

Waar rails de natuur snijdt: de ecologische impact van spoorinfrastructuur

Een analyse van trein-dieraanrijdingen en landschapsfragmentatie in Nederland



[Edelherten over het spoor | ARK Rewilding](#)

26 juni 2025

Annika van Gelder
1437852
Eindrapport MSc stage

MSc Forest and Nature Conservation
Wageningen University & Research
Begeleider: Dr. Joost de Jong
Wildlife Ecology & Conservation Group

Stagebedrijf: ProRail
Begeleiders:
Saskia Bol
Beleidsadviseur
Leefomgeving, Juridische Zaken en Vastgoed
&
Michel van den Bogaert
Systeemspecialist Operationeel Beheer Fauna en Flora
Civiele Techniek & Utilities

26 juni 2025



Abstract

Increasing urbanisation leads to the expansion of linear infrastructure such as railways. Railways fragment habitats and cause animal–train collisions, resulting in ecological and operational challenges. Nonetheless, animal–train collisions have received less research attention than road collisions, leaving knowledge gaps about their underlying causes. This study aims to identify the spatial patterns and key factors of animal–train collision hotspots in the Netherlands to support targeted mitigation measures. Hotspots for birds, pets, farm animals, and wild mammals were identified using KDE heatmaps and Getis-Ord G_i^* statistics. Fencing partially explained spatial patterns, reducing collision risk by approximately 21%. Distance to nature areas and wildlife crossing structures were negatively associated with animal–train collision risk, indicating that greater distances corresponded with lower collision risk. Track width also showed a negative association with animal–train collision risk. Distance to nature was the strongest explanatory factor. Case studies of two hotspots illustrated how local conditions and proper design strongly influence the effectiveness of mitigation measures. These findings emphasise the need for location-specific solutions and critical evaluation of existing structures. This research provides a practical basis for more targeted action and supports the growing field of railway ecology.

Dankwoord

Graag wil ik Saskia Bol bedanken voor de fijne begeleiding, haar betrokkenheid en de waardevolle adviezen tijdens dit project. Daarnaast dank ik Michel van den Bogaert voor zijn hulp, het meedenken en de praktische en inhoudelijke bijdragen. Ook wil ik Joost de Jong bedanken voor zijn ondersteuning en feedback. Mede-stagiair Wouter van der Geest wil ik bedanken voor de gezellige samenwerking op kantoor. Mijn dank gaat vooral uit naar alle machinisten en andere medewerkers die ik heb mogen interviewen en die hun ervaringen en inzichten met mij wilden delen. Tot slot wil ik iedereen bedanken die op welke manier dan ook heeft geholpen door informatie te delen, mee te denken of mij op een andere manier te ondersteunen tijdens mijn afstudeerperiode.

Inhoud

1. Introductie.....	6
1.1. Professionele context	6
1.2. Doel van het stageproject	7
1.2.1. Doelstelling	7
1.2.2. Onderzoeksvragen	7
1.3. Wetenschappelijke context.....	8
2. Methodes	10
2.1. Dataset.....	10
2.2. Hotspotlocaties van aanrijdingen met dieren.....	10
2.2.1. Hotspotanalyse	10
2.2.2. Prioritering van hotspots	11
2.2.3. Verklarende factoren van ruimtelijke patronen in aanrijdingen	11
2.3. Kwaliteit van de dataset.....	12
2.3.1. Technische beoordeling	12
2.3.2. Interviews.....	12
2.4. Case studies	13
3. Resultaten.....	14
3.1. Hotspotlocaties van aanrijdingen met dieren.....	14
3.1.1. Hotspotanalyse	14
3.1.2. Prioritering van hotspots	17
3.1.3. Verklarende factoren van ruimtelijke patronen in aanrijdingen	19
3.2. Kwaliteit van de dataset.....	22
3.2.1. Technische beoordeling	22
3.2.2. Interviews.....	25
3.3. Case studies	27
3.3.1. Zuid-Kennemerland	27
3.3.2. Naardermeer	28
4. Discussie	29
4.1. Reflectie op de wetenschappelijke kwaliteit van de resultaten	29
4.2. Relevantie en beperkingen van het project	31
5. Conclusie.....	32
6. Aanbevelingen voor ProRail	33
7. Referenties	34
8. Bijlagen	40
Bijlage I: Visualisatie dataset aanrijdingen.....	40

Bijlage II: Verdeling diersoorten in groepen	42
Bijlage III. Ecologisch belang score	43
Bijlage IV: Vragenprotocollen	44
Bijlage V: Resultaten hotspotanalyse in detail	50
Wild	50
Vogel	52
Huisdier	54
Vee	56

1. Introductie

1.1. Professionele context

Sinds het jaar 2000 zijn drie organisaties, NS Railinfrabeheer, Railned en NS Verkeersleiding, ondergebracht bij NS Railinfratrust B.V. en gezamenlijk verantwoordelijk voor het beheer van het Nederlandse spoorwegnet (*Veelgestelde vraag: Hoe ontstond ProRail?*, 2016). In 2002 werd Railinfratrust losgekoppeld van de NS. In 2005 fuseerden Railinfrabeheer, Railverkeersleiding en Railned tot ProRail B.V.

Het huidige Nederlandse spoorwegnet omvat meer dan 7.000 kilometer spoor en valt onder het beheer van ProRail. Als spoorwegbeheerder is ProRail verantwoordelijk voor onder andere het onderhoud en de vernieuwing van het spoor, de coördinatie van het treinverkeer en het natuurbeheer rondom spoorlijnen (*Wat wij doen*, z.d.). De kerntaak van ProRail is het beheren van het spoorwegnet en er samen met vervoerders voor zorgen dat reizigers en goederen veilig en op tijd hun bestemming bereiken.

Naast haar rol als spoorbeheerder is ProRail ook een van de grootste natuurbeheerders van Nederland. In 2022 beheerde het bedrijf 9.892 hectare grond, wat neerkomt op ongeveer 0,24% van het Nederlandse grondoppervlak (*Is ProRail een grootgrondbezitter?*, 2022). Daarmee stond ProRail op de 18e plaats van grootste grondbezitters in Nederland (Frijters & Heijkant, 2020). Op ongeveer de helft van deze oppervlakte ligt spoor, waardoor er circa 5.000 hectare potentieel beschikbaar is voor natuur. ProRail ziet dit als een kans om natuur te versterken en biodiversiteit te bevorderen, en stelt daarom “de natuur een integraal onderdeel van ons werk te maken” (*Natuur*, z.d.).

Een voorbeeld hiervan is de deelname aan het Meerjarenprogramma Ontsnippering (MJPO), dat liep van 2005 tot 2018. Binnen dit programma werden 215 knelpunten voor ecologische verbindingen in kaart gebracht, waarvan 79 rond het spoor lagen (*Ontsnippering*, z.d.). Binnen dit programma werkten Rijkswaterstaat en ProRail, in opdracht van de Rijksoverheid en onder regie van provincies, samen aan het oplossen van knelpunten binnen de Ecologische Hoofdstructuur (EHS), wat later opnieuw werd vormgegeven in het huidige Natuurnetwerk Nederland (NNN). Tussen 2005 en 2018 zijn via het MJPO 176 knelpunten in Nederland aangepakt door middel van diverse faunavoorzieningen (*Wat is ontsnippering?*, z.d.).

Hoewel het MJPO voor ProRail in 2022 werd afgerond, blijft het bedrijf ontsnippering beschouwen als een belangrijk thema binnen infrastructuurprojecten, mede vanwege de Omgevingswet (*Ontsnippering*, z.d.; Smulders et al., 2021). Om kennisdeling en verdere ontwikkeling op dit gebied voort te zetten, is een Community of Practice (CoP) opgericht, waarbij inmiddels 30 organisaties zijn aangesloten, waaronder ProRail (*Community of Practice*, z.d.). Dit toont aan dat er interesse is in het voortzetten van natuurontsnippering.

Voor ProRail is natuurversnippering ook relevant vanwege de hinder door aanrijdingen tussen treinen en dieren. Deze worden gemeld door machinisten en vastgelegd in een meldsysteem. Jeff Diks verzamelde ruim 17.000 aanrijdingsmeldingen uit de periode 2013–2024. Deze dataset kan laten zien waar aanrijdingen vaak voorkomen en kan nieuwe inzichten bieden om gericht maatregelen te nemen tegen versnippering. Zo draagt de data bij aan verdere stappen richting natuurontsnippering.

1.2. Doel van het stageproject

1.2.1. Doelstelling

Het doel van dit afstudeerproject is om inzicht te krijgen in de locaties en kenmerken van knelpunten waar aanrijdingen met dieren plaatsvinden op het Nederlandse spoor. Hierbij wordt gekeken naar de ruimtelijke verdeling van deze knelpunten, de invloed van het omliggende landschap en hoe een prioritering van deze knelpunten kan worden gemaakt. Dit onderzoek vormt een eerste stap richting mogelijke nieuwe verbindende faunaverbindingen.

1.2.2. Onderzoeksvragen

Hoofdvraag:

Waar liggen, op basis van ruimtelijke en ecologische analyses, knelpunten van aanrijdingen met dieren waar ProRail gerichte maatregelen zou kunnen treffen?

Deelvragen:

1. Waar liggen knelpunten van aanrijdingen tussen treinen en dieren?
2. Wat is de invloed van landschapskenmerken op de ligging van knelpunten?
3. Hoe kunnen gevonden knelpunten geprioriteerd worden?
4. Hoe compleet is de database van aanrijdingen met dieren?
5. Welke kennis hebben terreinbeheerders van geprioriteerde knelpunten over hun gebied en de interactie tussen ecologie, spoor en treinen?
6. In hoeverre is er een relatie tussen de aanwezige faunapassages en knelpunten van aanrijdingen met dieren?

1.3. Wetenschappelijke context

In Europa leidt de groei van urbanisatie en infrastructuur tot toenemende natuurversnippering (Feranec, 2016). Lineaire infrastructuur, zoals wegen en spoorlijnen, vormt barrières in het landschap waardoor dieren beperkt worden tot kleinere leefgebieden en gedwongen zijn ongeschikt gebied over te steken voor voortplanting of voedsel (Forman, 2005). Dit belemmert de genetische uitwisseling, wat de genetische diversiteit binnen populaties verlaagt en de kans op lokale extinctie vergroot (Gibbs, 2001).

Naast fragmentatie veroorzaakt lineaire infrastructuur ook andere ecologische en operationele nadelen, zoals geluidsoverlast, luchtverontreiniging en aanrijdingen met dieren (Dorsey et al., 2015). Dergelijke aanrijdingen verstoren niet alleen de treindienstregeling, maar kunnen ook schade toebrengen aan treinen en spoorinfrastructuur (Milewicz et al., 2021). Daarnaast worden deze incidenten ook als ingrijpend ervaren door machinisten, en is het wenselijk om onnodig dierenleed zoveel mogelijk te voorkomen (Borda-de-Água et al., 2017). Het verminderen van aanrijdingen kan daarom bijdragen aan zowel een efficiëntere treindienstregeling als bredere maatschappelijke en ecologische belangen.

Om de negatieve effecten van spoorlijnen te beperken, zijn verschillende mitigatiemaatregelen ontwikkeld. Zo kunnen geluidssignalen dieren waarschuwen voor naderende treinen (Bucks et al., 2017), en kunnen geurstoffen het aantal aanrijdingen mogelijk verminderen (Kušta et al., 2015). Hekwerken worden veel toegepast om dieren van het spoor te weren, maar vergroten tegelijkertijd de fragmentatie en vragen daarom om aanvullende oversteekvoorzieningen zoals ecoducten of faunapassages (De Montis et al., 2018; Van Der Grift et al., 2013). Goed ontworpen combinaties van hekwerken en passages kunnen aanrijdingen met zoogdieren op snelwegen met wel 97% verminderen (Gagnon et al., 2015; Huijser et al., 2009). De effectiviteit van maatregelen hangt echter sterk af van het ontwerp, de doelsoorten en de lokale landschapscontext (Carvalho et al., 2017; Mata et al., 2008; Milewicz et al., 2021).

Hoewel relatief weinig bekend is over de omstandigheden waaronder aanrijdingen tussen treinen en dieren plaatsvinden, is er veel kennis opgebouwd over aanrijdingen op wegen (*Road Ecology*) (Nezval & Bíl, 2020). Eerder onderzoek heeft aangetoond dat piekmomenten van aanrijdingen samenvallen met ecologische periodes zoals voortplanting, migratie en de verspreiding van jonge dieren (Williams & Wells, 2005). Verkeerskenmerken spelen ook een rol: brede en rechte wegen met hoge snelheidslimieten kennen meer aanrijdingen, terwijl bochtige en smalle wegen juist minder risico vormen (Valero et al., 2015). Daarnaast blijken bos en randvegetatie in Europa belangrijke bepalende landschapsfactoren te zijn voor het risico op aanrijdingen met grote zoogdieren (Bartonička et al., 2018; Seiler, 2005).

Factoren die op wegen van invloed zijn, kunnen ook relevant zijn voor het spoor. Wegen en spoorlijnen delen enkele kenmerken, zoals het fragmenteren van leefgebieden, maar er zijn ook belangrijke verschillen. Zo is de verkeersintensiteit op het spoor doorgaans lager, terwijl de snelheid van treinen juist hoger ligt (Kušta et al., 2015). Daarnaast veroorzaken treinen meer geluidsoverlast en trillingen in de bodem (Dorsey et al., 2015). Inzichten uit de *Road Ecology* vertalen zich dus niet één-op-één naar situaties op het spoor, wat heeft geleid tot een nieuwe onderzoeksrichting genaamd *Railway Ecology*. Door het gebrek aan gedetailleerde kennis over waar en waarom trein-dieraanrijdingen plaatsvinden, is het lastig om gerichte maatregelen te ontwikkelen. Dit onderzoek speelt daarop in door hotspots in kaart te brengen en zo bij te dragen aan beter onderbouwd spoorbeheer.

Het doel van dit afstudeerproject is om beter inzicht te krijgen in de locaties en kenmerken van knelpunten waar aanrijdingen met dieren plaatsvinden op het Nederlandse spoor. Door een combinatie van ruimtelijke analyses van incidentdata en een analyse van verklarende factoren wordt verkend waar en waarom aanrijdingen tussen treinen en dieren optreden. Daarnaast wordt de lokale context verdiept aan de hand van twee case studies. Zo draagt dit onderzoek bij aan het vergroten van de kennis over de ruimtelijke en ecologische patronen van trein-dieraanrijdingen, en kan deze kennis een basis vormen voor mogelijke oplossingen.

2. Methodes

2.1. Dataset

Voor dit onderzoek is gebruikgemaakt van een dataset met meldingen van (bijna-)aanrijdingen tussen treinen en dieren op het Nederlandse spoorwegnet, verzameld tussen 2013 en 2024. De meldingen zijn geëxtraheerd uit het SAP-systeem (*Systemanalyse Programmentwicklung (What is SAP?, z.d.)*), waarin alle observaties en verstoringen rond het spoor worden opgeslagen. De data is geleverd als Excel-bestand met per melding informatie over locatie (geocode en kilometrering), toelichting van de machinist, opmerkingen van aannemers, diersoort, datum en tijdstip.

Uit de oorspronkelijke 18.847 meldingen is een selectie gemaakt van meldingen die specifiek betrekking hadden op aanrijdingen, bijna-aanrijdingen of dode dieren op of langs het spoor. Dubbele meldingen zijn, voor zover mogelijk, verwijderd. Meldingen zonder geldige locatie ($n=1.198$, $\pm 7\%$) zijn uitgesloten van de ruimtelijke analyse. Geocodes en kilometrering zijn omgezet naar WGS84- en RD-coördinaten (EPSG:28992) voor ruimtelijke verwerking.

Om de data te koppelen aan mogelijke beheersmaatregelen, zijn de diersoorten ingedeeld in vijf groepen: vogels, vee, huisdieren, wilde zoogdieren en exoten (Bijlage II). De groep exoten is buiten beschouwing gelaten vanwege het incidentele karakter en het geringe aantal meldingen ($n=5$).

Voor bepaalde factoren in de dataset is beschrijvende statistiek berekend, waarbij het gemiddelde en de standaarddeviatie (sd) worden weergegeven. Het gemiddelde geeft de centrale waarde van de dataset aan, terwijl de standaarddeviatie aangeeft hoe sterk de waarden rondom dat gemiddelde variëren. Een lage sd betekent dat de waarden dicht bij het gemiddelde liggen, een hoge sd wijst op een grotere spreiding binnen de dataset.

2.2. Hotspotlocaties van aanrijdingen met dieren

2.2.1. Hotspotanalyse

Om ruimtelijke patronen van aanrijdingen te identificeren, is een hotspotanalyse uitgevoerd op basis van vier diergroepen: huisdieren, vogels, wilde zoogdieren en vee. Voor deze analyse zijn twee methoden toegepast.

Ten eerste zijn heatmaps gegenereerd met Kernel Density Estimation (KDE) in QGIS, een veelgebruikte methode voor het in beeld brengen van ruimtelijke dichtheden (Hu et al., 2018). Met behulp van de puntlocaties van incidenten zijn dichtheden berekend, waarmee de spreiding en concentratie van meldingen per diergroep binnen Nederland inzichtelijk werd gemaakt. Deze visualisatie hielp bij het onderscheiden van opvallende concentraties van aanrijdingen.

Ten tweede is een statistische hotspotanalyse uitgevoerd met de Getis-Ord G_i^* -methode in RStudio (Posit Team, 2024). Hoewel de dataset meldingen uit heel Nederland bevat, zijn voor de analyse alleen rastercellen van 1 km^2 meegenomen waarin spoorwegen voorkomen, aangezien het onderzoek zich richt op het spoorwegennet. Met de Getis-Ord G_i^* -toets wordt bepaald of clusters van hoge of lage aantallen meldingen significant afwijken van het ruimtelijk gemiddelde, op basis van ruimtelijke nabijheid. Hotspots werden als significant beschouwd bij een p-waarde < 0.05 . De resultaten van de Getis-Ord G_i^* -analyse zijn geëxporteerd als shapefiles en vervolgens geïmporteerd in QGIS voor visualisatie. Deze statistische methode werd gebruikt ter aanvulling en validatie van de visuele patronen uit de KDE-heatmaps.

2.2.2. Prioritering van hotspots

Voor ProRail is het belangrijk om te bepalen welke hotspots het meest urgent zijn om op korte termijn aan te pakken. Nadat de hotspots op het Nederlandse spoorwegnet zijn geïdentificeerd, is daarom een prioritering opgesteld op basis van meerdere factoren.

Allereerst is gekeken naar de Z-score van elke hotspot. Een hogere Z-score wijst op een grotere afwijking ten opzichte van het gemiddelde en duidt daarmee op een sterker ruimtelijk patroon. Ook is rekening gehouden met ruimtelijke clustering: nabijgelegen hotspots kunnen samen een groter risicogebied vormen en daardoor meer aandacht vragen.

Daarnaast is het ecologisch belang van de betrokken diersoorten meegewogen. Hiervoor kregen wilde zoogdieren een score op basis van hun bescherming onder de Omgevingswet (2024). Soorten die vallen onder de habitatrichtlijn, bijlage I van het Verdrag van Bonn, en bijlage II van het Verdrag van Bern, kregen een score van 2 (Artikel 11.46 Besluit activiteiten leefomgeving) (Bijlage III). Soorten die wel wettelijk beschermd zijn maar niet onder bovengenoemde verdragen vallen, kregen een score van 1 (Artikel 11.54 Besluit activiteiten leefomgeving). Soorten die in beide paragrafen niet worden genoemd, kregen een score van 0. Deze scores zijn vervolgens gebruikt voor het opstellen van een gewogen heatmap.

Tot slot is ook gekeken naar de mate van hinder voor het treinverkeer, uitgedrukt in het aantal hinderminuten per melding. Ook hiermee is een gewogen heatmap gemaakt.

2.2.3. Verklarende factoren van ruimtelijke patronen in aanrijdingen

De locatie van een aanrijding kan worden beïnvloed door verschillende ruimtelijke factoren. Om inzicht te krijgen in het landschapstype waarin aanrijdingen plaatsvinden, is eerst geanalyseerd hoe de landschapsverdeling verschilt tussen hotspots van verschillende diergroepen. Hiervoor zijn de hotspotlocaties per diergroep geprojecteerd op de meest recente kaart van het Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland (LGN) in QGIS (Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland (LGN), 2024). Op basis van deze kaart is met behulp van een pixeltelling bepaald welk aandeel van de verschillende landgebruikscategorieën binnen elk hotspotgebied voorkomt. Vervolgens is met een Chi-kwadraattoets getoetst of er een relatie is tussen de verdeling van landschapsfuncties en diergroep.

Om te achterhalen welke factoren bijdragen aan de kans op een aanrijding, is logistische regressie uitgevoerd. Hiervoor is een dataset samengesteld bestaande uit aanrijdingslocaties (voor de relevante diergroep of soort) en een gelijk aantal willekeurig gekozen locaties zonder aanrijding. Deze controlegevallen zijn random verspreid over het Nederlandse spoorwegnet. Beide typen locaties zijn samengevoegd in één dataset, waarbij aanrijdingen de waarde 1 kregen en niet-aanrijdingen de waarde 0. Aanrijdingen vormen daarmee de binaire afhankelijke variabele in de modellen.

De getoetste verklarende factoren zijn het aantal sporen, de afstand tot het Natuurnetwerk Nederland (NNN) (*Natuurnetwerk Nederland (EHS)*, 2022), de afstand tot een maatregel uit het MJPO en de afstand tot een door ProRail genomen soortspecifieke maatregel. De bijbehorende ruimtelijke en ecologische gegevens zijn afkomstig van ProRail, Rijkswaterstaat en Atlas leefomgeving.

2.3. Kwaliteit van de dataset

2.3.1. Technische beoordeling

Om betrouwbare conclusies te kunnen trekken uit de hotspotanalyse is het essentieel om de kwaliteit en volledigheid van de dataset goed te beoordelen. In de technische analyse is door middel van ‘data profiling’, waarbij de data handmatig en systematisch is onderzocht, een inschatting gemaakt van de datakwaliteit, met aandacht voor ontbrekende gegevens, onjuiste informatie en andere mogelijke fouten (Abedjan et al., 2017).

Daarnaast is de volledigheid van de geregistreerde diersoorten geëvalueerd met behulp van gegevens uit de Nationale Databank Flora en Fauna (NDFF). De verwachting is namelijk dat bepaalde soorten, met name kleinere dieren, niet altijd als aanrijding worden gemeld en daardoor ondergerapporteerd zijn in de dataset. Daarbij is aangenomen dat een hogere aanwezigheid van een soort (af te leiden uit meer NDFF-waarnemingen) ook kan leiden tot een grotere kans op aanrijdingen. Om dit te onderzoeken is binnen de significante hotspots per diersoort het aantal NDFF-waarnemingen geteld en vergeleken met het aantal geregistreerde aanrijdingen, met behulp van een quasi-Poisson regressie.

Ook is de juistheid van de geregistreerde diersoorten gecontroleerd door de soortnamen die door machinisten en door aannemers zijn gemeld met elkaar te vergelijken. Bij het melden van een incident rapporteert de machinist een diersoort die vaak slechts in een flits is waargenomen. Een opruimdienst, meestal een aannemer of incidentenbestrijding, bezoekt vervolgens de locatie om de resten op te ruimen en rapporteert daarbij opnieuw de diersoort. Omdat de aannemer het dier meestal beter kan bekijken, wordt de door de aannemer opgegeven soort als de meest waarschijnlijke juiste soort beschouwd. Deze soortinformatie is eerst uit de meldteksten geëxtraheerd en vervolgens getoetst met een Chi-kwadraattoets om de mate van overeenkomst en verschil tussen de meldingen te beoordelen.

2.3.2. Interviews

Om aanvullende informatie te verzamelen over het proces van registratie van meldingen en mogelijke aandachtspunten of knelpunten zijn interviews afgenomen. In totaal zijn vier machinisten en één treinverkeersleider geïnterviewd. Twee interviews zijn op een door de respondent gekozen locatie gedaan, en twee interviews hebben online plaatsgevonden via Microsoft Teams. Van één respondent kon het interview niet persoonlijk worden afgenomen; deze heeft het vragenformulier zelfstandig ingevuld. Interviews duurden tussen de 10 en 30 minuten.

De machinisten en de treinverkeersleider zijn geselecteerd via een gemakssteekproef (*convenience sampling*), een methode waarbij respondenten worden gekozen op basis van de toegankelijkheid en beschikbaarheid (Sedgwick, 2013). Dit gebeurde onder andere via persoonlijke netwerken en sociale media.

Voorafgaand aan de interviews is een semigestructureerd vragenprotocol opgesteld (Bijlage IV). Dit protocol diende als leidraad om gerichte informatie te verzamelen, terwijl er tegelijkertijd ruimte bleef voor verdiepende vragen en onverwachte inzichten tijdens het gesprek (Adeoye-Olatunde & Olenik, 2021). Van elk interview is vooraf toestemming gevraagd voor geluidsopname, zodat de gesprekken nauwkeurig konden worden vastgelegd en uitgewerkt. Gezien de beschikbare tijd is gekozen om de interviews niet te transcriberen en coderen. In plaats daarvan zijn de notities nauwkeurig uitgewerkt en gebruikt om met een inductieve benadering thema's op te stellen (Braun & Clarke, 2006).

2.4. Case studies

Naast de algemene analyses zijn twee case studies uitgewerkt om lokale situaties nader te illustreren. De gebieden zijn geselecteerd op basis van de ruimtelijke analyse, waarbij gekozen is voor locaties die duidelijk als hotspots naar voren kwamen of die bij de prioritering opvielen vanwege ecologische relevantie of hinderminuten. Daarnaast is deels gewerkt met een gemakssteekproef (*convenience sampling*), aangezien het verkrijgen van contact met terreinbeherende organisaties in sommige gevallen lastig bleek. Uiteindelijk zijn het Zuid-Kennemerland en het Naardermeer nader onderzocht als case studies, waarvoor respectievelijk contact is geweest met Puur Water & Natuur, en Natuurmonumenten.

De case studies dienen ter aanvulling op de kwantitatieve analyses en geven inzicht in specifieke situaties die met statistische methoden moeilijk te vangen zijn. Om informatie te verzamelen over de lokale ecologische context zijn gesprekken gevoerd met de terreinbeherende organisaties van de geselecteerde gebieden. Als leidraad is een semigestructureerd vragenprotocol gebruikt (Bijlage IV). In de praktijk is hiervan in de loop van de gesprekken afgeweken, omdat er gaandeweg nieuwe inzichten naar voren kwamen die van tevoren niet waren verwacht.

3. Resultaten

De opgeschoonde dataset bevat 16.857 meldingen. Vanaf 2017 is het aantal meldingen relatief stabiel, met jaarlijks rond de 1.500 meldingen (Bijlage I: Figuur 12). In totaal worden 70 verschillende diersoorten genoemd. De vijf meest gemelde zijn ree (*Capreolus capreolus*), zwaan (*Cygnus spp*; in de meldingen niet verder gespecificeerd, maar vermoedelijk voornamelijk knobbelzwaan (*Cygnus olor*)), hond (*Canis lupus familiaris*), kat (*Felis catus*) en hert (waarbij geen onderscheid wordt gemaakt tussen edelhert (*Cervus elaphus*) en damhert (*Dama dama*)) (Bijlage I: Figuur 13). Ook soorten als wilde zwijnen (*Sus scrofa*) en vossen (*Vulpes vulpes*) komen regelmatig voor. Niet alle meldingen bevatten echter volledige informatie: in 736 gevallen (ongeveer 5%) is de betrokken diersoort niet geregistreerd en als ‘onbekend’ gecodeerd. Diersoorten zijn ook niet altijd tot het hoogst mogelijke niveau geïdentificeerd; dit betreft bijvoorbeeld zwanen, herten, en marters (*Martes spp.*).

3.1. Hotspotlocaties van aanrijdingen met dieren

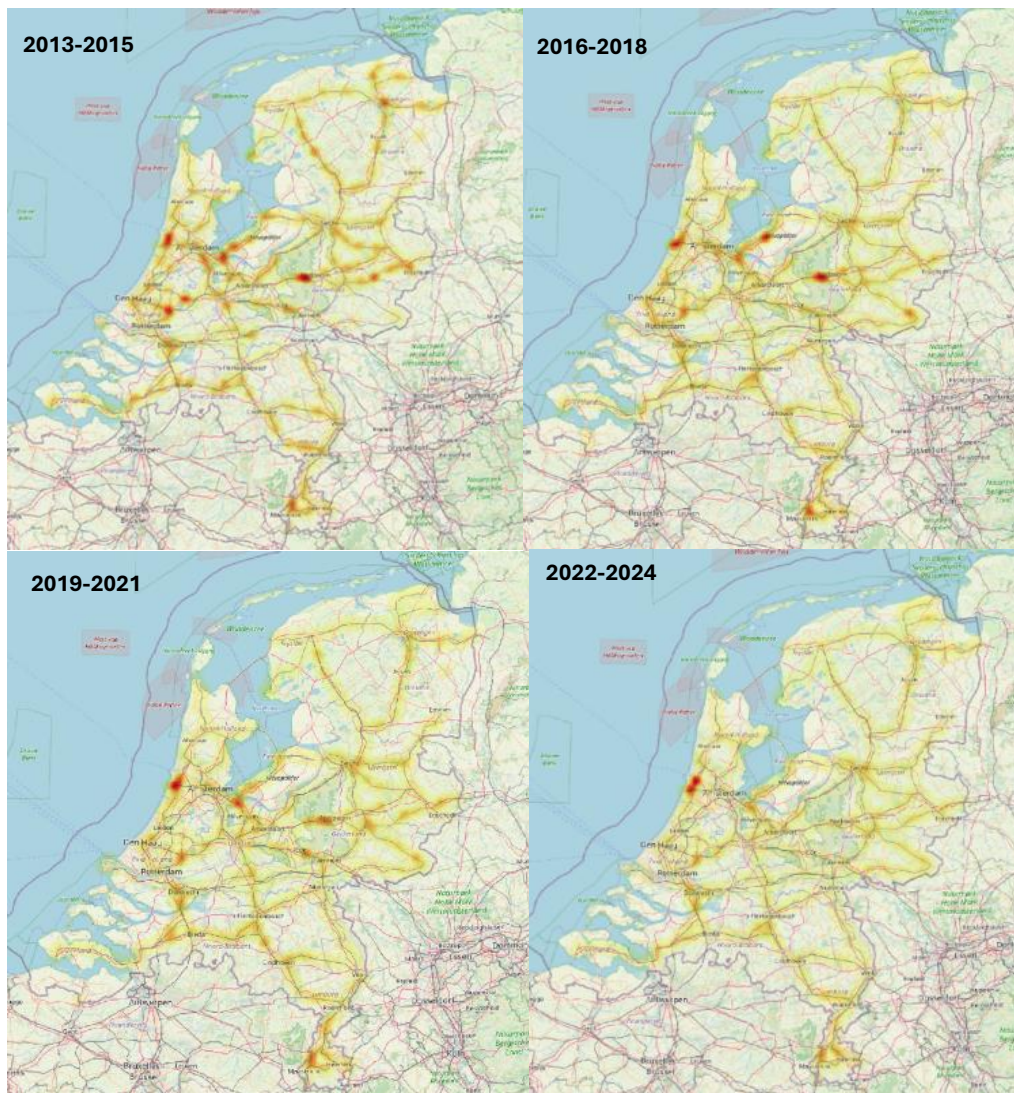
3.1.1. Hotspotanalyse

Visualisatie van alle aanrijdingen tussen 2013 en 2024, op basis van een KDE heatmap, toont dat de hoogste concentraties zich bevinden rond Zandvoort, nabij het Naardermeer, in de Veluwe, ten noorden en zuiden van Rotterdam en in Zuid-Limburg (Figuur 1).



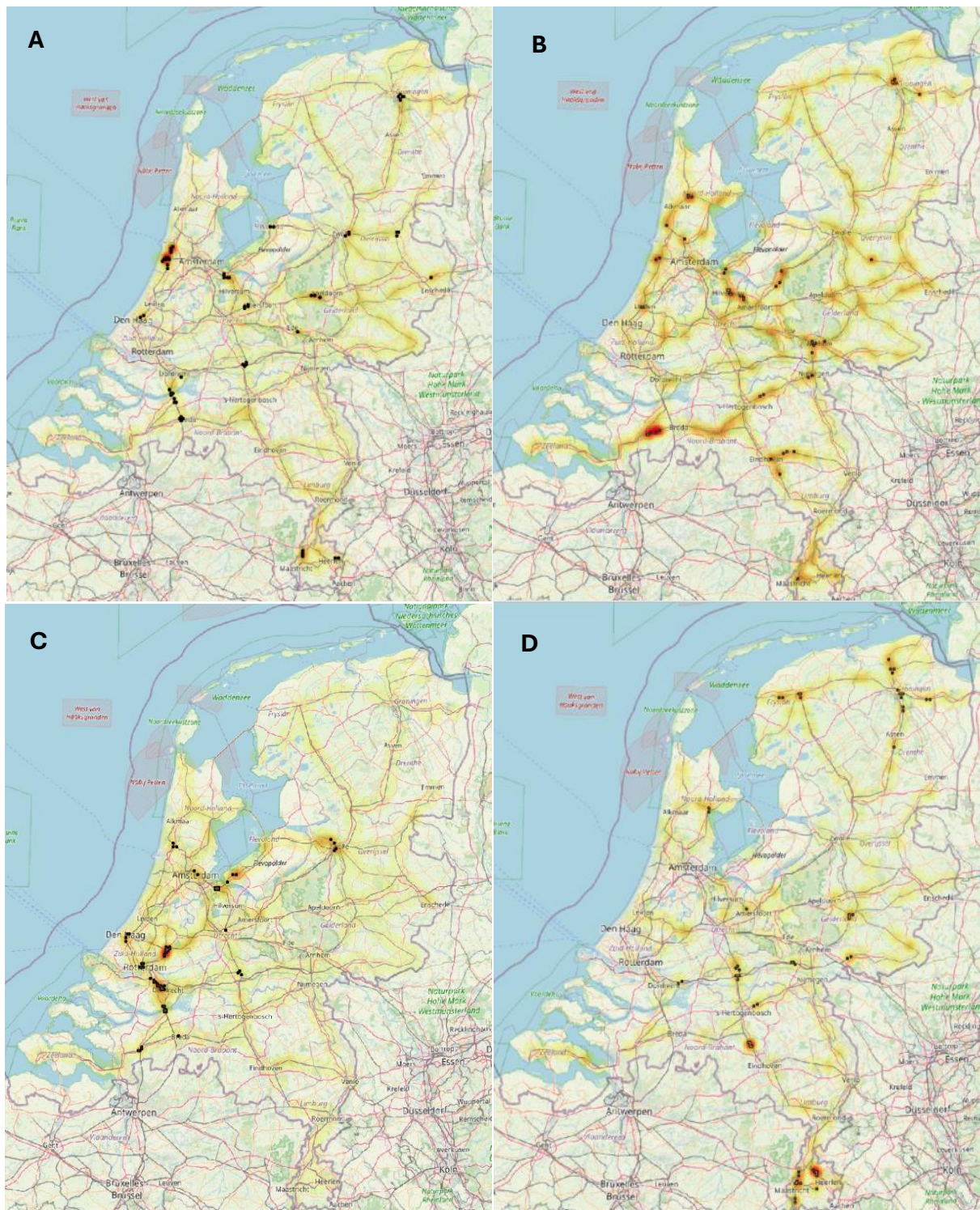
Figuur 1. Heatmap van aanrijdingen tussen treinen en dieren. Met Kernel Density Estimates is een heatmap gegenereerd van (bijna-) aanrijdingen tussen treinen en dieren in de periode 2013 tot 2024, met alle dieren die in de dataset zitten. Rode gebieden geven locaties aan met een hoge concentratie aanrijdingen; lichtgele gebieden duiden op een lage concentratie.

De dataset beslaat een periode waarin ook maatregelen zijn genomen om versnippering tegen te gaan, onder andere door de aanleg van faunapassages tijdens het Meerjarenprogramma Ontsnippering dat liep van 2005 tot 2018 (Wat is ontsnippering?, z.d.). Dit kan van invloed zijn op de locatie van hotspots. Uit visualisatie van tijdsvakken blijkt dat de ligging van hotspots lijkt te verschuiven (Figuur 2). Om te waarborgen dat de analyses en resultaten op dit moment relevant zijn voor ProRail, is ervoor gekozen om alleen meldingen vanaf 2019 mee te nemen in de verdere statistische analyses. Dit betreft 9.263 meldingen, wat voldoende is om statistische toetsen mee te doen.



Figuur 2. Heatmap van aanrijdingen tussen treinen en dieren, verdeeld over tijdsperiodes. Met Kernel Density Estimates is een heatmap gegenereerd van (bijna-) aanrijdingen tussen treinen en dieren in de periode 2013 tot 2024 onderverdeeld in vier periodes, met alle dieren die in de dataset zitten. Rode gebieden geven locaties aan met een hoge concentratie aanrijdingen; lichtgele gebieden duiden op een lage concentratie.

Op basis van deze meldingen is een statistische hotspotanalyse uitgevoerd per diergroep met behulp van de Getis-Ord Gi* methode (Figuur 3). Uitsluitend hotspots met een Z-waarde groter dan 3,29 ($p < 0.001$) zijn meegenomen, omdat het aantal significante hotspots bij een grenswaarde van $p < 0.05$ zeer groot was.



Figuur 3. Heatmap van aanrijdingen tussen treinen en dieren vanaf 2019, voor A) Wilde zoogdieren, B) Huisdieren, C) Vogels en D) Vee. Met Kernel Density Estimates is een heatmap gegenereerd van (bijna)-aanrijdingen in de periode 2019–2024 voor deze vier diergroepen. Rode gebieden geven locaties aan met een hoge concentratie aanrijdingen; lichtgele gebieden duiden op een lage concentratie. Zwarte blokjes (1 km²) markeren significante hotspots ($p < 0.001$). Vergrote kaarten en een tabel met hotspots zijn opgenomen in Bijlage V.

3.1.2. Prioritering van hotspots

Over mitigerende maatregelen voor wilde zoogdieren is relatief veel kennis beschikbaar en er zijn gangbare voorzieningen ontwikkeld, zoals wildrasters, faunapassages en ecoducten. Dit komt doordat zij, vanwege de grotere impact op de treindienstregeling, vaker onderwerp van onderzoek zijn geweest (Godinho et al., 2017). Daarom is ervoor gekozen de prioritering te beperken tot aanrijdingen met deze groep. Voor andere diergroepen, zoals vogels en huisdieren, is minder bekend over effectieve maatregelen, wat het lastiger maakt om concrete aanbevelingen te formuleren. Voor vee geldt bovendien dat de afbakening naar het spoor onder de verantwoordelijkheid van de veehouder valt en niet onder ProRail.

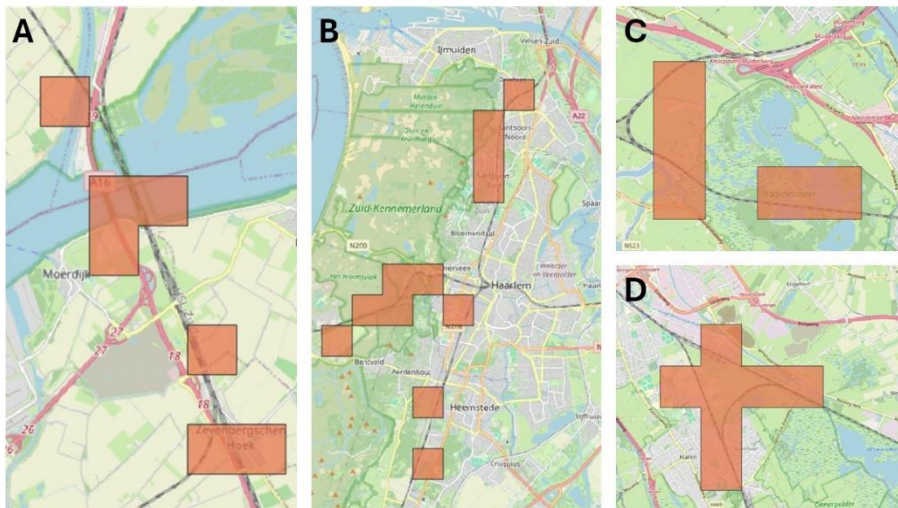
Daarnaast heeft het grootste deel van de meldingen betrekking op wilde zoogdieren: zij vormen 43,7% van alle meldingen en zijn daarmee de grootste categorie (Bijlage I: Figuur 14). Ook het grootste aantal hinderminuten is toe te schrijven aan de groep wilde zoogdieren (Bijlage I: Figuur 15C). Door de focus op wilde zoogdieren te leggen, kan naar verwachting de grootste reductie in het aantal meldingen en hinderminuten worden bereikt. Bovendien zijn wilde zoogdieren ecologisch van groot belang, vanwege hun rol in processen zoals zaadverspreiding, begrazing en predatie (Lacher et al., 2019).

Wanneer de hotspots van wilde zoogdieren worden gesorteerd op afnemende Z-waarde, ontstaat een top vijf van locaties met het gebied rond Zuid-Kennemerland duidelijk bovenaan (Tabel 1). Binnen dit gebied bevinden zich twee hotspots met hoge Z-waarden van respectievelijk 16,3 en 8,0. Vervolgens zijn er twee hotspots ten oosten van Zwolle (Marsweteringlanden), met Z-waarden van 7,9 en 7,0. De vijfde hotspot bevindt zich nabij Lage Zwaluwe.

Tabel 1. Hotspots wilde zoogdieren. De vijf hotspots met de hoogste Z-waarde, met daarbij de geocode, kilometrering en traject van betreffende hotspot.

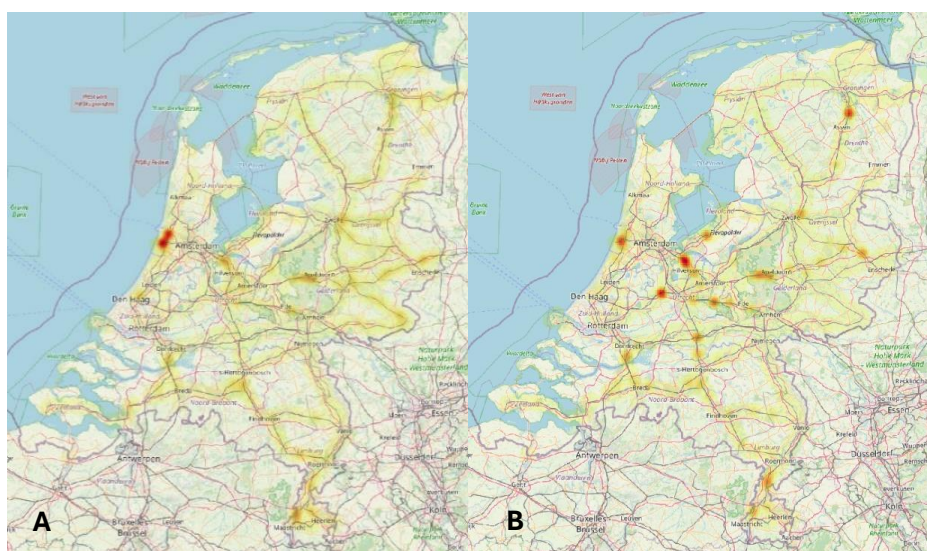
HOTSPOT	DIERGROEP	Z	GEOCODE	KILOMETRERING	TRAJECT
7	Wild	16,3	556	5,100	Haarlem - Uitgeest
8	Wild	8,0	83	1,100	Haarlem Julianalaan - Zandvoort aan Zee
3	Wild	7,9	602	77,700	Zwolle - Leeuwarden
5	Wild	7,0	602	74,900	Zwolle - Leeuwarden
26	Wild	6,2	625	13,400	Breda - Rotterdam Centraal

In een aantal regio's bevinden meerdere significante hotspotcellen zich in elkaars nabijheid. Dit is met name het geval rond Zuid-Kennemerland, waar zich maar liefst twaalf significante hotspotcellen bevinden (Figuur 4). Daarnaast is er een cluster van zeven hotspotcellen rond de Moerdijkbrug, evenals zeven bij de Onnerpolder nabij Groningen. Ten slotte bevinden zich vijf nabijgelegen hotspotcellen in de omgeving van het Naardermeer.



Figuur 4. Hotspots van aanrijdingen tussen treinen en wilde zoogdieren vanaf 2019 in uitgelichte gebieden: A) Moerdijkbrug, B) Zuid-Kennemerland, C) Omgeving Naardermeer, en D) Haren, Groningen. Met Getis-Ord Gi* statistiek zijn hotspots gegenereerd van (bijna-) aanrijdingen tussen treinen en wilde zoogdieren in de periode 2019 tot 2024. Oranje blokjes (km²) zijn significante hotspots ($p < 0.001$).

Ook ecologische relevantie van soorten kan bepalend zijn voor prioritering. Op basis van de Omgevingswet (2024) is een gewogen KDE heatmap gemaakt, waarin aanrijdingen met beschermde soorten zwaarder meewegen in de analyse (Figuur 5A). Daarnaast is hinder een belangrijke factor, omdat vertraging de kerntaak van ProRail (samen met vervoerders zorgen voor veilig en tijdig vervoer van reizigers en goederen) direct beïnvloedt. Voor 15175 meldingen is bekend hoeveel hinderminuten het incident heeft opgeleverd (gemiddeld = 19 minuten, sd = 83 minuten) (Bijlage I: Figuur 15). In een heatmap met hinderminuten als gewogen veld wordt een schatting gemaakt van hotspots aan de hand van vertraging (Figuur 5B).



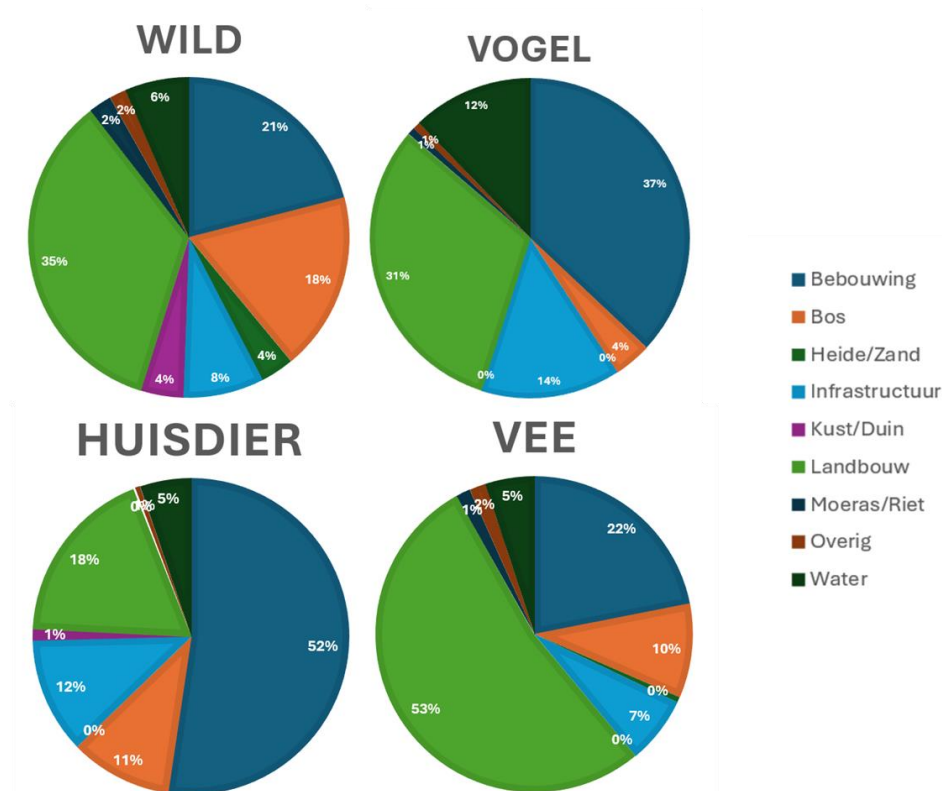
Figuur 5. Hotspots van aanrijdingen tussen treinen en wilde zoogdieren vanaf 2019 met gewogen veld: A) Ecologische relevantie en B) Hinderminuten. Met Kernel Density Estimates is een heatmap gegenereerd van (bijna-) aanrijdingen tussen treinen en wilde zoogdieren in de periode 2019 tot 2024, waarbij hogere ecologische relevantiescore en hinderminuten een melding zwaarder laten wegen. Rode kleuringen indiceren gebieden waar frequent aanrijdingen plaatsvinden. Lichtgele gebieden indiceren locaties waar aanrijdingen niet frequent plaatsvinden.

Op basis van deze aspecten (de hoogte van de Z-waarde, de mate van ruimtelijke clustering, de relevantie van soorten, en hinder) blijken urgente hotspots van aanrijdingen met wilde zoogdieren voor ProRail op dit moment Zuid-Kennemerland, Naardermeer en Marsweteringlanden bij Zwolle.

3.1.3. Verklarende factoren van ruimtelijke patronen in aanrijdingen

Voor aanrijdingen tussen 2019 en 2024 is onderzocht in hoeverre verschillende factoren van invloed zijn op het al dan niet plaatsvinden van een aanrijding, voor alle vier de diergroepen gezamenlijk en voor diergroepen of -soorten afzonderlijk. Daarbij is gekeken naar de landschapscontext, de breedte van het spoor (aantal sporen), en de aanwezigheid van afscherming van het spoor.

Een algemene analyse van het landschap op hotspotlocaties laat zien dat de verdeling van landschapsfuncties verschilt per diergroep (Pearson's Chi-squared test, $X^2 = 8662.4$, $df = 24$, $p < 0.001$) (Figuur 6). Dit betekent dat bepaalde diergroepen relatief vaker worden aangereden in specifieke typen landschap. Aanrijdingen met vogels vinden bijvoorbeeld vaker plaats in of nabij waterrijke gebieden, terwijl huisdieren vooral worden aangereden in bebouwde omgevingen. Vee komt juist vaker voor in landbouwgebieden. Deze verschillen suggereren dat de ruimtelijke spreiding van hotspots mede wordt bepaald door habitatvoorkeuren van de verschillende diergroepen.



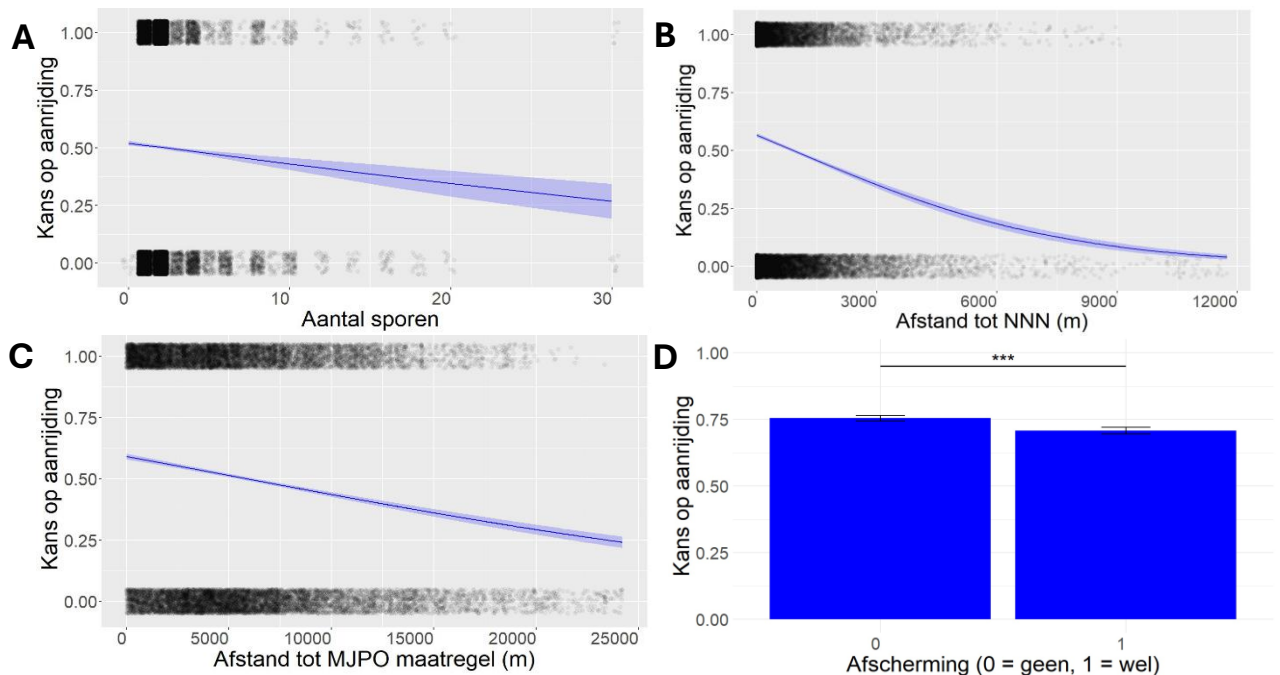
Figuur 6. Verdeling landgebruik voor hotspotgebieden per diergroep. Per diergroep is geanalyseerd welke typen landgebruiken voorkomen binnen de significante hotspots ($p < 0.001$), en wat het aandeel daarvan is binnen het totale gebied.

Daarnaast blijkt dat het aantal sporen op een locatie een significante negatieve invloed heeft op de kans op een aanrijding ($\beta = -0.036$, $z = -5.12$, $p < 0.001$) (Figuur 7A). Op bredere spoorlijnen is de kans op een aanrijding met een dier dus lager.

Voor elk punt is afstand tot Natuur Netwerk Nederland (NNN) gebied berekend, die varieert van 0 tot ruim 11 kilometer (gemiddeld = 947 m, $sd = 1355$ m). Uit een logistisch regressiemodel blijkt dat ook de afstand tot het dichtstbijzijnde NNN gebied een negatief effect heeft op kans op aanrijding ($\beta = -2.923 \times 10^{-4}$, $z = -22.18$, $p < 0.001$) (Figuur 7B). De kans op een aanrijding neemt dus af naarmate de afstand tot NNN gebied groter wordt.

Om het effect van faunavorzieningen te toetsen, is voor elke locatie de afstand tot de dichtstbijzijnde maatregel uit het MJPO berekend. Deze afstand varieert van 0,8 meter tot 24 kilometer (gemiddeld = 5902 m, sd = 4558 m). Ook hier is sprake van een significant negatief effect op de kans op een aanrijding ($\beta = -6.240 \text{ e}^{-05}$, $z = -18.60$, $p < 0.001$) (Figuur 7C). De kans op een aanrijding neemt af wanneer de afstand tot een maatregel toeneemt.

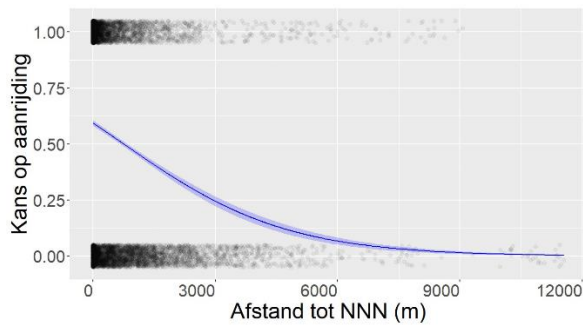
Tot slot blijkt dat afscherming van het spoor, door hekken of geluidsschermen, ook een significant negatief effect heeft ($\beta = -0.238$, $z = -5.87$, $p < 0.001$) (Figuur 7D). Afscherming verlaagt de kans op een aanrijding met circa 21%.



Figuur 7. Relatie tussen de kans op een aanrijding met een dier en A) het aantal sporen, B) de afstand tot een NNN-gebied, C) de afstand tot een MJPO-maatregel en D) de afscherming van het spoor. Op de y-as staat de voorspelde kans op een aanrijding; op de x-as staat bij A, B en C de betreffende continue onafhankelijke variabele. Bij D is afscherming een binaire variabele (ja/nee). De blauwe lijn geeft de gefitte kans weer volgens het logistische regressiemodel, het lichtblauwe vlak toont het 95% betrouwbaarheidsinterval. Alle relaties zijn significant ($p < 0.001$).

Omdat MJPO-maatregelen gericht zijn op het verbinden van natuurgebieden, is de verwachting dat ze in de buurt van NNN-gebieden liggen. Daardoor is het aannemelijk dat de afstand tot deze twee soorten locaties met elkaar samenhangt. Om hun afzonderlijke en gezamenlijke invloed op de kans op een aanrijding te analyseren, is een multivariaat logistisch model met een interactieterm opgesteld. Uit dit model blijkt dat zowel een grotere afstand tot een NNN-gebied ($\beta = -3.55 \text{ e}^{-04}$, $p < 0.001$) als een grotere afstand tot een MJPO-maatregel ($\beta = -5.28 \text{ e}^{-05}$, $p < 0.001$) geassocieerd zijn met een lagere kans op een aanrijding, net als in de univariate modellen zoals hierboven beschreven. Daarnaast is het interactie-effect tussen deze twee afstanden, hoewel klein, significant positief ($\beta = 1.17 \text{ e}^{-08}$, $p < 0.001$). Dit betekent dat het effect van de ene afstand afhankelijk is van de andere: als een locatie bijvoorbeeld dicht bij een NNN-gebied ligt, is het effect van de afstand tot een MJPO-maatregel op de aanrijdingskans sterker.

Voor wilde zoogdieren is getest of de kans op een aanrijding samenhangt met de afstand tot natuurgebied, aangezien zulke aanrijdingen vaker voorkomen nabij bebost gebied (Figuur 8). De afstand tot het dichtstbijzijnde NNN-gebied varieerde van 0 tot ruim 11 km (gemiddelde = 842 m, sd = 1367 m). De afstand had een significant negatief effect op de kans op een aanrijding ($\beta = -5.017 \text{ e}^{-05}$, $z = -21.23$, $p < 0.001$), dus neemt ook voor wilde zoogdieren de kans op een aanrijding af bij grotere afstand.

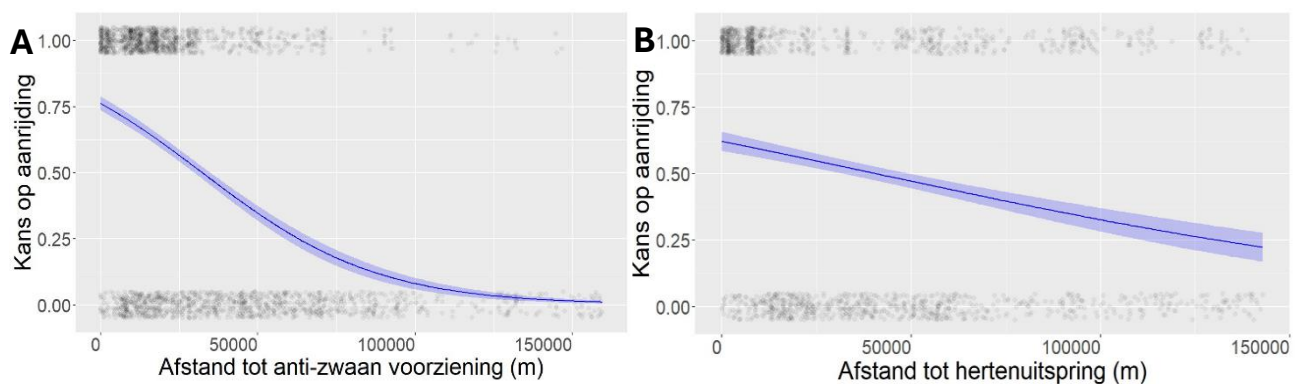


Figuur 8. Relatie tussen kans op aanrijding met wild zoogdier en afstand tot NNN gebied. Op de y-as staat kans op aanrijding, op de x-as de afstand tot NNN gebied in meters. De blauwe lijn geeft de gefitte kans weer volgens het logistische regressiemodel, het lichtblauwe vlak toont het 95% betrouwbaarheidsinterval. De relatie is significant ($p < 0.001$).

ProRail heeft ook geïnvesteerd in natuurvoorzieningen gericht op specifieke diersoorten. Hiermee kan geanalyseerd worden wat het effect is van deze voorzieningen op de kans op aanrijding met deze diersoort.

Ten eerste zijn er anti-zwaanvoorzieningen: speciale zwanenlinten die aan de bovenleiding zijn bevestigd en waar zwanen van schrikken, waardoor ze eroverheen zouden vliegen (*Zwanenlint voorkomt ongelukken*, 2007). In RailMaps, het online GIS-platform voor ProRail-medewerkers, zijn er 47 van deze voorzieningen geregistreerd. De afstand van de punten in de dataset tot de dichtstbijzijnde anti-zwaanvoorziening varieert van 2 meter tot 159 kilometer (gemiddelde = 35719 m, sd = 33893 m). De afstand tot een anti-zwaanvoorziening heeft een negatief effect op de kans op aanrijdingen met zwanen ($\beta = -3.59 \times 10^{-5}$, $z = -17.99$, $p < 0.001$) (Figuur 9A). Dit betekent dat hoe groter de afstand tot een anti-zwaanvoorziening is, hoe kleiner de kans op een aanrijding met een zwaan.

Ten tweede zijn er voorzieningen voor herten, een zogenoemde hertenuitspring. Dit is een locatie bij een wildraster waar herten, in het geval dat ze tussen de rasters terecht komen, gestimuleerd worden daaruit te springen. Daarmee zijn hertenuitspringen dus ontsnappingsplekken, maar potentieel ook riskante locaties. Hiervan zijn er 56 geregistreerd in RailMaps. Het aantal aanrijdingen met herten sinds 2019 bedraagt 753. Afstanden tot hertenuitspring variëren van 18 meter tot 143 kilometer (gemiddelde = 41423 m, sd = 38143 m). Ook afstand tot hertenuitspring heeft een significant negatief effect op de kans op een aanrijding met een hert ($\beta = -1.22 \times 10^{-5}$, $z = -8.39$, $p < 0.001$) (Figuur 9B).



Figuur 9. Relatie tussen A) kans op aanrijding met zwaan en afstand tot anti-zwaanvoorziening, B) kans op aanrijding met hert en afstand tot hertenuitspring. Op de y-as staat kans op aanrijding, op de x-as de continue onafhankelijke variabele. De blauwe lijn geeft de gefitte kans weer volgens het logistische regressiemodel, het lichtblauwe vlak toont het 95% betrouwbaarheidsinterval. Alle relaties zijn significant ($p < 0.001$).

3.2. Kwaliteit van de dataset

3.2.1. Technische beoordeling

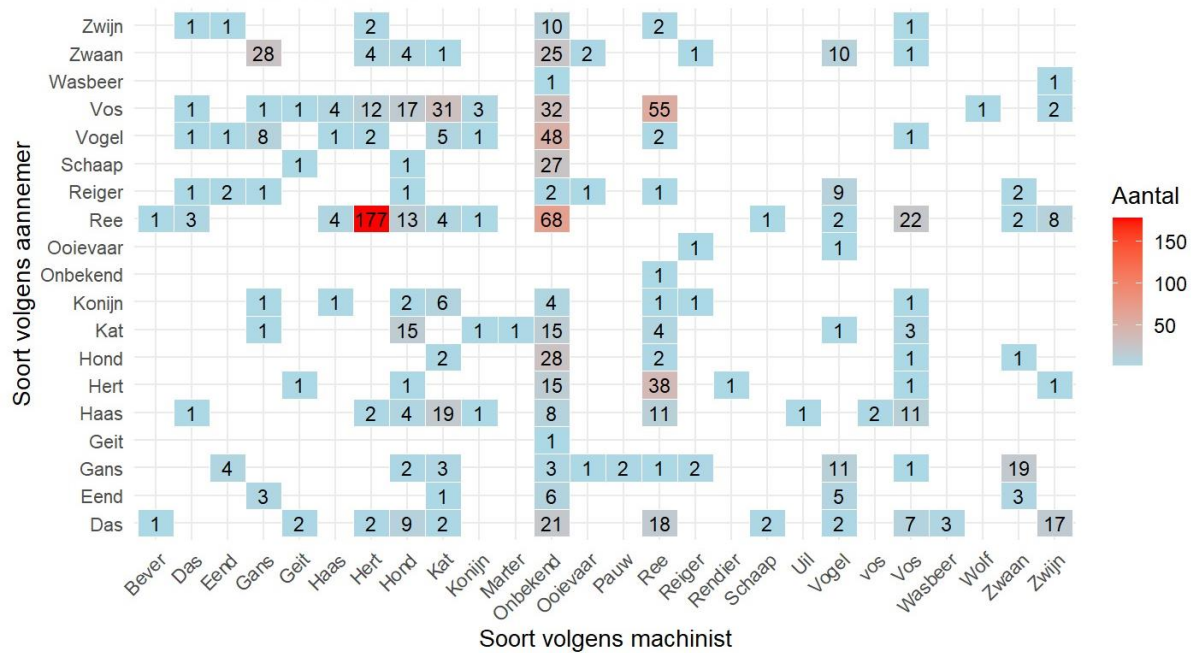
Per melding zijn doorgaans meerdere gegevens beschikbaar: een meldcode, omschrijving door machinist of treindienstleider, geocode en kilometrering, een oorzaakomschrijving (bijvoorbeeld door een aannemer of incidentenbestrijder), en informatie over datum en tijd. Hoewel het SAP-systeem ruimte biedt om al deze gegevens in te vullen, blijkt in de praktijk dat meldingen niet altijd volledig zijn. Van de 16.857 meldingen ontbreken er bij 8.614 meldingen meldcodes, zijn er 1.196 meldingen zonder correcte geocode en kilometerlocatie, en missen 6 meldingen een datum.

Naast ontbrekende informatie bevatten meldingen ook regelmatig onzekerheden. Dit speelt vooral bij het benoemen van de diersoort door de machinist. In de omschrijving van de melding worden in zulke gevallen vaak meerdere mogelijke diersoorten genoemd (bijvoorbeeld: “ree of hond?”), of worden er vraagtekens gebruikt om twijfel aan te geven (“vos?”).

Daarnaast komt het incidenteel voor dat meerdere aanrijdingen op één traject worden samengevoegd in één enkele melding. Dit is bijvoorbeeld het geval in SAP melding 80755329: “Had-Hlm : 2 dode dieren in het spoor 1 x vos thv km 23.600 en 1 x Kat thv km 25.9”. Dit veroorzaakt een ongewenste clustering van datapunten in de dataset. In zulke gevallen wordt er in SAP één meldlocatie vastgesteld die in het midden van de twee punten komt te liggen met maar één geregistreerde diersoort, en gaat dus waardevolle informatie verloren. Dit kan zowel de ruimtelijke analyse als de interpretatie van soorten van aanrijdingen belemmeren.

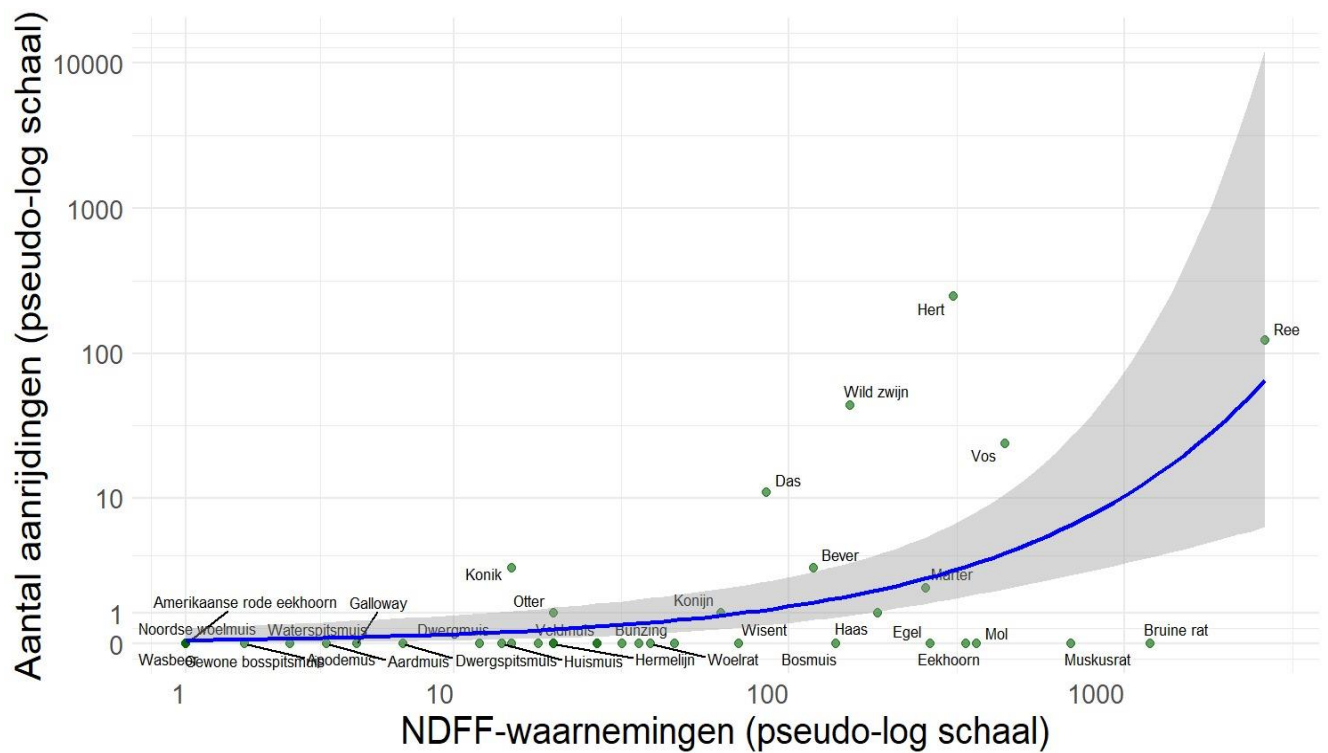
Aangezien de dataset meldingen bevat van zowel de machinist als de reactie van een aannemer of incidentenbestrijding, kunnen er inconsistenties tussen deze partijen naar voren komen. Van de 16.857 meldingen, kwamen de geconstateerde diersoorten in 15.720 gevallen overeen, wat betekent dat 93,3% van de meldingen consistent is. In 1.137 gevallen bleek, op basis van een reactie van de aannemer, een andere soort te zijn aangereden dan de machinist had gemeld.

Een specificatie per diersoort kan meer inzicht geven in welke dieren vaak verkeerd gemeld worden. Om te beoordelen of de frequentie van correcte en incorrecte meldingen verschilt per diersoort, is een Pearson's Chi-kwadraat toets uitgevoerd. Op soortniveau verschillen de geobserveerde proporties van foutmeldingen van de verwachte proporties ($\chi^2 = 368.07$, $df = 9$, $p < 0.001$). De kans op een correcte melding door de machinist hangt dus af van de specifieke soort, wat suggereert dat bepaalde soorten lastiger te herkennen zijn dan anderen (Figuur 10).



Figuur 10. Aantal onjuiste meldingen van diersoort. Op de y-as staat de diersoort zoals gemeld door de machinist. Op de x-as staat de diersoorten zoals gemeld door de aannemer. Top 20 meest voorkomende fouten zijn meegenomen in het figuur. Hoe vaker een fout voorkomt, hoe roder deze gekleurd is.

Op basis van waarnemingen uit de NDFF is onderzocht of het aantal waarnemingen van wilde zoogdieren samenhangt met het aantal aanrijdingen in de dataset. Hiervoor zijn binnen een vast gebied van 31 km² in de significante hotspots zowel het aantal aanrijdingen als het aantal NDFF-waarnemingen geteld. Analyse met een quasi-Poisson-regressie liet een licht positief verband zien tussen het aantal NDFF-waarnemingen en het aantal aanrijdingen ($\beta = 0.001$, $t = 2.09$, $p < 0.05$) (Figuur 11). Dit suggereert dat bij een toename van het aantal waarnemingen, ook het verwachte aantal aanrijdingen toeneemt. In de figuur is te zien dat kleine dieren die wel regelmatig voorkomen in de NDFF data, zoals bruine rat, muskusrat, mol en egel, heel weinig of niet voorkomen in aanrijdingsdata.



Figuur 11. Relatie tussen het aantal NDFF-waarnemingen (x-as) en het aantal aanrijdingen (y-as; beide assen weergegeven met een pseudo-logtransformatie) per diersoort. De blauwe lijn geeft de geschatte trend weer op basis van een generalized linear model met quasi-poisson verdeling. Het grijze gebied rondom de lijn geeft het 95% betrouwbaarheidsinterval aan. Groene punten zijn diersoorten.

3.2.2. Interviews

Aan de hand van het interviewprotocol (Bijlage IV) zijn inzichten verzameld over het meldproces van aanrijdingen tussen treinen en dieren. Hiervoor zijn vier machinisten en een treinverkeersleider geïnterviewd. Op basis van een inductieve benadering zijn uit de verzamelde informatie acht thema's afgeleid die als leidraad dienen voor de resultaten:

- Achtergrond van de respondenten
- Frequentie van aanrijdingen
- Meldgedrag bij aanrijdingen
- Handelswijze bij aanrijdingen
- Ervaringen met het meldproces
- Locaties van aanrijdingen
- Emotionele impact op machinisten
- Operationele gevolgen van aanrijdingen

Achtergrond van de respondenten

Drie machinisten waren in dienst bij NS en één bij Arriva. De werkervaring varieerde van drie tot 23 jaar, waarbij enkele respondenten eerder al werkzaam waren binnen het treinverkeer. Machinisten hebben doorgaans een vaste standplaats, waardoor zij bepaalde trajecten frequenter rijden. Dit geldt met name voor de machinist van Arriva, die rijdt in een vast gebied rond Zutphen. NS-machinisten zijn centraler gepositioneerd en rijden een groter deel van het spoorwegnet. De geïnterviewde treinverkeersleider was drie jaar in dienst en werkzaam in regio Arnhem.

Frequentie van aanrijdingen

Uit de interviews bleek dat machinisten grote verschillen ervaren in hoe vaak aanrijdingen met dieren voorkomen. Antwoorden liepen uiteen van zelden tot dagelijks. De meeste machinisten gaven aan dat kleinere dieren, vooral vogels, wekelijks worden aangereden. Aanrijdingen met grotere dieren vonden volgens sommigen enkele keren per jaar plaats. Twee machinisten hadden nog nooit een groot dier aangereden. Eén machinist gaf aan dat bij zijn standplaats gemiddeld twee aanrijdingen per week met grote dieren plaatsvinden. Een respondent benoemde dat de frequentie afhankelijk is van factoren als locatie, tijdstip en seizoen; zo worden er in het broedseizoen meer jonge vogels aangereden.

Meldgedrag bij aanrijdingen

Binnen dit thema kwamen grotendeels overeenkomstige inzichten naar voren. Grote dieren worden volgens alle machinisten altijd gemeld, terwijl kleine dieren, met name vogels, meestal niet worden gemeld. Reden hiervoor is dat opruimpartijen hier volgens hen toch niets mee doen. De verkeersleider bevestigde dat meldingen vooral gaan over reeën, herten en zwijnen, en dat vogels zelden genoemd worden. Eén machinist meldde soms wel kleine dode dieren vanwege het risico op predatoren in het spoor. Drie machinisten gaven aan bijna-aanrijdingen niet te melden, omdat daar niets mee gebeurt; één machinist deed dit soms wel vanwege de schrikreactie die het kan veroorzaken.

Handelswijze bij aanrijdingen

Eén machinist gaf aan dat er een voorgeschreven procedure is voor aanrijdingen met dieren; drie anderen dachten dat die er niet is. Desondanks beschreven alle machinisten ongeveer dezelfde werkwijze: als een klap wordt gevoeld maar het onduidelijk is of het om een mens of dier gaat, moet de trein worden stilgezet om dit te controleren. In andere gevallen wordt doorgaans doorgereden, zolang het materieel dit toelaat.

Ervaringen met het meldproces

Geen van de respondenten gaf aan noemenswaardige problemen te ervaren met het meldproces. De verbinding met de meldkamer via GSM-R werd als goed en snel beoordeeld. Als verbeterpunt werd genoemd dat kilometeringsbordjes niet overal aanwezig zijn, wat voor verwarring kan zorgen over de exacte locatie. Eén machinist gaf aan gebruik te maken van een tablet (TimTim) die de exacte locatie van de trein aangeeft, waardoor bordjes minder nodig zijn. Over het herkennen van diersoorten waren machinisten het eens dat dit over het algemeen niet moeilijk is, al kan het bij hoge snelheid of bij kleine dieren lastiger zijn.

Locaties van aanrijdingen

Alle respondenten benoemden dat aanrijdingen vaker voorkomen op bepaalde trajecten. Specifiek werden de Veluwe, de Zeeuwse lijn en het traject Zutphen–Oldenzaal genoemd. Dit zijn veelal bosrijke gebieden. Eén machinist merkte op dat de mate van afscherming van het spoor hier ook een rol speelt: sommige bosrijke gebieden zijn juist goed afgeschermd, waardoor minder aanrijdingen plaatsvinden.

Emotionele impact op machinisten

Machinisten gaven aan dat aanrijdingen met dieren hen in het begin meer raakten, maar dat dit gevoel met de tijd afnam. Tegenwoordig ervaren zij hier doorgaans weinig emotionele impact van. Meerdere machinisten noemden het “sneu”, maar niet meer dan dat. Een treffende uitspraak was:

“Het is een beetje sneu, maar uiteindelijk is het maar een dier.”

Operationele gevolgen van aanrijdingen

De gevolgen van aanrijdingen hangen af van de situatie. Als niet duidelijk is of het om een mens of dier gaat, moet de trein stoppen, wat tot vertraging leidt. Afhankelijk van schade of troep op het spoor kan ook worden besloten de trein stil te zetten. Toch gaven de machinisten aan in de meeste gevallen door te rijden, waardoor de impact op het treinverkeer beperkt blijft. De verkeersleider bevestigde dit beeld en gaf aan dat soms een andere trein wordt ingezet om het spoor te schouwen en zo vertraging zoveel mogelijk te beperken.

3.3. Case studies

3.3.1. Zuid-Kennemerland

Uit de data-analyse blijkt dat in Zuid-Kennemerland veel aanrijdingen plaatsvinden, voornamelijk met reeën, herten en vossen. Om beter te begrijpen hoe de lokale situatie in elkaar zit, is contact opgenomen met de organisatie Puur Water & Natuur (PWN), die verantwoordelijk is voor het beheer van een groot deel van het Zuid-Kennemerland.

Zuid-Kennemerland is een uitgestrekt natuurgebied van ongeveer 3.800 hectare, gelegen tussen Zandvoort en IJmuiden, ten westen van Haarlem. Het landschap bestaat voornamelijk uit duinen, afgewisseld met bos- en graslanden. Grote wilde zoogdieren die hier voorkomen zijn onder andere wisenten, konikpaarden, damherten en Schotse Hooglanders (*Van woeste duinen tot duingrasland*, z.d.).

In 2018 is als onderdeel van het Meerjarenprogramma Ontsnippering het ecoduct Duinpoort gerealiseerd over de spoorlijn Haarlem-Zandvoort (*Ecoduct Duinpoort*, z.d.). Hoewel dit een belangrijke maatregel is om versnippering tegen te gaan, blijkt uit zowel de data-analyse van deze studie als uit onderzoek van PWN dat het aantal aanrijdingen niet is afgenomen (D. Groenendijk, persoonlijke communicatie, 2 juni 2025). Uit het gesprek kwam naar voren dat het hekwerk rondom het ecoduct niet doeltreffend is. Zo zijn er hekken geplaatst van slechts 1,20 meter hoog, wat onvoldoende is om damherten, waarmee in dit gebied de meeste aanrijdingen plaatsvinden, tegen te houden. Daarnaast zijn er op sommige plaatsen onderbrekingen in het hekwerk zonder duidelijke reden. Dit zou een verklaring kunnen zijn waarom het ecoduct niet effectief is in het verminderen van aanrijdingen met wild. ProRail is bezig om het hekwerk in orde te maken. Echter neemt dit meer tijd in beslag dan verwacht vanwege ecologische onderzoeken en aanwezigheid van beschermde soorten in de regio.

Daarnaast is er in het Zuid-Kennemerland sprake van een gedeeld beheer van het landschap. Het grootste deel van het terrein wordt beheerd door PWN. Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten zijn verantwoordelijk voor kleine delen van het Zuid-Kennemerland. Op de specifieke locatie van ecoduct Duinpoort is PWN verantwoordelijk voor de noordwestelijke kant langs het spoor, Staatsbosbeheer voor de zuidoostelijke kant van het spoor, en ProRail voor het spoor zelf. Bij aanleg van het ecoduct is er een beperkte samenwerking geweest tussen deze partijen (D. Groenendijk, persoonlijke communicatie, 2 juni 2025), wat mogelijk een reden kan zijn voor de incomplete aanleg van de hekken rond het ecoduct.

3.3.2. Naardermeer

De spoorlijn Weesp–Hilversum loopt dwars door het natuurgebied Naardermeer, waar ProRail relatief veel hinder ondervindt van aanrijdingen met dieren (Figuur 5B). Om beter te begrijpen hoe ecologie en spoor zich in dit gebied tot elkaar verhouden, is contact opgenomen met Natuurmonumenten. Het Naardermeer bestaat uit meerdere plassen, omgeven door moerasbossen en weilanden, en ligt tussen Amsterdam en Hilversum (*Natuurgebied Naardermeer*, z.d.). Dit natte gebied kent een grote biodiversiteit: het herbergt veel vogelsoorten, maar ook de otter, ringslang, ree en vos komen er voor.

De meeste aanrijdingen betreffen reeën, vossen, zwanen en incidenteel een das. Edelherten en damherten komen hier niet voor, waardoor het waarschijnlijk is dat meldingen van ‘herten’ in werkelijkheid reeën betreffen. In de zomer van 2019 zijn onder het spoor negen faunapassages aangelegd. Deze voorzieningen wijken af van het oorspronkelijke plan om twee grote faunatunnels te realiseren. Omdat dat technisch en financieel niet haalbaar bleek, is gekozen voor meerdere kleinere passages. Monitoring liet zien dat 65% van de doelsoorten gebruikmaakt van de passages, maar voor reeën kon dat niet worden aangetoond (Smink et al., 2023). Tegelijkertijd komt de ree juist frequent voor in de aanrijdingscijfers.

Uit een gesprek met Natuurmonumenten blijkt dat de passages voor reeën minder geschikt zijn vanwege de donkere en lage constructie (T. van den Broek, persoonlijke communicatie, 16 juni 2025). Daarnaast is er in dit gebied bewust voor gekozen om nauwelijks wildrasters te plaatsen, om verdere versnippering van het landschap te voorkomen. Daardoor is het echter waarschijnlijker dat reeën het spoor oversteken in plaats van een passage te gebruiken.

4. Discussie

4.1. Reflectie op de wetenschappelijke kwaliteit van de resultaten

Om meer inzicht te krijgen in de ruimtelijke verdeling van aanrijdingen tussen treinen en dieren in Nederland, zijn ruimtelijke en statistische analyses uitgevoerd op een dataset met geregistreerde aanrijdingen in de periode 2019 tot en met 2024. Daarnaast is door middel van detailanalyses en interviews een inschatting gemaakt van de kwaliteit van de dataset. Uit de resultaten blijkt dat er sprake is van een duidelijk ruimtelijk patroon, dat bovendien verschilt per diergroep. Deze patronen worden verklaard door factoren zoals spoorbreedte, de afstand tot natuurgebieden en de afstand tot MJPO-maatregelen. Ook blijkt dat hoewel de kwaliteit van de dataset over het algemeen toereikend is, er sprake is van een bias richting grotere diersoorten, omdat machinisten aanrijdingen met kleine dieren vaak niet melden. Door de combinatie van kwantitatieve en ruimtelijke analyses en een nadere uitwerking van specifieke hotspots, draagt dit onderzoek bij aan de kennis over de effecten van spoorlijnen op fauna en biedt het praktijkgerichte inzichten voor het spoorbeheer.

De kwaliteit van de dataset is zowel technisch als inhoudelijk beoordeeld. Technisch gezien zijn meldingen soms onvolledig, bijvoorbeeld door ontbrekende locatiegegevens of onbekende diersoorten. Uit de gesprekken met machinisten en een verkeersleider blijkt echter dat machinisten over het algemeen goed in staat zijn om diersoorten te herkennen; hun inschatting komt vaak overeen met die van de aannemers. De meest voorkomende verwarring betreft reeën en dam- of edelherten, wat verklaarbaar is gezien hun morfologische gelijkenis (Aniceti et al., 2025). Deze verwarring kan wel gevolgen hebben voor de effectiviteit van toekomstige voorzieningen. Voor dam- en edelherten zijn namelijk hogere rasters vereist om te voorkomen dat deze dieren eroverheen springen (Pepper, 1999). Het is daarom van belang om bij locatiespecifieke analyses nauwkeurig vast te stellen welke diersoorten daadwerkelijk in een gebied voorkomen, zodat passende maatregelen kunnen worden ontworpen en geïmplementeerd.

Een belangrijk inzicht is dat aanrijdingen met kleine dieren, zoals vogels en kleine zoogdieren, vaak niet worden gemeld. Machinisten geven aan dat zij dergelijke meldingen achterwege laten, omdat zij verwachten dat hier toch geen actie op volgt. Terwijl vogelaanrijdingen volgens machinisten frequent voorkomen, komen deze in de registraties nauwelijks naar voren. Dit resulteert in een systematische ondervertegenwoordiging van deze diergroepen in de dataset, maar doet geen afbreuk aan de betrouwbaarheid van de overige meldingen. Binnen de beschikbare gegevens blijven de uitgevoerde analyses daarmee waardevol en robuust. Voor toekomstige maatregelen gericht op kleine dieren of vogels biedt deze dataset echter weinig bruikbare aanknopingspunten; hiervoor zou beter gebruik kunnen worden gemaakt van ecologisch veldonderzoek of bijvoorbeeld NDFF-data, die naar verwachting een vollediger beeld geven van het voorkomen van deze soorten.

In tegenstelling tot *Road Ecology*, is bij *Railway Ecology* nog weinig bekend over verklarende factoren bij aanrijdingen met dieren. Dit onderzoek laat een significant effect zien van een viertal factoren. Zo is verkeersintensiteit een bepalende factor voor aanrijdingen: hoe breder het traject, hoe lager de kans op een aanrijding. Dit lijkt tegenstrijdig met eerder onderzoek, waarin juist werd gevonden dat een toename in treinverkeer de kans op aanrijdingen verhoogt tot een bepaald maximum (Jasińska et al., 2019). Een mogelijk verklaring kan zijn dat dieren intensief gebruikte spoorlijnen mijden vanwege de sterkere barrièrewerking (Kušta et al., 2011).

De belangrijkste verklarende factor in dit onderzoek is de afstand tot natuurgebieden. Hoe kleiner de afstand tot het NatuurNetwerk Nederland, hoe groter de kans op een aanrijding. Dit resultaat sluit aan bij de ecologie van veel voorkomende soorten in de dataset, zoals reeën, herten en vossen, die zich doorgaans ophouden in of nabij natuurgebieden. Een vergelijkbare relatie werd gevonden bij voertuig-dieraanrijdingen in Tsjechië en Polen, waar afstand tot natuur eveneens een sterke voorspeller bleek (Bartonička et al., 2018; Jasińska et al., 2019). Dit onderzoek bevestigt dat afstand tot natuur ook bij spoortrajecten een indicator is voor aanrijdingsrisico's, wat handvatten biedt voor toekomstig hotspotmitigatie. Daarmee vormt deze studie niet alleen een inhoudelijke aanvulling op bestaande kennis, maar ook een eerste aanzet voor een systematische methode om hotspots te identificeren en gericht te mitigeren.

Afscherming bleek een relatief sterk beschermend effect te hebben: het aantal aanrijdingen was lager op trajecten die fysiek van de omgeving waren gescheiden door geluidsschermen of hekwerk. Concreet betekent dit voor ProRail dat op hotspotlocaties door de aanleg van afscherming een significante vermindering van het aantal aanrijdingen kan worden gerealiseerd. Hoewel dit een veelgebruikte en vaak doeltreffende maatregel is, kan het tegelijkertijd leiden tot versnippering van leefgebieden. Die fragmentatie kan op populatieniveau zwaarder wegen dan het verlies van enkele individuen door aanrijdingen (Milewicz et al., 2021). Om dit te voorkomen is het essentieel om hekwerken te combineren met voorzieningen die dieren in staat stellen het spoor veilig te passeren. Dit principe vormde dan ook een belangrijk uitgangspunt binnen het MJPO (Van Der Grift et al., 2009).

Opvallend is dat een kleinere afstand tot faunavoorzieningen (onder het MJPO) samenhangt met een hogere kans op aanrijdingen. Een mogelijke verklaring is dat deze voorzieningen juist zijn geplaatst op bestaande knelpunten met een hoge aanrijdingsfrequentie en hun effect op het daadwerkelijk verminderen daarvan beperkt lijkt. Faunavoorzieningen kunnen op verschillende manieren effectief zijn: door het aantal aanrijdingen te reduceren, maar ook door barrièrewerking te verkleinen en de populatielevensvatbaarheid te vergroten (Van Der Grift et al., 2009). Een faunapassage kan dus ecologisch waardevol zijn, zonder dat het aantal aanrijdingen significant daalt. Voor ProRail ligt de nadruk echter op het waarborgen van betrouwbaar treinverkeer en het beperken van schade aan materieel. Op basis van deze resultaten lijkt dat specifieke doel met de MJPO-voorzieningen nog niet bereikt. Locatiegerichte analyses op hotspots in de buurt van MJPO-maatregelen kunnen inzicht bieden in waarom een voorziening niet in staat is het aantal aanrijdingen terug te brengen.

De effectiviteit van faunavoorzieningen is dan ook in hoge mate afhankelijk van de landschappelijke inpassing, het ontwerp, en het beheer en onderhoud (Carvalho et al., 2017; Mata et al., 2008; Milewicz et al., 2021). Voor de praktijk betekent dit dat bij de aanleg van nieuwe voorzieningen niet alleen de locatie zorgvuldig moet worden gekozen, bijvoorbeeld in de nabijheid van hotspots zoals in dit onderzoek geïdentificeerd, maar dat ook randvoorwaarden zoals regelmatig onderhoud en inspectie cruciaal zijn. Zo dient een faunapassage periodiek gecontroleerd te worden, vooral wanneer het gebruik beperkt is. Ook de staat van bijbehorende rasters moet goed worden bewaakt om te voorkomen dat dieren vast komen te zitten tussen beschadigde rasters, wat de kans op aanrijdingen juist vergroot (Jackson & Griffin, 2000). Door een combinatie van gerichte plaatsing, goed ontwerp en actief beheer kunnen voorzieningen beter bijdragen aan zowel ecologische doelen als de veiligheid en betrouwbaarheid van het spoor.

Dit kwam ook naar voren in de case studies van Zuid-Kennemerland en Naardermeer. Deze bieden een waardevolle aanvulling op de landelijke analyses door ook de invloed van de lokale context te belichten. In beide gebieden vormen aanrijdingen nog steeds een probleem, ondanks de

aanwezigheid van faunavoorzieningen. Door het ontwerp en de randvoorwaarden lijken deze niet optimaal te functioneren in het beperken van aanrijdingen. De situatie onderstreept dat niet alleen het ontwerp van faunamaatregelen belangrijk is, maar ook een goede uitvoering, periodiek beheer en een goede afstemming tussen betrokken partijen.

4.2. Relevantie en beperkingen van het project

Om gerichte maatregelen te kunnen nemen om aanrijdingen tussen treinen en dieren te verminderen, is het essentieel te begrijpen waar en waarom deze incidenten plaatsvinden. Dit onderzoek biedt daarvoor een eerste, onderbouwde basis: het brengt hotspots in kaart en laat daarnaast zien welke omgevingsfactoren het risico op aanrijdingen vergroten of juist verkleinen.

Een beperking in dit onderzoek is de groepering van diersoorten die bij de analyses is gemaakt. Sommige soorten kunnen in meerdere categorieën passen. Zo zouden paarden bijvoorbeeld kunnen worden ingedeeld als huisdier, wild zoogdier of vee. In zulke gevallen is gekozen voor de categorie die naar mijn inzicht het beste past. Deze beperking hangt samen met het ontbreken van soortnamen in een deel van de meldingen; deze informatie had meer duidelijkheid kunnen geven over de herkomst van het dier.

Daarnaast bleek het lastig om gedetailleerde lokale ecologische factoren mee te nemen. Vegetatiestructuur langs het spoor kan bijvoorbeeld het gedrag van dieren sterk beïnvloeden en daarmee het risico op aanrijdingen vergroten of verkleinen (Borda-de-Água et al., 2017; Eriksson, 2014). Vanwege de beperkte duur van het afstudeerproject en het ontbreken van benodigde data kon deze variabele niet uitgebreid worden meegenomen. Door het toevoegen van twee case studies kon er toch voor specifieke locaties een indruk worden verkregen van de lokale ecologische context. Ook andere gegevens bleken niet altijd beschikbaar. Zo ontbreekt een landelijk overzicht van faunapassages, doordat verschillende partijen hun eigen registraties bijhouden. Dit bemoeilijkt het krijgen van een compleet beeld van mitigerende voorzieningen op nationale schaal.

Ondanks deze beperkingen biedt het project waardevolle inzichten. Met dit onderzoek zijn hotspots van trein-dieraanrijdingen in Nederland geïdentificeerd en zijn hiervoor verklarende factoren vastgesteld. Daarmee laat deze studie zien dat er, net als bij *Road Ecology*, patronen en voorspellende factoren bestaan die helpen om aanrijdingen te begrijpen en te voorkomen. Deze inzichten dragen bij aan de groeiende kennis binnen *Railway Ecology* en onderstrepen het belang van de ontwikkeling van dit relatief jonge vakgebied, om wereldwijd bij te dragen aan veiliger spoor en behoud van natuur.

5. Conclusie

Dit onderzoek laat zien dat trein-dieraanrijdingen niet willekeurig plaatsvinden, maar zich concentreren op specifieke trajecten, vooral in de buurt van natuurgebieden. Factoren als afscherming en een bredere spoorbaan hebben een negatief effect op het risico op aanrijdingen, terwijl bestaande faunavoorzieningen niet overal het gewenste positieve effect hebben. De registratie is in grote lijnen bruikbaar, maar vertoont hiaten, vooral bij meldingen van kleinere diersoorten.

Deze inzichten maken duidelijk dat gerichte, locatiegebonden maatregelen noodzakelijk zijn om aanrijdingen effectief te verminderen. Het is aan te bevelen om hotspotlocaties met de hoogste risico's prioriteit te geven, de werking van bestaande faunavoorzieningen kritisch te evalueren en waar nodig te verbeteren. Ook kan het helpen om de registratie van aanrijdingen verder te verfijnen, bijvoorbeeld door machinisten beter te ondersteunen bij het melden en door ontbrekende gegevens over voorzieningen en lokale ecologische factoren beter in kaart te brengen. Door bestaande data slimmer te benutten en maatregelen strategisch te plannen, kan ProRail bijdragen aan zowel veilig treinverkeer als het behoud van gezonde diersoortenpopulaties langs het spoor.

De resultaten sluiten deels aan bij eerdere bevindingen uit de *Road Ecology*, maar laten ook verschillen zien. Dat weerspiegelt zowel de overeenkomsten tussen wegen en spoorlijnen als de specifieke kenmerken van spoorinfrastructuur. Daarmee levert dit project een waardevolle bijdrage aan de ontwikkeling van *Railway Ecology* als jong onderzoeksveld. Met het spoor als duurzaam alternatief voor andere vormen van transport en de verwachte uitbreiding van het netwerk, wordt het steeds belangrijker om de ecologische impact te beperken (Barrientos et al., 2017). Deze studie biedt hiervoor een onderbouwde basis en laat zien dat een combinatie van landelijke analyses met lokale verdieping praktische handvatten biedt om knelpunten aan te pakken en ecologische verstoring langs het spoor in de toekomst zoveel mogelijk te beperken.

6. Aanbevelingen voor ProRail

Uit dit onderzoek volgen een aantal aanbevelingen die ProRail kunnen ondersteunen bij het terugdringen van aanrijdingen tussen treinen en dieren. Deze aanbevelingen richten zich op vier hoofdpunten: locatiegericht werken, verbetering van de registratie, effectiever inzetten van bestaande faunavoorzieningen en het uitvoeren van aanvullende analyses met hinderminuten.

1. Vervolgacties richten op belangrijkste hotspots

In deze studie zijn verschillende hotspots van trein-dieraanrijdingen in kaart gebracht. Op basis van de analyses kunnen geen directe uitspraken worden gedaan over oorzaken of oplossingen, maar deze locaties bieden wel aanknopingspunten voor nader onderzoek en eventueel gerichte maatregelen. ProRail kan op de belangrijkste hotspots prioriteit geven aan bijvoorbeeld terreinverkenning, overleg met terreinbeheerders of technische inspecties.

2. Registratie van aanrijdingen verbeteren

Voor nauwkeurigere analyses en het ontwikkelen van soortspecifieke maatregelen is een eenduidige en volledige registratie van aanrijdingen essentieel. Momenteel ontbreekt incidenteel informatie over locatie, diersoort of tijdstip. Hoewel machinisten over het algemeen tevreden zijn met het huidige meldsysteem, kan het toevoegen van enkele verplichte gegevensvelden de datakwaliteit verder verbeteren. Ook zou een automatische controle van geocode en kilometrerings bijdragen aan correctere locatiegegevens. Daarnaast melden machinisten kleine dieren vaak niet; dit kan mogelijk worden verbeterd door hen te informeren over het belang van volledige registratie en de inzet van deze gegevens. Het is bovendien aan te raden om ook vondsten van faunaslachtoffers door onderhoudsaannemers en inspecteurs systematisch te registreren.

3. Bestaande faunavoorzieningen optimaliseren

Een opvallende bevinding uit de case studies is dat op bepaalde knelpunten al faunavoorzieningen aanwezig zijn, terwijl er toch relatief veel aanrijdingen plaatsvinden. Dit suggereert dat deze voorzieningen niet altijd effectief zijn in het verminderen van aanrijdingen. Het is daarom aan te raden om eerst een totaaloverzicht op te stellen van de aanwezige faunapassages. ProRail kan op deze locaties nagaan of aanvullende maatregelen nodig zijn, zoals gerichte afscherming met hekwerk of aanpassingen in het beheer en onderhoud. Door bestaande voorzieningen te optimaliseren, kunnen met relatief kleine aanpassingen toch grote resultaten worden behaald.

4. Hinderminuten verder analyseren

Hinderminuten zijn in dit onderzoek meegenomen om hotspots te prioriteren, maar deze gegevens bieden nog meer waardevolle inzichten, met name over het economische belang van trein-dieraanrijdingen. Met verdere analyses kan een business case worden opgesteld waarin de kosten van het probleem en de baten van mogelijke mitigerende maatregelen in kaart worden gebracht. Dit kan dienen als een stevige basis voor ProRail om de urgentie van het probleem en de noodzaak van oplossingen te onderbouwen.

7. Referenties

- Abedjan, Z., Golab, L., & Naumann, F. (2017). Data Profiling: A Tutorial. *Proceedings of the 2017 ACM International Conference on Management of Data*, 1747-1751.
<https://doi.org/10.1145/3035918.3054772>
- Adeoye-Olatunde, O. A., & Olenik, N. L. (2021). Research and scholarly methods: Semi-structured interviews. *JACCP: JOURNAL OF THE AMERICAN COLLEGE OF CLINICAL PHARMACY*, 4(10), 1358-1367. <https://doi.org/10.1002/jac5.1441>
- Aniceti, V., Rizzetto, M., & Giacalone, F. (2025). 'Cervified': A method for the morphometric identification of red deer (*Cervus elaphus*), fallow deer (*Dama dama*), and roe deer (*Capreolus capreolus*) archaeological bones. In Review. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6636241/v1>
- Backs, J. A. J., Nychka, J. A., & St. Clair, C. C. (2017). Warning systems triggered by trains could reduce collisions with wildlife. *Ecological Engineering*, 106, 563-569.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.06.024>
- Barrientos, R., Borda-de-Água, L., Brum, P., Beja, P., & Pereira, H. M. (2017). What's Next? Railway Ecology in the 21st Century. In *Railway ecology* (pp. 311-318). Springer.
- Bartonička, T., Andrášik, R., Duľa, M., Sedoník, J., & Bíl, M. (2018). Identification of local factors causing clustering of animal-vehicle collisions. *The Journal of Wildlife Management*, 82(5), 940-947. <https://doi.org/10.1002/jwmg.21467>
- Besluit activiteiten leefomgeving, Pub. L. No. BWBR0041330.
- Borda-de-Água, L., Barrientos, R., Beja, P., & Pereira, H. M. (Red.). (2017). *Railway Ecology*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57496-7>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Carvalho, F., Santos, S. M., Mira, A., & Lourenço, R. (2017). Methods to monitor and mitigate wildlife mortality in railways. In *Railway ecology* (pp. 23-42).

Community of Practice. (z.d.). Geraadpleegd 10 maart 2025, van

<https://ontsnippering.nl/community-practice/>

De Montis, A., Ledda, A., Ortega, E., Martín, B., & Serra, V. (2018). Landscape planning and defragmentation measures: An assessment of costs and critical issues. *Land Use Policy*, 72, 313-324. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.068>

Dorsey, B., Olsson, M., & Rew, L. J. (2015). Ecological Effects of Railways on Wildlife. In R. Van Der Ree, D. J. Smith, & C. Grilo (Red.), *Handbook of Road Ecology* (1ste dr., pp. 219-227). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118568170.ch26>

Ecoduct Duinpoort. (z.d.). Geraadpleegd 3 juni 2025, van

<https://www.prorail.nl/projecten/haarlem-ecoduct-duinpoort>

Eriksson, C. (2014). *Does tree removal along railroads in Sweden influence the risk of train accidents with moose and roe deer?*

Feranec, J. (Red.). (2016). *European landscape dynamics: CORINE land cover data*. CRC Press.

Forman, R. T. (2005). Good and bad places for roads: Effects of varying road and natural pattern on habitat loss, degradation, and fragmentation. *UC Davis: Road Ecology Center*. <https://escholarship.org/uc/item/8xb0z15w#main>

Frijters, S., & Heijkant, J. (2020, november 21). *Deze grote eigenaren bezitten onze schaarse grond*. <https://www.volkskrant.nl/kijkverder/v/2020/deze-grote-eigenaren-bezitten-onze-schaarse-grond~v406063/>

Gagnon, J. W., Loberger, C. D., Sprague, S. C., Ogren, K. S., Boe, S. L., & Schweinsburg, R. E. (2015). Cost-effective approach to reducing collisions with elk by fencing between existing highway structures. *Human-Wildlife Interactions*, 9(2), 248-264.

Gibbs, J. P. (2001). Demography versus habitat fragmentation as determinants of genetic variation in wild populations. *Biological Conservation*, 100(1), 15-20. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00203-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00203-2)

- Hu, Y., Wang, F., Guin, C., & Zhu, H. (2018). A spatio-temporal kernel density estimation framework for predictive crime hotspot mapping and evaluation. *Applied Geography*, 99, 89-97. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.08.001>
- Huijser, M. P., Duffield, J. W., Clevenger, A. P., Ament, R. J., & McGowen, P. T. (2009). Cost–Benefit Analyses of Mitigation Measures Aimed at Reducing Collisions with Large Ungulates in the United States and Canada: A Decision Support Tool. *Ecology and Society*, Vol. 14(No. 2).
- Is ProRail een grootgrondbezitter?* (2022, augustus 14). Spoordata.
<https://www.spoordata.nl/nieuws/is-prorail-een-grootgrondbezitter>
- Jackson, S. D., & Griffin, C. R. (2000). A Strategy for Mitigating Highway Impacts on Wildlif. In Messmer, T.A. and B. West, (eds) *Wildlife and Highways: Seeking Solutions to an Ecological and Socio-economic Dilemma.*, Pp. 143-159.
- Jasińska, K. D., Żmihorski, M., Krauze-Gryz, D., Kotowska, D., Werka, J., Piotrowska, D., & Pärt, T. (2019). Linking habitat composition, local population densities and traffic characteristics to spatial patterns of ungulate-train collisions. *Journal of Applied Ecology*, 56(12), 2630-2640. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13495>
- Kušta, T., Ježek, M., & Keken, Z. (2011). Mortality of large mammals on railway tracks. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 42(1), 12-18.
- Kušta, T., Keken, Z., Ježek, M., & Kůta, Z. (2015). Effectiveness and costs of odor repellents in wildlife–vehicle collisions: A case study in Central Bohemia, Czech Republic. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 38, 1-5.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.04.017>
- Lacher, T. E., Davidson, A. D., Fleming, T. H., Gómez-Ruiz, E. P., McCracken, G. F., Owen-Smith, N., Peres, C. A., & Vander Wall, S. B. (2019). The functional roles of mammals in ecosystems. *Journal of Mammalogy*, 100(3), 942-964.
<https://doi.org/10.1093/jmammal/gyy183>

Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland (LGN). (2024). *LGN 2023* [Dataset].

<https://lgn.nl/bestanden>

Mata, C., Hervás, I., Herranz, J., Suárez, F., & Malo, J. E. (2008). Are motorway wildlife passages worth building? Vertebrate use of road-crossing structures on a Spanish motorway.

Journal of Environmental Management, 88(3), 407-415.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.03.014>

Milewicz, J., Mokrzan, D., & Szymański, G. (2021). Methods to reduce wildlife collisions with rail vehicles. *Rail Vehicles*, 3, 30-43. <https://doi.org/10.53502/RAIL-143046>

Natuur. (z.d.). Geraadpleegd 6 mei 2025, van

<https://www.prorail.nl/toekomst/duurzaamheid/natuur>

Natuurgebied Naardermeer. (z.d.). Geraadpleegd 25 juni 2025, van

<https://www.natuurmonumenten.nl/natuurgebieden/naardermeer>

Natuurnetwerk Nederland (EHS). (2022). [Map]. Interprovinciaal Overleg (IPO).

<https://www.atlasleefomgeving.nl/natuurnetwerk-nederland-ehs>

Nezval, V., & Bíl, M. (2020). Spatial analysis of wildlife-train collisions on the Czech rail network.

Applied Geography, 125, 102304. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102304>

Omgevingswet, Pub. L. No. BWBR0037885, Staatsblad (2024).

<https://wetten.overheid.nl/BWBR0037885/2024-01-01>

Ontsnippering. (z.d.). mppo. Geraadpleegd 6 mei 2025, van

<https://www.prorail.nl/programmas/mppo>

Pepper, H. (1999). *Recommendations for Fallow, Roe and Muntjac Deer Fencing: New Proposals for Temporary and Reusable Fencing*.

Posit Team. (2024). *RStudio: Integrated Development Environment for R* [Posit Software]. PBC.

<http://www.posit.co/>

Sedgwick, P. (2013). Convenience sampling. *BMJ*, 347(oct25 2), f6304-f6304.

<https://doi.org/10.1136/bmj.f6304>

- Seiler, A. (2005). Predicting locations of moose–vehicle collisions in Sweden. *Journal of Applied Ecology*, 42(2), 371-382. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01013.x>
- Smink, T., Koopmans, M., & Oosterholt, D. (2023). *Eindrapportage monitoring faunapassages Naardermeer 2020-2023* (No. A&W-rapport 19-411 C).
- Smulders, P. B., Wansink, D. E. H., Van Der Grift, E., Nouwens, L., & Hofland, A. C. (2021). *Leidraad Faunavoorzieningen bij Infrastructuur*. Rijkswaterstaat, Dienst Water, Verkeer en Leefomgeving, Utrecht.
- Valero, E., Picos, J., Lagos, L., & Álvarez, X. (2015). Road and traffic factors correlated to wildlife–vehicle collisions in Galicia (Spain). *Wildlife Research*, 42(1), 25. <https://doi.org/10.1071/WR14060>
- Van Der Grift, E. A., Dirksen, J., Jansman, H. A. H., Kuipers, H., & Wegman, R. M. A. (2009). *Actualisering doelsoorten en doelen Meerjarenprogramma Ontsnippering* (No. 1941; p. 72). Alterra. <https://research.wur.nl/en/publications/actualisering-doelsoorten-en-doelen-meerjarenprogramma-ontsnipperi>
- Van Der Grift, E. A., Van Der Ree, R., Fahrig, L., Findlay, S., Houlahan, J., Jaeger, J. A. G., Klar, N., Madriñan, L. F., & Olson, L. (2013). Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. *Biodiversity and Conservation*, 22(2), 425-448. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0421-0>
- Van woeste duinen tot duingrasland*. (z.d.). Nationaal Park Zuid-Kennemerland. Geraadpleegd 3 juni 2025, van <https://www.np-zuidkennemerland.nl/13811/zien/van-woeste-duinen-tot-duingrasland>
- Veelgestelde vraag: Hoe ontstond ProRail?* (2016, november 15). <https://www.prorail.nl/nieuws/veelgestelde-vraag-hoe-ontstond-prorail>
- Wat is ontsnippering?* (z.d.). Ontsnippering. Geraadpleegd 10 maart 2025, van <https://ontsnippering.nl/ontsnippering/>

Wat wij doen. (z.d.). Over ons. Geraadpleegd 10 maart 2025, van <https://www.prorail.nl/over-ons/wat-doet-prorail>

What is SAP? (z.d.). Geraadpleegd 16 juni 2025, van <https://www.sap.com/about/what-is-sap.html>

Williams, A. F., & Wells, J. K. (2005). Characteristics of Vehicle-Animal Crashes in Which Vehicle Occupants Are Killed. *Traffic Injury Prevention*, 6(1), 56-59.

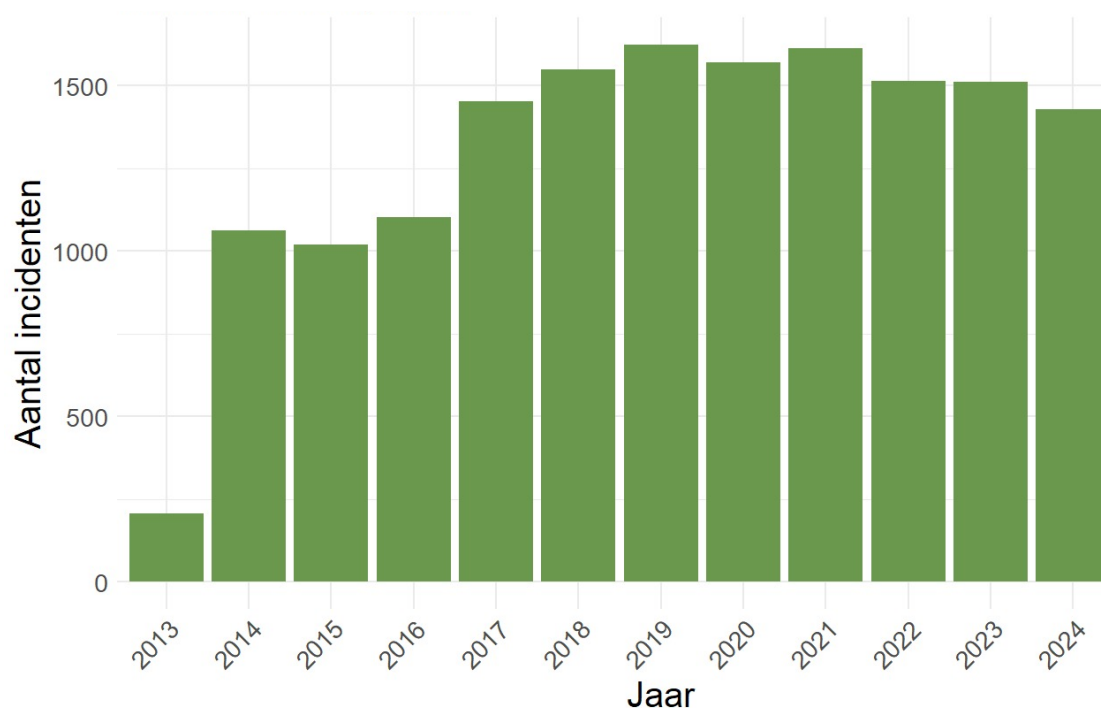
<https://doi.org/10.1080/15389580590903186>

Zwanenlint voorkomt ongelukken. (2007, april 3).

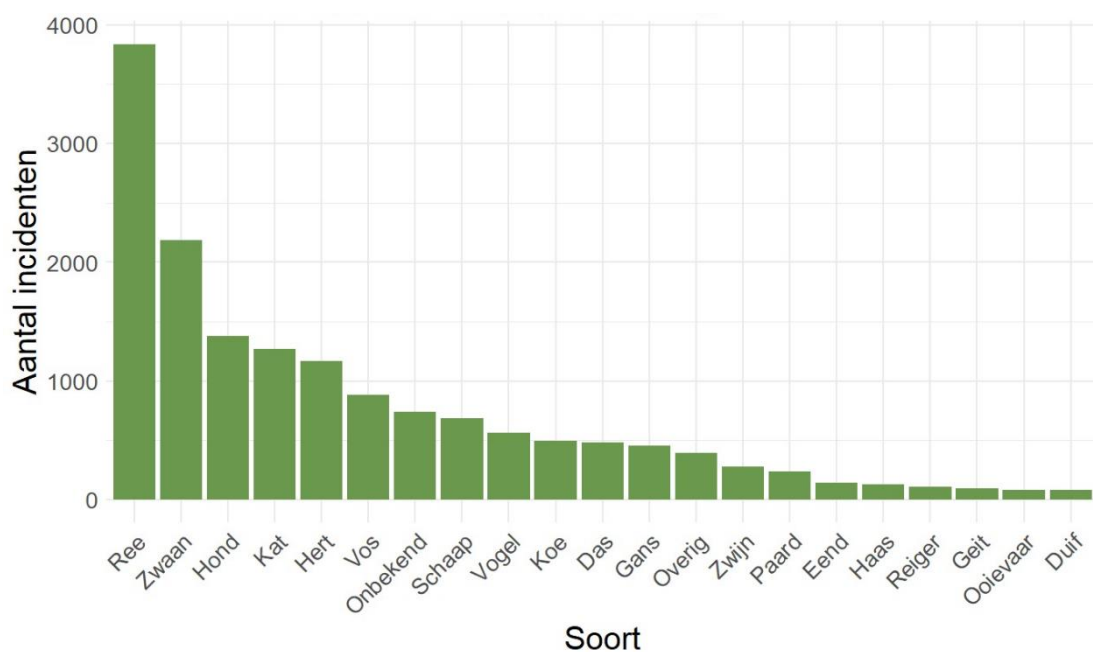
<https://www.bnnvara.nl/vroegevogels/artikelen/zwanenlint-voorkomt-ongelukken>

8. Bijlagen

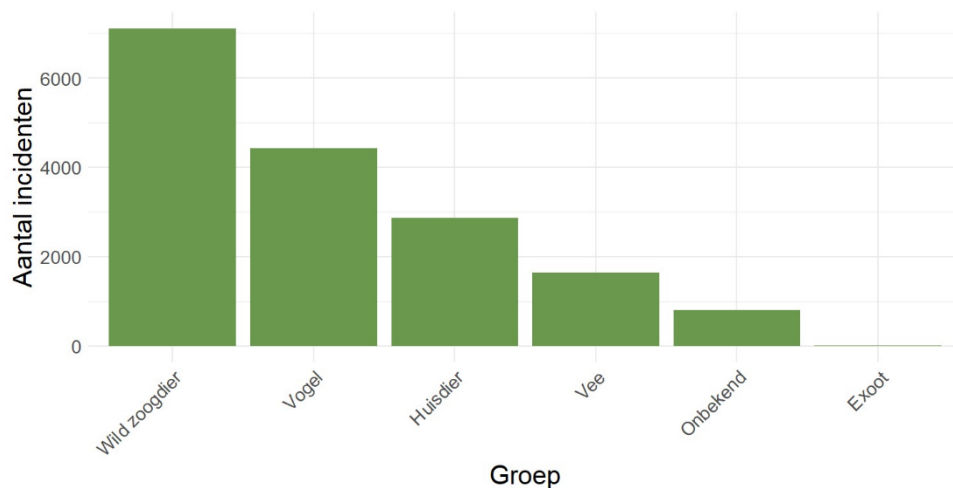
Bijlage I: Visualisatie dataset aanrijdingen



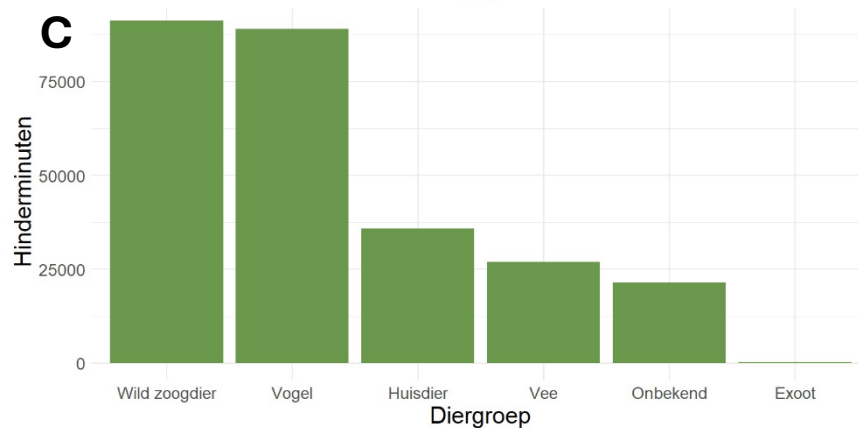
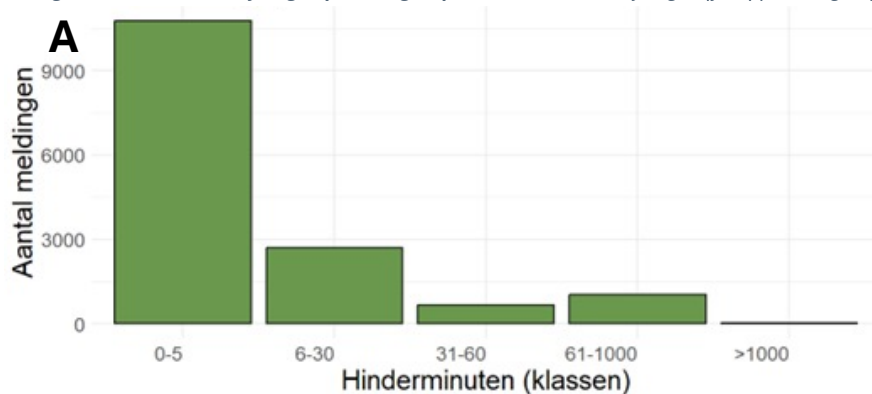
Figuur 12. Aantal aanrijdingen per jaar. Totaal aantal aanrijdingen (y-as) verdeeld per jaar (x-as).



Figuur 13. Aantal aanrijdingen per diersoort. Totaal aantal aanrijdingen (y-as) per diersoort (x-as). Top 20 meest voorkomende diersoorten zijn meegenomen in de figuur, met overige soorten geclusterd in de categorie "Overig".



Figuur 14. Aantal aanrijdingen per diergroep. Totaal aantal aanrijdingen (y-as) per diergroep (x-as).



Figuur 15. Statistiek hinderminuten. A) Aantal aanrijdingen (y-as) per klasse hinderminuten (x-as), B) Aantal hinderminuten per jaar, en C) Aantal hinderminuten per diergroep.

Bijlage II: Verdeling diersoorten in groepen

Soort	Groep
Aalscholver	Vogel
Albatros	Vogel
Alpaca	Huisdier
Arend	Vogel
Bever	Wild zoogdier
Buizerd	Vogel
Das	Wild zoogdier
Duif	Vogel
Eekhoorn	Wild zoogdier
Eend	Vogel
Egel	Wild zoogdier
Ekster	Vogel
Ezel	Huisdier
Fazant	Vogel
Fret	Wild zoogdier
Gans	Vogel
Geit	Vee
Gier	Vogel
Haas	Wild zoogdier
Havik	Vogel
Hert	Wild zoogdier
Hond	Huisdier
Kalkoen	Vogel
Kangoeroe	Exoot

Soort	Groep
Kat	Huisdier
Kauw	Vogel
Kip	Vogel
Koe	Vee
Konijn	Wild zoogdier
Kraai	Vogel
Lama	Huisdier
Lepelaar	Vogel
Maraboe	Vogel
Marter	Wild zoogdier
Meerkoet	Vogel
Meeuw	Vogel
Mol	Wild zoogdier
Muis	Wild zoogdier
Mus	Vogel
Onbekend	Onbekend
Ooievaar	Vogel
Otter	Wild zoogdier
Paard	Vee
Panda	Exoot
Papegaai	Huisdier
Parelhoen	Vogel
Pauw	Vogel
Pelikaan	Vogel

Soort	Groep
Rat	Wild zoogdier
Ree	Wild zoogdier
Reiger	Vogel
Rendier	Huisdier
Schaap	Vee
Schildpad	Exoot
Scholekster	Vogel
Schotse Hooglander	Wild zoogdier
Spreeuw	Vogel
Steenmarter	Wild zoogdier
Uil	Vogel
Valk	Vogel
Varken	Vee
Vogel	Vogel
Vos	Wild zoogdier
Wallaby	Exoot
Wasbeer	Exoot
Waterhoen	Vogel
Wezel	Wild zoogdier
Wolf	Wild zoogdier
Zwaan	Vogel
Zwijn	Wild zoogdier

Bijlage III. Ecologisch belang score

Soort	Besluit activiteiten leefomgeving (BAL) (Besluit activiteiten leefomgeving, z.d.)	Score
Bever	11.46	2
Das	11.54	1
Eekhoorn	11.54	1
Egel	11.54	1
Haas	11.54	1
Hert	11.54	1
Konijn	11.54	1
Marter	11.54	1
Mol	NA	0
Muis	NA	0
Otter	11.46	2
Rat	NA	0
Ree	11.54	1
Steenmarter	11.54	1
Vos	11.54	1
Wezel	11.54	1
Wolf	11.46	2
Zwijn	11.54	1

Bijlage IV: Vragenprotocollen

Interviewvragen machinisten

Bedankt dat u mee wilt werken aan dit interview. Ik doe onderzoek voor mijn afstudeerstage bij ProRail naar aanrijdingen tussen treinen en dieren, en hoe de registratie hiervan mogelijk verbeterd kan worden.

Ik wil u graag een aantal vragen stellen over uw ervaringen met dit onderwerp. Er zijn geen goede of foute antwoorden, het gaat om uw persoonlijke ervaringen en inzichten.

Het interview duurt ongeveer 30 minuten. Mocht u tussendoor vragen hebben of iets niet willen beantwoorden, dan is dat natuurlijk prima.

Introducerend

1. Bij welk bedrijf bent u op dit moment in dienst als machinist?

.....

2. Hoelang bent u al werkzaam als machinist?

.....

3. Werkt u vaak in een specifiek gebied? Zo ja, waar?

.....

Inhoudelijk

4. Hoe vaak maakt u aanrijdingen tussen trein en dier mee tijdens uw werk?
(bijvoorbeeld: aantal per maand/per jaar)

.....

5. Betreffen deze aanrijdingen meestal grote dieren (zoals ree, hert, wild zwijn), middelgrote dieren (zoals vos, hond, das) of kleine dieren (zoals konijn, kat, kleine vogels)?

.....

6. Kunt u aangeven of er specifieke trajecten of gebieden zijn waar u vaker aanrijdingen meemaakt?

.....

7. Wanneer u een aanrijding meemaakt, meldt u dit dan altijd aan de meldkamer?
Waarom wel of niet?

.....

8. Is er vanuit uw werkgever een verplichting om aanrijdingen met dieren te melden? Zo ja, hoe wordt deze verplichting gecommuniceerd?

.....

9. Wat wordt er van u verwacht bij een aanrijding? (bijvoorbeeld stoppen, doorrijden, iets invullen)

.....

10. Hoe makkelijk of moeilijk vindt u het om een melding te maken? (bijvoorbeeld qua bereikbaarheid van de meldkamer, beschikbare tijd, duidelijkheid van procedures)

.....

11. Op welke manier doet u meestal melding van een aanrijding? (bijvoorbeeld telefonisch, via een app of ander systeem)
.....
12. Zijn er situaties waarin u een aanrijding niet meldt? (bijvoorbeeld als het dier al dood was, als er geen schade was, of bij kleine dieren)
.....
13. Meldt u ook bijna-aanrijdingen (waarbij een botsing nét wordt voorkomen)? Waarom wel of niet?
.....
14. Heeft een aanrijding meestal invloed op uw dienstregeling? (bijvoorbeeld vertraging, rit afbreken)
.....
15. Ervaart u verschillen in hoe collega's omgaan met het melden van aanrijdingen? (bijvoorbeeld verschillen in wat wel/niet gemeld wordt)
.....
16. Vindt u het moeilijk om verschillende diersoorten te herkennen terwijl u rijdt? Zijn er specifieke diersoorten of groepen (bijvoorbeeld kleine dieren, vogels, etc.) die u extra lastig vindt om te herkennen op het spoor?
.....
17. Heeft u ideeën over maatregelen die het makkelijker zouden maken om dieren op het spoor te herkennen?
.....
18. Hoe ervaart u het om een aanrijding met een dier mee te maken? Heeft dit emotioneel of ethisch invloed op u?
.....

Afsluitend

19. Heeft u ideeën of suggesties om het melden van aanrijdingen makkelijker of beter te maken?
.....
.....
20. Is er verder nog iets wat u kwijt wilt of wat belangrijk is om te weten voor mijn onderzoek?
.....
.....

Afsluiting gesprek

Dat was het! Heel erg bedankt voor uw tijd en het delen van uw ervaringen. Mocht u later nog iets bedenken of vragen hebben, dan kunt u me altijd even een mailtje sturen. Heeft u (1) interesse om een kopie van mijn eindverslag te ontvangen, of (2) de eindpresentatie bij te wonen in het ProRail hoofdkantoor in Utrecht? 1) Ja/Nee 2) Ja/Nee

Interviewvragen treinverkeersleider

Inleiding

Bedankt dat u mee wilt werken aan dit interview. Ik doe onderzoek voor mijn afstudeerstage bij ProRail naar aanrijdingen tussen treinen en dieren, en hoe de registratie hiervan mogelijk verbeterd kan worden.

Ik wil u graag een aantal vragen stellen over uw ervaringen met dit onderwerp. Er zijn geen goede of foute antwoorden, het gaat om uw persoonlijke ervaringen en inzichten.

Het interview duurt ongeveer 30 minuten. Mocht u tussendoor vragen hebben of iets niet willen beantwoorden, dan is dat natuurlijk prima.

Introducerend

1. Hoelang bent u al werkzaam als treinverkeersleider?

.....

2. Betreffen uw werkzaamheden vaak een specifieke regio? Zo ja, waar?

.....

3. Kunt u kort uitleggen wat uw taken zijn als treinverkeersleider?

.....

Inhoudelijk

4. Hoe vaak ontvangt u meldingen van aanrijdingen tussen treinen en dieren?

(Bijvoorbeeld: aantal per maand/per jaar)

.....

5. Wat voor soort meldingen ontvangt u meestal? Betreffen ze meestal grote dieren zoals reeën en zwijnen, of kleinere dieren zoals konijnen en vogels?

.....

6. Kunt u aangeven of er specifieke trajecten of gebieden zijn waar u vaker meldingen van aanrijdingen ontvangt?

.....

7. Hoe gaat u om met meldingen die binnenkomen van machinisten? Wat is de procedure nadat u een melding ontvangt?

.....

8. Wanneer u een melding ontvangt, welke stappen onderneemt u vervolgens? Kunt u het proces van begin tot eind beschrijven?

.....

9. Zijn er situaties waarin een melding van een aanrijding niet verder wordt behandeld of geregistreerd? (Bijvoorbeeld als het dier al dood was, als er geen schade was, etc.)

.....

10. Hoe wordt de melding doorgegeven aan andere betrokkenen (bijvoorbeeld aannemers, ICB, lokale autoriteiten)? Is dit proces altijd duidelijk?
.....
11. Heeft u contact met de machinist na de melding, en zo ja, wat wordt er van hen verwacht na het doorgeven van de melding?
.....
12. Wat zijn uitdagingen of moeilijkheden die u tegenkomt bij het afhandelen van meldingen van dierenaanrijdingen?
.....
13. Heeft u het gevoel dat de informatie die u van machinisten ontvangt compleet en duidelijk is? Zijn er vaak onduidelijkheden of extra informatie die nodig is?
.....

Afsluitend

14. Heeft u ideeën of suggesties om het proces van melden en afhandelen van aanrijdingen makkelijker of efficiënter te maken?
.....
.....
.....
15. Is er verder nog iets wat u hierover kwijt wilt of wat belangrijk is om te weten voor mijn onderzoek?
.....
.....
.....
-

Afsluiting gesprek

Dat was het! Heel erg bedankt voor uw tijd en het delen van uw ervaringen. Mocht u later nog iets bedenken of vragen hebben, dan kunt u me altijd even een mailtje sturen.

Heeft u (1) interesse om een kopie van mijn eindverslag te ontvangen, of (2) de eindpresentatie bij te wonen in het ProRail hoofdkantoor in Utrecht?

1) Ja/Nee

2) Ja/Nee

Interviewvragen terreinbeheerder

Inleiding

Bedankt dat u mee wilt werken aan dit interview. Ik doe onderzoek voor mijn afstudeerstage bij ProRail naar aanrijdingen tussen treinen en dieren, en waar deze in het bijzonder vaak voorkomen. Uit mijn hotspotanalyse blijkt dat er op of rond uw terrein relatief veel van deze aanrijdingen plaatsvinden.

Ik wil u graag een aantal vragen stellen over uw ervaringen en inzichten. Er zijn geen goede of foute antwoorden; het gaat om uw persoonlijke observaties en inzichten. Het interview duurt ongeveer 30 minuten. Mocht u tussendoor vragen hebben of iets liever niet willen beantwoorden, dan is dat natuurlijk prima.

Introducerend

1. Bij welk bedrijf of organisatie bent u momenteel werkzaam, en wat houden uw werkzaamheden in?

.....

2. Hoelang bent u al werkzaam in deze regio/functie?

.....

3. Hoe zou u het landschap in dit gebied omschrijven (bijv. begroeiing, openheid, water)?

.....

4. Welke wilde zoogdieren komen volgens u het meest voor in dit gebied?

.....

Ervaring met trein-dieraanrijdingen

5. Bent u ermee bekend dat er op of nabij uw terrein aanrijdingen plaatsvinden tussen treinen en dieren?

.....

6. Hoe vaak maakt u dergelijke aanrijdingen mee tijdens uw werk? (Bijv. aantal per maand/per jaar)

.....

7. Betreffen deze aanrijdingen meestal grote dieren (zoals reeën of herten), middelgrote dieren (zoals vossen of dassen) of kleinere dieren (zoals konijnen of vogels)?

.....

8. Worden aanrijdingen altijd doorgegeven aan uw organisatie? Waarom wel of niet?

.....

Ecologische inzichten

9. Ziet u bepaalde seizoenspatronen in diergedrag (zoals trek, voortplanting, voedsel zoeken)? Denkt u dat dit invloed heeft op het aantal aanrijdingen?

.....

10. Zijn er specifieke plekken in het gebied waar vaker aanrijdingen lijken plaats te vinden? Is dat een vast patroon, of verandert dit over de jaren?

.....

11. In hoeverre ziet u een relatie tussen de dichtheid van bepaalde diersoorten en het aantal aanrijdingen?
.....

12. Zijn er landschapselementen (bijv. watergangen, begroeiing, wegen) die volgens u invloed hebben op dierbewegingen richting het spoor?
.....

13. Wordt er bij beheer rekening gehouden met het spoor als barrière of risico voor dieren?
.....

Maatregelen en ideeën

14. Zijn er in dit gebied maatregelen genomen of overwogen om aanrijdingen te voorkomen? (Bijv. rasters, passages, waarschuwingssystemen)
.....

15. Is er contact (geweest) met ProRail of andere instanties over dit soort kwesties?
.....

16. Heeft u zelf ideeën of suggesties voor hoe aanrijdingen in dit gebied zouden kunnen worden verminderd?
.....

Afsluitend

17. Is er verder nog iets wat u kwijt wilt of wat belangrijk is om te weten voor mijn onderzoek?
.....
.....

Afsluiting gesprek

Dat was het! Heel erg bedankt voor uw tijd en het delen van uw ervaringen. Mocht u later nog iets bedenken of vragen hebben, dan kunt u me altijd even een mailtje sturen. Heeft u (1) interesse om een kopie van mijn eindverslag te ontvangen, of (2) de eindpresentatie bij te wonen in het ProRail hoofdkantoor in Utrecht? 1) Ja/Nee 2) Ja/Nee

Bijlage V: Resultaten hotspotanalyse in detail

Wild



CLUSTER	DIERGROEP	Z- WAARDE	GEOCODE	KILOMETRERING	TRAJECT
1	Wild	5,2	22	0,400	Haren Aansl. - Waterhuizen Aansl.
2	Wild	4,3	161	3,195	Lelystad Opstelterrein Aansl. - Zwolle
3	Wild	7,9	13	77,700	Zwolle - Leeuwarden
4	Wild	4,9	751	33,700	Herfte Aansl. - Emmen
5	Wild	7,0	14	74,900	Zwolle - Leeuwarden
6	Wild	4,9	205	0,200	Mariënborg - Almelo
7	Wild	16,3	556	5,100	Haarlem - Uitgeest
8	Wild	8,0	83	1,100	Haarlem Julianalaan - Zandvoort aan Zee
9	Wild	3,9	85	18,200	Amsterdam Sloterdijk - Rotterdam
10	Wild	4,1	85	18,200	Amsterdam Sloterdijk - Rotterdam
11	Wild	4,5	541	13,600	Amsterdam Centraal - Zutphen
12	Wild	4,5	87	16,400	Amsterdam Centraal - Zutphen
13	Wild	3,9	26	16,100	Hengelo - Oldenzaal Grens
14	Wild	3,2	21	61,300	Amsterdam Centraal - Zutphen
15	Wild	3,5	21	61,300	Amsterdam Centraal - Zutphen
16	Wild	5,6	21	61,300	Amsterdam Centraal - Zutphen
17	Wild	4,2	91	1,600	Den Dolder - Baarn
18	Wild	5,3	530	11,100	Utrecht - Amersfoort
19	Wild	4,8	777	12,500	Bad Bentheim (D) - Oldenzaal Grens
20	Wild	4,4	777	12,500	Bad Bentheim (D) - Oldenzaal Grens
21	Wild	4,4	36	76,400	Amsterdam Amstel - Zevenaar Grens
22	Wild	4,6	666	26,600	Utrecht Centraal - Boxtel
23	Wild	4,9	118	46,300	Geldermalsen - Dordrecht
24	Wild	4,5	165	212,600	Barendrecht Aansl. - Breda Grens
25	Wild	5,1	801	0,400	Lage Zwaluwe - Moerdijk (Racc.)
26	Wild	6,2	625	13,400	Breda - Rotterdam Centraal
27	Wild	4,4	121	2,500	Breda - Rotterdam Centraal
28	Wild	5,0	667	399,965	HSL Breda Aansluiting - Breda Aansluiting
29	Wild	4,9	63	1,600	Maastricht - Venlo
30	Wild	4,2	661	21,100	Sittard - Herzogenrath (D)
31	Wild	3,8	66	22,700	Sittard - Herzogenrath (D)

Vogel



CLUSTER	DIERGROEP	Z	GEOCODE	KILOMETRERING	TRAJECT
1	Vogel	5,1	15	88,400	Zwolle - Kampen
2	Vogel	4,0	522	57,200	Den Helder - Zaandam
3	Vogel	3,6	15	88,400	Zwolle - Kampen
4	Vogel	4,1	76	6,600	Haarlem - Uitgeest
5	Vogel	4,4	78	58,400	Den Helder - Zaandam
6	Vogel	9,1	604	44,200	Lelystad Opstelsterrein Aansl. - Zwolle
7	Vogel	3,6	525	77,700	Amsterdam Westhaven (gebied) - Amsterdam Centraal
8	Vogel	4,2	586	79,800	Amsterdam Westhaven (gebied) - Amsterdam Centraal
9	Vogel	3,4	135	2,400	Weesp - Lelystad Opstel.
10	Vogel	5,3	135	2,400	Weesp - Lelystad Opstel.
11	Vogel	4,2	135	2,400	Weesp - Lelystad Opstel.
12	Vogel	5,1	541	0,022	Weesp - Lelystad Opstel.
13	Vogel	3,3	32	14,000	Hilversum - Utrecht Maliebaan
14	Vogel	3,8	560	24,500	Gouda - Den Haag Centraal
15	Vogel	9,5	536	60,400	Amsterdam Sloterdijk - Rotterdam
16	Vogel	5,9	112	62,400	Amsterdam Sloterdijk - Rotterdam
17	Vogel	8,3	132	36,000	Utrecht Centraal - Rotterdam Centraal
18	Vogel	5,7	166	102,900	Rotterdam Centraal - Hoofddorp
19	Vogel	7,8	540	80,800	Amsterdam Sloterdijk - Rotterdam
20	Vogel	3,5	118	46,300	Geldermalsen - Dordrecht
21	Vogel	3,8	513	24,200	Utrecht Centraal - Boxtel
22	Vogel	4,0	950	201,300	Barendrecht Aansl. - Rotterdam, Emplacement Waalhaven Zuid
23	Vogel	11,0	924	33,200	Kijfhoek Zuid - Kijfhoek Noord
24	Vogel	6,4	119	225,910	Barendrecht Aansl. - Breda Grens
25	Vogel	3,8	544	21,500	Roosendaal - Breda
26	Vogel	5,6	127	0,700	Roosendaal - Vlissingen

Huisdier



CLUSTER	DIERGROEP	Z	GEOCODE	KILOMETRERING	TRAJECT
1	Huisdier	3,4	7	0,400	Sauwerd - Roodeschool
2	Huisdier	3,4	201	11,300	Groningen - Delfzijl
3	Huisdier	3,4	6	1,100	Groningen - Delfzijl
4	Huisdier	5,2	6	1,100	Groningen - Delfzijl

5	Huisdier	4,4	550	24,600	Harlingen - Nieuweschans Grens
6	Huisdier	4,7	12	0,800	Meppel - Groningen
7	Huisdier	4,4	216	7,400	Heerhugowaard - Hoorn
8	Huisdier	5,4	502	99,900	Zwolle - Leeuwarden
9	Huisdier	3,5	435	1,400	Hoorn - Medemblik
10	Huisdier	4,2	217	34,000	Zaandam - Enkhuizen
11	Huisdier	3,4	15	88,400	Zwolle - Kampen
12	Huisdier	3,8	603	2,000	Zwolle Rangeerterrein - Zwolle Goederenemplacement
13	Huisdier	4,3	83	1,100	Haarlem Julianalaan - Zandvoort aan Zee
14	Huisdier	3,4	83	1,100	Haarlem Julianalaan - Zandvoort aan Zee
15	Huisdier	3,9	25	1,100	Almelo - Hengelo
16	Huisdier	3,6	27	147,500	Gaasperdammerweg Aansl. - Amsterdam Riekerpolder Aansl.
17	Huisdier	3,4	135	2,400	Weesp - Lelystad Opstel.
18	Huisdier	3,4	144	151,000	Gaasperdammerweg Aansl. - Amsterdam Riekerpolder Aansl.
19	Huisdier	3,4	135	2,400	Weesp - Lelystad Opstel.
20	Huisdier	5,9	528	27,800	Amsterdam Centraal - Zutphen
21	Huisdier	4,4	509	35,000	Amsterdam Centraal - Zutphen
22	Huisdier	4,3	103	18,000	Woerden - Leiden Centraal
23	Huisdier	4,1	20	47,400	Amsterdam Centraal - Zutphen
24	Huisdier	7,0	94	0,900	Utrecht - Amersfoort
25	Huisdier	3,8	531	32,900	Amsterdam Amstel - Zevenaar Grens
26	Huisdier	3,8	211	12,300	Barneveld Noord - Ede=Wageningen
27	Huisdier	3,8	226	3,800	Gouda - Alphen a/d Rijn
28	Huisdier	6,9	41	0,500	Arnhem - Venlo
29	Huisdier	7,0	508	89,900	Amsterdam Amstel - Zevenaar Grens
30	Huisdier	3,4	507	93,500	Amsterdam Amstel - Zevenaar Grens
31	Huisdier	3,8	38	95,100	Amsterdam Amstel - Zevenaar Grens
32	Huisdier	4,0	611	601,800	Betuweroute Zevenaar - Zevenaar Betuweroute Aansl.
33	Huisdier	4,6	118	46,300	Geldermalsen - Dordrecht
34	Huisdier	5,4	513	24,200	Utrecht Centraal - Boxtel
35	Huisdier	4,8	514	16,200	Arnhem - Venlo
36	Huisdier	4,9	47	23,600	s-Hertogenbosch - Nijmegen
37	Huisdier	7,3	122	2,100	Roosendaal - Breda
38	Huisdier	5,4	124	1,900	Tilburg - Vught Aansluiting
39	Huisdier	4,5	545	21,500	Lage Zwaluwe - Nispen
40	Huisdier	5,4	122	2,100	Roosendaal - Breda
41	Huisdier	6,0	122	2,100	Roosendaal - Breda
42	Huisdier	4,3	55	2,500	Venlo - Eindhoven
43	Huisdier	3,9	65	19,800	Sittard - Herzogenrath (D)
44	Huisdier	3,4	66	22,700	Sittard - Herzogenrath (D)

Vee



CLUSTER	DIERGROEP	Z	GEOCODE	KILOMETRERING	TRAJECT
1	Vee	4,3	200	5,100	Sauwerd - Roodeschool
2	Vee	5,1	7	0,400	Sauwerd - Roodeschool
3	Vee	5,1	201	11,300	Groningen - Delfzijl
4	Vee	5,1	6	1,100	Groningen - Delfzijl
5	Vee	3,5	552	81,800	Harlingen - Nieuweschans Grens
6	Vee	5,4	9	101,600	Zwolle - Leeuwarden
7	Vee	5,8	10	71,400	Meppel - Groningen
8	Vee	5,1	1	0,400	Harlingen - Nieuweschans Grens
9	Vee	4,3	1	0,400	Harlingen - Nieuweschans Grens
10	Vee	7,4	9	101,600	Zwolle - Leeuwarden
11	Vee	5,8	11	50,600	Meppel - Groningen
12	Vee	3,5	4	87,000	Harlingen - Nieuweschans Grens
13	Vee	3,5	4	87,000	Harlingen - Nieuweschans Grens
14	Vee	3,5	11	50,600	Meppel - Groningen
15	Vee	3,5	11	50,600	Meppel - Groningen
16	Vee	3,5	12	0,800	Meppel - Groningen
17	Vee	4,0	216	7,400	Heerhugowaard - Hoorn
18	Vee	3,3	79	1,300	Zaandam - Enkhuizen
19	Vee	3,3	92	37,400	Amsterdam Centraal - Zutphen
20	Vee	11,2	33	15,000	Arnhem - Zwolle
21	Vee	13,6	609	26,400	Arnhem - Zwolle
22	Vee	5,1	212	0,600	Winterswijk-Zevenaar
23	Vee	51	212	0,600	Winterswijk-Zevenaar
24	Vee	3,5	42	2,900	Elst - Geldermalsen
25	Vee	8,7	118	46,300	Geldermalsen - Dordrecht
26	Vee	10,5	513	24,200	Utrecht Centraal - Boxtel
27	Vee	6,7	666	26,600	Utrecht Centraal - Boxtel
28	Vee	9,7	666	26,600	Utrecht Centraal - Boxtel
29	Vee	4,3	152	0,000	Betuweroute Papendrecht - Betuweroute Giessendam
30	Vee	4,3	118	46,300	Geldermalsen - Dordrecht
31	Vee	5,1	47	23,600	s-Hertogenbosch - Nijmegen
32	Vee	4,3	47	23,600	s-Hertogenbosch - Nijmegen
33	Vee	7,1	54	42,600	Breda - Eindhoven
34	Vee	7,2	64	1,000	Sittard - Herzogenrath (D)
35	Vee	8,2	63	1,600	Maastricht - Venlo
36	Vee	7,4	63	1,600	Maastricht - Venlo
37	Vee	5,8	814	200,100	Maastricht - Klipperweg
38	Vee	7,4	70	23,000	Verschau (D) - Maastricht Noord
39	Vee	4,6	69	13,500	Verschau (D) - Maastricht Noord
40	Vee	4,3	71	18,195	Visé (B) - Maastricht
41	Vee	4,3	71	18,195	Visé (B) - Maastricht