de genetische basis van de populatie (te) smal wordt.

Het habitatgebruik van de dieren kan in principe ook worden beïnvloed. Bijvoorbeeld door nabij de Zeeweg minder geschikte habitat na te streven en op grotere afstand van de weg juist aantrekkelijke leefgebieden te creëren. Bij de bespreking van factoren die samenhangen met het omliggende landschap is al beargumenteerd dat dit ecologisch ongewenst is en niet past bij de doelen van het beschermde natuurgebied. Het manipuleren van deze factor wordt hier dan ook niet als optie voor mitigatie gezien.

Veruit de meeste studies wijzen op een relatie tussen aanrijdingen en temporele verschillen in activiteit van herten, zowel over het etmaal als over de seizoenen. Deze activiteitenpatronen houden verband met de leefwijze en voortplantingscyclus van de dieren en is dus niet te veranderen. Het dag- en seizoensritme van de dieren zijn dus geen 'knoppen waar we aan kunnen draaien'. Desalniettemin zijn de gevonden verbanden van belang, omdat ze het mogelijk maken om te anticiperen op de risicovolste tijdstippen van de dag of momenten in het jaar wat aanrijdingen met herten betreft.

3.6 Factoren die samenhangt met andere diersoorten

Er is één voor de Zeeweg relevante factor geïdentificeerd die samenhangt met andere diersoorten: wolven kunnen het aantal aanrijdingen met herten beperken, vooral doordat ze het habitatgebruik van hun prooidieren beïnvloeden (Tabel 5). De wolf heeft Nederland inmiddels weer bereikt en zich gevestigd op onder meer de Veluwe (Jansman et al., 2021). Het lijkt een kwestie van tijd dat er ook elders in Nederland vestigingen en voortplanting worden vastgesteld. De duingebieden van het NPZK, maar ook die van de AWD en in Zuid-Holland, zijn potentiële habitat voor wolven. De hoefdierpopulaties zorgen hier naar verwachting voor voldoende voedselaanbod om meerdere wolven een leefgebied te bieden. In die zin is deze factor uitvoerbaar. Kolonisatie van deze duingebieden door wolven is echter nauwelijks te sturen en niet te voorspellen. Het kan op korte termijn plaatsvinden, maar ook nog jaren duren. Het realiseren van ecologische verbindingzones tussen de diverse duingebieden maar ook richting de natuurgebieden in het binnenland kunnen enigszins helpen, maar ook dit vraagt tijd. Van deze factor kan op de korte termijn dus niet veel verwacht worden. We beoordelen het benutten van wolven dan ook als een voorwaardelijke optie voor mitigatie, omdat er eerst kolonisatie van het duingebied door deze predatoren moet plaatsvinden.

Tabel 5 Factoren die samenhangen met andere diersoorten en als optie voor mitigatie van het aantal aanrijdingen met herten op de Zeeweg kunnen worden gezien. Een factor is als optie voor mitigatie gezien als deze relevant en uitvoerbaar is en niet tot ongewenste ecologische effecten leidt.

Legenda: + = ja; - = nee; groen = de factor kan als optie voor mitigatie worden gezien; oranje = de factor kan onder voorwaarden als optie voor mitigatie worden gezien; rood = de factor kan niet als optie voor mitigatie worden gezien.

Factor	Relevant voor Zeeweg	Uitvoerbaar	Ecologische bezwaren	Optie voor mitigatie
Aanwezigheid wolf	+	+/-	-	

3.7 Factoren die samenhangen met activiteiten van de mens

Vier van de zes geïdentificeerde factoren die samenhangen met de populatie of het activiteitenpatroon van de herten zijn relevant voor de Zeeweg (Tabel 6). Het aantal jachtvergunningen is niet relevant, omdat het afschot hier door de (grote) terreinbeheerders wordt uitgevoerd en dit aantal dus constant is. Daarbij komt dat het verband tussen het aantal jachtvergunningen en het aantal aanrijdingen is onderzocht in een situatie met jacht (van witstaartherten) door particulieren (in de VS). Daarvan is geen sprake in het NPZK. De factor 'afstand tot voerplekken' is niet relevant, omdat er in het NPZK geen voerplekken zijn.

Tabel 6 Factoren die samenhangen met activiteiten van de mens en als optie voor mitigatie van het aantal aanrijdingen met herten op de Zeeweg kunnen worden gezien. Een factor is als optie voor mitigatie gezien als deze relevant en uitvoerbaar is en niet tot ongewenste ecologische effecten leidt.

Legenda: + = ja; - = nee; groen = de factor kan als optie voor mitigatie worden gezien; oranje = de factor kan onder voorwaarden als optie voor mitigatie worden gezien; rood = de factor kan niet als optie voor mitigatie worden gezien.

Factor	Relevant voor Zeeweg	Uitvoerbaar	Ecologische bezwaren	Optie voor mitigatie
Jacht - Jachtdruk	+	+	-	
Jacht - Jachtseizoen	+	+	-	
Jacht - Afschotaantallen	+	+	+/-	
Jacht - Aantal jachtvergunningen	-			
Afstand tot voerplekken	-			
Verzetten klok: zomertijd/wintertijd	+	-	-	

Drie van de voor de Zeeweg relevante factoren hangen samen met populatiebeheer in de vorm van afschot. Wat betreft jachtdruk en jachtseizoen zijn de effecten op het aantal aanrijdingen echter niet eenduidig. Terwijl in de ene studie een positief verband is vastgesteld, geven andere studies geen verband of een negatief verband aan. Relatief veel studies tonen een positief verband aan tussen aanrijdingen en de afschotaantallen. Meer afschot leidt dus tot meer aanrijdingen. Dit op het eerste gezicht wellicht opmerkelijke verband is te verklaren doordat het afschot veelal een weerspiegeling is van de populatiegrootte. Indirect suggereert deze factor dus dat het aantal aanrijdingen te reduceren is door de populatiegrootte te verkleinen. Dit is uitvoerbaar, maar hieraan zitten wel grenzen, zoals al besproken bij de factoren die samenhangen met de hertenpopulaties zelf. Populatiebeheer door afschot kan dus gezien worden als een optie voor mitigatie, maar wel onder voorwaarden. Het manipuleren van de laatste factor in deze groep – het verzetten van de klok naar zomer- of wintertijd – is niet uitvoerbaar, omdat hiervoor een (inter)nationaal besluit nodig is om af te stappen van de tijdswisselingen. Bij mitigatie kan wel worden geanticipeerd op een verhoogd risico op aanrijdingen dat rond de overgang van zomer- naar wintertijd kan optreden.

3.8 Factoren die samenhangen met de weersomstandigheden

Alle geïdentificeerde factoren die samenhangen met de weersomstandigheden zijn relevant voor de Zeeweg (Tabel 7). Deze omstandigheden zijn vanzelfsprekend niet te beïnvloeden en kunnen dus niet gezien worden als 'knoppen waar we aan kunnen draaien' om het aantal aanrijdingen te verminderen. Veel van de gevonden verbanden tussen aanrijdingen met herten en de weersomstandigheden worden echter verklaard door een effect van het weer op de activiteit van de dieren en het zicht van de weggebruikers. Dit maakt inzicht in hoe de weersomstandigheden van invloed zijn op aanrijdingen van belang, omdat dit ons in staat stelt te anticiperen op risicovolle omstandigheden.

Tabel 7 Factoren die samenhangen met de weersomstandigheden en als optie voor mitigatie van het aantal aanrijdingen met herten op de Zeeweg kunnen worden gezien. Een factor is als optie voor mitigatie gezien als deze relevant en uitvoerbaar is en niet tot ongewenste ecologische effecten leidt.

Legenda: + = ja; - = nee; groen = de factor kan als optie voor mitigatie worden gezien; oranje = de factor kan onder voorwaarden als optie voor mitigatie worden gezien; rood = de factor kan niet als optie voor mitigatie worden gezien.

Factor	Relevant voor Zeeweg	Uitvoerbaar	Ecologische bezwaren	Optie voor mitigatie
Temperatuur	+	-		
Zonneschijn	+	-		
Mist	+	-		
Regen/Neerslag	+	-		
Dikte sneeuwlaag	+	-		
Maancyclus (volle maan)	+	-		

3.9 Conclusies

- Van de 77 geïdentificeerde factoren die een effect kunnen hebben op het aantal aanrijdingen met herten op verkeerswegen zijn er 53 relevant geacht voor de Zeeweg. Hiervan kunnen 15 als optie voor mitigatie worden gezien, waarvan 7 slechts onder voorwaarden.
- Van de factoren die samenhangen met de weg en wegberm zijn het reduceren van de wegbreedte of het aantal rijbanen en de aanleg van faunapassages of barrières/rasters als optie voor mitigatie aangemerkt. Van de factoren die samenhangen met het gebruik van de weg zijn het reduceren van het verkeersvolume, de (toegestane) rijnsnelheid of een combinatie van beide als optie voor mitigatie aangemerkt.

-
- Alle factoren die samenhangen met het reduceren van de populatiegrootte zijn als optie voor mitigatie aangemerkt. Echter wel onder voorwaarden, aangezien deze strategie niet mag leiden tot te kleine populaties. Ook de komst van wolven is slechts onder voorwaarden als optie voor mitigatie aangemerkt. Deze predator zal immers eerst het duingebied moeten koloniseren.
 - Alle factoren die samenhangen met het omliggende landschap zijn niet als optie voor mitigatie aangemerkt. Het (deels) ongeschikt maken van het landschap rond de Zeeweg is immers strijdig met de doelen van het beschermd natuurgebied.
 - De activiteitenpatronen van de dieren zijn belangrijke factoren, maar niet te manipuleren. Wel kan er middels mitigerende maatregelen worden geanticipeerd op – wat aanrijdingen met herten betreft – de risicovolste tijdstippen van de dag of momenten in het jaar. Een vergelijkbare conclusie geldt voor de factor 'klok verzetten' en alle factoren die samenhangen met de weersomstandigheden. De factoren zelf zijn in principe niet te beïnvloeden, maar inzicht in de verbanden met aanrijdingen kan wel helpen om gerichter maatregelen te nemen. Dit geldt dan vooral voor mitigerende maatregelen die gericht zijn op de mate en wijze van het weggebruik en het gedrag van de weggebruiker.

4 Maatregelen die aanrijdingen met herten kunnen voorkomen

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk richten we ons op de vraag welke maatregelen aanrijdingen met herten op verkeerswegen kunnen voorkomen en hoe effectief deze maatregelen zijn. Er is inmiddels een palet aan maatregelen voor het terugdringen van aanrijdingen met fauna ontwikkeld en toegepast. Een overzicht van deze maatregelen staat in de Leidraad faunavoorzieningen bij infrastructuur (Smulders et al., 2021). De maatregelen zijn hierin gesorteerd in vijf groepen, afhankelijk van de manier waarop een maatregel het aantal aanrijdingen tracht te verminderen. Deze indeling in groepen uit genoemde leidraad is hier gebruikt als 'kapstok'. Vervolgens is op basis van de literatuur verkend welke maatregelen het aantal aanrijdingen met herten op verkeerswegen kunnen reduceren en hoe effectief deze maatregelen dan zijn. Effectiviteit is hierbij gedefinieerd als de mate waarin het aantal aanrijdingen afneemt na toepassing van de mitigerende maatregelen, uitgedrukt in een percentage.

Per maatregel is steeds eerst een korte beschrijving van de maatregel gepresenteerd: wat is het en hoe zou het moeten werken? Vervolgens zijn de resultaten van onderzoek gepresenteerd voor achtereenvolgend damhert/ree en overige hertensoorten van binnen en buiten Europa. Damhert en ree zijn de hertensoorten die nu in het studiegebied voorkomen en krijgen dan ook specifieke aandacht. Studies die gericht zijn op deze soorten vragen niet om extrapolatie en wegen dus zwaarder mee in de evaluatie van de geschiktheid van maatregelen. Studies naar andere hertensoorten kunnen echter ook inzichten bieden in het functioneren van de diverse typen maatregelen, vooral als studies naar damhert of ree ontbreken. Extrapolatie van kennis over andere hertensoorten naar damhert en ree moet desondanks met voorzichtigheid gebeuren, omdat er altijd verschillen zijn in biologie en gedrag van de soorten.

We richten ons hier op studies waarin empirisch is onderzocht of een maatregel effect heeft op het aantal aanrijdingen met herten. Correlatieve studies of modelstudies waarin alleen het belang van diverse factoren is onderzocht, zijn niet meegenomen. Voor een belangrijk deel zijn deze studies immers al belicht in hoofdstuk 2. Een tweede argument is dat deze studies meestal slechts indirect effecten aantonen – niet door een maatregel in het veld te testen, maar door verbanden te zoeken tussen factoren in bestaande of gesimuleerde situaties. De kwaliteit van studies kan sterk verschillen, zowel wat betreft de gekozen studieopzet als de gebruikte meet- en analysemethoden en de wijze waarop het onderzoek is gerapporteerd (zie ook Roedenbeck et al., 2007; Van der Grift et al., 2013). Het is hier geen doel om de kwaliteit van de gevonden studies uitgebreid te toetsen of te beoordelen, maar daar waar duidelijk omissies of onvolkomen in het onderzoek worden gezien, bijvoorbeeld het ontbreken van een statistische analyse, maken we er kort melding van. Ook houden we rekening met dergelijke gebreken in het onderzoek bij het formuleren van conclusies.

4.2 Maatregelen gericht op aanpassing van het verkeer

4.2.1 Reduceren verkeersintensiteit

Deze maatregel bestaat uit het beperken van het verkeersvolume, dus het verkeersluw maken van een weg, bijvoorbeeld door het concentreren van het verkeer op nabijgelegen (grotere) wegen, het veranderen van aansluitingen of het toestaan van uitsluitend bestemmingsverkeer. Het idee is dat bij een lagere verkeersintensiteit de kans afneemt dat dieren die de weg oversteken, worden aangereden. Modelsimulaties waarin het effect van verkeersvolume op de kans op aanrijdingen met fauna zijn onderzocht, lijken het idee te ondersteunen dat verkeersintensiteit een belangrijke factor is die het aantal faunaslachtoffers beïnvloedt (Jaarsma & Willems, 2002; Van Langevelde & Jaarsma, 2004; Jaarsma et al., 2006). Ook laten modelstudies zien dat verkeersluwe gebieden de overlevingskansen van populaties reeën kunnen vergroten (Van Langevelde & Jaarsma, 2009).

4.2.1.1 Damhert en ree

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op damhert of ree.

4.2.1.2 Overige hertensoorten

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op andere hertensoorten.

4.2.2 Reduceren toegestane rijnsnelheid

Deze maatregel bestaat uit het verlagen van de toegestane rijnsnelheid voor automobilisten (bebording), eventueel aangevuld met maatregelen om die rijnsnelheid te handhaven, zoals snelheidscontroles, wegaanpassing (o.a. verkeersdrempels, ribbels, wegversmallingen), voorlichting gericht op de bewustwording van risico's of een combinatie van deze maatregelen. Het verlagen van de rijnsnelheid verruimt het blikveld, waardoor de kans op het tijdig zien van fauna in de wegberm wordt vergoot en de stopafstand afneemt, zodat er meer tijd is om de dieren te ontwijken.

4.2.2.1 Damhert en ree

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op damhert of ree.

4.2.2.2 Overige hertensoorten

Bertwistle (1999) bestudeerde de effecten van zones met een verlaagde toegestane rijnsnelheid (van 90 naar 70 km/u) op het aantal aanrijdingen met edelherten op een tweebaansweg in Jasper National Park, Canada. Binnen de zones met de snelheidsbeperkingen was het aantal aanrijdingen met edelherten significant lager vergeleken met de wegtrajecten waar de snelheid niet verlaagd was. De verschillen waren echter niet groot. De onderzoeker stelt dat dit naar verwachting verband houdt met de vaststelling dat minder dan 20% van de automobilisten zich aan de snelheidslimiet van 70 km/u hield.

Jägerbrand & Antonson (2016) ontdekten via onderzoek met een rijnsimulator dat snelheidscamera's ('flitspalen'), in combinatie met een snelheidsbord, resulteerden in een significant hogere voertuigsnelheid, zowel vóór als 300-500 m na het passeren van de camera. De onderzoekers redeneerden dat de snelheidstoename voor het passeren van de snelheidscamera waarschijnlijk te wijten was aan het verkeersbord dat 300 m voor de snelheidscamera was geplaatst, dat de bestuurders informeerde over de snelheidscontrole. Deze informatie heeft mogelijk geleid tot een verhoogde focus op het naleven van de snelheidslimiet of tot een poging om de verminderde snelheid onmiddellijk na de camera vooraf te compenseren. Compensatie kan ook de hogere snelheden vanaf 300 m na de camera verklaren. Zij concludeerden dat snelheidscamera's naar verwachting geen goede maatregel zijn om rijnsnelheden te handhaven met als doel om aanrijdingen met elanden te voorkomen. In een tweede, vergelijkbare studie onderzochten Jägerbrand et al. (2018) de effecten van een snelheidscamera op de rijnsnelheid van automobilisten op een groter ruimtelijk schaalniveau, i.e. tot 2 km na de flitspaal. Op deze langere afstanden waren er geen effecten van de snelheidscamera op de rijnsnelheid.

4.2.3 Afsluiting weg voor gemotoriseerd verkeer

Deze maatregel bestaat uit het afsluiten – tijdelijk of permanent – van een weg voor gemotoriseerd verkeer. Een tijdelijke afsluiting kan betrekking hebben op een deel van de dag of een deel van het jaar. Zo zou een weg gesloten kunnen zijn tussen zonsondergang en zonsopgang of in een periode waarvan bekend is dat fauna relatief frequent oversteekt, zoals tijdens seizoensgebonden pieken in bewegingen of migraties. Een permanente afsluiting kan betrekking hebben op de plaatsing van fysieke barrières die de toegang tot de weg verhinderen of op het verwijderen van het wegdek. Het idee achter de maatregel is dat een (tijdelijke) wegafsluiting de toegang van gemotoriseerd verkeer voorkomt of beperkt, waardoor er geen of een kleinere kans is op aanrijdingen.

4.2.3.1 Damhert en ree

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op damhert of ree.

4.2.3.2 Overige hertensoorten

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op andere hertensoorten.

4.3 Maatregelen gericht op het beïnvloeden van de weggebruikers

4.3.1 Educatie en voorlichting

Deze maatregel bestaat uit het verstrekken van informatie aan verkeersdeelnemers en anderen, met als doel mensen bewuster te maken van het probleem van aanrijdingen met fauna en de risico's die dit met zich meebrengt voor de verkeersveiligheid, meer begrip te kweken voor de diverse maatregelen die worden getroffen om het aantal faunaslachtoffers te beperken en de kans te vergroten dat mensen gevraagde aanpassingen in hun rijgedrag opvolgen, zoals een lagere rijsnelheid. Voor educatie en voorlichting kunnen diverse middelen worden ingezet, zoals bebording voor weggebruikers met specifieke informatie over de risico's op de betreffende locatie, informatieborden langs de weg die uitleg geven over de maatregelen die genomen zijn en waarom deze zijn gerealiseerd, informatieve artikelen of berichten in (lokale) kranten, tijdschriften en op sociale media, aandacht voor het onderwerp op (lokale) radio of televisie, het geven van voorlichting op scholen en het betrekken van het publiek (vrijwilligers) bij bijvoorbeeld het beheer of de monitoring van genomen maatregelen.

4.3.1.1 Damhert en ree

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op damhert of ree.

4.3.1.2 Overige hertensoorten

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op andere hertensoorten.

4.3.2 Waarschuwborden

Deze maatregel bestaat uit de plaatsing van waarschuwborden langs de weg. Dit kunnen permanente of tijdelijke borden zijn. Permanente borden worden toegepast als de kans op aanrijdingen in meer of mindere mate het gehele jaar aanwezig is. Tijdelijke borden zijn een optie als aanrijdingen in een specifieke periode van het jaar plaatsvinden, bijvoorbeeld tijdens seizoensgebonden migratiebewegingen.

Waarschuwborden bestaan er in een standaarduitvoering ('pas op, overstekend wild') maar kunnen ook maatwerk zijn, dus borden die voor een specifieke situatie of locatie zijn ontwikkeld. Een voorbeeld hiervan zijn de zogenoemde 'stand van zaken-borden', i.e. borden waarop het aantal aanrijdingen dat op de plek heeft plaatsgevonden of het aantal overgebleven dieren in de populatie is vermeld. De waarschuwborden kunnen statisch of dynamisch zijn of een combinatie van deze typen. Statische borden bestaan uit afbeeldingen of teksten die permanent zichtbaar zijn, zonder aanvullende signaleringen. Dynamische borden bestaan uit niet-permanente signaleringen, zoals knipperlichten, oplichtende toegestane maximumsnelheid, oplichtende afbeeldingen van overstekende fauna of actieve signalering van de rijsnelheid van het passerende voertuig. Waarschuwborden zijn er in alle gevallen op gericht om bestuurders te attenderen op de aanwezigheid van overstekende dieren, zodat ze langzamer en alerter rijden en zodoende de kans op een aanrijding verkleinen. Het idee achter maatwerk- en dynamische waarschuwborden is daarbij om te waarschuwen voor heel specifieke plekken of situaties. Het bijzondere karakter van deze borden moet de kans op gewenning aan en het negeren van de bebording verkleinen en de kans vergroten dat bestuurders hun rijgedrag (o.a. snelheid) aanpassen.

4.3.2.1 Damhert en ree

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op damhert of ree.

4.3.2.2 Overige hertensoorten

Sullivan et al. (2004) evalueerden de effecten van tijdelijke waarschuwborden, uitgerust met reflecterende vlaggen en knipperend oranje licht, op aanrijdingen met muilnierherten tijdens migraties. Ze stelden vast dat bij gebruik van de borden de rijsnelheden lager waren en dat het aantal aanrijdingen met herten met 50% afnam. Er waren wel aanwijzingen dat het effect tijdens het tweede jaar van de studie afnam. Ze concluderen dat tijdelijke waarschuwborden een effectieve maatregel kunnen zijn op wegen waar aanrijdingen met herten nauw samenhangen met seizoensgebonden migratieperiodes en duidelijk afgebakende migratiecorridors.

Found & Boice (2011b) onderzochten het effect van permanente waarschuwborden (standaarduitvoering) op het aantal aanrijdingen met witstaart- en muildeerherten. Zij gebruikten historische gegevens van faunaslachtoffers, gebaseerd op het ophalen van hertenkarkassen, om wegtrajecten te identificeren met een relatief hoge aanrijdingsfrequentie ('hotspots'). Op dertien van deze plekken zijn vervolgens waarschuwborden geplaatst en op dertien andere niet (controlelocaties). Het aantal slachtoffers onder herten was significant lager (34%) op de gemitigeerde trajecten in het jaar nadat de borden waren geplaatst, vergeleken met de drie voorgaande jaren. De onderzoekers concluderen dat bebording het aantal aanrijdingen in het eerste jaar na installatie kan beperken, maar dat onbekend blijft of dit effect ook op langere termijn optreedt.

Jägerbrand & Antonson (2016) stelden via onderzoek met een rijnsimulator vast dat een waarschuwbord met een eland de rijnsnelheid verminderde met 1,3 km/u vlak vóór het bord en 3,8 km/u na het bord. Een bosrijk landschap resulteerde in hogere snelheidsreducties. Er werden juist lagere snelheidsreducties waargenomen als er faunakerende rasters aanwezig waren, maar dit effect was niet significant. In de simulaties is gebruikgemaakt van een verharde tweebaansweg met een snelheidslimiet van 90 km/u, gebaseerd op de topografie en kromming van een bestaande weg in Zuid-Zweden. In totaal namen 25 deelnemers deel aan de simulaties. Ze waren relatief homogeen in termen van leeftijd, geslacht en rijervaring. In een tweede, vergelijkbare studie onderzochten Jägerbrand et al. (2018) de effecten van hetzelfde waarschuwbord op de rijnsnelheid op een groter ruimtelijk schaalniveau, i.e. tot 2 km na het bord. Op deze langere afstanden waren er geen effecten op de rijnsnelheid. Het waarschuwbord bleek de rijnsnelheid net na het bord met 1,5 km/u te verminderen, maar na 1 km was er geen aantoonbaar effect meer op de rijnsnelheid. Slechts 8% van de bestuurders voelde zich onzeker/onveilig na het passeren van het waarschuwbord voor overstekende elanden, wat volgens de onderzoekers het beperkte effect op de rijnsnelheid, zowel wat betreft omvang als afstand, verklaart. In beide studies waren de snelheidsreducties vrij klein (<4 km/u) en het blijft onduidelijk in hoeverre dergelijke verminderingen aanrijdingen met de dieren zouden voorkomen.

Donaldson & Kweon (2019) onderzochten het effect van op verplaatsbare matrixborden gepresenteerde berichten die automobilisten wezen op het gevaar van overstekende witstaartherten. De berichten werden geplaatst langs een circa 40 km lange snelweg tijdens de piek van de hertenactiviteit in de maanden oktober-november, vanaf 17.00 uur tot 9.00 uur. De berichten waren bedoeld om het bewustzijn van de bestuurder te vergroten en het hoge aantal aanrijdingen met herten te verminderen in het gebied. De borden met waarschuwbberichten bleken het aantal aangereden herten significant te verkleinen. Ook nam de rijnsnelheid op de meeste plekken significant af – tot circa 6 km/u – na plaatsing van de borden. De snelheidsreducties waren groter op momenten dat de berichten tijdens perioden met weinig verkeer werden getoond. De onderzoekers concluderen dat dynamische waarschuwborden met seizoensgebonden berichten over herten op een snelweg een effectieve vorm van mitigatie kunnen zijn.

4.3.3 Wilddetectiesysteem – in de wegberm

Deze maatregel bestaat uit in de wegberm geplaatste sensoren waarmee dieren kunnen worden gedetecteerd wanneer deze de weg naderen. Het detectiesysteem is gekoppeld aan dynamische waarschuwborden langs de weg die de weggebruikers attenderen op de aanwezigheid van dieren in de wegberm en meestal ook een adviessnelheid aangeven. De gebruikte detectietechniek verschilt per systeem, zoals detectie met infraroodlicht, radiogolven, laser of radar. Sommige systemen maken gebruik van bovengrondse detectiesensoren, andere gebruiken ingegraven detectiesystemen. Een wilddetectiesysteem kan, afhankelijk van de lokale topografie, over grote weglengten worden geïnstalleerd. Het voordeel van dergelijke systemen boven bijvoorbeeld faunarasters is dat het geen barrière vormt voor de bewegingen van de dieren: het belemmert ze niet om de weg over te steken, maar creëert wel een veiliger situatie om dat te doen. Er zijn ook situaties waar een wilddetectiesysteem is gecombineerd met faunarasters. Het merendeel van de weg is daarbij van rasters voorzien met op een of enkele plekken een opening – vaak enkele tientallen tot honderden meters groot – waar dieren de weg kunnen oversteken. Op die plekken is dan een wilddetectiesysteem geplaatst om de risico's op aanrijdingen te beperken. Het idee achter een wilddetectiesysteem is dat automobilisten alleen worden gewaarschuwd op momenten dat er echt sprake is van een risicovolle situatie. Dit zou de kans moeten vergroten dat bestuurders reageren op de waarschuwing en tegelijkertijd de kans op gewinning moeten verkleinen.

4.3.3.1 Damhert en ree

De Roo & Zekhuis (2012) onderzochten het effect van wilddetectiesystemen langs provinciale wegen op vier locaties in Overijssel. De systemen werden in combinatie met faunakerende rasters en zogenoemde 'wildsluizen' – openingen in het raster – gebruikt. De onderzoekers concluderen dat de wilddetectiesystemen tot een reductie van 95% in het aantal aanrijdingen met reeën heeft geleid. Een statistische analyse van de gegevens is niet gepresenteerd.

4.3.3.2 Overige hertensoorten

Gordon et al. (2004) testten de effectiviteit van het FLASH™ systeem, ontworpen om de aanwezigheid van herten langs wegen te detecteren en automobilisten te waarschuwen met behulp van knipperlichten en een waarschuwingsbord. Ze verzamelden gegevens over veranderingen in rijsnelheid in reactie op het wilddetectiesysteem op een tweebaansweg (snelheidslimiet 105 km/uur; circa 1.500 voertuigen/dag) waar veel muilddierherten werden aangereden. Tevens voerden ze een reeks experimentele manipulaties uit om te onderzoeken hoe automobilisten reageren op verschillende waarschuwingsvormen. Bij normale werking van het systeem bleken in de nacht de grootste (gemiddeld 6 km/uur) snelheidsverminderingen plaats te vinden. Tijdens experimentele manipulaties verminderden automobilisten hun snelheid met 20% op momenten dat er een namaak-hert in de berm was gezet, tegenover 7% op momenten dat alleen de knipperlichten en het waarschuwingsbord werden gebruikt. De onderzoekers concluderen dat het geteste systeem effectief kan zijn bij het voorkomen van aanrijdingen met herten in gebieden met een lagere snelheidslimiet en meer bestemmingsverkeer, maar dat het niet geschikt is voor toepassing op wegen met hoge rijsnelheden (>100 km/uur).

Druta & Alden (2020) onderzochten de effectiviteit van een wilddetectiesysteem waarbij geen bovengrondse sensoren werden gebruikt, maar een ingegraven sensorkabel. De sensorkabel zendt radiosignalen uit. Deze radiosignalen vormen een onzichtbaar elektromagnetisch detectieveld rond de sensorkabel waarmee een dier kan worden gedetecteerd dat door het detectieveld loopt. Dit detectiesysteem werd gekoppeld aan een dynamisch waarschuwingsbord met de oplichtende tekst 'Deer Crossing' op het moment dat er een dier werd gedetecteerd. Het wilddetectiesysteem bleek in staat om grotere dieren, zoals herten, te detecteren met een betrouwbaarheid van bijna 99%. Het systeem presteerde ook goed wanneer het was bedekt door ongeveer 0,6 m sneeuw. Circa 80% van de bestuurders verminderde snelheid of remde af op momenten dat de waarschuwingsborden waren geactiveerd. In het eerste jaar na installatie van het systeem werd een vermindering van 75% in het aantal aanrijdingen met herten waargenomen.

Rutten et al. (2021) evalueerden een wilddetectiesysteem op de Kamperbaan (N73) tussen Hechtel-Eksel en Leopoldsburg (Vlaanderen). Hierbij beoordeelden zij de betrouwbaarheid (mate van correctheid detecties), gevoeligheid (detectiekans diersoorten) en de effectiviteit (veranderingen in het aantal aanrijdingen met fauna) van het wilddetectiesysteem. Voor de evaluatie van de betrouwbaarheid en gevoeligheid van het systeem is gebruikgemaakt van simultane metingen van de aanwezigheid van dieren met behulp van cameravallen. In 80,3% van de actieve uren van het systeem werden geen dieren geregistreerd door het systeem noch door de camera's (correct-negatief). In 5,8% van de tijd vielen waarnemingen van dieren door de camera's samen met registraties van het wilddetectiesysteem (correct-positief). In 3,2% van de tijd werden dieren waargenomen met de camera's, zonder registratie door het systeem (vals-negatief). In 10,7% van de tijd werden er geen dieren waargenomen met de camera's, maar werd het systeem wel geactiveerd (vals-positief). Er waren nauwelijks verschillen in gevoeligheid tussen het gebruik van lijndetectiesensoren en vlakdetectiesensoren. Vos, everzwijn, ree en wolf werden het meest waargenomen op de cameravallen. Het zijn ook deze dieren die we op camera zagen oversteken. In de onderzoeksperiode werden er over een periode van 20 maanden 122 oversteken van fauna (vooral ree, wild zwijn, wolf en vos) gedetecteerd. De detectiekans van ree was 83,3%. Om de effectiviteit na te gaan, vergeleken de onderzoekers het jaarlijkse aantal verkeersongevallen vóór (2015-2018) en na (2019-2020) de installatie van het systeem. Voor de installatie van het systeem werden er gemiddeld 14 aanrijdingen per jaar geregistreerd. Na de installatie werden er jaarlijks gemiddeld 2 aanrijdingen geregistreerd.

4.3.3.3 Meta-analyse

Rytwinski et al. (2016) onderzochten de effectiviteit van diverse maatregelen die het aantal faunaslachtoffers op verkeerswegen moeten verminderen. Zij voerden hiervoor een meta-analyse uit met behulp van gegevens uit vijftig studies. Tien van deze studies hadden betrekking op wilddetectiesystemen. Het betrof

studies uit Europa en Noord-Amerika, gericht op respectievelijk hoefdieren en hoefdieren/grote predatoren. De wilddetectiesystemen bleken het aantal faunaslachtoffers gemiddeld met 57% te verminderen.

4.3.4 Wilddetectiesysteem – in het voertuig

De maatregel is vergelijkbaar met de voorgaande, maar nu vindt de detectie van dieren op of naast de weg plaats met een detectiesysteem in het voertuig in plaats van langs de weg. Dergelijke detectiesystemen maken gebruik van sensoren of videocamerabeelden. Bij gebruik van videocamera's zijn zowel conventionele als thermische opnamen (warmtebeeldcamera) te gebruiken. Het idee is ook hier om de bestuurders vroegtijdig te kunnen waarschuwen voor de aanwezigheid van fauna en technieken te benutten die het 'zicht' op fauna voor de bestuurder vergroten.

4.3.4.1 Damhert en ree

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op damhert of ree.

4.3.4.2 Overige hertensoorten

Jino Hans et al. (2020) presenteren een methode om met behulp van conventionele en thermische camerabeelden die vanuit een voertuig worden gemaakt, herten op de weg te detecteren. De methode, waarbij gebruik is gemaakt van kunstmatige intelligentie en waarbij beelden van diverse hertensoorten uit verschillende delen van de wereld zijn gebruikt, blijkt effectief in het herkennen van herten. Het systeem kan worden gekoppeld aan de boordcomputer van het voertuig om de bestuurder te waarschuwen of direct de snelheid van het voertuig te verminderen. Een veldtest van het systeem is niet gepresenteerd, dus het is nog onbekend of en in welke mate het systeem het aantal aanrijdingen met herten kan verminderen.

4.3.5 Waarschuwingmeldingen in de auto

Deze maatregel bestaat uit waarschuwingmeldingen die bestuurders via hun navigatiesysteem of via de radio krijgen op plekken en/of momenten dat de kans op overstekende fauna groot is. Deze meldingen zijn niet gekoppeld aan een wilddetectiesysteem, langs de weg of in het voertuig, maar aan historische of actuele informatie over risico's op aanrijdingen met fauna. Bijvoorbeeld door de identificatie van risicoplekken op basis van (recente) faunaslachtoffergegevens of een analyse van omgevingsfactoren die de kans op aanrijdingen op een wegtraject vergroten. Of op basis van actuele meldingen van andere weggebruikers die dieren hebben zien oversteken of in de nabijheid van de weg hebben zien staan. Het idee is dat dergelijke meldingen bestuurders attent maakt op een bijzondere situatie, zodat zij tijdig hun rijgedrag kunnen aanpassen.

4.3.5.1 Damhert en ree

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op damhert of ree.

4.3.5.2 Overige hertensoorten

Jägerbrand & Antonson (2016) onderzochten met een rijnsimulator de effecten van waarschuwingsberichten over elanden op de rijnsnelheid. De berichten werden via de radio aan de bestuurders gegeven. Het radiobericht verklaarde: "Verkeersbericht gericht op automobilisten op Highway 34 tussen Linköping en Vimmerby bij Törnevik: we hebben verschillende oproepen ontvangen over een eland aan de kant van de weg." Het radiobericht werd tegelijkertijd met een bord met de naam van het dorp gegeven, zodat de bestuurders wisten dat het bericht aan hen was gericht. Afgezien van dit radiobericht was de radio stil tijdens de rit. Een professionele radiojournalist van de Zweedse radio, die meestal verkeersinformatie aankondigt, nam het radiobericht op. De onderzoekers stelden een snelheidsvermindering vast van ~4 km/uur nadat een radiobericht was afgegeven. Een bosrijk landschap zorgde voor hogere snelheidsverminderingen. De aanwezigheid van faunarasters zorgde juist voor lagere snelheidsreducties, wat aangeeft dat de aanwezigheid van raster een gevoel van veiligheid kan hebben gegeven, maar dit effect was niet significant. De onderzoekers merken op dat het niet bekend is of de reacties op grotere afstand van de plek waar het bericht is gegeven, verdwijnen als gevolg van gewenning van de bestuurder. Ook is niet bekend of de reacties in de loop van de tijd, na meerdere radioberichten, afneemt. Tevens blijft onduidelijk in hoeverre de gemeten snelheidsverminderingen faunaslachtoffers zouden voorkomen. In een tweede, vergelijkbare studie onderzochten Jägerbrand et al. (2018) de effecten van een soortgelijk radiobericht op de rijnsnelheid op een

groter ruimtelijk schaalniveau, i.e. tot 2 km nadat het bericht was gegeven. In deze studie was sprake van een snelheidsvermindering van gemiddeld ~8 km/uur die duurde tot meer dan 1 km na de plek waar het bericht was gegeven. 88% van de bestuurders gaf aan extra alert te zijn gemaakt door het radiobericht.

4.3.6 Bermbeheer voor beter zicht weggebruiker

Deze maatregel bestaat uit het beheren van bermen met als doel een breder blikveld voor de weggebruiker te creëren en het zicht op fauna in de wegberm te verbeteren. Dergelijk bermbeheer bestaat uit het verwijderen van opgaande begroeiing in een brede zone direct langs het wegdek en het vervolgens frequent maaien van deze zone.

4.3.6.1 Damhert en ree

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op damhert of ree.

4.3.6.2 Overige hertensoorten

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op andere hertensoorten.

4.4 Maatregelen gericht op het beïnvloeden van het gedrag van de herten

4.4.1 Wildspiegels/-reflectoren

Deze maatregel betreft de plaatsing van een reeks reflecterende objecten langs de weg, zoals wildspiegels of reflectoren. De wildspiegels/reflectoren worden op vaste afstanden van elkaar geplaatst, meestal om de 25 of 50 m. Plaatsing gebeurt doorgaans aan beide zijden van de weg. Wildspiegels bestaan uit twee roestvrijstalen oppervlakken die licht weerspiegelen. Reflectoren zijn er in diverse vormen (o.a. vlakvormig, halfcirkelvormig, 'molentjes') en kleuren (o.a. rood, oranje, wit, blauw, combinatie van kleuren). Het idee is dat wildspiegels en reflectoren het licht van passerende voertuigen naar de omgeving weerkaatsen. Aangenomen wordt dat herten hierdoor geattendeerd worden op naderende voertuigen en daardoor afgeschrikt worden om op dat moment over te steken.

4.4.1.1 Damhert en ree

Ujvári et al. (1998) bestudeerden de gedragsreacties van vrijlopende damherten op WEGU-wildreflectoren in een experimentele setting. Het gedrag van de herten werd gevolgd door directe observaties met een nachtkijker, zowel zonder als met blootstelling aan gesimuleerde reflecties van koplampen in de reflectoren. Omdat het experiment plaatsvond op een perceel in het bos, op afstand van wegen, werden andere factoren die verband houden met wegen en verkeer (bijvoorbeeld geluid, beweging, straatverlichting) geëlimineerd. De eerste nacht met blootstelling aan lichtreflecties vluchtten de damherten, afhankelijk van de intensiteit van de lichtbron, in 86-99% van de gevallen voor de reflectie. De vluchtreactie nam echter af in de volgende nachten. Tijdens de vijftiende nacht vluchtte nog slechts 16-30% van de dieren. De onderzoekers concludeerden dat de damherten gewend raakten aan de lichtreflecties van de reflectoren. Pauzes in blootstelling aan deze lichtreflecties vertraagden de gewenning, maar voorkwamen deze niet. De onderzoekers verwachtten een verdere afname van vluchtreacties als het onderzoek langer was voortgezet. Ze betogen echter dat het onwaarschijnlijk is dat de damherten volledig onverschillig zouden worden voor de lichtreflecties, als gevolg van de sociale interacties van vrijlopende herten. Er kunnen altijd individuen in de groep aanwezig zijn die minder gewend zijn aan de lichtreflecties, wat de reactie van individuen die er meer aan gewend zijn, kan beïnvloeden, aangezien dieren die in groepen leven instinctief signalen van gevaar en angst van elkaar lezen en erop reageren.

BTL Advies (2011) onderzocht de effectiviteit van ITEK-reflectoren – 'molentjes' voorzien van reflecterend materiaal – op het aantal aanrijdingen met reeën op drie locaties op de N57 in Zeeland. De molentjes bewegen in de wind of als gevolg van langsrijdend verkeer. Op de eerste onderzoeklocatie (Vrouwenpolder) – waar behalve ree ook damhert als slachtoffer is gemeld – kon geen analyse worden uitgevoerd, omdat er te weinig gegevens beschikbaar waren. Voor de onderzoeklocaties Schelphoek en Brouwersdam zijn wel

gegevens beschikbaar van de jaren vóór en na mitigatie, maar de aantallen zijn beperkt, een statistische analyse van de gegevens ontbreekt en conclusies over een effect van de reflectoren op deze plekken zijn niet getrokken. Het onderzoeksrapport maakt ook melding van een proef met ITEK-reflectoren bij de Slingerweg in Flevoland en bij de weg tussen Vlierhuizen en Lauwersoog in het Lauwersmeer. Vóór de aanleg van de reflectoren bij de Slingerweg werden gemiddeld 15 reeën per jaar aangereden. In het jaar na de aanleg is er slechts 1 verkeerslachtoffer geregistreerd. In het Lauwersmeer steeg het aantal aanrijdingen met ree juist – van 10 naar 23 – in het eerste jaar na plaatsing van de reflectoren. Beide datasets zijn onvoldoende voor een statistische analyse en conclusies over de effectiviteit van de reflectoren kunnen hier dan ook niet aan worden verbonden. In dezelfde studie wordt ook melding gemaakt van een 50% daling in het aantal aanrijdingen met reeën in geheel Flevoland als gevolg van het gebruik van ITEK-reflectoren in combinatie met afschot. Concrete gegevens of een statistische analyse worden niet gepresenteerd, wat maakt dat ook hier niet met zekerheid kan worden geconcludeerd dat er een aantoonbaar effect van de mitigatie is. Omdat hier twee mitigerende maatregelen zijn gecombineerd, is het eveneens onduidelijk dat als er een effect is, in welke mate dit moet worden toegeschreven aan de reflectoren dan wel het afschot.

Brieger et al. (2017a) voerden een gedragsonderzoek uit met in gevangenschap levende reeën om te onderzoeken of reeën een specifieke gedragsreactie vertonen op 'blauw' licht. Het onderzoek had als doel om te bepalen of dit type licht, waar reeën gevoelig voor zijn, een 'waarschuwingseffect' oproept in de dieren en daarom een geschikte kleur zou zijn voor toepassing in wildreflectoren. Verschillende voerplekken werden pseudo-willekeurig verlicht met blauw of warmwit licht, of onverlicht gelaten. Tijdens het experiment zijn voedertijd en voerplekkeuze in afhankelijkheid van verlichting gemeten. Hoewel de voedertijden korter bleken te zijn bij verlichting, was er geen verschil tussen de twee verlichtingstypes. Bovendien gaven reeën de voorkeur aan de verlichte voerplek boven de niet-verlichte voerplek. De onderzoekers concluderen dat blauw licht geen waarschuwingseffect had bij reeën. In aanvulling op dit experiment onderzochten Brieger et al. (2017b) hoe reeën – zowel in gevangenschap als in het wild – reageren op de reflecties van halfcirkelvormige, blauwe reflectoren. Zij vonden geen bewijs dat de reflecties door de dieren als een bedreiging werden gezien of ontwijkende bewegingen stimuleerden. De onderzoekers concluderen dat het onderzoek geen bewijs levert dat blauwe reflectoren gedrag bij reeën induceren dat geschikt lijkt om aanrijdingen in het verkeer te verminderen.

Kämmerle et al. (2017) onderzochten de bewegingen rondom verkeerswegen van 32 reeën die van een gps-zender waren voorzien. Het oversteekgedrag bleek vooral samen te hangen met verschillen in activiteit gedurende de dag en over de seizoenen. Wegen werden vooral overgestoken in de schemering en de nacht, terwijl de variatie in oversteekfrequentie tussen de seizoenen vooral gerelateerd was aan de voortplantingscyclus. De bewegingsactiviteit van reeën viel samen met woon-werkverkeer, voornamelijk in de vroege ochtend en late namiddag tijdens de winter. Daarnaast nam de oversteekfrequentie toe in perioden waarin de dieren zich relatief veel verplaatsten, zoals tijdens de bronst. Zij stelden ook vast dat de oversteekfrequentie toenam bij een hogere wegdichtheid in het leefgebied, maar het verkeersvolume slechts marginale effecten had. Het tijdstip en de frequentie waarmee de dieren wegen overstaken, veranderden niet als gevolg van de aanwezigheid van reflectoren.

Benten et al. (2018a) onderzochten het effect van reflectoren op het aantal aanrijdingen met reeën op 151 locaties in Duitsland. De reflectoren bleken het aantal aanrijdingen niet significant te reduceren. De onderzoekers concluderen dat reflectoren geen effectief instrument zijn voor het reduceren van aanrijdingen met fauna op verkeerswegen. In een tweede studie analyseerden deze onderzoekers de reacties van hoefdieren (damhert, ree en wild zwijn) op naderende voertuigen en de reacties van automobilisten op wilde dieren in de wegberm, voor en na installatie van reflectoren (Benten et al., 2019). In de test zijn hiervoor recent op de markt gebrachte veelkleurige reflectoren gebruikt. Zij onderzochten ook of er gewenning optrad aan de aanwezigheid van de reflectoren door zowel de dieren als automobilisten. De studie is uitgevoerd op dertien onderzoekslocaties in Duitsland, gedurende een onderzoeksperiode van een jaar. De metingen zijn gedaan met behulp van thermische camera's voor en na installatie van de reflectoren. Het onderzoek liet zien dat de hoefdieren de wegberm vaker verlieten na plaatsing van de reflectoren. Dit effect duurde echter maar 16,5 dagen en had geen invloed op het risico op een aanrijding met een voertuig. Bovendien veranderden de reflectoren het rijgedrag van automobilisten niet. De onderzoekers concludeerden dat reflectoren niet effectief zijn om botsingen tussen voertuigen en dieren in het wild te verminderen.

Van der Grift et al. (2018) onderzochten het effect van wildspiegels langs 5 lokale verkeerswegen in de Achterhoek. Op 4 van deze plekken waren naast de wildspiegels ook blauwe reflectoren geplaatst. Op al deze locaties leidde de mitigatie niet tot een aantoonbare reductie in het aantal aanrijdingen met reeën. In dezelfde studie zijn ook 37 plekken met alleen blauwe reflectoren onderzocht, waarbij het aantal aanrijdingen vóór en na de plaatsing van de reflectoren is vergeleken. De reflectoren hebben op 36 plekken niet geleid tot een aantoonbare reductie in het aantal aanrijdingen. Op 1 plek is wel een significante reductie (100%) in het aantal aanrijdingen met reeën gemeten. Het aantal aanrijdingen op deze plek was vóór de plaatsing van de reflectoren echter beperkt (n=6). Een gevoeligheidsanalyse liet dan ook zien dat slechts 1 aanrijding met een ree na de plaatsing al zou hebben geleid tot een andere conclusie. In aanvulling op deze analyses van individuele wegtrajecten is een meta-analyse uitgevoerd, waarbij de slachtoffergegevens op alle plekken samen zijn genomen (Van der Grift et al., 2021). Aangezien het jaar van aanleg van de reflectoren per plek verschilde, varieerde het aantal jaren waarin slachtoffergegevens zijn verzameld voor plaatsing van de reflectoren tussen 5 en 8 jaar, en na plaatsing tussen 2 en 5 jaar. Er zijn daarom twee scenario's geanalyseerd. In scenario 1 zijn de gegevens van 5 jaar voor en 2 jaar na de installatie van de blauwe reflectoren (n=37 plekken, totale weglengte 26,8 km) gebruikt. In scenario 2 zijn de gegevens van 5 jaar voor en 5 jaar na de installatie van de blauwe reflectoren (n=18 plekken) gebruikt. Voor beide scenario's kon geen effect van de reflectoren worden aangetoond. In scenario 1 was het gemiddelde jaarlijkse aantal slachtoffers onder reeën respectievelijk 24,4 en 24,5 voor en na mitigatie. In scenario 2 was het gemiddelde jaarlijkse aantal slachtoffers respectievelijk 12,4 en 12,0 voor en na mitigatie. De populatiegrootte in de gebieden rondom de onderzochte wegen daalden met respectievelijk 9% (scenario 1) en 17% (scenario 2) voor en na mitigatie. Na correctie voor deze trends in de populatie, uitgaande van een lineair verband tussen populatiegrootte en het aantal slachtoffers onder reeën als gevolg van aanrijdingen, vonden de onderzoekers een trend van 10% (scenario 1) en 16% (scenario 2) toename van het aantal slachtoffers na plaatsing van de reflectoren.

4.4.1.2 Overige hertensoorten

Waring et al. (1991) vergeleken het aantal aangereden witstaartherten op een tweebaansweg in Illinois voor (24 maanden) en na (14 maanden) de installatie van Swareflex-reflectoren over een 0,8 km lang wegtraject. Het aantal aanrijdingen met herten tussen zonsondergang en zonsopgang verschilde niet na plaatsing van de reflectoren in vergelijking met het aantal tijdens de nulmeting, hoewel de hertenpopulatie was afgenomen. Ook bleek het gedrag van herten die de weg overstaken niet te worden veranderd door de reflectoren.

Reeve & Anderson (1993) testten Swareflex-reflectoren in het westen van Wyoming om hun effectiviteit te bepalen in het verminderen van aanrijdingen met migrerende muilrierherten. Tijdens de test werden reflectoren aan beide zijden van een snelweg (3,2 km) geïnstalleerd en gedurende drie jaar gecontroleerd. De reflectoren werden afwisselend bedekt en onbedekt gedurende periodes van een of twee weken. Het aantal tijdens elke periode aangereden muilrierherten werd vergeleken met het aantal aangereden herten langs een vergelijkbaar controletraject (3,2 km) van de snelweg. Het aantal herten dat door aanrijdingen werd gedood terwijl de reflectoren in werking waren, overtrof het aantal slachtoffers dat op basis van toeval werd verwacht. De onderzoekers concluderen dat er geen aanwijzingen zijn dat Swareflex-reflectoren enig effect hebben gehad op het verminderen van het aantal aanrijdingen.

D'Angelo et al. (2006) evalueerden de gedragsreacties van witstaartherten op de aanwezigheid van vier soorten reflectoren: rood, wit, blauwgroen en amberkleurig. Ze observeerden het gedrag van witstaartherten langs verkeerswegen met een infraroodcamera gedurende 90 nachten, vóór en na installatie van de reflectoren. De onderzoekers concludeerden dat reflectoren niet effectief waren in het veranderen van het gedrag van witstaartherten en aanrijdingen met herten dus niet kunnen voorkomen.

Riginos et al. (2018) onderzochten de effectiviteit van reflectoren in het voorkomen van aanrijdingen met muilrierherten op een snelweg in Wyoming. Zij selecteerden tien testtrajecten (ieder 1,6 km lang) en pasten twee 'behandelingen' toe: de reflectoren bleven onbedekt of de reflectoren werden bedekt met witte canvaszakken, met de bedoeling om de reflectoren te neutraliseren. De behandelingen werden maandelijks gewisseld. Aangereden herten werden gedurende een jaar geteld en het gedrag van de dieren tijdens het oversteken werd geobserveerd met behulp van thermische videocamera's. Het aantal faunaslachtoffers was 33% lager bij de behandeling met wit canvas ten opzichte van onbedekte reflectoren. Bij de met wit canvas bedekte reflectoren stopten de herten ook 20% vaker voordat ze de weg opgingen, renden de herten 11%

minder vaak de weg op en vluchtten de herten 12% vaker van de weg af dan toen de reflectoren onbedekt waren. In een vervolgonderzoek stelden de onderzoekers vast dat er 32% minder aanrijdingen waren bij onbedekte reflectoren in vergelijking met zwart canvas bedekte reflectoren. Ze vonden verder dat het oversteekgedrag van herten het minst risicovol was bij een behandeling met wit canvas, gemiddeld bij een behandeling met onbedekte reflectoren en het risicovolst toen de reflectoren waren verwijderd. De onderzoekers concludeerden dat, hoewel reflectoren matig effectief zijn in het terugdringen van het aantal aanrijdingen, wit canvas aanzienlijk effectiever bleek en er daarom nieuwe afschrikking-bevorderende maatregelen moeten worden verkend.

4.4.1.3 Meta-analyses

Rytwinski et al. (2016) onderzochten de effectiviteit van diverse maatregelen die het aantal faunaslachtoffers op verkeerswegen moeten verminderen. Zij voerden hiervoor een meta-analyse uit met behulp van gegevens uit vijftig studies. Zeven hiervan hadden betrekking op wildspiegels/reflectoren. Het betrof in alle gevallen studies uit Noord-Amerika, gericht op muilpie (*Odocoileus hemionus*) en/of witstaarthert (*Odocoileus virginianus*). Hoewel er meer studies – inclusief Europese studies – naar de effectiviteit van reflectoren werden geïdentificeerd, voldeden de meeste studies niet aan de eisen die een meta-analyse aan de gegevens stelt. Het effect van wildspiegels/reflectoren bleek zeer gering; ze zorgden gemiddeld voor een vermindering van 1% van het aantal faunaslachtoffers.

Brieger et al. (2016) hebben een systematische literatuurstudie uitgevoerd om te onderzoeken of wildspiegels/reflectoren aanrijdingen met fauna – herten, maar ook andere soorten zoogdieren – kunnen voorkomen. Vervolgens voerden zij een meta-analyse uit op basis van (opgevraagde) gegevens van 53 studies, waarin 185 wegen in Europa en Noord-Amerika zijn onderzocht. De studie laat zien dat wildspiegels/reflectoren het aantal aanrijdingen met fauna niet significant verminderden. Opvallend was wel dat er verschillen in effectgroottes waren tussen kort- en langlopende studies: positieve effecten van de maatregel werden vaker geconstateerd in studies met een beperkte studieduur. Iets soortgelijks werd vastgesteld voor de lengte van het onderzochte wegtraject: studies waarin korte wegtrajecten zijn onderzocht, lieten eerder een effect zien dan lange wegtrajecten. Tevens stelden de onderzoekers vast dat er een ‘publicatie bias’ lijkt te zijn: studies die een effect laten zien worden eerder in de wetenschappelijke literatuur gepubliceerd dan studies waarin geen effect is aangetoond.

Benten et al. (2018b) maakten een overzicht van 76 studies waarin de effectiviteit van reflectoren op fauna (meerdere soortgroepen) is onderzocht. Zij voerden een meta-analyse uit om de effectiviteit van reflectoren te bepalen en afhankelijkheden van methodische aspecten van de studies te onderzoeken, i.e. afhankelijkheid van de onderzoeksopzet, studieomstandigheden, studieduur, lengte van de testlocaties, tijdsduur van de studie, gegevensbron, reflectortype en diersoort. De analyses leverden geen duidelijk bewijs op voor de effectiviteit van reflectoren bij het voorkomen van aanrijdingen met fauna. In plaats daarvan toonde de meta-analyse aan dat de meeste onderzoeken die wijzen op significante effecten van reflectoren op het optreden van aanrijdingen met fauna mogelijk bevooroordeeld zijn vanwege tekortkomingen in onderzoeksopzet en/of de wijze van gegevensverzameling. Alleen studies met een BA-onderzoeksopzet concluderen dat reflectoren effectief zijn; studies met een BACI-opzet, die geschikt zijn om conclusies te trekken over effectiviteit, deden dat niet. Bovendien toonden de onderzoekers aan dat alleen studies met een relatief korte studieduur (<12 maanden) en relatief korte testlocaties (<5 km) aangaven dat reflectoren het aantal aanrijdingen zouden kunnen verlagen. Studies die langer duurden en meer of grotere testlocaties hadden, lieten juist geen effect zien van reflectoren op het aantal aanrijdingen.

4.4.2 Akoestisch afschrikmiddel

Deze maatregel bestaat uit het gebruik van geluidssignalen om dieren af te schrikken de weg over te steken op het moment dat er verkeer is. Er zijn globaal drie vormen te onderscheiden: (1) geluidssignalen die worden afgegeven door apparaten die in de wegberm zijn geplaatst, (2) geluidssignalen die worden afgegeven door apparaten die op voertuigen zijn gemonteerd (‘hertenfluiten’) en (3) geluidssignalen die worden afgegeven door het wegdek op het moment dat verkeer passeert (‘waarschuwingsribbels’). De apparaten die in de wegberm worden geplaatst, gaan geluid produceren bij nadering van een voertuig, bijvoorbeeld geïnitieerd door sensoren die reageren op het licht van koplampen. Het type geluid kan variëren en bestaat doorgaans uit een hoog, piepend of ultrasoon geluid of het geluid van dieren (alarmroep, geluid

predatoren) of mensen. De waarschuwingsfluiten op voertuigen gaan bij snelheden boven de 50 km/uur een geluid uitzenden. Waarschuwingsribbels zijn vergelijkbaar met ribbels die in het wegdek worden aangelegd om bestuurders te dwingen snelheid te minderen. Bij het passeren van dergelijke ribbels maken de banden onverwacht meer lawaai. Al deze vormen van deze maatregel moeten dieren alarmeren en afschrikken om de weg te betreden op het moment dat er verkeer is.

4.4.2.1 Damhert en ree

Ujvári et al. (2004) bestudeerden de gedragsreacties van vrijlopende damherten op het afspelen van geluiden van akoestische wegmarkeringen ('waarschuwingsribbels') in een experimentele setting. Het gedrag van herten werd gevolgd door een nachtkijker, zowel zonder (twee nachten) als met (elf nachten) blootstelling aan de afspiegelgeluiden van akoestische wegmarkeringen op vooraf bepaalde tijdsintervallen. In elke periode van blootstelling aan de geluiden werd de krachtigste gedragsreactie van elk hert geregistreerd. Er werden vier reactietypes onderscheiden, namelijk 'vlucht', 'alarm', 'tilt hoofd op' en 'geen reactie', die verschillende niveaus van alertheid en angst vertegenwoordigden. Omdat het experiment plaatsvond op een perceel in het bos, op afstand van verkeerswegen, werden andere factoren die verband houden met wegen en verkeer (bijvoorbeeld geluid, beweging, straatverlichting) geëlimineerd. De blootstelling aan geluid begon 10 minuten na aankomst van damherten in het gebied en ging door zolang de dieren in het gebied bleven. Tijdens de twee controlenachten, wanneer ze niet werden blootgesteld aan geluiden van akoestische wegmarkeringen, vertoonden de damherten nooit 'vluchtgedrag'. Het overheersende gedrag in deze nachten was 'geen reactie' (96 en 99%). De eerste nacht met blootstelling aan de geluiden vertoonde respectievelijk 13% en 15% van de herten 'vlucht' en 'alarm'-reacties, maar tijdens de volgende nachten reageerden herten steeds vaker niet. Tijdens nacht 8, 9 en 10 na aanvang van de geluidsblootstelling vertoonden de herten in 88, 90 en 99% van de gevallen 'geen reactie'. Dit veranderde niet tijdens nacht 11, toen een iets ander afspiegelgeluid werd gebruikt. De onderzoekers concluderen dat de herten na verloop van tijd wennen aan de akoestische stimulus, totdat de gedragsreactie verdwijnt. De gewenning lijkt vrij snel op te treden, aangezien tien nachten voldoende waren om de herten bijna totaal onverschillig te maken voor de wegmarkeringsgeluiden. De gewenning leek aan te houden, zelfs wanneer de herten werden blootgesteld aan variaties in wegmarkeringsgeluiden.

4.4.2.2 Overige hertensoorten

Romin & Dalton (1992) onderzochten of het effect van twee modellen op een voertuig gemonteerde 'hertenfluiten' op het gedrag van muilvieherten. De testlocatie was een circa 10 km lang onverhard wegtraject dat winterleefgebied van de herten doorkruist. Tijdens een test werden groepen herten die binnen 100 m van de weg aanwezig waren eerst zonder en vervolgens met de hertenfluit gepasseerd, met een rijnsnelheid van 65 km/uur. Reacties van herten werden geregistreerd als: 'geen reactie', 'tilt hoofd op', 'verandert van oriëntatie', 'rent weg' en 'rent naar de weg toe'. Een reactie van één hert in een groep was indicatief voor een reactie van de hele groep. De onderzoekers vonden geen andere reactie bij de herten op het passeren van de auto als de hertenfluit werd gebruikt. Dit gold voor beide onderzochte modellen.

Scheifele et al. (2003) onderzochten, in het laboratorium en in een veldproef, de geluidsfrequenties die hertenfluiten produceren en of deze door witstaartherten kunnen worden gehoord. Ze testten zes verschillende modellen van hertenfluiten. De geluidsfrequentie die werd geproduceerd door een deel van de fluitjes werd bepaald op ongeveer 3,3 kHz, met weinig variatie bij veranderingen in luchtdruk. Een ander deel produceerde geluid met een frequentie van ongeveer 12 kHz, met aanzienlijke variatie met veranderingen in luchtdruk. De intensiteit en dus de afstand waarover het geluid hoorbaar was, bleek beperkt. Het beste frequentiebereik voor het horen van witstaartherten lijkt tussen 2 en 6 kHz te liggen. De onderzoekers stellen dat de frequenties die sommige fluiten produceren duidelijk buiten de beste frequenties van het gehoor van de herten liggen en dat de geproduceerde geluiden volledig verloren gaan door het weggeluid dat door de auto wordt geproduceerd. Daarnaast waarschuwen ze voor de kans dat er bij de dieren gewenning optreedt aan geluidsstimuli die bedoeld zijn om ze alert te maken.

Valitzski et al. (2009) evalueerden de effectiviteit van geluid als afschrikmiddel voor witstaartherten in het voorkomen van aanrijdingen. Hiervoor observeerden ze het gedrag van herten in de wegberm op momenten dat zij met een voertuig passeerden dat geluid uitzond. De test werd uitgevoerd met vijf verschillende typen geluid die alle binnen het gedocumenteerde gehoorbereik van de herten lag. De herten die nabij de weg aanwezig waren, vertoonden geen ander gedrag als gevolg van het door de rijdende auto uitgezonden

geluid, ongeacht het type geluid. Veel in de handel verkrijgbare, op een voertuig te monteren auditieve afschrikmiddelen (hertenfluiten) zijn bedoeld om geluiden uit te zenden die vergelijkbaar zijn met de geluiden die in deze studie zijn getest. De onderzoekers concluderen dan ook dat hun gegevens suggereren dat hertenfluiten waarschijnlijk niet effectief zijn in het veranderen van het gedrag van herten op een manier die aanrijdingen met herten zou voorkomen.

4.4.3 Virtueel hekwerk

Deze maatregel bestaat uit een reeks sensoren op paaltjes in de wegbermen die geactiveerd worden door de koplampen van naderende voertuigen, waarna richting het achterland een geluids- en lichtsignaal wordt geproduceerd. Als het voertuig is gepasseerd, doven alle signalen weer uit. Het idee hierachter is dat dieren die in de wegberm staan en de weg willen oversteken, hierdoor worden gewaarschuwd voor naderend verkeer en niet oversteken. De verwachting is dat de dieren de oversteek wel weer maken nadat de signalen zijn gedoofd, zodat er geen absolute barrière ontstaat.

4.4.3.1 Damhert en ree

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op damhert of ree.

4.4.3.2 Overige hertensoorten

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op andere hertensoorten.

4.4.4 Olfactorisch afschrikmiddel

Deze maatregel bestaat uit het langs verkeerswegen aanbrengen van geurstoffen die herten weerzinwekkend vinden. Het op regelmatige afstand en herhaaldelijk aanbrengen van dergelijke geurstoffen moet een 'geurgordijn' vormen dat de dieren niet graag benaderen of passeren. De gebruikte geurstoffen verschillen, maar bootsen meestal de geur van natuurlijke vijanden na, zoals mens, lynx en wolf. Het idee is dat door deze maatregel de dieren de wegbermen gaan mijden en/of als ze daar verblijven, waakzamer zijn zodat het minder snel tot een aanrijding komt.

4.4.4.1 Damhert en ree

Lutz (1994) vergeleek het aantal faunaslachtoffers – van ree, samen met edelhert, wild zwijn, das en vos – op een traject van 2,8 km van een tweebaansweg voor (5 jaar) en na (1 jaar) het gebruik van een geurstof (Duftzaun). De geurstof werd iedere 3 maanden opnieuw aangebracht op palen en bomen tot 10 m afstand van de weg. Het gemiddelde aantal faunaslachtoffers per jaar was 14 voor de start van de test. Na het aanbrengen van de geurstof was dit 6,6. Conclusies omtrent effectiviteit zijn echter lastig te trekken, omdat de meting met de geurstof slechts één jaar betrof, dus één meting. Een statistische analyse ontbreekt.

Elmeros et al. (2011) onderzochten in een goed opgezet BACI-experiment de effectiviteit van twee geurstoffen – Mota FL en urine van wolven – op het gedrag van reeën en edelherten. Ze prepareerden 18 voederarena's met een zanderige ondergrond in een naaldbos, waarvan er 9 willekeurig werden geselecteerd als behandelingsarena en 9 als controlearena. Rond elke arena werden 4 geurposten geplaatst. De geurstoffen werden na 7 dagen aangebracht op alle geurposten in de behandelingsarena's. Het effect van de geurstoffen op het gebruik van de voederarena's door de herten werd beoordeeld op basis van sporenonderzoek, waarbij iedere dag de bezoekersaantallen van beide soorten in alle arena's werd gemeten. Dit werd gedaan voor (7 dagen) en na (7 dagen) toediening van de geurstoffen. Geen van de geteste geurstoffen verminderde de bezoekersaantallen van herten. Als verklaring hiervoor wijzen de onderzoekers op gewinning van de dieren aan olfactorische stimuli en gebrek aan gevoeligheid voor geuren van roofdieren. Zij merken op dat de effectiviteit van geurstoffen per seizoen kan verschillen. Dit onderzoek is uitgevoerd in de winter, toen de beschikbaarheid en voedingskwaliteit van natuurlijke voedselbronnen relatief laag waren. De aantrekkelijkheid van het lokaas in de arena's zou kunnen prevaleren boven de olfactorische stimuli die door de geurstoffen worden geleverd. De onderzoekers concluderen dan ook dat de studie niet noodzakelijkerwijs iets zegt over het gedrag van de dieren bij gebruik van geurstoffen in andere seizoenen of bij andere omgevingscondities.

Kusta et al. (2015) vergeleken het aantal faunaslachtoffers – van ree, samen met haas (*Lepus europaeus*), steenmarter (*Martes foina*), boommarter (*Martes martes*), bunzing (*Mustela putorius*), otter (*Lutra lutra*) en vos – op een tweebaansweg (4,2 km) en een spoorlijn (3,3 km), voor (1 jaar) en na (2 jaar) de toepassing van drie soorten geurstoffen (Hagopur, Hukinol, Kornitol). De geurstof werd wekelijks aangebracht, aan weerszijden van de weg en het spoor, op een hoogte van 1 m en maximaal 7 m uit elkaar. Om de kans op gewinning te verkleinen, werden de geurstoffen tussen de weken afgewisseld. Tijdens het onderzoek werden wekelijks alle faunaslachtoffers geteld. De onderzoekers stellen vast dat het aantal faunaslachtoffers met 0,8 (21%) en 1,5 (39%) dieren per kilometer per jaar afnam, in respectievelijk het eerste en tweede jaar na toepassing van de geurstoffen. Op basis van deze resultaten concluderen de onderzoekers dat de gebruikte geurstoffen een effectief middel zijn om het aantal aanrijdingen met fauna te verminderen. Deze conclusie is echter twijfelachtig, aangezien een deugdelijke statistische analyse van de gegevens ontbreekt. Een ander punt van zorg in de gepresenteerde analyse is ook dat de gegevens over faunaslachtoffers op de twee onderzoeklocaties (weg en spoor) op één hoop zijn gegooid en niet apart zijn onderzocht of als replica's zijn behandeld. Ook is onduidelijk of er een toename is opgetreden op aangrenzende plekken waar geen behandeling plaatsvond. De onderzoekers suggereren dat het effect van geurstoffen afhankelijk is van veel factoren, zoals de beschikbaarheid van voedsel en de voedingswaarde ervan, het weer inclusief luchttemperatuur, de frequentie waarmee de geurstof wordt aangebracht, de gebruikte concentratie van de geurstof en of verschillende soorten geurstoffen worden afgewisseld of niet. Ze merken ook op dat menselijke verstoring, bijvoorbeeld door de jacht, de effectiviteit van de maatregel kan verminderen, aangezien het effect van dergelijke verstoringen op het gedrag van de dieren kan prevaleren boven die van geurstoffen. Ze waren echter niet in staat om een van deze hypothesen te testen.

Bíl et al. (2020) testten het effect van een geurstof (Pacholek – een geurstof die de geur van mensen, beren en lynxen zou moeten imiteren) op zowel de oversteekfrequentie als de aanwezigheid in de buurt van twee secundaire wegen van zes reeën over een periode van vijf maanden (april-augustus 2019). De geurstoffen zijn ook aangebracht op de overgang van twee halfopen leefgebieden (bos-weide en bos-bouwland). De resultaten van de metingen toonden aan dat er geen duidelijk effect is van de aangebrachte geurstof op het gedrag van de reeën, niet wat betreft het aantal oversteken als hun aanwezigheid in de buurt van de plekken waar geurstof was aangebracht.

4.4.4.2 Overige hertensoorten

Zie in de voorgaande paragraaf de studies van Lutz (1994), Elmeros et al. (2011) en Kusta et al. (2015).

4.4.5 Aanbrengen wegverlichting

De maatregel bestaat uit het plaatsen van wegverlichting waarmee zowel de weg als naastgelegen wegbermen worden verlicht. De maatregel zou ervoor moeten zorgen dat het zicht voor bestuurders verbetert en tegelijkertijd dieren de weg en wegbermen gaan mijden. Hierdoor zou het aantal oversteken moeten afnemen en de snelheid waarmee de dieren oversteken, moeten toenemen. Langdurig verblijf van herten in de wegbermen, bijvoorbeeld om te foerageren, zou hierdoor moeten worden voorkomen.

4.4.5.1 Damhert en ree

De Molenaar et al. (2003) onderzochten in een veldproef het effect van wegverlichting op het ruimtelijke gedrag van zoogdieren. Het doel van de studie was om de aantrekkende of afstotende werking van wegverlichting te onderzoeken. In het experiment werd wegverlichting aangebracht bij zes 'dwangpassages': dammen in sloten binnen een natuurgebied met weiland, griend en loofbos. De verlichting werd maandelijks afwisselend in- en uitgeschakeld. De passages van dieren over de dammen werd gemeten met behulp van sporenbedden. Door deze aanpak kon alleen het aspect 'verlichting' worden onderzocht en werden de metingen niet beïnvloed door andere factoren die samenhangen met een verkeersweg, zoals verstoring door geluid of beweging. De onderzoekers vonden geen effect van de verlichting op het aantal passages van reeën.

4.4.5.2 Overige hertensoorten

Er is geen empirisch onderzoek gevonden naar het effect van deze maatregel op andere hertensoorten voor de onderzoeksperiode (1990-2021). Er is wel één oudere publicatie geïdentificeerd en daarom wordt deze hier besproken.

Reed & Woodard (1981) onderzochten het effect van wegverlichting op het aantal aanrijdingen met muilnierherten op een 1,2 km lang snelwegtraject in Colorado. De verlichting werd daar afwisselend aan- of uitgezet. Zij stelden vast dat er geen significant verschil was tussen de ratio's van het aantal 'oversteken-per-aanrijding' met de verlichting uit en met de verlichting aan. De snelwegverlichting had ook geen invloed op de locaties waar de herten de weg passeerden; zij bleven op hun voorkeurlocaties oversteken, ook wanneer deze locaties waren verlicht. De onderzoekers zagen dat na de start van de proef een groter deel van de herten bij het verlichte wegtraject passeerde en vaker als de verlichting aan was vergeleken met de situatie vóór de start en als de verlichting uit was. De snelheid van automobilisten werd niet beïnvloed door verlichting. De onderzoekers concluderen dan ook dat de geteste snelwegverlichting niet effectief was in het reduceren van het aantal aanrijdingen met herten.

4.4.6 Herinrichting of verbetering van het leefgebied

Deze maatregel bestaat uit het herinrichten of verbeteren van het leefgebied van de dieren, op enige afstand van de weg. Het doel is om de verder van de weg afgelegen delen van het leefgebied aantrekkelijker te maken, zodat de omgeving van de weg minder vaak wordt gezocht. De maatregel kan ook betekenen dat een aantrekkelijk deel van het leefgebied (o.a. drinkplaats, mineralenbron) wordt verplaatst van de ene naar de andere kant van de weg, zodat de dieren de weg niet meer hoeven over te steken om deze te bereiken. Een andere variant is het 'weglokken' van de dieren, bijvoorbeeld door de aanleg van wildweides, wildakkers en/of bladakkers, de aanleg van een voederplaats of het plaatsen van mineralenbronnen (liksteen). De gedachte is dat door dergelijk 'lokvoer' de bermen en andere gebieden nabij de weg minder belangrijk worden als foerageerplek.

4.4.6.1 Damhert en ree

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op damhert of ree.

4.4.6.2 Overige hertensoorten

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op andere hertensoorten voor de onderzoeksperiode (1990-2021). Er is wel één oudere publicatie geïdentificeerd en daarom wordt deze hier besproken.

Wood & Wolfe (1988) beschrijven de resultaten van een veldproef waarin het effect werd getest van voederplekken die als doel hadden muilnierherten weg te leiden van snelwegen en daardoor de frequentie van aanrijdingen te verminderen. De onderzoekers stelden vast dat in twee van de zes tests die zij uitvoerden, het aantal aanrijdingen met herten in de controlezones – zonder voederplekken – hoger was dan die in de zone met de voederplekken. Ook het aantal herten dat langs de snelweg werd geteld, was hoger in de controlezones in vergelijking met de zone met de voederplekken. De onderzoekers raden niet aan om de maatregel op lange termijn te gebruiken. Herten kunnen (te) afhankelijk worden van het aanvullende voedsel en hierdoor tot de omgeving van de weg worden aangetrokken. Ook kan het aantal herten toenemen als de voederplekken de overleving vergroot. Ze concluderen dat de maatregel wel voor een korte tijd bruikbaar is, op locaties waar grote aantallen herten een risico vormen voor voertuigen. De onderzoekers concluderen ook dat door een strategische plaatsing van voederplekken het aantal aanrijdingen met herten naar verwachting met maximaal 50% zou kunnen worden verminderd. Aanvullende of alternatieve methoden (bijvoorbeeld faunarasters) zijn nodig om het aantal aanrijdingen verder te verlagen.

4.4.7 Verminderen aantrekkelijkheid bermen voor fauna

Deze maatregel bestaat uit het verminderen van de aantrekkelijkheid van wegbermen voor fauna. Dit kan op verschillende manieren gerealiseerd worden, afhankelijk van de soorten waarvoor het wordt gedaan en de lokale omstandigheden. De meeste ingrepen zijn gericht op het verkleinen van het voedselaanbod (vegetatie, mineralen) in de wegberm en het bemoeilijken van de betreding. Voorbeelden van dergelijke ingrepen zijn: (1) het geheel verwijderen van de vegetatie uit de wegberm of een deel daarvan; (2) het verschrallen van de vegetatie in de wegberm; (3) het verwijderen van specifieke voedselplanten; (4) het verminderen van het gebruik van strooizout; (5) het verwijderen van karkassen van aangereden dieren (voor roofdieren); (6) het aanbrengen van een onaantrekkelijk en/of moeilijk te betreden substraat (bijvoorbeeld

breuksteen). De gedachte achter de maatregel is dat minder aantrekkelijke bermen ertoe leiden dat de dieren hier minder vaak komen, er korter verblijven en daardoor ook minder vaak de weg oversteken.

4.4.7.1 Damhert en ree

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op damhert of ree.

4.4.7.2 Overige hertensoorten

Tanner & Leroux (2015) onderzochten of het maaien van bermvegetaties elanden aantrok naar plekken langs de weg waar was gemaaid om te foerageren op de hergroei van de vegetatie. Tijdens de zevenjarige proef werd het aantal door elanden aangevreten planten op gemaaide en ongemaaide (controle) proeflocaties gemeten. De resultaten lieten zien dat de elanden meer foerageerden op de ongemaaide controlelocaties dan op de plekken waar gemaaid was. Dit suggereert dat bermen waar de vegetatie recentelijk is gemaaid, een minder aantrekkelijk foerageergebied zijn voor elanden. De onderzoekers adviseren dan ook om het maaien van bermvegetaties voort te zetten om de bermen minder aantrekkelijk te maken voor elanden en daarmee de kans op aanrijdingen te verlagen.

Hegland & Hamre (2018) onderzochten het effect van het verwijderen van vegetatie in een 600 m lange wegberm op het aantal aanrijdingen met edelherten. In de eerste vier jaar na het verwijderen van de vegetatie nam het aantal aanrijdingen met 44% af. Op basis van controleplekken, dus waar de vegetatie werd gehandhaafd, berekenden de onderzoekers dat de mitigatie aanrijdingen met circa vier edelherten per jaar voorkwam. Ze berekenden dat de kosten van de mitigerende maatregel hiermee binnen een jaar waren terugverdiend.

4.5 Maatregelen gericht op het reduceren van populaties

4.5.1 Verkleinen populaties door afschot

Deze maatregel bestaat uit het verkleinen van de populatiegrootte door afschot. Er zijn in dit verband globaal twee vormen te onderscheiden: (1) afschot in het gehele leefgebied rondom de weg; (2) afschot alleen in relatief smalle zones aan weerszijden van de weg. In het eerste geval wordt de gehele populatie in het leefgebied teruggebracht. Het idee is dat bij het op deze wijze terugbrengen van de aantallen, de populatiedichtheid wordt verlaagd waardoor er per dier meer ruimte is. Dit zou de noodzaak voor de dieren om verkeerswegen over te steken moeten verkleinen. Afschot in zones langs de weg is veelal voorgesteld in gebieden waar min of meer afgebakende plekken zijn aan te wijzen waar relatief veel dieren worden aangereden ('hotspots'). Hierbij is het streven de populatiedichtheid alleen lokaal, in de directe omgeving van de weg, te verlagen en daarmee de kans dat dieren de weg oversteken. Een ander principe dat bij deze vorm van afschot wellicht een rol speelt, is het creëren van een gebied rond de weg dat wordt gevreesd ('landscape of fear') en daarom door de dieren wordt gemeden. Beide vormen van afschot kunnen ook worden gecombineerd.

4.5.1.1 Damhert en ree

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op damhert of ree.

4.5.1.2 Overige hertensoorten

Denicola & Williams (2008) onderzochten het effect van afschot van witstaartherten op het aantal aanrijdingen met deze dieren in drie suburbane gebieden. Het afschot vond over het hele gebied plaats voor een periode van 3 tot 7 jaar, afhankelijk van de plek. Tellingen wezen uit dat het afschot resulteerde in een afname van de lokale hertenpopulaties met 54%, 72% en 76%. Tegelijkertijd nam het aantal aanrijdingen af met respectievelijk 49%, 75% en 78%. Hiermee bleek er op alle drie de locaties een nagenoeg rechtlijnig verband te bestaan tussen populatiegrootte en het aantal aanrijdingen met herten. De onderzoekers concluderen dat een vermindering van de populatieomvang door afschot het aantal aanrijdingen aanzienlijk kan verminderen.

Kilgo et al. (2020) voerden een vergelijkbaar onderzoek uit, maar dan in het buitengebied en niet door gebiedsdekkend afschot, maar door gericht afschot rondom vier verkeerswegen. Gemiddeld werden er

tijdens de proef vijf herten per kilometer weg per jaar geschoten. Het onderzoek duurde zeven jaar. Na afschot in het voorjaar nam het aantal aanrijdingen met witstaartherten significant af. Na afschot in de herfst gebeurde dat niet. Op jaarbasis was er een negatieve trend in het aantal aanrijdingen te zien. Ten opzichte van het aantal aanrijdingen voor de start van de proef was er sprake van een afname in aanrijdingen van 39,4% op jaarbasis en 50,8% in het voorjaar. De onderzoekers concluderen dat afschot langs wegen in dunbevolkte gebieden een hulpmiddel kan zijn om aanrijdingen met herten te verminderen en nuttig kan zijn in gebieden waar populatiebeheer via algemeen afschot niet praktisch of wenselijk is.

4.5.2 Verkleinen populaties door geboortebeperking

Deze maatregel bestaat uit het kunstmatig beperken van de fertiliteit van de populatie. Dit kan op verschillende manieren: (1) chirurgische sterilisatie van dieren (ovariectomy, vasectomy, castratie); (2) het toedienen van anticonceptiemiddelen, zoals het toedienen van hormonen (GnRH analogen) of van een vaccin (immunocontraceptie). De maatregel is erop gericht om de populatiedichtheid te verlagen, waardoor naar verwachting ook het aantal keer dat dieren wegen oversteken, afneemt en daarmee de kans op aanrijdingen in het verkeer.

4.5.2.1 Damhert en ree

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op damhert of ree.

4.5.2.2 Overige hertensoorten

Er is geen empirisch onderzoek gevonden van het effect van deze maatregel op andere hertensoorten.

4.6 Maatregelen gericht op het creëren van fysieke barrières

4.6.1 Faunarasters

Deze maatregel betreft de plaatsing van voldoende hoge gaasrasters langs de weg die een fysieke barrière vormen en zodoende verhinderen dat de dieren de weg betreden. Bij onderbrekingen in het raster, bijvoorbeeld bij zijwegen, zijn bij voorkeur maatregelen getroffen die 'lekken' in het raster voorkomen, zoals wildroosters of elektrische matten. Tevens zijn de rasters bij voorkeur voorzien van voldoende insprongen, zodat dieren die toch op een of andere manier in de berm of op de weg beland zijn, terug kunnen keren naar het achterland. Faunarasters vormen op zichzelf (nieuwe) barrières in het landschap en worden dan ook veelal gecombineerd met faunapassages, zoals een faunabrug, faunatunnel of fauna-oversteekplaats. In geval van een faunabrug (ook wel ecoduct of natuurbrug genoemd), passeren de dieren de weg via een overgang. In geval van een faunatunnel passeren de dieren de weg onderlangs. In geval van een fauna-oversteekplaats (ook wel wildwissel, dwangwissel of wildsluis genoemd) passeren de dieren de weg op maaiveldniveau. Dergelijke faunapassages zijn primair bedoeld om uitwisseling tussen (sub)populaties aan weerszijden van de weg mogelijk te maken en daarmee te zorgen voor genetische uitwisseling en levensvatbare populaties. Het idee is echter ook dat dieren bij de combinatie van faunarasters met faunapassages minder de neiging hebben om onder, over of om het raster heen te gaan en alsnog op de weg terechtkomen.

4.6.1.1 Damhert en ree

Kuehn et al. (2007) tonen aan dat rasters kunnen leiden tot een verminderde (genetische) uitwisseling waardoor genetische verschillen ontstaan tussen populaties van reeën aan weerszijden van een weg. Indirect laat dit zien dat rasters door de dieren dus als barrière worden ervaren, hoewel deze studie geen gegevens bevat over de mate waarin de uitwisseling is gereduceerd en/of veranderingen in de frequentie waarin de dieren betrokken zijn bij aanrijdingen na plaatsing van de rasters. Soortgelijke bevindingen zijn gepresenteerd door Hepenstrick et al. (2012), die laten zien dat twee snelwegen met rasters – circa vijftig jaar geleden aangelegd – de genetische uitwisseling van reeën belemmeren in een ecologische corridor – tussen de Jura/Zwarte Woud en de Alpen – in Zwitserland. Beide studies benadrukken dat de aanleg van faunarasters bij voorkeur gecombineerd zou moeten worden met de aanleg van faunapassages, zodat de rasters niet resulteren in genetische verschillen tussen de populaties en/of het verlies van genetische variatie.

Van der Grift et al. (2017) onderzochten het effect van Natuurbrug Treeker Wissel en de bijbehorende hoge faunarasters langs de N227 op het aantal aangereden reeën. Zij maakten gebruik van een BACI-studieopzet en analyseerden slachtoffergegevens van zowel voor (2005-2008) als na (2009-2016) de aanleg van het ecoduct op de plek van de mitigatie (met rasters en ecoduct), op de plekken net buiten de rasters en op twee controleplekken elders op dezelfde provinciale weg. De aanleg van de rasters en het ecoduct resulteerde in een statistisch significante 90% reductie in het aantal aangereden reeën. Deze reductie werd echter voor een deel weer tenietgedaan door een toename in het aantal aanrijdingen net buiten de rasters ('fence-end effect'). Bij integrale analyse van de veranderingen in het aantal aanrijdingen op de mitigatieplek en net buiten de rasters is sprake van een statistisch niet-significante 49% reductie in het aantal aangereden reeën.

Van der Grift et al. (2018) herhaalden het onderzoek bij Natuurbrug Treeker Wissel, maar dan inclusief de gegevens van slachtoffers onder reeën in 2017. Het resultaat was vergelijkbaar met de eerdere studie: een significante reductie (78%) van het aantal aanrijdingen binnen de rasters, maar een niet-significante reductie (57%), ofwel een trend, wanneer ook de wegetrajecten net buiten de rasters in de berekening worden betrokken. Het aantal aanrijdingen nam net buiten de rasters immers sterk toe na aanleg van de mitigerende maatregelen. De dieren hebben hun looproutes blijkbaar verlegd en passeren de weg nu op plekken waar ze dat voorheen niet (frequent) deden. Van der Grift et al. (2018) onderzochten de effectiviteit van faunarasters op nog vier plekken. Drie daarvan betreffen deeltrajecten van rijksweg A12, waar hoge faunarasters zijn geplaatst in combinatie met een faunapassage: (1) Natuurbrug Mollenbos en 4,5 km raster, (2) Natuurbrug Rumelaar en 2,7 km raster, (3) Faunatunnel Valleikanaal en 1 km raster. Een vierde plek die zij onderzochten, betreft een deeltraject van rijksweg A18, waar over 2,6 km aan weerszijden faunarasters zijn geplaatst zonder faunapassage die door ree kan worden gebruikt. Bij Natuurbrug Mollenbos heeft de mitigatie geleid tot een aantoonbare reductie in het aantal aanrijdingen (100%). Deze reductie is statistisch significant, maar de uitkomsten zijn weinig robuust door het geringe aantal slachtoffers voor de aanleg van de mitigerende maatregelen. Zo zou al geen significante afname worden geconstateerd als in de vier onderzochte jaren na aanleg van de mitigatie (2014-2017) slechts één aanrijding met een ree was geregistreerd. Bij Natuurbrug Rumelaar is er ook sprake van een significante reductie in het aantal aanrijdingen op het gemitigeerde wegetraject (85%), maar als ook de slachtoffers net buiten de rasters in de analyse worden betrokken, verdwijnt dit effect en is er slechts sprake van een negatieve trend (44%). Bij Faunatunnel Valleikanaal is op het gemitigeerde wegetraject 38% reductie van het aantal aanrijdingen de trend. Als hier de slachtoffers net buiten de rasters in de analyse worden meegenomen, is de trend 32% reductie in het aantal aanrijdingen, omdat het aantal aanrijdingen net ten westen van de rasters stijgt na aanleg van de mitigatie. Bij de A18 heeft de mitigatie geleid tot een aantoonbare reductie van 89% in het aantal aanrijdingen op het gemitigeerde wegetraject. Wanneer rekening wordt gehouden met de slachtoffers direct buiten de rasters, daalt de reductie enigszins, naar 79%, maar deze is nog steeds significant.

4.6.1.2 Overige hertensoorten

Clevenger et al. (2001) evalueerden het effect van een hoog faunaraster op het aantal aanrijdingen met hoefdieren – eland, edelhert, muilidierhert, witstaarthert, dikhoornschaap – op drie wegetrajecten van de Trans-Canada Highway in Banff National Park. Na aanleg van het faunaraster nam het aantal aanrijdingen met deze hoefdieren met 80% af. Aanrijdingen die na de installatie van het raster nog plaatsvonden, bleken niet willekeurig verspreid te zijn, maar vooral geassocieerd te kunnen worden met de uiteinden van de rasters.

Olsson & Widen (2008) bestudeerden het effect van een faunaraster, in combinatie met twee ecoducten en een onderdoorgang, op de bewegingen, het ruimtegebruik en het aantal dodelijke slachtoffers van elanden. De onderzoekslocatie was een traject van 6 km van een tweebaansweg die werd opgewaardeerd tot een vierbaans-snelweg (12.000 voertuigen/dag). De snelheidslimiet op de weg was voor, tijdens en na de reconstructie respectievelijk 90, 70 en 110 km/uur. De studieduur was 46 maanden; 7, 20 en 19 maanden respectievelijk voor, tijdens en na de reconstructie. De bewegingen van de elanden werd in kaart gebracht door telemetrisch onderzoek waarbij 24 dieren werden voorzien van een gps-halsband. Het gemiddeld aantal passages over de snelweg per eland per dag daalde met 36% (voor versus tijdens), 67% (tijdens versus na) en 89% (voor versus na). Verder vonden de onderzoekers een reductie van 50% (van 10 naar 5) in het aantal door de snelweg doorsneden leefgebieden. Het gemiddeld aantal faunaslachtoffers per jaar werd teruggebracht van 2,7 voor tot 1,8 tijdens tot 0 na de reconstructie. De onderzoekers concluderen dat faunarasters de sterfte van elanden op verkeerswegen significant kunnen verminderen en de

verkeersveiligheid kunnen bevorderen. Aandachtspunt bij toepassing van rasters is de eventuele negatieve invloed die deze maatregel kan hebben op de toegankelijkheid van hulpbronnen voor elanden, genetische uitwisseling tussen populaties en kansen voor het (her)koloniseren van gebieden.

Parker et al. (2008; 2011) evalueerden de effectiviteit van faunarasters (2,6 km lang, 2,4 m hoog), in combinatie met twee faunatunnels en vier wildroosters, op het aantal aanrijdingen met witstaartherten in Florida. In het met rasters voorziene deel van de weg nam het aantal aanrijdingen af met 73-100%. Op het wegtraject dat niet van rasters was voorzien, steeg het aantal aanrijdingen echter met 40%. De onderzoekers wijzen op populatiegroei en een toename in het verkeersvolume als belangrijkste oorzaken.

McCollister & Van Maanen (2010) stelden vast dat op een wegtraject met faunarasters en drie faunatunnels 58% minder aanrijdingen plaatsvonden (met vooral witstaartherten) in vergelijking met aangrenzende wegtrajecten die geen mitigerende maatregelen kenden. Ze ontdekten ook dat het aantal faunaslachtoffers het laagst was in de buurt van de faunatunnels en toenam met de afstand tot deze onderdoorgangen. De onderzoekers pleiten voor het niet onderbreken van de faunarasters tussen de tunnels en het ontwerp van de rasters te verbeteren, zoals het ingraven ervan.

Bissonette & Rosa (2012) onderzochten de effectiviteit van faunarasters (2,4 m hoog) bij het verminderen van het aantal aanrijdingen met muilddierherten op een verkeersweg in Utah. Ze vergeleken zes jaar pre-constructiesterte (in 1998-2003) met twee jaar post-constructiegegevens over sterfte (in 2005-2006) en vonden een daling van 98,5% in hertensterfte op het gemitigeerde wegtraject (met rasters, jump-outs en onderdoorgangen) versus een daling van 2,9% op een niet-gemitigeerd wegtraject (controle). Ze ontdekten geen verhoogde sterfte aan het eind van de rasters. Trekbewegingen van de herten in het najaar en het voorjaar kwamen duidelijk tot uiting in het gebruik van de onderdoorgangen. De onderzoekers concluderen dat de mitigatiestrategie effectief was en het aantal ongevallen met herten en voertuigen verminderde, terwijl dieren in het wild zich wel door het landschap konden blijven verplaatsen.

Markolt et al. (2012) laten het belang zien om faunarasters met faunapassages te combineren. Zij onderzochten of het aantal aanrijdingen met wilde dieren op een snelweg met faunarasters in Hongarije gecorreleerd was met de aanwezigheid van onderdoorgangen. Het aantal slachtoffers onder reeën en wilde zwijnen bleek aanzienlijk lager te zijn op weggedeelten met onderdoorgangen in vergelijking met plekken zonder onderdoorgangen.

Gagnon et al. (2015) onderzochten het effect van een faunarasters (9,17 km lang, 2,4 m hoog) om edelherten van de snelweg te weren en naar faunapassages te geleiden in Arizona. Na de installatie van het raster was er een vermindering van 97% van het aantal aanrijdingen met edelherten op het gemitigeerde wegtraject. Er was geen toename van het aantal aanrijdingen aan de uiteinden van het raster (gebied binnen 1,61 km van de uiteinden van het raster), noch op de overige niet-gemitigeerde wegtrajecten, wat aangeeft dat de herten niet simpelweg door de rasters naar die gebieden werden gedwongen. De onderzoekers zagen een toename van 217% en 54% in het gebruik van de twee ecoducten door edelherten na plaatsing van de rasters.

Huijser et al. (2016) onderzochten de effectiviteit van faunarasters langs een snelweg in Montana in relatie tot de lengte van de rasters. Ze ontdekten dat korte rasters (≤ 5 km weglengte) een lagere en variabelere effectiviteit hadden bij het verminderen van aanrijdingen met grote zoogdieren, inclusief herten, dan lange rasters (> 5 km). Gemiddeld nam het aantal aanrijdingen op plekken met lange rasters met 84% af, terwijl dit op plekken met korte rasters 53% was. De onderzoekers concludeerden dat als het primaire doel is om de verkeersveiligheid voor mensen te verbeteren door het aantal aanrijdingen met grote zoogdieren terug te dringen, faunarasters minimaal 5 km lang moeten zijn.

4.6.1.3 Meta-analyses

Rytwinski et al. (2016) ontdekten via meta-analyses dat de combinatie van rasters en faunapassages leidde tot een vermindering van 83% van het aantal slachtoffers onder grote zoogdieren. Zij vonden geen aantoonbaar effect op het aantal faunaslachtoffers bij situaties waar wel faunapassages, maar geen rasters waren geïnstalleerd. De onderzoekers benadrukken het belang van metingen net voorbij de uiteinden van rasters om bij evaluaties rekening te kunnen houden met een eventuele groei van het aantal aanrijdingen dat hier kan optreden.

4.7 Conclusies

Effecten van maatregelen gericht op aanpassingen van het verkeer

- Er zijn geen studies gevonden waarin de effecten van het verlagen van de verkeersintensiteit of het (tijdelijk) afsluiten van wegen zijn onderzocht.
- Er zijn drie studies gevonden waarin het effect van het verlagen van de toegestane rijsnelheid is onderzocht. Het betreft in alle gevallen studies aan andere hertensoorten dan damhert en ree. Twee van de studies betroffen experimenten in een simulator. Het terugbrengen van de rijsnelheid lijkt op zichzelf het aantal aanrijdingen met herten te kunnen terugdringen, maar het succes van de maatregel hangt vooral af van de mate waarin de weggebruikers zich houden aan de toegestane rijsnelheid. Dit betekent dat er actief moet worden gehandhaafd of de verlaging van de snelheidslimiet moet worden gecombineerd met veranderingen in het wegontwerp die voertuigen beletten om de limiet te overschrijden. Handhaving met een flitspaal lijkt niet erg effectief, omdat weggebruikers de neiging hebben om voor en na het controlepunt de verloren tijd te compenseren door harder te gaan rijden. De maatregel lijkt daarmee, onder voorwaarden, te kunnen bijdragen aan het verminderen van het aantal aanrijdingen met herten.

Effecten van maatregelen gericht op het beïnvloeden van weggebruikers

- Er zijn geen studies gevonden waarin de effecten van educatie/voorlichting of bermbeheer voor het creëren van beter zicht voor weggebruikers op herten zijn onderzocht.
- Er zijn vier studies gevonden waarin het effect van waarschuwborden is onderzocht. Het betreft in alle gevallen studies aan andere hertensoorten dan damhert en ree. Een standaarduitvoering van een waarschuwbord kan de rijsnelheid van weggebruikers verminderen, zoals bleek uit een experiment met een rijsimulator, maar dit effect was niet groot en verdween alweer binnen enkele kilometers. Een studie toonde bij gebruik van een standaardbord ook een afname aan van het aantal aanrijdingen met herten, maar de metingen betroffen slechts één jaar na de installatie, dus langetermijneffecten zijn onbekend. Andere studies suggereren dat tijdelijke, dynamische bebording succesvoller is in het terugdringen van het aantal aanrijdingen, maar dan vooral op momenten (migratieperiodes) en plekken (migratiecorridors) waar relatief veel dieren de weg passeren en de risico's dus groot zijn. Ook voor deze vorm van bebording zijn er echter aanwijzingen gevonden dat het effect van de maatregel na verloop van tijd afneemt. Weggebruikers lijken gewend te raken aan de waarschuwingen en daardoor na verloop van tijd niet of minder op de bebording te reageren.
- Er zijn vijf studies gevonden waarin het effect van in de berm geplaatste wilddetectiesystemen is onderzocht. Het betreft één studie aan ree, drie studies aan andere hertensoorten dan damhert en ree en een meta-analyse waarin diverse hertensoorten samen met andere grote zoogdieren zijn onderzocht. Het onderzoek laat zien dat weggebruikers op de door wilddetectiesystemen gegenereerde waarschuwingssignalen reageren door het verlagen van hun rijsnelheid. Dit kan het aantal aanrijdingen aanzienlijk verminderen, gemiddeld met 57%, maar reducties van 75% of 95% zijn ook gevonden. De effectiviteit van wilddetectiesystemen die gecombineerd zijn met faunarasters lijkt groter dan die zonder rasters.
- Een wilddetectiesysteem dat in het voertuig wordt geïnstalleerd, is nog niet operationeel, maar technisch lijkt het mogelijk om met thermische videocamera's herten op of naast de weg waar te nemen en de bestuurder hiervoor te waarschuwen of de rijsnelheid van het voertuig automatisch aan te passen. Nader onderzoek is nodig om vast te stellen in welke mate hiermee dan daadwerkelijk aanrijdingen met herten kunnen worden voorkomen.
- Er is één studie gevonden waarin het effect van waarschuwingmeldingen in de auto is onderzocht. Het betrof een onderzoek in een rijsimulator. Bestuurders bleken te reageren op een radiobericht dat waarschuwde voor overstekende herten door hun rijsnelheid te verminderen, maar dit effect was tijdelijk: na enkele kilometers was er al geen verschil meer in rijsnelheid. Deze maatregel lijkt vooralsnog dan ook weinig perspectief te bieden in het blijvend terugdringen van het aantal aanrijdingen met herten.

Maatregelen gericht op het beïnvloeden van het gedrag van de herten

- Er zijn geen studies gevonden waarin de effecten van plaatsing van een virtueel hekwerk op herten zijn onderzocht.
- Er zijn negen studies gevonden waarin de effecten van wildspiegels/-reflectoren op damhert en/of ree zijn onderzocht. De diverse onderzoeken naar het gedrag van de dieren na plaatsing van reflectoren, of tijdens blootstelling aan vergelijkbare lichtimpulsen, maken duidelijk dat de dieren niet of slechts beperkt

reageren. En als ze een gedragsreactie vertonen, is dat slechts voor een relatief korte periode. Er zijn ook geen effecten gevonden op het aantal keren dat herten een weg kruisten nadat daar reflectoren waren geplaatst. De dieren raken blijkbaar snel gewend aan de lichtreflecties en reageren na enige tijd niet of nauwelijks meer. Dit wordt weerspiegeld door de studies waarin naar het effect van de wildspiegels/-reflectoren op het aantal aanrijdingen is gekeken. Nagenoeg alle studies laten geen reductie in het aantal aanrijdingen zien nadat er wildspiegels/-reflectoren zijn geïnstalleerd. Een vergelijkbaar beeld ontstaat op basis van het onderzoek dat naar andere hertensoorten is gedaan. Ook daar bleken reflectoren niet effectief in het veranderen van het gedrag van de dieren rond verkeerswegen en werd geen reductie in het aantal aanrijdingen gemeten ten opzichte van de situatie voor plaatsing van de reflectoren. Drie meta-analyses bevestigen dit beeld. De maatregel is hiermee een van de meest geteste maatregelen. De maatregel kan op basis van het onderzoek niet worden aanbevolen als oplossing om aanrijdingen met herten te verminderen.

- Er is één studie gevonden waarin de effecten van akoestische afschrikmiddelen op damhert zijn onderzocht. Hoewel de dieren aanvankelijk een respons gaven, nam deze na enige dagen al snel af. De dieren raakten gewend aan het geluid en reageerden niet meer. Vergelijkbare bevindingen werden gedaan in een drietal onderzoeken naar andere hertensoorten. Hertenfluiten op voertuigen bleken geen geschikt (hoorbaar) geluid voor de herten uit te zenden en/of geen gedragsreacties bij herten in de wegberm op te wekken. Akoestische afschrikmiddelen lijken dus ongeschikt als maatregel om aanrijdingen met herten (langdurig) te voorkomen.
- Er zijn vier studies gevonden waarin de effecten van olfactorisch afschrikmiddelen (geurstoffen) op damhert/ree of andere hertensoorten zijn onderzocht. Twee studies laten een effect zien, maar deze bevindingen moeten met voorzichtigheid gebruikt worden, omdat de gekozen studieopzet en/of wijze van verwerking van de meetgegevens vragen oproept. De twee andere studies, beide gericht op het meten van gedragsveranderingen bij herten, laten geen effecten van geurstoffen zien, zowel wat betreft het aantal keer dat dieren de weg oversteken als hun aanwezigheid in de buurt van de plekken (inclusief voederplekken) waar geurstof was aangebracht. Olfactorische afschrikmiddelen lijken dus ongeschikt als maatregel om aanrijdingen met herten te voorkomen.
- Er zijn twee studies gevonden waarin de effecten van het aanbrengen van wegverlichting zijn onderzocht. Beide studies concluderen dat er geen gedragsreacties van de herten zijn op de installatie van wegverlichting. Deze maatregel lijkt dan ook niet geschikt om het aantal aanrijdingen met herten te verminderen.
- Er is slechts één studie gevonden waarin de effecten van herinrichting of verbetering van het leefgebied is onderzocht. Het betreft onderzoek naar een andere hertensoort dan damhert en ree. De bevindingen in deze studie zijn niet eenduidig. Op sommige plekken is een reductie in het aantal dieren langs de weg en/of het aantal aanrijdingen gemeten, maar op andere plekken niet. Deze maatregel kan op basis van het beschikbare onderzoek naar effecten dan ook nog niet gezien worden als een kansrijke manier om het aantal aanrijdingen te verminderen.
- Er is slechts één studie gevonden waarin de effecten van het verminderen van de aantrekkelijkheid van bermen voor fauna is onderzocht. Het betreft onderzoek naar een andere hertensoort dan damhert en ree. Deze studie laat zien dat de herten minder vaak gemaaide bermen bezoeken dan niet-gemaaide bermen. De maatregel lijkt daarmee in potentie te kunnen bijdragen aan het verminderen van het aantal aanrijdingen met herten.

Maatregelen gericht op het reduceren van populaties

- Er zijn geen studies gevonden waarin de effecten van het verkleinen van hertenpopulaties door geboortebeperking zijn onderzocht.
- Er zijn twee studies gevonden waarin de effecten van het verkleinen van populaties door afschot is onderzocht. De ene studie evalueert 'regulier' populatiebeheer, waarbij de populatiedichtheid in het hele leefgebied door afschot wordt verlaagd. De andere evalueert populatiebeheer door afschot dat zich concentreert op de directe omgeving van de weg. Beide studies laten zien dat het afschot tot een vermindering van het aantal aanrijdingen leidt, variërend van circa 40 tot 78%. Interessant hierbij is dat er bij het reguliere afschot een nagenoeg rechtlijnig verband werd gevonden tussen de populatiegrootte en het aantal aanrijdingen met herten. Een dergelijk verband maakt het mogelijk om de effecten van de maatregel enigszins te voorspellen en dus ook om in te schatten wat nodig is om het aantal aanrijdingen naar een gewenst aantal terug te brengen. Hoewel het aantal studies naar de effecten van afschot nog zeer beperkt is en er geen studies zijn gedaan naar damhert of ree, lijkt afschot een kansrijke manier om het aantal aanrijdingen met herten aanzienlijk te verminderen.

Maatregelen gericht op het creëren van fysieke barrières

- Er zijn relatief veel studies gevonden waarin de effecten van faunarasters, al dan niet in combinatie met faunapassages, zijn onderzocht. In vier studies is het effect van rasters op reeën onderzocht. Onderzoek op vijf locaties in Nederland heeft laten zien dat het aantal aanrijdingen met 78-100% kan worden verminderd na installatie van rasters. Dit onderzoek benadrukt echter ook dat er bij evaluaties van de effectiviteit van faunarasters aandacht moet zijn voor wat er net buiten de rasters gebeurt. In sommige situaties neemt daar het aantal aanrijdingen na installatie van de rasters toe, het zogenoemde rastereinde-effect, wat de reductie in het van rasters voorziene deel van de weg gedeeltelijk of geheel teniet kan doen. Als dit optreedt, is dat een aanwijzing dat de faunarasters te kort zijn. Twee genetische studies buiten Nederland laten zien dat rasters langs verkeerswegen genetische verschillen tussen populaties reeën aan weerszijden van de weg kunnen veroorzaken. Indirect is dit een indicatie dat er geen of minder uitwisseling is tussen deze populaties, wat ook tot uitdrukking zou moeten komen in een verminderd aantal faunaslachtoffers na plaatsing van de rasters.
- Er zijn zeven empirische studies naar andere hertensoorten dan damhert en ree gevonden waarin het effect van faunarasters is onderzocht. Deze maatregel blijkt effectief in het verminderen van het aantal aanrijdingen met herten, met reducties die variëren van 58 tot 100%. Gemiddeld is de reductie in het aantal aanrijdingen met grote zoogdieren door plaatsing van faunarasters 83%. Opnieuw leggen verschillende studies de nadruk op rastereinde-effecten. Langere rasters zijn effectiever. De combinatie van faunarasters met faunapassages lijkt in sommige situaties tot minder aanrijdingen te leiden dan installatie van faunarasters alleen en wordt dan ook aanbevolen. Hiermee kan naar verwachting ook voorkomen worden dat de faunarasters, bedoeld als mitigerende maatregel, zelf leefgebieden gaan 'versnipperen' en vrije bewegingen van dieren door het landschap gaan belemmeren, wat de levensvatbaarheid van populaties negatief kan beïnvloeden.

Samenvattend: Het meeste onderzoek is uitgevoerd naar de effecten van wildspiegels/-reflectoren, faunarasters en wilddetectiesystemen in wegbermen. Voor deze drie typen maatregelen zijn dan ook meer onderbouwde conclusies te trekken wat betreft het verwachte effect op het aantal aanrijdingen met herten. Voor wildspiegels/-reflectoren is de conclusie dat deze geen of nauwelijks een effect hebben. Deze maatregel wordt dan ook niet geadviseerd. De conclusie voor faunarasters, in combinatie met faunapassages, en wilddetectiesystemen is dat deze maatregelen wel een duidelijk effect hebben, dat kan oplopen tot 100% reductie in het aantal aanrijdingen, afhankelijk van het ontwerp van de maatregel en de lokale situatie. Dit betekent dat deze maatregelen de eerste keuze zouden moeten zijn bij het uitwerken van een mitigatieplan. Daarnaast kan worden geconcludeerd dat, hoewel het uitgevoerde onderzoek beperkt en dus slechts indicatief is, er drie maatregelen als potentieel kansrijk kunnen worden aangemerkt, namelijk het verlagen van de toegestane rijnsnelheid, het verminderen van de aantrekkelijkheid van bermen voor fauna en het verkleinen van populaties door afschot.

5 Uitvoerbaarheid kansrijke maatregelen op de Zeeweg

5.1 Inleiding

In het voorgaande hoofdstuk zijn, op basis van de literatuur, twee maatregelen geïdentificeerd waarvan overtuigend is aangetoond dat ze het aantal aanrijdingen met herten kunnen reduceren. Dit betreft de aanleg van faunarasters, bij voorkeur in combinatie met faunapassages, en wilddetectiesystemen. Het beschikbare onderzoek laat duidelijk zien dat beide maatregelen effect hebben op het aantal aanrijdingen. De grootte van het effect wisselt, afhankelijk van de lokale situatie en de wijze waarop de maatregelen zijn uitgevoerd, maar kan oplopen tot 100% reductie van het aantal aanrijdingen. Anders gezegd: deze maatregelen hebben de potentie om (nagenoeg) alle aanrijdingen te voorkomen, mits bij de uitvoering aan een aantal voorwaarden wordt voldaan.

Naast deze twee maatregelen zijn er op basis van de literatuurverkenning in het voorgaande hoofdstuk nog drie maatregelen geïdentificeerd als kansrijk omdat deze, hoewel nader onderzoek naar de effectiviteit gewenst is, in enkele studies goede resultaten hebben laten zien. Dit betreft het verlagen van de toegestane rijsnelheid, het verminderen van de aantrekkelijkheid van bermen voor fauna en het verkleinen van de hoefdierpopulaties door afschot. Hier voegen we een vierde maatregel aan toe, namelijk het herinrichten of verbeteren van het leefgebied. Hoewel deze maatregel slechts eenmaal is onderzocht en de uitkomsten van dit onderzoek niet eenduidig waren, zien we deze maatregel toch als potentieel kansrijk op basis van de in hoofdstuk 3 besproken correlaties tussen diverse vormen van geschikte habitat en het aantal aanrijdingen met herten. De maatregel richt zich immers niet op het minder geschikt maken van leefgebied (langs de weg), maar op het geschikt(er) maken van leefgebied aan weerszijden en bij voorkeur op enige afstand van de weg, waardoor de dieren de gebieden langs de weg wellicht minder gaan gebruiken en/of de weg minder frequent oversteken en dus de kans op aanrijdingen afneemt.

Hier verkennen we of deze zes maatregelen praktisch uitvoerbaar zijn bij de Zeeweg en wat dan, op basis van een expertoordeel, het verwachte effect is op het aantal aanrijdingen met herten (Paragraaf 5.2). Waar relevant verwijzen we hierbij terug naar de in hoofdstuk 3 besproken factoren, gecorreleerd aan het aantal aanrijdingen met herten en relevant geacht voor de Zeeweg. Ten slotte bespreken we hier een aantal algemene aandachtspunten voor het selecteren en implementeren van maatregelen die aanrijdingen met herten op de Zeeweg moeten voorkomen of beperken (Paragraaf 5.3).

5.2 Uitvoerbaarheid

5.2.1 Faunarasters, in combinatie met faunapassages

De plaatsing van faunakerende rasters is op veel plaatsen, binnen en buiten Nederland, toegepast. In Nederland is het plaatsen van hoge faunarasters langs autosnelwegen de standaard op plekken waar leefgebieden van hoefdieren worden doorsneden. Ook langs autowegen en gebiedsontsluitingswegen zijn soms faunarasters geplaatst, op plekken waar veel aanrijdingen met hoefdieren zijn geregistreerd of worden verwacht (Figuur 15). Opmerkelijk genoeg is het aantal studies waarin het effect van deze mitigerende maatregel is onderzocht nog relatief beperkt. Dat geldt zeker voor het aantal studies in Nederland (n=2). Naar de oorzaak kunnen we slechts gissen, maar wellicht speelt de overtuiging van alle betrokkenen dat deze maatregel werkt een rol. De studies die er wel zijn, laten zien dat bij een juiste uitvoering van de maatregel het aantal aanrijdingen al snel met 80 of 90% kan worden gereduceerd. Een reductie naar nul aanrijdingen behoort zelfs tot de mogelijkheden, mits voor een optimaal ontwerp en uitvoering wordt gekozen. In dit verband wijzen de studies vooral op het belang van voldoende lange rasters. Als ze te kort zijn, bestaat immers de kans dat de dieren eromheen lopen. Hoewel er dan wellicht een reductie van nagenoeg 100% op het traject met de faunarasters wordt bereikt, betekenen te korte rasters dat dit

positieve effect deels weer teniet wordt gedaan door een toename van het aantal aanrijdingen net buiten de rasters. Een tweede aanbeveling die nadrukkelijk in de studies naar voren komt, is om de plaatsing van faunarasters altijd te combineren met de aanleg van faunapassages. Enerzijds omdat de gedachte is dat dit de effectiviteit van de rasters kan vergroten, omdat dieren een alternatief hebben om de verkeersweg over te steken en dus minder pogingen zullen doen om het raster te passeren. Anderzijds omdat faunarasters het ongewenste bijeffect hebben dat ze 'versnipperen', i.e. habitat fragmenteren en dierpopulaties van elkaar isoleren, zowel die van herten als populaties van andere diersoorten. Ongelijkvloerse faunapassages – dus in de vorm van een natuurbrug of faunatunnel – bieden hierbij de beste perspectieven. Dergelijke faunapassages zijn namelijk door een groot aantal diersoorten te benutten, inclusief kleine, weinig mobiele soorten, zoals amfibieën, reptielen en (ongewervelde) bodemfauna.



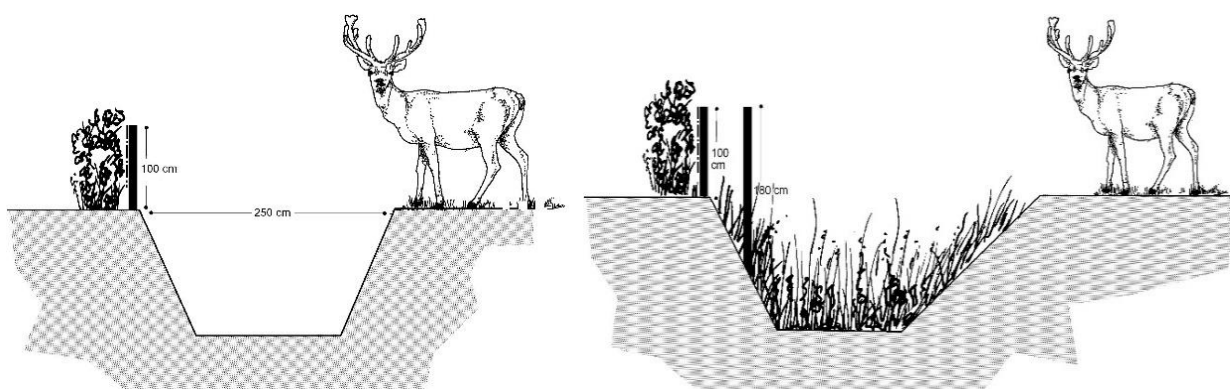
Figuur 15 Een circa 2 m hoog faunaraster dat bedoeld is om reeën tegen te houden.

De plaatsing van faunarasters langs de Zeeweg, gecombineerd met faunapassages, is in principe goed uitvoerbaar. De aanleg van Natuurbrug Zeepoort met de bijbehorende hoge faunarasters aan weerszijde van de brug laat dit feitelijk al zien. Hoewel een nadere analyse van de gegevens nog gewenst is, laat een eerste verkenning zien dat het aantal aanrijdingen met herten ter hoogte van de natuurbrug/faunarasters is afgenomen (Acheampong, 2021). Er is een 'coolspot' ontstaan. Dezelfde studie laat echter ook zien dat er elders op de Zeeweg juist sprake is van een relatieve toename in het aantal aanrijdingen na de realisatie van de mitigerende maatregelen. Hier zijn nieuwe hotspots ontstaan. De situatie bij de Zeeweg illustreert hiermee goed wat ook elders de bevindingen zijn: faunarasters zijn een goede maatregel om aanrijdingen te voorkomen, maar de rasters mogen niet te kort zijn, omdat het probleem zich dan verplaatst.

Wat betreft de lengte van faunarasters is het advies om deze niet primair af te stemmen op de ruimtelijke spreiding van faunaslachtoffers, maar op die van de ligging van geschikte habitat. De ruimtelijke spreiding van faunaslachtoffers kan namelijk verschillen van jaar op jaar. Geïdentificeerde hotspots en coolspots moeten dan ook altijd met voorzichtigheid gebruikt worden bij beslissingen over mitigerende maatregelen, omdat deze in de tijd kunnen verschuiven. Meestal houdt dit verband met veranderingen die binnen de leefgebieden van de herten optreden en van invloed zijn op hun terreingebruik. Denk bijvoorbeeld aan veranderingen in de vegetatie, het opdrogen van een drinkpoel of verschuivingen in recreatiedruk. Een

veranderd terreingebruik kan leiden tot nieuwe plekken waar de herten een verkeersweg oversteken en daarmee tot een verschuiving van hot- of coolspots wat betreft aanrijdingen. De ligging van geschikte habitat is daarom een beter vertrekpunt om het begin- en eindpunt van een faunaraster te bepalen, waarbij de richtlijn is dat rasters nodig zijn over de hele lengte van de weg waar deze grenst aan geschikte habitat en bij voorkeur ook nog enigszins daarbuiten, om de kans te verkleinen dat de dieren om het raster heenlopen. In dat geval moeten ze immers hun habitat verlaten om dat te kunnen doen. De kans dat het raster door de dieren wordt omzeild, kan verder verkleind worden door bij de uiteinden van een raster speciale voorzieningen te treffen, zoals plaatsing van een raster dat loodrecht op de weg staat (Huijser et al., 2008). Dit naar het achterland afbuigende raster moet dan lang genoeg zijn om te zorgen dat als herten eromheen lopen, ze niet direct in de wegberm staan. Dit betekent dat deze afbuiging niet 10 of 25 m is, maar eerder enkele honderden meters moet zijn. Dit zal echter ook afhangen van de lokale situatie. Onderbrekingen in het raster moeten zo veel mogelijk worden voorkomen en als die onvermijdelijk zijn, zoals bij zij- of toegangswegen, dan zijn speciale maatregelen nodig die voorkomen dat herten hier het raster passeren en op de weg belanden, bijvoorbeeld in de vorm van wildroosters of elektrische matten. Daarnaast zijn voorzieningen vereist die de dieren in staat stellen om terug te keren naar hun leefgebied als ze toch onverhoopt op de weg terecht zijn gekomen, bijvoorbeeld door de aanleg van insprongen.

Faunarasters langs wegen kunnen het landschapsbeeld aantasten en de belevingswaarde van een gebied voor weggebruikers negatief beïnvloeden. Mensen kunnen hoge hekwerken als lelijk ervaren, vooral als deze in open landschappen zijn geplaatst. Deze zorg leeft ook bij de beheerders van de terreinen die grenzen aan de Zeeweg. Potentiële oplossingen zijn (1) het kiezen van een ontwerp dat vanuit het perspectief van de weggebruiker minder opvalt of (2) het camoufleren van het faunaraster. Zo kan een vergelijkbare barrière worden gecreëerd door een lager faunaraster te combineren met een steilwand of, als de bodemgesteldheid de aanleg van een steilwand niet toelaat, door plaatsing van een hoog faunaraster in een greppel of andere vorm van maaiveldverlaging (Figuur 16). In beide gevallen ziet de weggebruiker een laag raster, terwijl er toch een voldoende hoge afscherming is gerealiseerd om de herten tegen te houden. Dit principe is onder meer toegepast op de zandgronden van de Utrechtse Heuvelrug (Figuur 17).



Figuur 16 Schematische weergave van een laag raster in combinatie met een steilwand (links) en een verdiepte plaatsing van een hoog raster (rechts). Beide ontwerpen resulteren in een minder prominent raster voor weggebruikers. Bron: Groot Bruinderink et al. (2006).



Figuur 17 Op plekken waar de N227, een provinciale verkeersweg op de Utrechtse Heuvelrug, heideterreinen doorsnijdt, zijn 1 m hoge rasters geplaatst in combinatie met een circa 1 m hoge steilwand om te voorkomen dat reeën de weg betreden. Dit ontwerp is gekozen op basis van esthetische overwegingen. Aantasting van het open heidegebied wilde men zo veel mogelijk beperken, maar tegelijkertijd wilde men wel een functionele barrière realiseren om aanrijdingen met reeën te voorkomen.

Camouflage van een hoog faunaraster kan door het raster niet direct langs de weg te plaatsen, maar daar iets verder van af. Hierdoor is er meer ruimte voor (opgaande) begroeiing tussen de weg en het raster, waardoor het raster niet langer zichtbaar is voor de weggebruiker. Bij de Zeeweg zal dit op de meeste plekken niet meer dan circa 10-15 m hoeven zijn, omdat hier vrijwel overal duinbos of -struweel domineert waarachter een raster al snel aan het oog onttrokken is (Figuur 18). Een andere optie wat betreft camouflage is het raster wél nabij de weg te plaatsen, maar deze dan te laten overgroeien door vegetatie. Bijvoorbeeld door klimplanten (i.e. hop, kamperfoelie) of door duinstruweel. Illustratief hiervoor zijn de bestaande 1,2 m hoge rasters langs de Zeeweg die op veel plaatsen volledig aan het zicht zijn onttrokken, omdat ze zijn overgroeid met duindoorn of meidoorn (Figuur 19). Ten slotte kan ook een combinatie van beide oplossingen een optie zijn, waarbij op sommige plekken gekozen wordt voor een aangepast ontwerp en op andere plekken voor camouflage.

Bij een afweging over het wel of niet plaatsen van hoge faunarasters in relatie tot een eventuele aantasting van de beleving van het landschap door weggebruikers, moet ook het type verkeersweg in beschouwing worden genomen. Het is verdedigbaar dat als de beleving van weggebruikers van belang wordt geacht, deze zwaarder weegt op lokale wegen die primair een recreatieve functie hebben, in vergelijking met gebiedsontsluitingswegen die vooral moeten zorgen voor doorstroming en het snel verplaatsen van A naar B. Daarnaast spelen ethische afwegingen een rol, waarbij esthetische bezwaren ('lelijk') moeten worden afgezet tegen argumenten die samenhangen met het vergroten van de verkeersveiligheid, het voorkomen van economische schade en het beschermen van dierenwelzijn.



Figuur 18 De brede, begroeide (midden)bermen van de Zeeweg maken dat het hoge raster aan de overkant van de weg nauwelijks te zien is (links). De opgaande begroeiing rond de Zeeweg, met veel duinbos en duinstruweel, onttrekt een hoog raster al snel uit het zicht van de weggebruiker wanneer deze circa 10 m naar achteren wordt verplaatst (rechts).



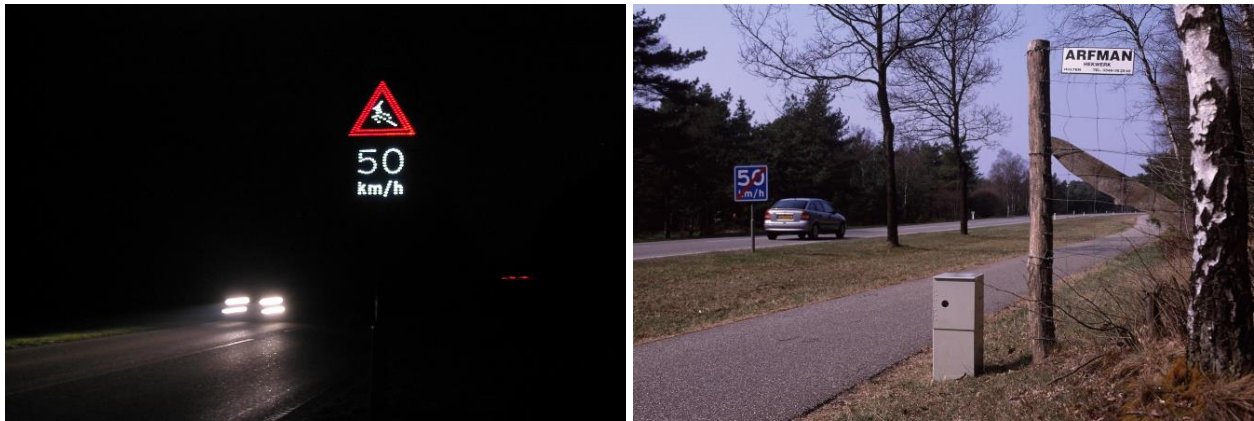
Figuur 19 Voorbeelden van camouflage van bestaande rasters langs de Zeeweg door deze te laten overgroeien met klimplanten (links) of duinstruweel (rechts).

5.2.2 Wilddetectiesystemen in wegbermen

In Nederland, maar ook daarbuiten, zijn wilddetectiesystemen nog maar beperkt toegepast. Veel systemen bevinden zich nog in een experimentele fase. Ook het aantal studies waarin de effecten van wilddetectiesystemen op herten en andere diersoorten zijn onderzocht, is daarom beperkt. De studies die gedaan zijn, laten echter zien dat de systemen weggebruikers kunnen aanzetten hun snelheid te verminderen en, mede daardoor, tot significante reducties in het aantal aanrijdingen kunnen leiden. Hoewel er indicaties zijn dat deze reducties de 100% kunnen naderen, ligt de reductie in aanrijdingen met grote zoogdieren gemiddeld rond de 50-60% (Rytwinski et al., 2016). Hiermee is het effect dus meestal lager dan dat van faunarasters. De mate waarin aanrijdingen worden verminderd, lijkt ook sterk af te hangen van het ontwerp van het wilddetectiesysteem.

Detectiesystemen die alleen bestaan uit (een reeks van) sensoren gekoppeld aan één of meer dynamische waarschuwingsborden voor de weggebruikers, lijken minder succesvol dan systemen die zijn gecombineerd met faunarasters. In het laatste geval is het merendeel van de weg van faunarasters voorzien met op één of enkele plekken een 'wildsluis', dus een opening in het raster waar herten (en andere dieren) de weg kunnen oversteken (Figuur 20). Het detectiesysteem beperkt zich dan alleen tot de wildsluis. Dit heeft grote voordelen, omdat de weglengte waarover dieren moeten worden gedetecteerd dan veel korter is; vaak is een wildsluis enkele tientallen tot een paar honderd meter breed. Dit vereenvoudigt het ontwerp en onderhoud

van het systeem en maakt het systeem naar verwachting betrouwbaarder. Afhankelijk van het gekozen detectiesysteem vraagt het meestal ook fors minder bermbeheer, wat nodig is om de functionaliteit van het systeem te waarborgen (e.g. vrijhouden detectiebanen).



Figuur 20 Dynamische waarschuwborden lichten op na detectie van een dier in de wegberm (links) bij een 200 m brede wildsluis op de Veluwe (rechts). Foto's: Marcel Huijser.

Voorals een lang en bochtig wegtraject moet worden gemitigeerd, neemt de complexiteit van veel wilddetectiesystemen en daarmee de kans op onjuiste detecties toe, zowel vals-positief als vals-negatief. Vals-positieve detecties zijn ongewenst, omdat deze de weggebruiker waarschuwen voor een dier dat er niet is. Als dit frequent gebeurt, bestaat de kans dat de weggebruiker na verloop van tijd niet meer reageert op waarschuwingen. Vals-negatieve detecties zijn nog zorgelijker, want de weggebruiker wordt dan juist niet gewaarschuwd terwijl er wel een dier is. In meerdere studies wordt dan ook de aanbeveling gedaan om bij toepassing van wilddetectiesystemen de lengte van het te detecteren traject te minimaliseren. Bijvoorbeeld dus door het te combineren met faunarasters. Feitelijk komt de maatregel dan overeen met de voorgaande – 'faunarasters, in combinatie met een faunapassage' – waarbij de faunapassage bestaat uit een gelijkvloerse kruising.

Bij het toepassen van wilddetectiesystemen moet dus bedacht worden dat het de twee 'verkeersstromen' – de weggebruikers en de herten – elkaar op maaiveldniveau kruisen. Dit betekent dat de kans op een aanrijding altijd aanwezig blijft en vooral afhankelijk is van het rijgedrag van de weggebruiker en zijn of haar reacties op de waarschuwingen die het wilddetectiesysteem genereert. De Zeeweg is relatief lang (bijna 5 km) en bochtig en een wilddetectiesysteem dat uitsluitend bestaat uit sensoren en waarschuwborden, dus zonder faunarasters met een wildsluis, is dan ook niet aan te bevelen. Voor deze weg is de plaatsing van een wilddetectiesysteem bij een wildsluis, dus in combinatie met faunarasters langs de weg, naar verwachting wel een uitvoerbare optie. Net als bij de ongelijkvloerse faunapassages – een natuurbrug of faunatunnel – kunnen andere diersoorten meeprofiten van de maatregel. Dit betreft bij een wilddetectiesysteem echter alleen middelgrote en grote zoogdieren; andere, kleinere diersoorten (kleine zoogdieren, amfibieën, reptielen, ongewervelden) worden niet gedetecteerd en/of bewegen zich dusdanig langzaam tijdens een oversteek dat dit in veel gevallen toch tot faunaslachtoffers leidt.

5.2.3 Verlagen van de toegestane rijsnelheid

Het verlagen van de maximaal toegestane rijsnelheid is in Nederland nog nauwelijks toegepast. En als er uit oogpunt van mitigatie gekozen is voor een beperking van de rijsnelheid, is dit meestal in de vorm van een adviessnelheid (Figuur 21). Hoewel er nog maar weinig studies zijn waarin het effect van lagere rijsnelheden op het aantal aanrijdingen met herten is onderzocht, zijn er wel veel studies die een correlatie tussen de rijsnelheid van het verkeer en aanrijdingen met herten aantonen. Het is dan ook een maatregel die vaak in beeld komt als er een alternatief wordt gezocht voor het plaatsen van rasters. Bijvoorbeeld als het aanrijdingen op lokale wegen betreft. Een beperking van de toegestane rijsnelheid van 80 naar 60 km/uur zal naar verwachting tot een substantiële afname in het aantal aanrijdingen kunnen leiden. Een dergelijke snelheidsvermindering zorgt immers voor een veel kortere remweg en tegelijkertijd voor een langere

reactietijd voor zowel bestuurder als hert, waardoor de kans toeneemt dat een aanrijding vermeden kan worden. Voorwaarde is hierbij natuurlijk wel dat deze maximumrijdsnelheid niet wordt overschreden. Als het doel is om aanrijdingen min of meer volledig te voorkomen, is de verwachting dat de maximumsnelheid verder moet worden teruggebracht, tot maximaal 40 km/uur. Onderzoek zal echter moeten uitwijzen of deze aannamen kloppen.

Het verlagen van de toegestane rijdsnelheden op de Zeeweg is in principe goed uitvoerbaar. Hierbij heeft men de keuze tussen het permanent of tijdelijk verlagen van de maximumsnelheid. Een permanente verlaging van de toegestane rijdsnelheid vraagt in de meeste gevallen ook om een aanpassing van het ontwerp van de weg, zodat de inrichting van de weg weer past bij de herziene, lagere rijdsnelheid. Een dergelijke gecombineerde wijziging in toegestane rijdsnelheid en wegontwerp betekent dan ook dat de functie van de weg zal veranderen, van doorstroomweg waarop doorgaand verkeer met relatief hoge snelheden passeert, naar een lokale ontsluitingsweg met lage rijdsnelheden.

Bij een tijdelijke beperking van de toegestane rijdsnelheid kan gekozen worden voor lagere snelheden op specifieke, risicovolle momenten. Dit kunnen momenten zijn binnen het etmaal (schemering/nacht), binnen de week (dagen met een verhoogd risico), binnen het jaar (maanden met een verhoogd risico) of een combinatie hiervan. Een optie is ook om de maximumsnelheid niet over het hele traject, maar op een of enkele plekken te verlagen. Bijvoorbeeld als er specifieke plekken zijn ingericht als oversteekplek voor herten, zoals bij de aanleg van een wildsluis.

Bij een verlaging van de maximaal toegestane rijdsnelheid, lokaal of over het hele traject, is het van belang dat deze ook wordt gehandhaafd. Naast aanpassing van het wegontwerp, zodat deze aansluit bij een verlaagde maximumsnelheid, kunnen snelheidsbeperkende maatregelen worden ingezet (o.a. verkeersdrempels). Flitspalen lijken contraproductief, omdat weggebruikers de neiging hebben om de rond een flitspaal verloren tijd elders op het traject weer in te halen. Trajectcontrole is in dat licht naar verwachting een betere maatregel om maximumsnelheden te handhaven.



Figuur 21 Een waarschuwing voor overstekend wild aan het begin van een wildsluis ('wildwissel') op de Veluwe, in combinatie met een adviessnelheid van 60 km/uur, op een provinciale weg waar de toegestane rijdsnelheid 80 km/uur is.

5.2.4 Herinrichting of verbetering van het leefgebied

Er zijn situaties dat herten wegen moeten passeren om de verschillende delen van hun leefgebied te kunnen benutten. Bijvoorbeeld als hun foerageergebieden aan weerszijden van een weg liggen. Of als foerageergebieden aan de ene kant en rustgebieden aan de andere kant van de weg worden gevonden. Het herinrichten en/of (lokaal) verbeteren van het leefgebied zou dan als mitigerende maatregel kunnen worden ingezet. Bijvoorbeeld door de aanleg van rustgebied, een drinkpoel of mineralenbron aan de zijde van een weg waar deze vooralsnog ontbreken. Of door dergelijke, aantrekkelijke elementen in het leefgebied naar een plek op grotere afstand van de weg te verplaatsen. De idee hierachter is dat door dergelijke aanpassingen in het leefgebied de drang om gebieden nabij de weg te gebruiken en wegen over te steken kan worden verminderd. Feitelijk zijn al deze aanpassingen dus een poging om het terreingebruik van de dieren te beïnvloeden, waarbij de nadruk ligt op het verbeteren van de habitatkwaliteit op plekken waar de risico's op aanrijdingen beperkt of afwezig zijn. In Nederland is deze maatregel nog niet toegepast. Ook buiten Nederland is er weinig ervaring mee, behalve met het creëren van voederplekken die herten uit de directe omgeving van een weg moeten weglokken. Er is daarom ook weinig bekend over de effecten van deze maatregel. Een studie waarin een effect op de aanwezigheid van herten naast de weg werd vastgesteld, suggereert dat aanrijdingen tot 50% kunnen worden gereduceerd. Anderzijds wordt in dezelfde studie gewaarschuwd dat de maatregel in sommige situaties zou kunnen leiden tot een toename in aanrijdingen, bijvoorbeeld als verbeteringen in het leefgebied resulteren in een groei van de populatie.

De maatregel lijkt maar beperkt uitvoerbaar bij de Zeeweg. De duingebieden aan weerszijden van de weg zijn alle geschikt leefgebied voor herten. Deze gebieden zijn in grote mate vergelijkbaar, met een mix van duinbos, duinstruweel, duingrasland en open water. Een herinrichting van het leefgebied om bewegingen van herten over de Zeeweg te verminderen, is dan ook geen reële optie. Wat in principe wel tot de mogelijkheden behoort, is het op grotere afstand van de weg aanleggen of ontwikkelen van specifieke habitatelementen die door de dieren aantrekkelijk worden gevonden, zoals een mineralenbron. Als dit al effect heeft op het aantal aanrijdingen, is dit effect naar verwachting echter beperkt.

5.2.5 Het verminderen van de aantrekkelijkheid van bermen voor fauna

Het verminderen van de aantrekkelijkheid van bermen voor herten is incidenteel in Nederland toegepast. De maatregel wordt ook in beperkte mate toegepast langs de Zeeweg, waar aantrekkelijke voedselplanten (o.a. kardinaalsmuts) uit de wegbermen worden verwijderd. De idee is dat herten hierdoor minder tijd besteden in de wegbermen en dus minder kans hebben om op de weg te geraken en te worden aangereden. De effectiviteit van de maatregel is in Nederland niet onderzocht. Buitenlandse studies laten echter zien dat de maatregel potenties heeft, met reducties in het aantal aanrijdingen tot bijna 50%. Daarvoor was het wel nodig om brede bermstroken kort te maaien. De maatregel heeft dan ook meestal een negatief effect op bestaande natuurwaarden in bermen. Het doel van de maatregel is immers om een strook ongeschikte habitat te creëren, wat vraagt om rigoureuze verwijdering van beplanting en/of zelfs het aanbrengen van substraten, zoals grind of breuksteen, die door de dieren gemeden worden. Het verwijderen van (opgaande) begroeiing in de bermen kan ook de barrièrewerking van de weg vergroten voor andere diersoorten, inclusief vliegende soorten zoals vogels, vleermuizen of insecten. Hoewel de maatregel in principe uitvoerbaar is bij de Zeeweg, past deze door genoemde ecologische effecten dus niet bij de doelen van het beschermde natuurgebied.

5.2.6 Het verkleinen van populaties door afschot

Het verkleinen van de populatiegrootte van herten door afschot kan naar verwachting het aantal aanrijdingen beperken. Het aantal studies waarin de effecten van deze maatregel zijn gekwantificeerd, is beperkt. De studies die er zijn, laten echter wel zien dat substantiële reducties mogelijk zijn. Deze bevindingen worden ondersteund door alle (in hoofdstuk 3 besproken) studies die een positief verband aantonen tussen aanrijdingen en populatiegrootte, populatiedichtheid of afschotaantallen. Denicola & Williams (2008) toonden een nagenoeg rechtlijnig verband aan tussen de populatiegrootte en het aantal aanrijdingen met witstaartherten. Dit betekende dat voor een reductie in het aantal aanrijdingen van bijvoorbeeld 80%, een evenzo grote reductie van de populatie nodig was. Dit kan betekenen dat de maatregel niet altijd toepasbaar is. Bijvoorbeeld als de gewenste reductie in het aantal aanrijdingen om een dusdanige reductie in de populatiegrootte vraagt dat deze uit het oogpunt van populatiebeheer ongewenst is. Dit kan het geval zijn

als de populatiegrootte onder de door de terreinbeheerder gestelde doelstand komt of onder de grens van het minimumaantal dieren dat nodig is voor een levensvatbare populatie.

Het verkleinen van de populatie hoefdieren door afschot is uitvoerbaar bij de Zeeweg en wordt ook al toegepast voor damhert in het kader van het vigerende Faunabeheerplan Damherten 2020-2026 (zie Paragraaf 1.6.3). De precieze relatie tussen afschot en het aantal aanrijdingen met zowel damhert als ree is niet bekend. Het is dan ook de vraag hoeveel (extra) afschot, van zowel damhert als ree, er nu nodig is om het aantal aanrijdingen met herten op de Zeeweg significant te verminderen. De verwachting is dat een forse reductie in het aantal aanrijdingen alleen bereikt kan worden als de populaties van hoefdieren fors worden verkleind, conform genoemd onderzoek naar witstaartherten. Het huidige beheerplan voor damhert voorziet hierin, aangezien het doel is om de huidige populatie terug te brengen van bijna 600 getelde damherten naar een doelstand van 200 (getelde) dieren (FBE Noord-Holland, 2020). Idealiter wordt na realisatie van de doelstand onderzocht wat het aantal aanrijdingen met damherten is en of dit aantal overeenkomt met de doelstellingen of dat een verdere reductie van het aantal aanrijdingen wenselijk is. Denicola & Williams (2008) beschrijven dat na het reduceren van de populatie herten er per jaar gemiddeld nog steeds respectievelijk 14, 85 en 88 herten in de drie onderzoeksgebieden worden aangereden. De inschatting is dat er bij de Zeeweg ook een kans bestaat, mede afhankelijk van de doelen die men stelt, dat de gewenste reductie in aanrijdingen pas bereikt kan worden als de populatie damherten beneden de nu gestelde doelstand wordt gebracht. Dit betekent dat er dan afgeweken moet worden van de voor het duinecosysteem wenselijk geachte populatiedichtheid (zie ook Paragraaf 1.6.1). En als een populatie van minder dan 50 dieren pas tot het gewenste resultaat leidt, komt ook de levensvatbaarheid van de populatie in gevaar (zie ook Groot Bruinderink & Lammertsma, 2001) en daarmee de gunstige staat van instandhouding van de lokale (deel)populatie. De kans hierop is vooral aanwezig als het doel is om 'aanrijdingen nagenoeg geheel te voorkomen', dus deze nog slechts als (zeldzaam) incident te accepteren. Een dergelijke doelstelling lijkt, vanuit het perspectief van verkeersveiligheid, verdedigbaar.

De effectiviteit van het verkleinen van de populaties door afschot lijkt, naast de omvang van het afschot, ook afhankelijk van de wijze waarop deze vorm van populatiebeheer wordt uitgevoerd en hoe de dieren op het afschot reageren. Zo kan er bij het doen van het afschot voor gekozen worden om dit te concentreren in specifieke zones, bijvoorbeeld direct rond verkeerswegen. En de dieren kunnen in reactie op het afschot hun activiteit meer naar de (late) nacht verplaatsen, waardoor ze wellicht minder risico lopen bij het passeren van wegen. Dit alles maakt het lastig om te voorspellen of meer afschot of een andere manier van schieten rond de Zeeweg het aantal aanrijdingen zal verminderen. Er zijn aanwijzingen dat door afschot in een specifiek gebied te concentreren een 'landscape of fear' kan worden gecreëerd, dus gebieden die door de herten worden gemeden of waarin de herten minder bewegingen laten zien (Picardi et al., 2018). De huidige aanpak in het NPZK waarbij er de laatste jaren meer aandacht is voor (extra) afschot in de bufferzones, die ook aan weerszijden van de Zeeweg zijn aangewezen, sluit hierop aan. Of dit enig effect heeft en er inderdaad een 'landscape of fear' kan worden gecreëerd, is echter nog de vraag. Het relatief hoge aantal aanrijdingen dat is geregistreerd, ook na de start van het afschot in de bufferzones, suggereert dat als er al een effect is, dit beperkt van omvang is. Daarbij komt dat er ook studies zijn die het concept van een 'landscape of fear' verwerpen of voor slechts een beperkt aantal soorten aantonen (e.g. Kays et al., 2017).

5.3 Conclusies

- De plaatsing van faunarasters langs de Zeeweg, gecombineerd met faunapassages, is in principe goed uitvoerbaar. Er zijn met deze maatregel grote reducties in het aantal aanrijdingen mogelijk, tot zelfs 100%, mits de faunarasters niet te kort zijn, insprongen bevatten en er speciale voorzieningen bij zijwegen en de uiteinden van de raster worden getroffen. Faunarasters langs wegen kunnen het landschapsbeeld aantasten en de belevingswaarde van een gebied voor weggebruikers negatief beïnvloeden. Potentiële oplossingen zijn (1) het kiezen van een ontwerp dat vanuit het perspectief van de weggebruiker minder opvalt of (2) het camoufleren van het faunaraster. Bij de Zeeweg – een traject van circa 4,5 km – zou dit de plaatsing van hoge raster betekenen over een lengte van circa 4 km, aan weerszijden van de weg, aangezien er rondom de natuurbrug al hoge raster zijn geplaatst met een lengte van 500 m.
- Het gebruik van een wilddetectiesysteem langs de Zeeweg is naar verwachting alleen goed uitvoerbaar als het systeem wordt gecombineerd met de aanleg van faunarasters. In dat geval beperkt het

wilddetectiesysteem zich tot het monitoren van herten bij een wildsluis, i.e. een opening in het raster waar dieren de weg kunnen oversteken. Hoewel er voorbeelden zijn dat wilddetectiesystemen het aantal aanrijdingen met herten met bijna 100% reduceren, ligt die reductie naar verwachting eerder rond de 50%.

- Het verlagen van de toegestane rijsnelheden op de Zeeweg is in principe goed uitvoerbaar. Hierbij heeft men de keuze tussen het permanent of tijdelijk verlagen van de maximumsnelheid. De gewenste snelheidsreducties en precieze effecten van deze maatregel zijn nog nauwelijks onderzocht. Als het doel is om aanrijdingen min of meer volledig te voorkomen, is de verwachting dat de maximumsnelheid moet worden teruggebracht naar maximaal 40 km/uur. Een permanente verlaging van de toegestane rijsnelheid vraagt in de meeste gevallen om een aanpassing van het ontwerp van de weg, zodat de inrichting van de weg weer past bij de herziene, lagere rijsnelheid. Bij een tijdelijke beperking van de toegestane rijsnelheid kan gekozen worden voor lagere snelheden op specifieke, risicovolle momenten. Een optie is ook om de maximumsnelheid niet over het hele traject, maar op een of enkele plekken te verlagen. Bij een verlaging van de maximaal toegestane rijsnelheid, permanent of tijdelijk dan wel lokaal of over het hele traject, is het van belang dat deze ook wordt gehandhaafd.
- De herinrichting of verbetering van het leefgebied als maatregel om aanrijdingen tegen te gaan, lijkt maar beperkt uitvoerbaar bij de Zeeweg. De duingebieden aan weerszijden van de weg zijn zeer vergelijkbaar en alle geschikt leefgebied voor herten. Een herinrichting om bewegingen van herten over de Zeeweg te verminderen, is dan ook geen reële optie. Wat in principe wel tot de mogelijkheden behoort, is het op grotere afstand van de weg aanleggen of ontwikkelen van specifieke habitatelementen die door de dieren aantrekkelijk worden gevonden, zoals een mineralenbron. Als dit al effect heeft op het aantal aanrijdingen, is dit naar verwachting echter beperkt.
- Het verminderen van de aantrekkelijkheid van bermen voor herten is in principe uitvoerbaar bij de Zeeweg, maar past niet bij de doelen van het beschermde natuurgebied. De maatregel betekent immers een aantasting van bestaande natuurwaarden in de bermen. Ook kan het verwijderen van (opgaande) begroeiing in de bermen de barrièrewerking van de weg vergroten voor andere diersoorten.
- Het verkleinen van de populatiegrootte van herten door afschot is uitvoerbaar bij de Zeeweg en wordt ook al toegepast voor damhert. De verwachting is dat een forse reductie in het aantal aanrijdingen met herten alleen bereikt kan worden als de populaties fors worden verkleind. Er bestaat een reële kans, mede afhankelijk van de doelen die men stelt, dat de gewenste reductie in aanrijdingen pas bereikt kan worden als de populatie beneden de door de terreinbeheerder gestelde doelstand wordt gebracht. Dit betekent dat er dan afgeweken moet worden van de voor het duinecosysteem wenselijk geachte populatiedichtheid. Wellicht is er door afschot ook een 'landscape of fear' te creëren rond de Zeeweg, maar zeker is dat niet.

5.4 Aandachtspunten

De eerste stap op weg naar een mitigatieplan om aanrijdingen met herten op de Zeeweg te reduceren, is het stellen van expliciete doelen. Met hoeveel procent moet het aantal aanrijdingen dalen? Met 50%, met 90% of is het streven om alle aanrijdingen te voorkomen? En als het voorkomen van alle aanrijdingen niet haalbaar wordt geacht, hoeveel aanrijdingen per jaar ziet men dan als aanvaardbaar? Deze doelen expliciet maken, is van belang om een duidelijke maat voor succes te hebben. Hierop kan dan de keuze van mitigerende maatregelen worden afgestemd. Is een beperkte reductie in het aantal aanrijdingen het streven, dan zijn (combinaties van) maatregelen te gebruiken die wel een effect hebben, maar die naar verwachting geen hele grote reducties in aanrijdingen laten zien. Omgekeerd komen juist maatregelen die grote effecten hebben laten zien, zoals faunarasters, in beeld als het streven is om (nagenoeg) alle aanrijdingen te voorkomen. Het stellen van expliciete doelen helpt ook om achteraf te evalueren of de genomen maatregelen effectief zijn. Effectiviteit is hierbij gedefinieerd als "de mate waarin een vooraf gesteld doel is bereikt". Deze definitie impliceert dat zonder de formulering van een concreet doel er dus ook geen uitspraken te doen zijn over de effectiviteit van genomen maatregelen. De aanbeveling is dan ook om de doelen voor het verminderen van aanrijdingen met herten op de Zeeweg conform de SMART-aanpak te formuleren, zodat de doelen Specifiek, Meetbaar, Acceptabel en Realistisch zijn, en een duidelijk Tijdpad hebben (Van der Grift et al., 2013).

Een mitigatieplan voor de aanrijdingen met herten op de Zeeweg richt zich bij voorkeur op de hele weg, van de bebouwing van Overveen tot aan de boulevard langs het strand. Hoewel er plekken zijn aan te wijzen waar relatief veel aanrijdingen plaatsvinden, de zogenoemde hotspots, is het niet aan te bevelen om alleen

voor deze plekken mitigatie uit te werken. Dergelijke hotspots liggen immers nooit vast, maar verschuiven in de tijd, bijvoorbeeld door veranderingen in het terreingebruik van de herten. Daarbij komt dat lokale maatregelen het probleem van aanrijdingen met mobiele dieren, zoals herten, meestal niet wegnemen, maar verplaatsen. Een integrale aanpak, in samenspraak met alle grondeigenaren van de aanliggende terreinen, is dus gewenst. Zodoende kan een 'lappendeken' van maatregelen, waarbij iedere grondeigenaar of terreinbeheerder een eigen oplossing bedenkt, realiseert en beheert, voorkomen worden. Dit zal zonder twijfel de snelheid waarmee maatregelen kunnen worden geïmplementeerd verhogen en meer zekerheid geven dat, ook op de lange termijn, de doelen gehaald worden.

Bij het uitwerken van een mitigatieplan om aanrijdingen met herten te voorkomen, worden bij voorkeur ook andere diersoorten betrokken die bij de Zeeweg een versnipperingsprobleem ervaren. Enerzijds omdat oplossingen die voor herten worden gekozen wellicht tot (nieuwe) problemen leiden voor andere diersoorten. Bijvoorbeeld als de maatregelen voor herten de barrièrewerking van de weg voor hen vergroot. Anderzijds omdat er wellicht win-winsituaties zijn als mitigatie voor herten wordt gecombineerd met mitigatie voor andere diersoorten. Dat er wat dit betreft bij de Zeeweg nog een opgave ligt, is duidelijk geworden bij de recente uitwerking van het *Ontsnipperingsbeeld Noord-Holland* (Van der Grift et al., 2021). Hierin is op basis van levensvatbaarheidsanalyses voor twintig indicatorsoorten bepaald waar (aanvullende) ontsnipperingsmaatregelen nodig zijn om het voortbestaan van de populaties op de lange termijn te waarborgen. Met behulp van een aantal beslisregels en normen is vervolgens bepaald welke typen maatregelen, en hoeveel, er nodig zijn om het versnipperingsprobleem op te lossen. Door deze inzichten te betrekken bij de uitwerking van een mitigatieplan voor herten, kan een grote slag gemaakt worden in het herstellen van de ecologische connectiviteit, waar het hele duinecosysteem van zal profiteren.

Een mitigatieplan kan niet zonder een monitoringsplan. Dit onderzoek heeft immers wel duidelijk gemaakt dat als het gaat om maatregelen die aanrijdingen moeten voorkomen, de uitkomst vooraf nooit exact te voorspellen is. Dezelfde maatregel kan op twee verschillende plekken tot een ander resultaat leiden, bijvoorbeeld door verschillen in het ontwerp van de maatregel of de lokale situatie. Monitoren wat er gebeurt, is daarom cruciaal. Het stelt in staat om na enige tijd de maatregelen te evalueren en vast te stellen of maatregelen (nog steeds) doen wat ze zouden moeten doen, of niet. Het kan aanleiding zijn om het ontwerp en/of beheer van de genomen maatregelen te optimaliseren of aanvullende maatregelen te treffen. Monitoring is dus onmisbaar om vast te stellen of de vooraf gestelde doelen bereikt zijn en kan helpen om mitigatieplannen voor andere locaties met een vergelijkbaar probleem, vorm te geven.

Literatuur

- Abeyrathna, W.A.N.U. & T.A. Langen. 2021. Effect of Daylight Saving Time clock shifts on white-tailed deer-vehicle collision rates. *Journal of Environmental Management* 292:112774.
- Acheampong, G. 2021. Effect of road artefacts on deer-vehicle collisions. Master thesis. University of Amsterdam, Amsterdam.
- Anderson, T.L., L.W. Sheppard, J.A. Walter, R.E. Rolley & D.C. Reuman. 2021. Synchronous effects produce cycles in deer populations and deer-vehicle collisions. *Ecology Letters* 24:337–347.
- Benten, A., T. Hothorn, T. Vor & C. Ammer. 2018a. Wildlife warning reflectors do not mitigate wildlife-vehicle collisions on roads. *Accident Analysis and Prevention* 120:64–73.
- Benten A., P. Annighöfer & T. Vor. 2018b. Wildlife warning reflectors' potential to mitigate wildlife-vehicle collisions - A review on the evaluation methods. *Front. Ecol. Evol.* 6:37.
- Benten, A., N. Balkenhol, T. Vor & C. Ammer. 2019. Wildlife warning reflectors do not alter the behavior of ungulates to reduce the risk of wildlife-vehicle collisions. *European Journal of Wildlife Research* 65:76.
- Bertwistle J. 1999. The effects of reduced speed zones on reducing Bighorn Sheep and Elk collisions with vehicles on the Yellowhead Highway in Jasper National Park. In: Evink, G., P. Garret, D. Zeigler (eds.). *Proceedings of the Third International Conference on Wildlife Ecology and Transportation*: 101-109. Missoula, Montana, USA.
- Bíl, M., T. Kušta, R. Andrášik, V. Cícha, H. Brodská, M. Ježek & Z. Keken. 2020. No clear effect of odour repellents on roe deer behaviour in the vicinity of roads. *Wildlife Biology* 2020 (4).
- Bissonette, J.A. & C.A. Kassir. 2008. Locations of deer-vehicle collisions are unrelated to traffic volume or posted speed limit. *Human-Wildlife Conflicts* 2(1):122–130.
- Bissonette, J.A. & S. Rosa. 2012. An evaluation of a mitigation strategy for deer-vehicle collisions. *Wildlife Biology* 18:414-423.
- Braden, A.W., I.D. Parker, R.R. Lopez & N.J. Silvy. 2020. Temporal movement patterns predict collisions between female Florida key deer and vehicles on Big Pine Key, Florida. *Southeastern Naturalist* 19(4):709-716.
- Broekhuizen, S., K. Spoelstra, J.B.M. Thissen, K.J. Canters & J.C. Buys (redactie). 2016. *Atlas van de Nederlandse zoogdieren. Natuur van Nederland 12*. Naturalis Biodiversity Center & EIS Kenniscentrum insecten en andere ongewervelden, Leiden.
- Brieger, F., R. Hagen, D. Vetter, C.F. Dormann & I. Storch. 2016. Effectiveness of light-reflecting devices: A systematic reanalysis of animal-vehicle collision data. *Accident Analysis and Prevention* 97:242–260.
- Brieger, F., J-L. Kämmerle, N. Martschuk, S. Ortmann & R. Hagen. 2017a. No evidence for a 'warning effect' of blue light in roe deer. *Wildlife Biology* 2017: wlb.00331.
- Brieger, F., R. Hagen, M. Kröschel, F. Hartig, I. Petersen, S. Ortmann, R. Suchant. 2017b. Do roe deer react to wildlife warning reflectors? A test combining a controlled experiment with field observations. *European Journal of Wildlife Research* 63:72.
- BTL Advies. 2011. *Wildmonitoring: Monitoring effecten ITEK-reflectoren*. BTL Advies BV, Oisterwijk.
- Clevenger, A.P., B. Chruszcz & K. Gunson. 2001. Highway mitigation fencing reduces wildlife-vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin* 29:646-653.
- Clevenger, A.P., M. Barrueto, K.E. Gunson, F.M. Caryl & A.T. Ford. 2015. Context-dependent effects on spatial variation in deer-vehicle collisions. *Ecosphere* 6(4):47.
- Colino-Rabanal, V.J., T.A. Langen, S.J. Peris & M. Lizana. 2018. Ungulate: vehicle collision rates are associated with the phase of the moon. *Biodiversity Conservation* 27:681–694.
- Cserkész, T. & J. Farkas. 2015. Annual trends in the number of wildlife-vehicle collisions on the main linear transport corridor (highway and railway) of Hungary. *North-Western Journal of Zoology* 11(1):41-50.
- Cserkész, T., B. Ottlecz, A. Cserkész-Nagy & J. Farkas. 2013. Interchange as the main factor determining wildlife-vehicle collision hotspots on the fenced highways - spatial analysis and applications. *European Journal of Wildlife Research* 59:587–597.
- D'Angelo, G., J.G. D'Angelo, G.R. Gallagher, D.A. Osborn, K.V. Miller & R.J. Warren. 2006. Evaluation of wildlife warning reflectors for altering white-tailed deer behavior along roadways. *Wildlife Society Bulletin* 34(4):1175–1183.

-
- de Molenaar, J.G., R.J.H.G. Henkens, C. ter Braak, C. van Duyne, G. Hoefsloot & D.A. Jonkers. 2003. Wegverlichting en natuur IV. Effecten van wegverlichting op het ruimtelijk gedrag van zoogdieren. Alterra-rapport 648. Alterra, Wageningen.
- de Roo, L. & M. Zekhuis. 2012. Monitoring wildwaarschuwingssysteem 2012 in Overijssel. Landschap Overijssel, Zwolle.
- Denicola, A.J. & S.C. Williams. 2008. Sharpshooting suburban white-tailed deer reduces deer-vehicle collisions. *Human-Wildlife Conflicts* 2(1):28-33.
- Diaz-Varela, E.R., I. Vazquez-Gonzalez, M.F. Marey-Pérez & C.J. Álvarez-López. 2011. Assessing methods of mitigating wildlife-vehicle collisions by accident characterization and spatial analysis. *Transportation Research Part D* 16:281-287.
- Donaldson, B.M. & Y.-J. Kweon. 2019. Effectiveness of seasonal deer advisories on changeable message signs as a deer crash mitigation tool. *Transportation Research Record* 2673 (12):548-557.
- Druta, C. & A.S. Alden. 2020. Preventing animal-vehicle crashes using a smart detection technology and warning system. *Transportation Research Record* 2674(10):680-689.
- Dussault, C., M. Poulin, R. Courtois & J.P. Ouellet. 2006. Temporal and spatial distribution of moose-vehicle accidents in the Laurentides Wildlife Reserve, Quebec, Canada. *Wildlife Biology* 12(4):415-425.
- Elmeros, M., J.K. Winblad, P.N. Andersen, A.B. Madsen & J.T. Christensen. 2011. Effectiveness of odour repellents on red deer (*Cervus elaphus*) and roe deer (*Capreolus capreolus*): a field test. *European Journal for Wildlife Research* 57:1223-1226.
- Farrell, M.C. & P.A. Tappe. 2007. County-level factors contributing to deer-vehicle collisions in Arkansas. *Journal of Wildlife Management* 71(8):2727-2731.
- Favilli, F., M. Bíl, J. Sedoník, R. Andrášik, P. Kasal, A. Agreiter & T. Streifeneder. 2018. Application of KDE+ software to identify collective risk hotspots of ungulate-vehicle collisions in South Tyrol, Northern Italy. *European Journal of Wildlife Research* 64:59.
- FBE Noord-Holland. 2020. Faunabeheerplan damherten duingebieden Noord- en Zuid-Holland 2020-2026. Stichting Faunabeheereenheid Noord-Holland en Stichting Faunabeheereenheid Zuid-Holland, Haarlem.
- FBE Noord-Holland. 2021. Rapportage beheer en telling damherten. Beheerperiode 2020-2021. Stichting Faunabeheereenheid Noord-Holland, Haarlem.
- Finder, R.A., J.L. Roseberry & A. Woolf. 1999. Site and landscape conditions at white-tailed deer/vehicle collision locations in Illinois. *Landscape and Urban Planning* 44:77-85.
- Found, R. & M.S. Boyce. 2011a. Predicting deer-vehicle collisions in an urban area. *Journal of Environmental Management* 92:2486-2493.
- Found, R. & M.S. Boyce. 2011b. Warning signs mitigate deer-vehicle collisions in an urban area. *Wildlife Society Bulletin* 35:291-295.
- Gagnon, J.W., C.D. Loberger, S.C. Sprague, K.S. Ogren, S.L. Boe & R.E. Schweinsburg. 2015. Cost-effective approach to reducing collisions with elk by fencing between existing highway structures. *Human-Wildlife Interactions* 9(2):248-264.
- Galinskaitė, L., G. Ignatavičius & V. Valskys. 2020. Dependence of vehicle collisions with roe deer on spatial and temporal factors in Lithuania. 11th International Conference "Environmental Engineering", Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania, 21-22 May 2020: enviro.2020.651.
- Girardet, X., G. Conruyt-Rogéon & J.-C. Foltête. 2015. Does regional landscape connectivity influence the location of roe deer roadkill hotspots? *European Journal of Wildlife Research* 61:731-742.
- Gkritza, K., M. Baird & Z.N. Hans. 2010. Deer-vehicle collisions, deer density, and land use in Iowa's urban deer herd management zones. *Accident Analysis and Prevention* 42:1916-1925.
- Gkritza, K., R.R. Souleyrette, M.J. Baird & B.J. Danielson. 2013. Empirical bayes approach for estimating urban deer-vehicle crashes using police and maintenance records. *Journal of Transportation Engineering*, DOI: 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000629.
- Gleason, J.S. & J.A. Jenks. 1993. Factors influencing deer/vehicle mortality in east-central South Dakota. *Prairie Naturalist* 25(4):281-288.
- Gonser, R.A., R.R. Jensen & S.E. Wolf. 2009. The spatial ecology of deer-vehicle collisions. *Applied Geography* 29:527-532.
- Gordon, K.M., M.C. McKinstry & S.H. Anderson. 2004. Motorist response to a deer-sensing warning system. *Wildlife Society Bulletin* 32(2): 565-573.
- Groot Bruinderink, G.W.T.A. & E. Hazebroek. 1996. Ungulate traffic collisions in Europe. *Conservation Biology* 10: 1059-1067.

- Groot Bruinderink, G.W.T.A. & D.R. Lammertsma. 2001. Hoefdieren in de Manteling van Walcheren. Alterra-rapport 390. Alterra, Wageningen.
- Groot Bruinderink, G.W.T.A., E.A. van der Grift, K. Hulsteijn, S. Geijskes, G.L. van Scherrenburg & H.J. Woesthuis. 2006. Edelherten in de Gelderse Poort: Het rasterplan. Alterra-rapport 1288. Alterra, Wageningen.
- Groot Bruinderink, G.W.T.A., D.R. Lammertsma, P.W. Goedhart, W.G. Buist, R.M.A. Wegman & G.J. Spek. 2010. Factoren bij aanrijdingen met wilde hoefdieren op de Veluwe. Alterra-rapport 2026. Alterra, Wageningen.
- Guldemon, J.A. & R. Schoon. 2019. Reeerkenning Noord-Holland. Faunabeheereenheid Noord-Holland, Haarlem.
- Haikonen, H. & H. Summala. 2001. Deer-vehicle crashes - Extensive peak at 1 hour after sunset. *American Journal of Preventive Medicine* 21(3):209-213.
- Hegland, S.J. & L.N. Hamre. 2018. Scale-dependent effects of landscape composition and configuration on deer-vehicle collisions and their relevance to mitigation and planning options. *Landscape and Urban Planning* 169:178-184.
- Hepenstrick, D., D. Thiel, R. Holderegger & F. Gugerli. 2012. Genetic discontinuities in roe deer (*Capreolus capreolus*) coincide with fenced transportation infrastructure. *Basic and Applied Ecology* 13: 631-638.
- Hothorn, T., R. Brandl & J. Müller. 2012. Large-scale model-based assessment of deer-vehicle collision risk. *PLoS ONE* 7(2): e29510. DOI:10.1371/ journal.pone.0029510.
- Hothorn, T., J. Müller, L. Held, L. Möst & A. Mysterud. 2015. Temporal patterns of deer-vehicle collisions consistent with deer activity pattern and density increase but not general accident risk. *Accident Analysis and Prevention* 81:143-152.
- Hubbard, M.W., B.J. Danielson & R.A. Schmitz. 2000. Factors influencing the location of deer-vehicle accidents in Iowa. *The Journal of Wildlife Management* 64(3):707-713.
- Huijser, M.P., P. McGowen, J. Fuller, A. Hardy, A. Kocielek, A.P. Clevenger, D. Smith & R. Ament. 2008. Wildlife-Vehicle Collision Reduction Study: Report to Congress. Rapport FHWA-HRT-08-034. Federal Highway Administration, US Department of Transportation, Washington, VS.
- Huijser, M.P., E.R. Fairbank, W. Camel-Means, J. Graham, V. Watson, P. Basting & D. Becker. 2016. Effectiveness of short sections of wildlife fencing and crossing structures along highways in reducing wildlife-vehicle collisions and providing safe crossing opportunities for large mammals. *Biological Conservation* 197: 61-68.
- Ignatavičius, G. & V. Valskys. 2018. The influence of time factors on the dynamics of roe deer collisions with vehicles. *Landscape and Ecological Engineering* 14: 221-229. <https://doi.org/10.1007/s11355-017-0343-9>
- Ignatavičius, G., A. Ulevičius, V. Valskys, G. Trakimas, L. Galinskaitė & P.E. Busher. 2020. Temporal patterns of ungulate-vehicle collisions in a sparsely populated country. *European Journal of Wildlife Research* 66:58.
- Iverson, A.L. & L.R. Iverson. 1999. Spatial and temporal trends of deer harvest and deer-vehicle accidents in Ohio. *Ohio Journal of Science* 99(4):84-94.
- Jaarsma, C.F. & G.P.A. Willems. 2002. Reducing habitat fragmentation by minor rural roads through traffic calming. *Landscape and Urban Planning* 58:125-135.
- Jaarsma, C.F., F. van Langevelde & H. Botma. 2006. Flattened fauna and mitigation: Traffic victims related to road, traffic, vehicle, and species characteristics. *Transportation Research Part D* 11:264-276.
- Jägerbrand, A.K., H. Antonson. 2016. Driving behaviour responses to a moose encounter, automatic speed camera, wildlife warning sign and radio message determined in a factorial simulator study. *Accident Analysis and Prevention* 86:229-238.
- Jägerbrand, A.K., H. Antonson & C. Ahlström. 2018. Speed reduction effects over distance of animal-vehicle collision countermeasures – a driving simulator study. *European Transport Research Review* 10:40. doi.org/10.1186/s12544-018-0314-8.
- Jansman, H.A.H., J. Mergeay, E.A. van der Grift, G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, K. Van Den Berge, F.G.W.A. Ottburg, J. Gouwy, R. Schuiling, T. Van der Veken & C. Nowak. 2021. De wolf terug in Nederland – A fact-finding study. Rapport 3107. Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- Jiang, X., Y. Qiu & R.W. Lyles. 2013. Hazard assessment of deer-vehicle collisions in Michigan. *Human and Ecological Risk Assessment* 19(4):900-915.

- Jino Hans, W., N. Venkateswaran & V. Sherlin Solomi. 2020. On-road deer detection for advanced driver assistance using convolutional neural network. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 11 (4): 762-773.
- Kämmerle, J.-L., F. Brieger, M. Kröschel, R. Hagen, I. Storch & R. Suchant. 2017. Temporal patterns in road crossing behaviour in roe deer (*Capreolus capreolus*) at sites with wildlife warning reflectors. *PLoS ONE* 12(9): e0184761.
- Kays, R., A.W. Parsons, M.C. Baker, E.L. Kalies, T. Forrester, R. Costello, C.T. Rota, J.J. Millspaugh & W.J. McShea. 2017. Does hunting or hiking affect wildlife communities in protected areas? *Journal of Applied Ecology* 54:242-252.
- Kilgo, J.C., J.I. Blake, T.E. Grazia, A. Horcher, M. Larsen, T. Mims & S.J. Zarnoch. 2020. Use of roadside deer removal to reduce deer-vehicle removal. *Human-Wildlife Interactions* 14(1):87-95.
- Kima, W. & S.H. Hong. 2021. An empirical analysis on factors affecting water deer roadkills in Korea. *KSCE Journal of Civil Engineering* 25(9):3533-3539.
- Knapp, K.K. 2005. Crash reduction factors for deer-vehicle crash countermeasures: State of the knowledge and suggested safety research needs. *Transportation Research Record* 1908(1):172-179.
- Kuehn, R., K.E. Hindenlang, O. Holzgang, J. Senn, B. Stoeckle & C. Sperisen. 2007. Genetic effect of transportation infrastructure on roe deer populations (*Capreolus capreolus*). *Journal of Heredity* 98(1):13-22.
- Kusta, T., Z. Keken, M. Jezek & Z. Kuta. 2015. Effectiveness and costs of odor repellents in wildlife-vehicle collisions: A case study in Central Bohemia, Czech Republic. *Transportation Research Part D* 38:1-5.
- Lagos, L., J. Picos & E. Valero. 2012. Temporal pattern of wild ungulate-related traffic accidents in northwest Spain. *European Journal of Wildlife Research* 58:661-668.
- Laliberté, J. & M.-H. St-Laurent. 2020. In the wrong place at the wrong time: Moose and deer movement patterns influence wildlife-vehicle collision risk. *Accident Analysis and Prevention* 135:105365.
- Litjens, B.E.J. & E. Pelzers. 1988. Het damhert *Cervus dama* in Nederland. *Lutra* 31:132-144.
- Liu, Y., M. Nieuwenhuis & A. McCullagh. 2018. The effect of roadside land-use on the occurrence of deer vehicle collisions. *Irish Forestry* 75:8-25.
- Lutz, W. 1994. Ergebnisse der Anwendung eines sogenannten Duftzaunes zur Vermeidung von Wildverlusten durch den Strassenverkehr nach Gehege- und Freilandorientierungen. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 40:91-108.
- Madsen, A.B., H. Strandgaard & A. Prang. 2002. Factors causing traffic killings of roe deer *Capreolus* in Denmark. *Wildlife Biology* 8(1):55-61.
- Marcoux, A., G. Hickling, S. Riley & S. Winterstein. 2005. Situational and driver characteristics associated with deer-vehicle collisions in Southeastern Michigan. *Wildlife Damage Management Conferences - Proceedings*. Paper 121. http://digitalcommons.unl.edu/icwdm_wdmconfproc/121.
- Markolt, F., L. Szemethy, R. Lehoczki & M. Heltai. 2012. Spatial and temporal evaluation of wildlife-vehicle collisions along the M3 Highway in Hungary. *North-western Journal of Zoology* 8(2):414-425.
- Mayer, M., J. Coleman Nielsen, M. Elmeros & P. Sunde. 2021. Understanding spatio-temporal patterns of deer-vehicle collisions to improve roadkill mitigation. *Journal of Environmental Management* 295:113148.
- McCance, E.C., R.K. Baydack, D.J. Walker & D.N. Leask. 2015. Spatial and temporal analysis of factors associated with urban deer-vehicle collisions. *Human-Wildlife Interactions* 9(1):119-131.
- McCollister, M.F. & F.T. van Manen. 2010. Effectiveness of wildlife underpasses and fencing to reduce wildlife-vehicle collisions. *Journal of Wildlife Management* 74: 1722-1731.
- McDonald, L.R., T.A. Messmer & M.R. Guttery. 2019. Temporal variation of moose-vehicle collisions in Alaska. *Human-Wildlife Interactions* 13(3):382-392.
- McShea, W.J., C.M. Stewart, L.J. Kearns, S. Liccioli & D. Kocka. 2008. Factors affecting autumn deer-vehicle collisions in a rural Virginia county. *Human-Wildlife Conflicts* 2(1):110-121.
- Meisingset, E., L.E. Loe, O. Brekkum & A. Mysterud. 2014. Targeting mitigation efforts: The role of speed limit and road edge clearance for deer-vehicle collisions. *The Journal of Wildlife Management*; DOI: 10.1002/jwmg.712.
- Morelle, K., F. Lehaire & P. Lejeune. 2013. Spatio-temporal patterns of wildlife-vehicle collisions in a region with a high-density road network. *Nature Conservation* 5:53-73.
- Muller, L., A.M. Hackworth, N.R. Giffen, J.W. Evans, J. Henning, G.J. Hickling & P. Allen. 2014. Spatial and temporal relationships between deer harvest and deer-vehicle collisions at Oak Ridge Reservation, Tennessee. *Wildlife Society Bulletin* 38(4):812-820.

- Myserud, A. 2004. Temporal variation in the number of car-killed red deer *Cervus elaphus* in Norway. *Wildlife Biology* 10:203-211.
- Nelli, L., J. Langbein, P. Watson & R. Putman. 2010. Quantifying and predicting the risk of deer-vehicle collisions on major roads in England. *Mammalian Biology*; DOI: 10.1016/j.mambio.2018.03.013.
- Neumann, W. & G. Ericsson. 2017. Influence of hunting on movements of moose near roads. *The Journal of Wildlife Management*; DOI: 10.1002/jwmg.21448.
- Ng, J.W., C. Nielsen & C. Cassady St. Clair. 2008. Landscape and traffic factors influencing deer-vehicle collisions in an urban environment. *Human-Wildlife Conflicts* 2(1):34-47.
- Nielsen, C.K., R.G. Anderson & M.D. Grund. 2003. Landscape influences on deer-vehicle accident areas in an urban environment. *The Journal of Wildlife Management* 67(1):46-51.
- Nyenhuis, H. 2002. Rehwild (*Capreolus* L.): Verkehrsoffer. In *Korrespondenz mit Landschaftsstruktur, Wetter, Verhalten. Tierärztlicher Umschau* 57:683-687.
- Olbrich, P. 1984. Untersuchung der Wirksamkeit von Wildwarnreflektoren und der Eignung von Wilddurchlässen. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 30:101-116.
- Olsson, M.P.O. & P. Widen. 2008. Effects of highway fencing and wildlife crossings on moose *Alces* movements and space use in southwestern Sweden. *Wildlife Biology* 14:111-117.
- Olson, D.D., J.A. Bissonette, P.C. Cramer, K.D. Bunnell, D.C. Coster & P.J. Jackson. 2015. How does variation in winter weather affect deer-vehicle collision rates? *Wildlife Biology* 21(2):80-87.
- Parker, I.D., A.W. Braden, R.R. Lopez, N.J. Silvy, D.S. Davis & C.B. Owen. 2008. Effects of US 1 project on Florida key deer mortality. *Journal of Wildlife Management* 72:354-359.
- Parker, I.D., R.R. Lopez, N.J. Silvy, D.S. Davis & C.B. Owen. 2011. Long-term effectiveness of US 1 Crossing Project in reducing Florida key deer mortality. *Wildlife Society Bulletin* 35:296-302.
- Picardi, S., M. Basille, W. Peters, J.M. Ponciano, L. Boitani & F. Cagnaccic. 2018. Movement Responses of Roe Deer to Hunting Risk. *The Journal of Wildlife Management*; DOI: 10.1002/jwmg.21576.
- Putzu, N., D. Bonetto, V. Civallero, S. Fenoglio, P.G. Meneguz, N. Preacco & P. Tizzani. 2014. Temporal patterns of ungulate-vehicle collisions in a subalpine Italian region. *Italian Journal of Zoology* 81(3): 463-470.
- Raynor, J.L., C.A. Grainger & D.P. Parker. 2021. Wolves make roadways safer, generating large economic returns to predator conservation. *PNAS* 118(22):e2023251118.
- Rea, R.V., C.J. Johnson, D.A. Aitken, K.N. Child & G. Hesse. 2018. Dash Cam videos on YouTube™ offer insights into factors related to moose-vehicle collisions. *Accident Analysis and Prevention* 118:207-213.
- Reed, D.F. & T.N. Woodard. 1981. Effectiveness of highway lighting in reducing deer-vehicle accidents. *The Journal of Wildlife Management* 45 (3):721-726.
- Reeve, A.F. & S.H. Anderson. 1993. Ineffectiveness of Swareflex reflectors at reducing deer-vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin* 21:127-132.
- Riginos, C., M.W. Graham, M.J. Davis, A.B. Hohnson, A.B. May, K.W. Ryer & L.E. Hall. 2018. Wildlife warning reflectors and white canvas reduce deer-vehicle collisions and risky road-crossing behavior. *Wildlife Society Bulletin* 42(1):119-130.
- Rodríguez-Morales, B., E.R. Díaz-Varela & M.F. Marey-Pérez. 2013. Spatiotemporal analysis of vehicle collisions involving wild boar and roe deer in NW Spain. *Accident Analysis and Prevention* 60:121- 133.
- Rolandsen, C.M., E.J. Solberg, I. Herfindal, B. van Moorter & B.-E. Sæther. 2011. Large-scale spatiotemporal variation in road mortality of moose: Is it all about population density? *Ecosphere* 2(10):113.
- Romin, L.A. & L.B. Dalton. 1992. Lack of response by mule deer to wildlife warning whistles. *Wildlife Society Bulletin* 20(4):382-384.
- Roedenbeck, I.A., L. Fahrig, C.S. Findlay, J.E. Houlahan, J.A.G. Jaeger, N. Klar, S. Kramer-Schadt & E.A. van der Grift. 2007. The Rauischholzhausen Agenda for Road Ecology. *Ecology and Society* 12 (1):11.
- Rutten, A., J. Gouwy, K. Van Den Berge, F. Berlengee, K. Schamp, L. Pallemarts, S. Devisscher & J. Casaer. 2021. Evaluatie monitoring wilddetectiesysteem N73-Kamperbaan. Rapport 2021-11. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Rytwinski, T., K. Soanes, J.A.G. Jaeger, L. Fahrig, C.S. Findlay, J. Houlahan, R. van der Ree & E.A. van der Grift. 2016. How effective is road mitigation at reducing road-kill? A meta-analysis. *PLoS ONE* 11(11): e0166941.
- Saint-Andrieux, C., C. Calenge & C. Bonenfant. 2020. Comparison of environmental, biological and anthropogenic causes of wildlife-vehicle collisions among three large herbivore species. *Population Ecology* 62:64-79.

-
- Scheifele, P.M., D.G. Browning & L.M. Collins-Scheifele. 2003. Analysis and effectiveness of "deer whistles" for motor vehicles: frequencies, levels, and animals threshold responses. *Acoustics Research Letters* Online 4:71-76.
- Schoon, C.F. 2011. Pas op: overstekend wild. Aanrijdingen met reeën in Utrecht. Terra Salica, Vaassen.
- Seidel, D., N. Hähn, P. Annighöfer, A. Benten, T. Vor & C. Ammer. 2018. Assessment of roe deer (*Capreolus capreolus* L.) – vehicle accident hotspots with respect to the location of 'trees outside forest' along roadsides. *Applied Geography* 93:76-80.
- Seiler, A. 2004. Trends and spatial patterns in ungulate-vehicle collisions in Sweden. *Wildlife Biology* 10: 301-313.
- Sevigny, J., A. Summers, G. Kalisz & K. McAllister. 2021. Identification of elk-vehicle incident hotspots on state route 20 in Washington State. *Landscape Ecology* 36:1685-1698.
- Shao, C., P. Yi & A. Alhomidan. 2010. High and low deer-vehicle collision roadway sections - What makes them different? *The Open Transportation Journal* 4:87-92.
- Smulders, P.B., L. Nouwens, D.E.H. Wansink, E.A. van der Grift & A.C. Hofland. 2021. Leidraad Faunavoorzieningen bij Infrastructuur. Rijkswaterstaat, Dienst Water, Verkeer en Leefomgeving, Utrecht.
- Stapleton, S.Y., A. Ingle & T.J. Gates. 2019. Factors contributing to deer-vehicle crashes on rural two-lane roadways in Michigan. *Transportation Research Record* 2673(10):214-224.
- Steiner, W., E.M. Schöll, F. Leisch & K. Hackländer. 2021. Temporal patterns of roe deer traffic accidents: Effects of season, daytime and lunar phase. *PLoS ONE* 16(3):e0249082.
- Sudharsan, K., S.J. Riley & S.R. Winterstein. 2006. Relationship of autumn hunting season to the frequency of deer-vehicle collisions in Michigan. *Journal of Wildlife Management* 70(4):1161-1164.
- Sullivan, T.L., A.F. Williams, T.A. Messmer, L.A. Hellinga & S.Y. Kyrychenko. 2004. Effectiveness of temporary warning signs in reducing deer-vehicle collisions during mule deer migrations. *Wildlife Society Bulletin* 32:907-915.
- Svechkina, A., B.A. Portnov & T. Trop. 2020. The impact of artificial light at night on human and ecosystem health: a systematic literature review. *Landscape Ecology* 35:1725-1742.
- Tanner, A.L. & S.J. Leroux. 2015. Effect of roadside vegetation cutting on moose browsing. *PLoS ONE* 10(8):e0133155.
- Ujvári, M., H.J. Baagøe, A.B. Madsen. 1998. Effectiveness of wildlife warning reflectors in reducing deer vehicle collisions: a behavioral study. *Journal of Wildlife Management* 62:1094-1099.
- Ujvári, M., H.J. Baagøe, A.B. Madsen. 2004. Effectiveness of acoustic road markings in reducing deer-vehicle collisions: a behavioural study. *Wildlife Biology* 10:155-159.
- Valitzski, S.A., G.J. D'Ángelo, G.R. Gallagher, D.A. Osborn, K.V. Miller & R.J. Warren. 2009. Deer responses to sounds from a vehicle-mounted sound-production system. *Journal of Wildlife Management* 73(7): 1072-1076.
- van der Grift, E.A., R. van der Ree, L. Fahrig, S. Findlay, J. Houlahan, J.A.G. Jaeger, N. Klar, L.F. Madriñan & L. Olson. 2013. Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. *Biodiversity and Conservation* 22 (2):425-448.
- van der Grift, E.A. 2017. Fences and beyond: The importance of addressing fence-end effects in roadkill reduction studies. *Proceedings of the 2017 International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, USA.
- van der Grift, E.A., F.P.J. van Bommel, D.R. Lammertsma & F.G.W.A. Ottburg. 2018. De effectiviteit van maatregelen voor het reduceren van aanrijdingen met reeën. Een verkenning en advies voor een veldproef. Rapport 2936. Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- van der Grift, E.A., F.G.W.A. Ottburg, D.R. Lammertsma & F.P.J. van Bommel. 2021. A green light for blue wildlife reflectors? In: A. Mira et al. (eds.) *IENE 2020 International Conference; LIFE LINES – Linear Infrastructure Networks with Ecological Solutions*. Abstract Book: 96. January 12-14, 2021, Universidade de Évora.
- van der Grift, E.A., R. Jochem, L. Biersteker & M. van Eupen. 2021. Ontsnipperingsbeeld Provincie Noord-Holland. Een knelpuntenanalyse en advies voor ontsnippering van het provinciale wegennet voor fauna. Rapport 3075. Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- van Gool, C.R. (red.). 2016. Faunabeheerplan damherten in het Noord- en Zuid-Hollandse duingebied 2016-2020. Faunabeheereenheid Noord-Holland en Faunabeheereenheid Zuid-Holland.
- van Langevelde, F. & C.F. Jaarsma. 2004. Using traffic flow theory to model traffic mortality in mammals. *Landscape Ecology* 19:895-907.

-
- van Langevelde, F. & C.F. Jaarsma. 2009. Modeling the effect of traffic calming on local animal population persistence. *Ecology and Society* 14(2):39.
- Versteeg, Y.M., C.A. van der Baan & B. Bieze. 2019. Damhert- en reetelling duingebied Noord- en Zuid-Holland 2019 - Rapport van het beoordelingscomité. Faunabeheereenheid Noord-Holland & Faunabeheereenheid Zuid-Holland, Haarlem.
- Vrkljan, J., D. Hozjan, D. Barić, D. Ugarković & K. Krapinec. 2020. Temporal patterns of vehicle collisions with roe deer and wild boar in the Dinaric Area. *Croatian Journal of Forestry Engineering* 41(2):347-358.
- 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.
- Wood, P. & M.L. Wolfe. 1988. Intercept feeding as a means of reducing deer-vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin* 16(4):376-380.

Bijlage 1 Geconsulteerde personen

Naam	Organisatie
Carlijn van der Baan	Provincie Noord-Holland, Sector Groen
Jos Geerlings	Provincie Noord-Holland
Harry Schoordijk	Provincie Noord-Holland, Omgevingsdienst Noord-Holland Noord
Joeri Slobbe	Provincie Noord-Holland, Omgevingsdienst Noord-Holland Noord
Margot Holland	PWN
Ko van der Bijl	PWN
Klaas van den Berg	Staatsbosbeheer, Team Gooi en Kennemerland
Michael Baars	Staatsbosbeheer, Team Gooi en Kennemerland
Fenna Kiemel	Gemeente Bloemendaal
Niels van Esterik	Gemeente Haarlem/Gemeente Zandvoort
Sofia Vroege-Kolkman	Faunabeheereenheid Noord-Holland

Bijlage 2 Verkenning factoren

In deze bijlage zijn de resultaten van het literatuuronderzoek samengevat, gericht op factoren die invloed kunnen hebben op het aantal aanrijdingen met herten. Hierbij zijn alle gevonden studies per hertensoort in een aparte tabel gepresenteerd. Per studie is aangegeven welke factoren zijn geïdentificeerd en wat de aard van het verband is – positief, negatief of neutraal – tussen deze factoren en het aantal aanrijdingen.

Legenda:

- P Er is een positief verband aangetoond met het aantal aanrijdingen
- N Er is een negatief verband aangetoond met het aantal aanrijdingen
- 0 Er is geen verband aangetoond met het aantal aanrijdingen

Tabel B2.1 In de literatuur gevonden verbanden tussen soort-gebonden of omgevingsfactoren en het aantal aanrijdingen met ree.

ID	Factor	REF
		Groot Bruinderink & Hazebroek 1996 Madsen et al. 2002 Nyenhuis 2002 Seiler 2004 Groot Bruinderink et al. 2010 Schoon 2011 Diaz-Varela et al. 2011 Hothorn et al. 2012 Lagos et al. 2012 Markolt et al. 2012 Rodríguez-Morales et al. 2013 Cserkész et al. 2013 Morelle et al. 2013 Putzu et al. 2014 Girardet et al. 2015 Cserkész & Farkas 2015 Hothorn et al. 2015 Kammerle et al. 2017 Ignatavicius & Valskys 2018 Colino-Rabanal et al. 2018 Favilli et al. 2018 Seidel et al. 2018 Galinskaitė et al. 2020 Vrkljan et al. 2020 Acheampong 2021 Ignatavičius et al. 2020 Saint-Andrieux et al. 2020 Steiner et al. 2021 Mayer et al. 2021
1	Factoren die samenhangen met de weg en berm	
1.1	Breedte van de weg	P 0 P
1.2	Aantal rijbanen	
1.3	Bochtigheid van de weg (horizontale curves)	
1.4	Hoogteverschillen in de weg (verticale curves)	
1.5	Hoogteligging weg t.o.v. omliggende landschap	
1.6	Kruising van wegen/afslagen	P
1.7	Aantal onderdoorgangen/overgangen	N
1.8	Afstand tot faunapassages	P P
1.9	Afstand tot barrières (e.g. rasters)	
1.10	Verlichting	
1.11	Wegendichtheid	P P P
1.12	Berm - Breedte asfaltstrook	
1.13	Berm - Aanwezigheid grindstrook	
1.14	Berm - Gesloten vegetatie	
1.15	Berm - Open vegetatie	
1.16	Berm - Breedte gemaaide strook	
1.17	Berm - Aantal sloten/watergangen/greppels	

ID	Factor	REE															
		Groot Bruinderink & Hazebroek 1996 Madsen et al. 2002 Nyenhuis 2002 Seiler 2004 Groot Bruinderink et al. 2010 Schoon 2011 Diaz-Varela et al. 2011 Hothorn et al. 2012 Lagos et al. 2012 Markolt et al. 2012 Rodríguez-Morales et al. 2013 Cserkészt et al. 2013 Morelle et al. 2013 Putzu et al. 2014 Girardet et al. 2015 Cserkészt & Farkas 2015 Hothorn et al. 2015 Kámmertle et al. 2017 Ignatavicius & Valskys 2018 Colino-Rabanal et al. 2018 Favilli et al. 2018 Seidel et al. 2018 Galinskaité et al. 2020 Vrkijan et al. 2020 Acheampong 2021 Ignatavičius et al. 2020 Saint-Andrieux et al. 2020 Steiner et al. 2021 Mayer et al. 2021															
2	Factoren die samenhangen met het gebruik van de weg																
2.1	Verkeersvolume	0	0	P	P						P	P					F
2.2	Rijsnelheid				0												
2.3	Toegestane maximumsnelheid					0											
2.4	Type weg (primair, secundair)																
3	Factoren die samenhangen met het landschap																
3.1	Topografie - helling																
3.2	Topografie - hoogte																
3.3	Topografie - kruising met vallei																
3.4	Landschap - menselijke populatiedichtheid																
3.5	Landschap - agrarisch landgebruik																
3.6	Landschap - heterogeniteit																
3.7	Landschap - openheid																
3.8	Landschap - landbouw + hoge wegendichtheid																
3.9	Landschap - fragmentatie van bos																
3.10	Areaal geschikte habitat	P															
3.11	Areaal heide	P															
3.12	Areaal bos	P P															
3.13	Areaal naaldbos																
3.14	Areaal opgaande begroeiing, exclusief bos	P															
3.15	Areaal randhabitat																
3.16	Areaal agrarische percelen + (groter) bos																

ID	Factor	REE
		Groot Bruinderink & Hazebroek 1996 Madsen et al. 2002 Nyenhuis 2002 Seiler 2004 Groot Bruinderink et al. 2010 Schoon 2011 Diaz-Varela et al. 2011 Hothorn et al. 2012 Lagos et al. 2012 Markolt et al. 2012 Rodríguez-Morales et al. 2013 Cserkés et al. 2013 Morelle et al. 2013 Putzu et al. 2014 Girardet et al. 2015 Cserkés & Farkas 2015 Hothorn et al. 2015 Kämmerle et al. 2017 Ignatavičius & Valskys 2018 Colino-Rabanal et al. 2018 Favilli et al. 2018 Seidel et al. 2018 Galinskaitė et al. 2020 Vrkljan et al. 2020 Acheampong 2021 Ignatavičius et al. 2020 Saint-Andrieux et al. 2020 Steiner et al. 2021 Mayer et al. 2021
3.17	Areaal agrarisch grasland	0
3.18	Areaal akker	P
3.19	Areaal publiek land	
3.20	Areaal urbaan/bebouwd gebied	N
3.21	Areaal suburbaan gebied + loofbos	
3.22	Afstand tot geschikte habitat	
3.23	Afstand tot bos	
3.24	Afstand tot agrarisch grasland	
3.25	Afstand tot windsingel/houtwal	
3.26	Afstand tot water	
3.27	Afstand tot kruisingen met beken/rivieren	
3.28	Afstand tot boerderij	
3.29	Afstand tot recreatiegebieden	
3.30	Afstand tot suburbaan gebied	
3.31	Afstand tot menselijke verstoring	
3.32	Aanwezigheid poel met brakwater	
3.33	Grootte agrarische graslandpercelen	
3.34	Grootte bospercelen	
3.35	Grootte akkerpercelen	
3.36	Variatie in agrarische perceelgrootte	

[illegible]

ID	Factor	REE
		Groot Bruinderink & Hazebroek 1996 Madsen et al. 2002 Nyenhuis 2002 Seiler 2004 Groot Bruinderink et al. 2010 Schoon 2011 Diaz-Varela et al. 2011 Hothorn et al. 2012 Lagos et al. 2012 Markolt et al. 2012 Rodríguez-Morales et al. 2013 Cserkés et al. 2013 Morelle et al. 2013 Putzu et al. 2014 Girardet et al. 2015 Cserkés & Farkas 2015 Hothorn et al. 2015 Kämmerle et al. 2017 Ignatavičius & Valskys 2018 Colino-Rabanal et al. 2018 Favilli et al. 2018 Seidel et al. 2018 Galinskaitė et al. 2020 Vrkljan et al. 2020 Acheampong 2021 Ignatavičius et al. 2020 Saint-Andrieux et al. 2020 Steiner et al. 2021 Mayer et al. 2021
7	Factoren die samenhangen met weersomstandigheden	
7.1	Temperatuur	P
7.2	Zonneschijn	N
7.3	Mist	P
7.4	Regen/Neerslag	N
7.5	Dikte sneeuwlaag	
7.6	Maancyclus (volle maan)	P

Tabel B2.2 In de literatuur gevonden verbanden tussen soort-gebonden of omgevingsfactoren en het aantal aanrijdingen met damhert, edelhert of eland.

ID	Factor	DAMHERT	EDELHERT	ELAND
		Acheampong 2021 Mayer et al. 2021	Groot Bruinderink & Hazebroek 1996 Mysterud 2004 Groot Bruinderink et al. 2010 Morelle et al. 2013 Meisingset et al. 2014 Colino-Rabanal et al. 2018 Favilli et al. 2018 Hegland & Hamre 2018 Saint-Andrieux et al. 2020 Sevigny et al. 2021 Mayer et al. 2021	Haikonen & Summala 2001 Seiler 2004 Dussault et al. 2006 Rolandsen et al. 2011 Neumann & Ericsson 2017 Rea et al. 2018 McDonald et al. 2019 Laliberté et al. 2020
1	Factoren die samenhangen met de weg en berm			
1.1	Breedte van de weg		P	
1.2	Aantal rijbanen			
1.3	Bochtigheid van de weg (horizontale curves)			
1.4	Hoogteverschillen in de weg (verticale curves)			
1.5	Hoogteligging weg t.o.v. omliggende landschap			
1.6	Kruising van wegen/afslagen			
1.7	Aantal onderdoorgangen/overgangen			N
1.8	Afstand tot faunapassages	P		
1.9	Afstand tot barrières (e.g. rasters)			
1.10	Verlichting			
1.11	Wegendichtheid		P	P
1.12	Berm - Breedte asfaltstrook			
1.13	Berm - Aanwezigheid grindstrook			
1.14	Berm - Gesloten vegetatie			
1.15	Berm - Open vegetatie		N	
1.16	Berm - Breedte gemaaide strook			
1.17	Berm - Aantal sloten/watergangen/greppels			

ID	Factor	DAMHERT
		Acheampong 2021 Mayer et al. 2021
2	Factoren die samenhangen met het gebruik van de weg	
2.1	Verkeersvolume	P
2.2	Rijsnelheid	
2.3	Toegestane maximumsnelheid	
2.4	Type weg (primair, secundair)	
3	Factoren die samenhangen met het landschap	
3.1	Topografie - helling	
3.2	Topografie - hoogte	
3.3	Topografie - kruising met vallei	
3.4	Landschap - menselijke populatiedichtheid	
3.5	Landschap - agrarisch landgebruik	
3.6	Landschap - heterogeniteit	
3.7	Landschap - openheid	
3.8	Landschap - landbouw + hoge wegendichtheid	
3.9	Landschap - fragmentatie van bos	
3.10	Areaal geschikte habitat	
3.11	Areaal heide	
3.12	Areaal bos	P
3.13	Areaal naaldbos	
3.14	Areaal opgaande begroeiing, exclusief bos	
3.15	Areaal randhabitat	
3.16	Areaal agrarische percelen + (groter) bos	
3.17	Areaal agrarisch grasland	

EDELHERT					
Groot Bruinderink & Hazebroek 1996	Mysterud 2004	Groot Bruinderink et al. 2010	Morelle et al. 2013	Meisingset et al. 2014	Colino-Rabanal et al. 2018
Favilli et al. 2018	Hegland & Hamre 2018	Saint-Andrieux et al. 2020	Sevigny et al. 2021	Mayer et al. 2021	
0	P				P
	0	P			
				N	
				P	
	P	P			P
				P	

[illegible]

ID	Factor	DAMHERT
		Acheampong 2021 Mayer et al. 2021
3.18	Areaal akker	
3.19	Areaal publiek land	
3.20	Areaal urbaan/bebouwd gebied	
3.21	Areaal suburbaan gebied + loofbos	
3.22	Afstand tot geschikte habitat	
3.23	Afstand tot bos	
3.24	Afstand tot agrarisch grasland	
3.25	Afstand tot windsingel/houtwal	
3.26	Afstand tot water	
3.27	Afstand tot kruisingen met beken/rivieren	
3.28	Afstand tot boerderij	
3.29	Afstand tot recreatiegebieden	
3.30	Afstand tot suburbaan gebied	
3.31	Afstand tot menselijke verstoring	
3.32	Aanwezigheid poel met brakwater	
3.33	Grootte agrarische graslandpercelen	
3.34	Grootte bospercelen	
3.35	Grootte akkerpercelen	
3.36	Variatie in agrarische perceelgrootte	

EDELHERT	
Groot Bruinderink & Hazebroek 1996	
Mysterud 2004	
Groot Bruinderink et al. 2010	
Morelle et al. 2013	
Meisingset et al. 2014	
Colino-Rabanal et al. 2018	
Favilli et al. 2018	
Hegland & Hamre 2018	
Saint-Andrieux et al. 2020	
Sevigny et al. 2021	
Mayer et al. 2021	

ELAND
Haikonen & Summala 2001
Seiler 2004
Dussault et al. 2006
Rolandson et al. 2011
Neumann & Ericsson 2017
Rea et al. 2018
McDonald et al. 2019
Laliberté et al. 2020
N
P

ID	Factor	DAMHERT	
		Acheampong 2021	Mayer et al. 2021
4	Factoren die samenhangen met de diersoort		
4.1	Populatie - Dichtheid		P
4.2	Populatie - Grootte		
4.3	Populatie - Structuur		
4.4	Populatie - Habitatgebruik		
4.5	Populatie - Vraatdruk		
4.6	Activiteitenpatroon - Jaarlijks (seizoensritme)	P	P
4.7	Activiteitenpatroon - Dagelijks (dagritme)	P	P
5	Factoren die samenhangen met andere diersoorten		
5.1	Aanwezigheid wolf		
6	Factoren die samenhangen met menselijke activiteit		
6.1	Jacht - Jachtdruk		
6.2	Jacht - Jachtseizoen		
6.3	Jacht - Afschot aantallen		
6.4	Jacht - Aantal jachtvergunningen		
6.5	Afstand tot voerplekken		
6.6	Verzetten klok: zomertijd/wintertijd		

EDELHERT						
Groot Bruinderink & Hazebroek 1996	Mysterud 2004	Groot Bruinderink et al. 2010	Morelle et al. 2013	Meisingset et al. 2014	Colino-Rabanal et al. 2018	Favilli et al. 2018
Hegland & Hamre 2018	Saint-Andrieux et al. 2020	Sevigny et al. 2021	Mayer et al. 2021			
	P					P
	P					
P						
						P
P	P	P	P		P	P
P	P			P		P
	0					
P		P				P

[illegible]

ID	Factor	DAMHERT
		Acheampong 2021 Mayer et al. 2021
7	Factoren die samenhangen met weersomstandigheden	
7.1	Temperatuur	
7.2	Zonneschijn	
7.3	Mist	
7.4	Regen/Neerslag	
7.5	Dikte sneeuwlaag	
7.6	Maancyclus (volle maan)	

EDELHERT
Groot Bruinderink & Hazebroek 1996
Mysterud 2004
Groot Bruinderink et al. 2010
Morelle et al. 2013
Meisingset et al. 2014
Colino-Rabanal et al. 2018
Favilli et al. 2018
Hegland & Hamre 2018
Saint-Andrieux et al. 2020
Sevigny et al. 2021
Mayer et al. 2021
P
0

ELAND
Haikonen & Summala 2001
Seiler 2004
Dussault et al. 2006
Rolandsen et al. 2011
Neumann & Ericsson 2017
Rea et al. 2018
McDonald et al. 2019
Laliberté et al. 2020
P N
P

Tabel B2.3 In de literatuur gevonden verbanden tussen soort-gebonden of omgevingsfactoren en het aantal aanrijdingen met witstaarthert/muльдierhert.

ID	Factor	WITSTAARTHERT / MUIDLIERHERT (Odocoileus ssp.)																												
		Glaeson & Jenks 1993	Finder et al. 1999	Iverson et al. 1999	Hubbard et al. 2000	Haikonen & Summala 2001	Nielsen et al. 2003	Marcoux et al. 2005	Sudharsan et al. 2006	Farrell & Tappe 2007	Ng et al. 2008	Bissonette & Kassar 2008	McShea et al. 2008	Gonser et al. 2009	Shao et al. 2010	Gkritza et al. 2010	Found & Boyce 2011a	Jiang et al. 2013	Gkritza et al. 2014	Muller et al. 2014	McCance et al. 2015	Olson et al. 2015	Clevenger et al. 2015	Colino-Rabanal et al. 2018	Stapleton et al. 2019	Laliberté et al. 2020	Braden et al. 2020	Anderson et al. 2021	Raynor et al. 2021	Abeyrathna & Langen 2021
1	Factoren die samenhangen met de weg en berm																													
1.1	Breedte van de weg	P																												
1.2	Aantal rijbanen	P				N								P				P												
1.3	Bochtigheid van de weg (horizontale curves)											0								N		P								
1.4	Hoogteverschillen in de weg (verticale curves)											P								P										
1.5	Hoogteligging weg t.o.v. omliggende landschap	P																												
1.6	Kruising van wegen/afslagen																													
1.7	Aantal onderdoorgangen/overgangen	P																												
1.8	Afstand tot faunapassages																													
1.9	Afstand tot barrières (e.g. rasters)	P																												
1.10	Verlichting																													
1.11	Wegendichtheid	P								P		N		N				P												
1.12	Berm - Breedte asfaltstrook	N																												
1.13	Berm - Aanwezigheid grindstrook	P																												
1.14	Berm - Gesloten vegetatie	P																												
1.15	Berm - Open vegetatie																													
1.16	Berm - Breedte gemaaide strook	N																												
1.17	Berm - Aantal sloten/watergangen/greppels	P								P																				

ID	Factor	WITSTAARTHERT/MUILDIERHERT (Odocoileus ssp.)																												
		Glaeson & Jenks 1993	Finder et al. 1999	Iverson et al. 1999	Hubbard et al. 2000	Haikonen & Summala 2001	Nielsen et al. 2003	Marcoux et al. 2005	Sudharsan et al. 2006	Farrell & Tappe 2007	Ng et al. 2008	Bissonette & Kassar 2008	McShea et al. 2008	Gonser et al. 2009	Shao et al. 2010	Gkritza et al. 2010	Found & Boyce 2011a	Jiang et al. 2013	Gkritza et al. 2014	Muller et al. 2014	McCance et al. 2015	Olson et al. 2015	Clevenger et al. 2015	Colino-Rabanal et al. 2018	Stapleton et al. 2019	Laliberté et al. 2020	Braden et al. 2020	Anderson et al. 2021	Raynor et al. 2021	Abeyrathna & Langer 2021
2	Factoren die samenhangen met het gebruik van de weg																													
2.1	Verkeersvolume	0		0								0	P							P	P							P		
2.2	Rijsnelheid										P						P				P									
2.3	Toegestane maximumsnelheid							P			P	0								P										
2.4	Type weg (primair, secundair)												P								P									
3	Factoren die samenhangen met het landschap																													
3.1	Topografie - helling																													
3.2	Topografie - hoogte																													
3.3	Topografie - kruising met vallei																													
3.4	Landschap - menselijke populatiedichtheid			P						P																				
3.5	Landschap - agrarisch landgebruik													P																
3.6	Landschap - heterogeniteit		P				P							P			P													
3.7	Landschap - openheid																													
3.8	Landschap - landbouw + hoge wegendichtheid										P																			
3.9	Landschap - fragmentatie van bos																													
3.10	Areaal geschikte habitat																													
3.11	Areaal heide																													
3.12	Areaal bos						P			P					P								P							
3.13	Areaal naaldbos																										P			
3.14	Areaal opgaande begroeiing, exclusief bos																													
3.15	Areaal randhabitat									P																				
3.16	Areaal agrarische percelen + (groter) bos																P													
3.17	Areaal agrarisch grasland																			P										
3.18	Areaal akker			N													P													
3.19	Areaal publiek land						P																							
3.20	Areaal urbaan/bebouwd gebied			P			N						P		0	N					N									

[illegible]

ID	Factor	WITSTAARTHERT/MUILDIERHERT (Odocoileus ssp.)																												
		Glaeson & Jenks 1993	Finder et al. 1999	Iverson et al. 1999	Hubbard et al. 2000	Haikonen & Summala 2001	Nielsen et al. 2003	Marcoux et al. 2005	Sudharsan et al. 2006	Farrell & Tappe 2007	Ng et al. 2008	Bissonette & Kassir 2008	McShea et al. 2008	Gonser et al. 2009	Shao et al. 2010	Gkritza et al. 2010	Found & Boyce 2011a	Jiang et al. 2013	Gkritza et al. 2014	Muller et al. 2014	McCance et al. 2015	Olson et al. 2015	Clevenger et al. 2015	Colino-Rabanal et al. 2018	Stapleton et al. 2019	Laliberté et al. 2020	Braden et al. 2020	Anderson et al. 2021	Raynor et al. 2021	Abeyrathna & Langen 2021
6	Factoren die samenhangen met menselijke activiteit																													
6.1	Jacht - Jachtdruk																													
6.2	Jacht - Jachtseizoen																													
6.3	Jacht - Afschotaantallen																													
6.4	Jacht - Aantal jachtvergunningen																													
6.5	Afstand tot voerplekken																													
6.6	Verzetten klok: zomertijd/wintertijd																													
7	Factoren die samenhangen met weersomstandigheden																													
7.1	Temperatuur																													
7.2	Zonneschijn																													
7.3	Mist																													
7.4	Regen/Neerslag																													
7.5	Dikte sneeuwlaag																													
7.6	Maancyclus (volle maan)																													

Tabel B2.4 In de literatuur gevonden verbanden tussen soort-gebonden of omgevingsfactoren en het aantal aanrijdingen met sikahert, Chinese waterree en 'cervidae', i.e. diverse soorten herten gecombineerd.

ID	Factor	SIKAHERT	CHINESE WATERREE	CERVIDAE
		Liu et al. 2018	Kim & Hong 2021	Nelli et al. 2018
1	Factoren die samenhangen met de weg en berm			
1.1	Breedte van de weg			
1.2	Aantal rijbanen		P	
1.3	Bochtigheid van de weg (horizontale curves)			
1.4	Hoogteverschillen in de weg (verticale curves)		P	
1.5	Hoogteligging weg t.o.v. omliggende landschap			
1.6	Kruising van wegen/afslagen			
1.7	Aantal onderdoorgangen/overgangen			
1.8	Afstand tot faunapassages			
1.9	Afstand tot barrières (e.g. rasters)			
1.10	Verlichting		N	
1.11	Wegendichtheid			
1.12	Berm - Breedte asfaltstrook			
1.13	Berm - Aanwezigheid grindstrook			
1.14	Berm - Gesloten vegetatie			
1.15	Berm - Open vegetatie			
1.16	Berm - Breedte gemaaide strook			
1.17	Berm - Aantal sloten/watergangen/greppels			
2	Factoren die samenhangen met het gebruik van de weg			
2.1	Verkeersvolume		P	P
2.2	Rijsnelheid			
2.3	Toegestane maximumsnelheid		P	
2.4	Type weg (primaair, secundair)			
3	Factoren die samenhangen met het landschap			
3.1	Topografie - helling			
3.2	Topografie - hoogte			
3.3	Topografie - kruising met vallei			
3.4	Landschap - menselijke populatiedichtheid			
3.5	Landschap - agrarisch landgebruik			
3.6	Landschap - heterogeniteit			
3.7	Landschap - openheid			
3.8	Landschap - landbouw + hoge wegendichtheid			
3.9	Landschap - fragmentatie van bos			
3.10	Areaal geschikte habitat			
3.11	Areaal heide			
3.12	Areaal bos			
3.13	Areaal naaldbos			
3.14	Areaal opgaande begroeiing, exclusief bos			
3.15	Areaal randhabitat			
3.16	Areaal agrarische percelen + (groter) bos			
3.17	Areaal agrarisch grasland			
3.18	Areaal akker			
3.19	Areaal publiek land			
3.20	Areaal urbaan/bebouwd gebied		P	
3.21	Areaal suburbaan gebied + loofbos			P
3.22	Afstand tot geschikte habitat			

ID	Factor	SIKAHERT	CHINESE WATERREE	CERVIDAE
		Liu et al. 2018	Kim & Hong 2021	Nelli et al. 2018
3.23	Afstand tot bos	P		
3.24	Afstand tot agrarisch grasland			
3.25	Afstand tot windsingel/houtwal			
3.26	Afstand tot water		N	
3.27	Afstand tot kruisingen met beken/rivieren			
3.28	Afstand tot boerderij			
3.29	Afstand tot recreatiegebieden			
3.30	Afstand tot suburbaan gebied			
3.31	Afstand tot menselijke verstoring			
3.32	Aanwezigheid poel met brak water			
3.33	Groote agrarische graslandpercelen			
3.34	Groote bospercelen			
3.35	Groote akkerpercelen			
3.36	Variatie in agrarische perceelgrootte			
4	Factoren die samenhangen met de diersoort			
4.1	Populatie - Dichtheid			
4.2	Populatie - Grootte			
4.3	Populatie - Structuur			
4.4	Populatie - Habitatgebruik			
4.5	Populatie - Vraatdruk			
4.6	Activiteitenpatroon - Jaarlijks (seizoensritme)			P
4.7	Activiteitenpatroon - Dagelijks (dagritme)			P
5	Factoren die samenhangen met andere diersoorten			
5.1	Aanwezigheid wolf			
6	Factoren die samenhangen met menselijke activiteit			
6.1	Jacht - Jachtdruk			
6.2	Jacht - Jachtseizoen			
6.3	Jacht - Afschotaantallen			
6.4	Jacht - Aantal jachtvergunningen			
6.5	Afstand tot voerplekken			
6.6	Verzetten klok: zomertijd/wintertijd			
7	Factoren die samenhangen met weersomstandigheden			
7.1	Temperatuur			
7.2	Zonneschijn			
7.3	Mist			
7.4	Regen/Neerslag			P
7.5	Dikte sneeuwlaag			
7.6	Maancyclus (volle maan)			

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 3161
ISSN 1566-7197



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Rapport 3161
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

