

# Verkeersveiligheidsmodel provinciale wegen van Noord-Holland

Weg- en verkeerskenmerken gerelateerd aan  
verkeersveiligheidscijfers

R-2021-10A

# SWOV



## Auteurs



Dr. F. Hermens



Ing. G. Schermers



Dr. ir. A. Dijkstra



Dr. ir. J.P. Schepers

**Ongevallen voorkomen**  
**Letsel beperken**  
**Levens redden**

---

## Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2021-10A
Titel:	Verkeersveiligheidsmodel provinciale wegen van Noord-Holland
Ondertitel:	Weg- en verkeerskenmerken gerelateerd aan verkeersveiligheidscijfers
Auteur(s):	Dr. F. Hermens, ing. G. Schermers, dr. ir. A. Dijkstra & dr. ir. J.P. Schepers
Projectleider:	Ing. G. Schermers
Projectnummer SWOV:	E19.23
Projectcode opdrachtgever:	Opdrachtnr 1200004523/Project INHI
Opdrachtgever:	Provincie Noord-Holland
Projectinhoud:	<p>De provincie Noord-Holland heeft SWOV gevraagd een betrouwbare, valide en doelmatige methode te ontwikkelen om de verkeersveiligheidskwaliteit van de provinciale wegen in Noord-Holland in beeld te brengen. Elementair in de methode is het verzamelen van kenmerken van wegvakken die een bewezen relatie hebben met verkeersveiligheid. Door vergelijking van die kenmerken met de ontwerprichtlijnen worden scores berekend voor wegvakken, kruispunten en trajecten. Deze scores laten zien op welke trajecten in Noord-Holland verbeteringen gewenst zijn. Ook wordt een aantal mogelijke manieren aangereikt om tot een prioritering in deze trajecten te komen. Dit rapport vormt het achtergrondrapport bij een verkorte publieksversie: <i>Verkeersveiligheid van provinciale wegen in Noord-Holland</i> (R-2021-10).</p>
Aantal pagina's:	129
Fotografen:	Paul Voorham (omslag) – Peter de Graaff (portretten)
Uitgave:	SWOV, Den Haag, 2021

**De informatie in deze publicatie is openbaar.  
Overname is toegestaan met bronvermelding.**

**SWOV – Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid**

Bezuidenhoutseweg 62, 2594 AW Den Haag – Postbus 93113, 2509 AC Den Haag  
070 – 317 33 33 – [info@swov.nl](mailto:info@swov.nl) – [www.swov.nl](http://www.swov.nl)

 [@swov\\_nl](https://twitter.com/swov_nl) / [@swov](https://twitter.com/swov)  [linkedin.com/company/swov](https://www.linkedin.com/company/swov)

## Samenvatting

De provincie Noord-Holland wil graag een beeld van de mate van verkeersveiligheid van hun weginfrastructuur op basis van een methode die betrouwbaar en valide is en ook wetenschappelijk is onderbouwd. Daarom heeft de provincie aan SWOV het volgende gevraagd:

1. Ontwikkel op basis van de aanpak bij ProMeV Light een screeningsmethode om de verkeersveiligheidskwaliteit van de provinciale wegen in Noord-Holland in beeld te brengen.
2. Werk deze methode ook uit voor de beoordeling van kruispunten tussen gebiedsontsluitingswegen (GOW-GOW), gebaseerd op de Duurzaam Veilig-aanpak.
3. Pas de aangepaste methoden toe op de provinciale wegen in Noord-Holland, zodat proactief inzicht wordt verkregen in de mate van verkeersveiligheid van de wegvakken en GOW-GOW-kruispunten.

Dit rapport beschrijft de ontwikkeling van een verkeersveiligheidsmodel voor de provinciale wegen in Noord-Holland, gebaseerd op het ProMeV Light-model. Daartoe zijn op al deze wegen op meetpunten met 100 m afstand van elkaar de wegkenmerken geannoteerd. Dit is gedaan met behulp van camerabeelden van de wegsituatie (Cyclomedia). De voor het model relevante wegkenmerken zijn: het type rijrichtingscheiding, eventuele obstakels in berm (plus de afstand tot deze obstakels), wel of niet aanwezige geleiderail (plus de afstand tot deze geleiderail) en wel of niet aanwezige erfaansluitingen. Ook is de aanwezigheid van eventuele aansluitingen op erftoegangswegen (ETW) bepaald door te koppelen met het Nationaal Wegenbestand in GIS. Met behulp van deze kenmerken is de veiligheid van de rijbanen geschat en – door de individuele metingen samen te nemen – ook de veiligheid van trajecten.

Veel wegen in beheer van de provincie Noord-Holland voldoen niet geheel aan de eisen in het ontwikkelde model. Op zowel 60km/uur-wegen als 80km/uur-wegen voldoet de rijrichtingscheiding vaak niet aan Duurzaam Veilig: er zijn 60km/uur-wegen met een rijrichtingscheiding en ook 80km/uur-wegen met slechts een asstreep als scheiding, terwijl Duurzaam Veilig juist géén rijrichtingscheiding op 60km/uur-wegen voorschrijft, en een moeilijk of niet-overrijdbare rijrichtingscheiding op 80km/uur-wegen. Obstakels komen vaak voor en staan geregeld binnen de obstakelvrije ruimte. Afschermingsconstructies zouden in dergelijke situaties een oplossing kunnen bieden, maar deze komen relatief weinig voor en waar ze voorkomen staan ze vaak niet op voldoende afstand. Erfaansluitingen komen relatief weinig voor (rond de 15%) op 80 km/uur-wegen, net als ETW-aansluitingen. Op deze laatste twee kenmerken voldoen de wegen beheerd door de provincie vaak wel.

Met een uitbreiding van de ProMeV Light-methode<sup>1</sup> zijn rijbaanscores bepaald. Deze rijbaanscores zijn vervolgens gebruikt in zogeheten Crash Prediction Models (CPM), om na te gaan of met de gegevens uit Noord-Holland de relatie tussen de rijbaanscores en het aantal ongevallen kan worden bevestigd, zoals deze eerder is aangetoond voor ProMeV Light. Het blijkt dat een deel van de relaties tussen wegkenmerken en aantallen ongevallen kan worden bevestigd, maar er



1. Bax, C., Eenink, R., Commandeur, J. & Loenis, B. (2017). *ProMeV Light; Een invulling van risicogestuurde aanpak van weginfrastructuur*. R-2017-7. SWOV, Den Haag.



lijkt ook sprake van een beperkte statistische 'power' door het relatief beperkte aantal observaties voor Noord-Holland in vergelijking met het aantal dat is gebruikt in ProMeV Light.

Naast de rijbanen zijn ook de kruispunten tussen gebiedsontsluitingswegen beoordeeld. Daarbij valt vaak op dat oversteekvoorzieningen voor fietsers en voetgangers weinig voorkomen. Dit kan ermee te maken hebben dat fietsers en voetgangers niet welkom zijn op deze wegen, maar dat zal moeten worden nagegaan. Ook ontbreken snelheidsremmers regelmatig.

Er zijn verschillende manieren om vervolgens tot een prioritering te komen in de trajecten waarvan de infrastructuur zou moeten worden aangepast. In deze studie zijn verschillende methoden van ordenen vergeleken. Een methode waarbij veel kenmerken kunnen worden gecombineerd is de clusteranalyse, waarbij trajecten worden ingedeeld in drie groepen op basis van de scores op wegkenmerken, ongevallengegevens en verkeersintensiteitsgegevens. Een eenvoudiger prioriteringsmethode gaat bijvoorbeeld uit van grenswaarden voor achtereenvolgens veiligheidsscore, etmaalintensiteit en aantal ongevallen/incidenten op een traject. Ook kan de rangorde van trajecten op elk van deze criteria helpen bij het prioriteren.

De prioriteringsmethoden geven verschillende uitkomsten, en bieden daarom vooral een hulpmiddel bij prioritering. De geannoteerde wegkenmerken en scores zijn aan de provincie Noord-Holland beschikbaar gesteld binnen een geografische omgeving, zodat met behulp van kleurcodering op een landkaart wegen en kruispunten met bepaalde kenmerken en scores makkelijk kunnen worden opgespoord. De gegevens kunnen in toekomstig onderzoek worden gebruikt voor verdere evaluatie van modellen die de kans op een ongeval beschrijven.

Op basis van de bevindingen zijn de volgende aanbevelingen geformuleerd om de veiligheid op provinciale wegen in Noord-Holland te verbeteren:

- Verbeter de rijrichtingscheiding: zorg voor moeilijk of niet-overrijdbare rijrichtingscheiding op 80km/uur- en 100km/uur-segmenten.
- Overweeg het verwijderen van rijrichtingscheiding op 60km/uur-wegvakken om zo de herkenbaarheid te verhogen.
- Verwijder obstakels uit de obstakelvrije zones van bermen of – indien dit niet mogelijk is – zorg voor een afschermingsconstructie die op voldoende afstand staat.
- Verbeter met name de GOW-GOW-kruispunten met een voorrangregeling. Vervang deze kruispunten waar mogelijk door rotondes. Wanneer dit niet mogelijk is, zorg voor snelheidsremmers en oversteekvoorzieningen voor voetgangers en fietsers (als deze op deze wegen aanwezig mogen zijn).
- Overweeg ook het aanpassen van de snelheidslimiet van segmenten die wel voldoen aan de criteria voor 60 km/uur, maar momenteel nog een snelheid van 80 km/uur toestaan.
- Het is aan te raden om te beginnen met prioritering op basis van rangordes of op basis van grenswaarden, aangezien deze beide methoden vrij makkelijk zijn toe te passen.

## Summary

### Road safety model for the provincial roads of the Dutch province of Noord-Holland; Road and traffic characteristics related to road safety records.

The Dutch province of Noord-Holland would like to gain better insight into the road safety level of its road infrastructure based on a reliable and valid method that is scientifically sound. SWOV was requested to:

1. Develop a screening method, based on the ProMeV Light approach, and to chart the road safety of the provincial roads in Noord-Holland.
2. Extend this method to allow for the assessment of intersections of distributor roads, based on Sustainable Safety principles.
3. Apply the modified methods to the provincial roads of Noord-Holland, so that a proactive approach is taken to gain insight into the road safety level of road sections and intersections of distributor roads.

This report describes the development of a road safety model for the provincial roads in Noord-Holland, based on the ProMeV Light model. To this end, road characteristics were annotated based on 100m measurement intervals. This was done by assessing 360-degree camera images of the road situation (Cyclomedia). The road characteristics relevant to the model are: type of directional separation; clear zones and in particular the presence of possible obstacles in the verge (plus the distance to these obstacles), and the presence or absence of crash barriers (plus distance to crash barriers) and, lastly the density of property accesses along the road. In addition, the intersection density of particularly intersections with access roads was determined by a Geographical Information System link with the National Roads Database. With these characteristics, the safety of the carriageways was estimated and – by combining individual measurements – the safety of road stretches as well.

Quite a few roads managed by the province of Noord-Holland do not comply with the requirements of the model that was developed. Both on 60km/h roads and on 80km/h roads, the separation of driving direction is not in accordance with Sustainable Safety: there are both 60km/h roads with separation of driving direction and 80km/h roads with mere centre line marking as driving direction separation. However, Sustainable Safety requires that 60km/h roads have no form of directional separation (in essence one lane for 2 directions) whereas on 80km/h roads, lanes in opposing directions are preferably physically separated with medians or barriers that discourage drivers from crossing them (making overtaking in the face of oncoming traffic difficult/impossible). Obstacles in the verges are quite numerous and are often situated within the obstacle-free zone. Roadside safety barriers could provide a solution, but these are not often used or not installed at a safe distance. Access facilities are rare (about 15% of the road segments) on 80 km/h roads, and so are intersections with access roads. On both these characteristics, the provincial roads do mostly comply with the requirements.

In applying the ProMeV Light method<sup>2</sup>, roadway sections were scored. These carriageway scores were then used in so-called Crash Prediction Models (CPM), to determine whether the Noord-Holland data could confirm the link between carriageway scores and the number of crashes, as had been done for ProMeV Light. It appears that the link between road characteristics and number of crashes could partly be confirmed for Noord Holland, but statistical ‘power’ appears to be limited due to the relatively few observations and low crash frequencies.

Apart from scoring roadway sections, intersections between distributor roads were also assessed. This assessment showed that crossing facilities for cyclists and pedestrians are often absent. It could be that cyclists and pedestrians do not use these roads, but that needs to be verified. Speed humps are also often absent.

There are different ways to determine which potentially unsafe road sections should be tackled first. In this study, several ranking methods were compared. One method which allows for combinations of several characteristics is cluster analysis, which subdivides road stretches into three groups, based on road characteristic scores, incident data, crash data, and traffic volume data. A simpler prioritisation method is based on threshold values for, successively, road safety scores, 24h traffic volume scores and the number of crashes/incidents on a stretch of road. On the basis of each of these criteria, road stretches can be ranked and prioritised.

The prioritisation methods yielded different results, illustrating the differences in the methods and their outcomes and also the importance in clearly defining the objective of such an exercise. The annotated road characteristics and scores were presented in a geographic environment, so that the province of Noord-Holland could easily map out roads and intersections with colour coded characteristics and scores. The data can also be used for future research in order to evaluate models describing crash rate.

The findings resulted in the following recommendations to improve road safety on the provincial road of Noord-Holland:

- Improve separation of driving direction: implement the physical separation of driving direction making it impossible or hard to overtake on 80km/h and 100km/h roads.
- Consider removing separation of driving direction on 60km/h road sections to increase recognisability.
- Remove obstacles from the obstacle-free zones in verges or – if this is impossible – construct safety barriers to screen off obstacles.
- Improve the layout of priority controlled intersections on distributor roads. Wherever possible, replace them with roundabouts. If this proves impossible, provide speed humps and crossing facilities for pedestrians and cyclists (if these facilities are allowed on these roads).
- Consider adapting speed limits on road sections that comply with the criteria for 60km/h roads but where a speed of 80km/h is still allowed.
- It is advisable to start prioritisation by ranking roads or by determining threshold values, since both these methods are easy to apply.



2. Bax, C.A., Eenink, R.G., Commandeur, J.J.F. & Loenis, B.J.C. (2017). *A light variant of ProMeV applied in twelve provinces; A risk based approach to road infrastructure*. R-2017-7a. SWOV, The Hague. [Summary in English].

## Inhoud

<b>Begrippenlijst</b>	<b>11</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>13</b>
1.1 Vraagstelling	13
1.2 Leeswijzer	13
<b>2 Opzet en werkwijze</b>	<b>15</b>
2.1 Randvoorwaarden en uitgangspunten	15
2.2 Werkwijze bij de selectie van weg- en kruispuntenkenmerken	17
2.2.1 Wegvakken	17
2.2.2 Kruispunten	17
2.3 Inventarisatie van weg- en kruispuntenkenmerken	18
2.3.1 Weg- en kruispuntkenmerken	18
2.3.2 Kruispuntkenmerken	22
<b>3 Overzicht van de rijbaan- en kruispuntkenmerken</b>	<b>25</b>
3.1 Rijbaankenmerken	25
3.1.1 Snelheidslimiet	25
3.1.2 Rijrichtingscheiding	26
3.1.3 Obstakelvrije afstand	27
3.1.4 Erfaansluitingen	32
3.1.5 ETW-aansluitingen	34
3.2 Kruispuntkenmerken	34
3.2.1 Oversteekvoorzieningen	35
3.2.2 Opstelstroken	36
3.2.3 Middeneilanden en snelheidsremmers	36
3.3 Conclusies	37
<b>4 Relaties tussen wegkenmerken en ongevallen</b>	<b>38</b>
4.1 Werkwijze	38
4.2 Aantallen ongevallen	39
4.2.1 Rijbaanongevallen	39
4.2.2 Kruispuntongevallen	40
4.2.3 Omvang rijbaan- en kruispuntongevallen op provinciale wegen in Noord-Holland	41



4.3	Voorspellen van ongevallen	42
4.3.1	Model 1	43
4.3.2	Model 2	44
4.3.3	Model 3	44
4.3.4	Model 4	44
4.3.5	Model 5	45
4.3.6	Model 6	45
4.3.7	Model 7	46
4.4	Conclusies	46
<b>5</b>	<b>Toepassing model voor scores wegvakken en kruispunten</b>	<b>47</b>
5.1	Rijbaanscores	47
5.2	Kruispuntscores	51
5.2.1	Scores per kruispunttype	53
5.2.2	Gemiddelde scores per kenmerk	54
5.3	Trajectscores	55
5.4	Conclusies	57
<b>6</b>	<b>Prioritering met verkeersintensiteiten, snelheden en incidentmeldingen</b>	<b>58</b>
6.1	Verkenning van mogelijkheden	59
6.2	Risico's in kaart brengen en beschikbare variabelen	61
6.2.1	Ongevallen en incidenten	61
6.2.2	Verkeersintensiteit en trajectlengte	62
6.3	Prioritering	64
6.3.1	Gewogen gemiddelde	64
6.3.2	Som van rangordes	64
6.3.3	Sorteren op kwantielen	65
6.3.4	Clusteranalyse	67
6.3.5	Methode op basis van grenswaarden	75
6.3.6	Verschillen in snelheidslimiet	76
6.4	Samenvattend	77
6.5	Conclusies	78
<b>7</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>79</b>
7.1	Inrichting provinciale wegen	79
7.1.1	Wegvakken	79
7.1.2	Kruispunten	80
7.2	Regressieanalyse en toepassing CPM	81
7.3	Berekening scores	81
7.3.1	Wegvakken	81
7.3.2	Wegvakken binnen een traject	82
7.3.3	Kruispunten	82
7.3.4	Slecht scorende trajecten	82
7.4	Prioritering	82
7.5	Aanbevelingen	83
	<b>Literatuur</b>	<b>84</b>

<b>Bijlage A</b>	<b>Verschillen in annotatie tussen annoteurs</b>	<b>86</b>
<b>Bijlage B</b>	<b>Beschrijving variabelen in bestanden voor Noord-Holland</b>	<b>89</b>
<b>Bijlage C</b>	<b>Koppeling GIS, annotatiedata, ongevallen en intensiteiten aan hectometerpunten</b>	<b>94</b>
<b>Bijlage D</b>	<b>Verkenning variabele voor overige snelheidslimieten</b>	<b>97</b>
<b>Bijlage E</b>	<b>Kruispuntscoringen kruispunten op 60-, 80- en 100km/uur-wegen</b>	<b>104</b>
<b>Bijlage F</b>	<b>Heranalyse oude ProMeV Light-data</b>	<b>107</b>
<b>Bijlage G</b>	<b>Crash prediction model op wegvakniveau</b>	<b>115</b>
<b>Bijlage H</b>	<b>Trajectscoringen en ranking</b>	<b>120</b>
<b>Bijlage I</b>	<b>Prioritering trajecten</b>	<b>124</b>

## Begrippenlijst

Begrip	Omschrijving
Erfaansluiting	Een oprit naar woonhuis, perceel, parkeerterrein, kantoor e.d. Elke oprit op een wegvak geldt als één erfaansluiting, ook als er bijvoorbeeld vier garageboxen aan grenzen/van dezelfde oprit gebruikmaken.
Etmaalintensiteit	Het aantal voertuigen dat een bepaald punt op een weg passeert in 24 uur.
Fietsvoorziening	Infrastructuur aangelegd specifiek om het fietsen te vergemakkelijken, denk aan fietspaden, fietsstroken, OFOS (opgeblazen fietsopstelstroken) en oversteekvoorzieningen.
Kruispuntscore	De score per kruispunt, bepaald op basis van een nieuw ontwikkelde set van criteria voor kruispunten. Afhankelijk van het soort kruispunt zijn scores toegekend voor drie of vier specifieke kenmerken en voor twee algemene kenmerken, namelijk aantal kruispunttakken en gewenst kruispunttype gegeven de kruisende wegcategorieën. Rotondes kunnen maximaal 14 punten scoren (negen voor de specifieke kenmerken en vijf voor de algemene kenmerken); voorrangskruispunten, gelijkwaardige kruispunten en VRI-kruispunten scoren maximaal 12 punten (zeven voor de specifieke kenmerken en vijf voor de algemene kenmerken).
Kruispunttak / Tak	Kruispunten ontstaan daar waar wegen elkaar kruisen of aansluiten. Een kruispunttak is het gedeelte dat naar een kruispunt toe leidt. Het aantal takken hangt af van hoeveel weggedeeltes bij elkaar komen op het kruispunt, typisch zijn dat er drie (T-splitsing) of vier (kruispunt).
Kruispuntvlak	Het gedeelte van de kruising waar de rijbanen van de ontmoetende wegen samenvallen, ook bekend als het <i>kruisingsvlak</i> .
Letselongeval	Een ongeval dat plaatsvindt op de openbare weg en in het verkeer met lichamelijk (of geestelijk) letsel tot gevolg.
Meetpunt	Het punt op de weg waar de wegkenmerken zijn bepaald. Dit is vaak gelijk aan een hectometer-punt.
Motorvoertuigintensiteit	De intensiteit van motorvoertuigen die een punt op een weg passeren in een vastgestelde tijdsperiode (meestal uur of etmaal).
Obstakelafstand	De afstand tussen de binnenkant van de kantstreep en een obstakel; bij afwezigheid van een kantstreep: de afstand tussen de kant van de verharding en het obstakel.
Oversteekvoorziening	Een voorziening bedoeld voor overstekende (brom/snor)fietsers, voetgangers, ruiters of andere kwetsbare weggebruikers. Deze voorzieningen op wegvakken of bij kruispunten zijn bedoeld om het oversteken van wegen veiliger te maken voor deze weggebruikers. Voorbeelden zijn zebrapaden (met/zonder VRI), fietsoversteekvoorzieningen, fiets- en voetpaden.
Rijbaan	Een rijbaan is het deel van de weg dat bedoeld is voor rijdende voertuigen (inclusief fietsen) en beslaat de volledige breedte van de weg (dus inclusief fietsstroken en vlucht- en redresseerstroken). Een rijbaan bestaat uit een of meer rijstroken. In- en uitvoegstroken en afritten kunnen onderdeel van een rijbaan zijn.

Begrip	Omschrijving
Snelheidsremmer	Snelheidsremmers zijn verkeersmaatregelen die als primair doel hebben de snelheid van het gemotoriseerde verkeer te beperken. Voorbeelden zijn drempels, slingers en plateaus.
Tak / Kruispunttak	Kruispunten ontstaan daar waar wegen elkaar kruisen of aansluiten. Een kruispunttak is het gedeelte dat naar een kruispunt toe leidt. Het aantal takken hangt af van hoeveel weggedeeltes bij elkaar komen op het kruispunt, typisch zijn dat er drie (T-splitsing) of vier (kruispunt).
Traject	Een traject is een door de provincie Noord-Holland samengestelde groep aaneengesloten wegen die een route uitmaken.
Wegvak	Een wegvak kan in dit rapport op twee manieren worden gelezen. Meestal wordt bedoeld het 100m-stuk weg tussen twee hectometerpalen. Een wegvak kan echter ook het deel van de weg tussen twee kruispunten zijn. In dit rapport worden meetvak, wegsegment en wegvak vaak als synoniem gebruikt.
Wegvakscore	De score berekend aan de hand van een viertal wegvakkenmerken en van toepassing op elk 100m-wegvak.
UMS-ongeval	Verkeersongevallen met uitsluitend materiële schade.

## 1 Inleiding

De provincie Noord Holland heeft in 2013 met de *Investeringsstrategie* een afwegingsmodel voor prioritering en programmering van de infrastructuur ontwikkeld. In deze strategie staan doorstroming, verkeersveiligheid en leefbaarheid centraal. Voor het onderdeel verkeersveiligheid heeft de provincie SWOV nu gevraagd een vernieuwd verkeersveiligheidsmodel te ontwikkelen dat is afgeleid van het bestaande SWOV-instrument ProMeV Light.

Met de *Investeringsstrategie* in 2013 werd door de provincie voor het onderdeel verkeersveiligheid een risicomodel ontwikkeld waarmee op verantwoorde en transparante wijze de grootste verkeersveiligheidsrisico's inzichtelijk kunnen worden gemaakt. Gezien de ontwikkeling rondom landelijke risicomodellen en de proactieve en risicogestuurde aanpak binnen het *Strategisch Plan Verkeersveiligheid* (SPV; Ministerie van IenW et al., 2018), wil de provincie nu naar een verkeersveiligheidsmodel dat is afgeleid van het bestaande SWOV-instrument ProMeV Light (Bax et al., 2017a). De provincie heeft SWOV gevraagd dit model (verder) te ontwikkelen, toe te passen op het huidige provinciale wegennetwerk en de verkeersveiligheidsrisico's van de verschillende wegvakken en kruispunten inzichtelijk te maken en te prioriteren.

### 1.1 Vraagstelling

De provincie Noord-Holland geeft aan een beeld te willen van de mate van verkeersveiligheid van hun weginfrastructuur, op basis van een methode die betrouwbaar en valide is en ook wetenschappelijk is onderbouwd. De vraagstelling van de provincie luidt als volgt:

4. Ontwikkel op basis van de aanpak bij ProMeV Light (Bax et al., 2017a) een aangepaste maar betrouwbare, valide en doelmatige methode om de verkeersveiligheidskwaliteit van de provinciale wegen in Noord-Holland in beeld te brengen. Voeg ten opzichte van de ProMeV Light-aanpak één (on)veiligheidskenmerk toe: de dichtheid van kruispunten waarop de wegcategorieën gebiedsontsluitingsweg (GOW) en erftoegangsweg (ETW) onderling kruisen.
5. Werk deze methode ook uit voor de beoordeling van kruispunten tussen gebiedsontsluitingswegen (GOW-GOW), gebaseerd op de Duurzaam Veilig-aanpak.
6. Pas de aangepaste methoden toe op de provinciale wegen in Noord-Holland, zodat proactief inzicht wordt verkregen in de mate van verkeersveiligheid van de wegvakken en GOW-GOW-kruispunten.

De ontwikkeling van de methode richt zich op 60-, 80- en 100km/uur-wegen.

### 1.2 Leeswijzer

Dit rapport bespreekt de opzet, toepassing en resultaten van de methode om de verkeersveiligheidskwaliteit van provinciale wegen in Noord-Holland in kaart te brengen en geeft aanknopingspunten voor prioritering in de wegen waarvan de infrastructuur als eerste zou moeten worden aangepast.



In *Hoofdstuk 2* beschrijven wij de randvoorwaarden en uitgangspunten die zijn gehanteerd bij het onderzoek. De werkwijze die bij de selectie en inventarisatie van de kenmerken van wegvakken en kruispunten worden toegelicht. *Hoofdstuk 3* geeft vervolgens een overzicht van de geïnventariseerde rijbaan- en kruispuntkenmerken.

In *Hoofdstuk 4* beschrijven we de relatie tussen de wegkenmerken en ongevallen en bespreken wij de zeven crash prediction models (CPM) die gedurende het onderzoek zijn getest.

*Hoofdstuk 5* bevat de 'scoring' van wegvakken, kruispunten en trajecten. Daarvoor worden de geïnventariseerde kenmerken vergeleken met de richtlijnen en worden op basis daarvan de verkeersveiligheidsscores bepaald.

Vervolgens worden in *Hoofdstuk 6* verschillende methoden besproken op basis waarvan een prioritering gemaakt zou kunnen worden in trajecten die het eerst moeten worden aangepakt. Het rapport sluit af met discussie, conclusies en aanbevelingen in *Hoofdstuk 7*.

## 2 Opzet en werkwijze

In dit hoofdstuk bespreken we de selectie van de wegen, de selectie van te annoteren rijbaan- en kruispuntkenmerken, en de wijze waarop de wegkenmerken zijn geannoteerd.

### 2.1 Randvoorwaarden en uitgangspunten

Doel van de huidige inventarisatie is tot een relatief eenvoudig beoordelingsinstrument te komen dat rekening houdt met verschillende wegtypen en snelheidslimieten. Gegeven het areaal aan wegen in beheer van de provincie Noord-Holland, is het wenselijk een verkeersveiligheidsmodel te ontwikkelen met daarin opgenomen 60-, 80- en 100km/uur-wegen (respectievelijk wegcategorieën ETW, GOW en (R)SW). Daarnaast wil de provincie ook de kruispunten kunnen beoordelen, met name de GOW-GOW-kruispunten. De provincie heeft behoefte aan een instrument waarmee de individuele meetpunten, wegvakken (samenstelling van meetpunten), kruispunten en trajecten (samenstelling van wegvakken en kruispunten) apart (in GIS of anders) beoordeeld kunnen worden.

In het model vormt ProMeV Light (Bax et al., 2017a) de basis voor de beoordeling van de 60-, 80- en 100km/uur-wegen. ProMeV Light is ontwikkeld voor 80 km/uur-wegen, en zal daarom uitgebreid moeten worden voor de andere twee vaker voorkomende snelheidslimieten (60 en 100 km/uur). Dit leidt tot de volgende drie kenmerken:

- 1. De obstakelvrije afstand.** Volgens de richtlijnen en voor een DV-wegomgeving mogen er geen obstakels binnen de obstakelvrijruimte langs wegen staan. Mochten er toch obstakels binnen deze ruimte staan, dan moet een afschermingsconstructie aanwezig zijn die zelf ook op voldoende afstand staat.
- 2. De rijbaanscheiding.** Vooral op wegen met hogere snelheden is het voor de verkeersveiligheid van belang dat tegemoet verkeer (fysiek) wordt gescheiden om frontale ongevallen te voorkomen. Een moeilijk of niet-overrijdbare rijrichtingscheiding zorgt hiervoor. Op 60km/uur-wegen wordt in de regel geen rijrichtingscheiding aangebracht, ook niet in de vorm van asmarkering.
- 3. Erfaansluitingen.** Op hogere snelheid wegen zorgen erfaansluitingen voor een onveilige situatie door voertuigen die afremmen en afslaan naar erven, of die vanaf erven de weg oprijden. Op 80- en 100km/uur-wegen zijn erfaansluitingen ongewenst en moeten daarom tot een minimum worden beperkt. Voor de herkenbaarheid zijn op 60km/uur-erftoegangswegen juist gewenst.

Voor het bepalen van de ProMeV Light-score (Bax et al., 2017a) wordt de weg opgedeeld in segmenten van 100 m, en voor elk van deze segmenten wordt bepaald of er obstakels zijn, of de rijbaanscheiding moeilijk of niet-overrijdbaar is, en of er erfaansluitingen zijn. Omdat ongevallengegevens suggereren dat obstakels sterker bijdragen aan de onveiligheid dan overrijdbare rijrichtingscheiding en erfaansluitingen, worden wegingsfactoren toegepast voordat een score voor elk meetpunt wordt bepaald. Met behulp van een regressiemodel is vastgesteld dat de gewogen score voor elk meetpunt het aantal ongevallen op dat meetpunt kan voorspellen (voor details, zie de bijlage van het achtergrondrapport van Bax et al., 2017b).

Op verzoek van de provincie zijn de drie kenmerken uitgebreid met een extra kenmerk, namelijk de ETW-GOW- en ETW-ETW-kruispuntendichtheid. Voor dit laatste kenmerk is het aannemelijk dat deze een relatie met het risico op een ongeval heeft, maar we zullen in *Hoofdstuk 4* ook ingaan op een statistische verificatie van het belang van dit kenmerk (hierin zullen we onderscheid maken tussen analyses op basis van alle snelheidslimieten of alleen waarden waar een snelheidslimiet van 80 km/uur geldt). Zoals aangegeven is dit kenmerk met behulp van GIS en een koppeling met het NWB bepaald (de snelheidslimiet en wegtype van kruisende wegen bepalen de categorie).

Naast scores voor de rijbanen, zullen ook scores worden bepaald voor kruispunten. We gaan later in op hoe deze kruispuntscores tot stand komen. Om vervolgens tot een prioritering te komen worden de scores voor de rijbanen en voor de kruispunten gecombineerd met informatie over de verkeersintensiteit, het aantal ongevallen, en het aantal gemelde incidenten. Deze prioritering zal, op verzoek van de provincie, worden uitgevoerd op het niveau van trajecten. Merk op dat bij deze prioritering geen gebruik wordt gemaakt van informatie over de gereden snelheid. De reden hiervoor is dat het vaststellen van de gereden snelheid vaak op problemen stuitte. Op niet alle wegen in het netwerk worden structureel snelheden gemeten. Floating Car Data (FCD) zijn beschikbaar, maar deze zijn vaak afgekapt op de snelheidslimiet, en zijn daarom weinig bruikbaar als maat van de gereden snelheid.

SWOV heeft analyses uitgevoerd voor wegvakken waar een snelheidslimiet van 60-, 80- of 100km/uur-wegen geldt die onder beheer zijn van de provincie Noord-Holland. Om na te gaan in welke mate de resulterende scores afhangen van de exacte waarden die worden gekozen voor de obstakelvrije afstand, de afstand tot de eventueel aanwezige geleiderail en het wel of niet opnemen van de kruispuntendichtheid, zijn er drie aparte analyses uitgevoerd:

1. **ProMeV Light**-analyse gebaseerd op de ProMeV Light-aanpak (3 kenmerken) en uitgaand van de maatvoering toegepast in ProMeV Light
2. **NH model**- Analyse gebaseerd op het NH-model (ProMeV Light plus kruispuntendichtheid) en uitgaand van maatvoering toegepast door provincie Noord Holland; en
3. **SWOV model** - Analyse gebaseerd op het NH-model maar uitgaand van maatvoering aanbevolen door SWOV (een grotere obstakelvrije afstand en afstand tot de geleiderail dan in het NH-model).

Zoals aangegeven zijn in deze verkenning naast de rijbanen, ook de kruispunten geannoteerd en zijn scores berekend op de daarbij waargenomen kenmerken, waaronder onder meer:

- gelijkvloers/ongelijkvloers,
- kruispunttypen,
- aantal takken,
- aan/afwezigheid van fietsvoorzieningen,

*Hoofdstuk 3* zal ingaan op de uiteindelijke berekening van de kruispuntenscores, welke tot stand zijn gekomen in samenspraak met experts in infrastructuur bij SWOV en in overleg met de provincie.

De inventarisatie van wegvakken neemt als uitgangspunt één meting per 100 m weglengte of korter als een kenmerk dusdanig verandert dat er sprake is van een andere situatie. Kenmerken van alle kruispunten tussen RSW-GOW en GOW-GOW op provinciale wegen worden vastgelegd. De wegsegmentering en nummering vindt plaats op basis van het wegennetwerk in de Nationale Databank Wegverkeersgegevens (NDW). De provinciale wegen worden ook ingedeeld naar trajecten zoals deze worden toegepast binnen het investeringsstrategie van de provincie. De uitkomsten van de beoordeling worden opgeleverd in een bestand dat in ARC-GIS ingelezen en bewerkt kan worden.

## 2.2 Werkwijze bij de selectie van weg- en kruispuntenkenmerken

### 2.2.1 Wegvakken

Voor 80km/uur-wegen bestaat een gevalideerd beoordelingsmodel (Bax et al., 2017a) met daarin drie vaste wegkenmerken (een vereenvoudigd versie van het uitgebreide ProMeV-model; Aarts, Dijkstra & Bax, 2014, dat op zijn beurt gebaseerd is op de eisen gesteld vanuit Duurzaam Veilig; Houwing, 2003). We breiden hier het ProMeV Light-model, op verzoek van de provincie, uit met een extra kenmerk voor de dichtheid van ETW-GOW-kruispunten en met criteria voor 60km/uur- en 100km/uur-wegen. Deze keuzes hebben geleid tot de annotatie van de rijbaanscheiding, het type obstakel, de afstand tot het obstakel, het type geleiderail, de afstand tot de geleiderail, het aantal erfaansluitingen, en algemene kenmerken (zoals het aantal rijrichtingen en de snelheidslimiet, zie *Afbeelding 2.1*).

Operationele criteria	Operationele eisen Buiten de bebouwde kom		
	Stroomweg	Gebiedsontsluitingsweg	Erftoegangsweg
Wettelijke snelheid	120/100 km/h	80 km/h	60 km/h
Bewegwijzering	Afstemmen op categorie		
Markering in lengterichting	Volledig	Gedeeltelijk	Geen
Rijbaanindeling	2x1 (of meer)	2x1 (of meer)	1
Rijbaanscheiding	Hard	Moelijk overrijdbaar	
Verharding	Gesloten	Gesloten	Open
Erfaansluitingen	Nee	Nee Ja	
Oversteken op wegvakken	Ongelijkvloers	Ongelijkvloers (of bij kruispunten)	Gelijkvloers
Parkeren	Nee	Nee in vakken, op rijbaan	
Openbaarvervoerhaltes	Nee	In havens	Op rijbaan
Pechvoorzieningen	Vluchtstrook	In berm of havens	Geen
Obstakelafstand	Groot	MiddelKlein	
Fietsers	Gescheiden	Gescheiden	Situatie-afhankelijk
Bromfietsers	Gescheiden	Gescheiden	Op rijbaan
Langzaam gemotoriseerd verkeer	Gescheiden	Gescheiden	Op rijbaan
Snelheidsbeperkende maatregelen	Nee	Gepaste maatregelen	Ja
Verlichting	Afstemmen op categorie		

Afbeelding 2.1 : Operationele eisen gesteld aan wegvakken (CROW, 2012)

### 2.2.2 Kruispunten

Analoog aan de werkwijze voor wegvakken zijn in samenwerking met de provincie, kenmerken geselecteerd waarmee de algemene DV-kwaliteit van kruispunten op 60-, 80- en 100km/uur-wegen kan worden beoordeeld. Deze selectie is beperkt tot een pragmatische keus waarbij het overzicht in *Afbeelding 2.2* (CROW, 1997) leidend is.

Wegcategorie	Stroomweg	Gebiedsontsluitingsweg	Erftoegangsweg
Stroomweg	Knooppunt	Ongelijkvloerse aansluiting met voorrangmaatregel	N.v.t
Gebiedsontsluitingsweg	Ongelijkvloerse aansluiting met voorrangmaatregel	Gelijkvloers met snelheidsbeperkende maatregelen en voorrangmaatregel	Gelijkvloers met snelheidsbeperkende maatregelen en voorrangmaatregel
Erftoegangsweg	N.v.t	Gelijkvloers met snelheidsbeperkende maatregelen en voorrangmaatregel	Gelijkwaardig met snelheidsbeperkende maatregelen
Fietspaden	N.v.t	Gelijkvloers met snelheidsbeperkende maatregelen en voorrangmaatregel	Gelijkvloers met snelheidsbeperkende maatregelen en evt. voorrangmaatregel voor fietsers
Openbaarvervoerbanen	Ongelijkvloers	Ongelijkvloers of volledig bewaakte overgang	Ongelijkvloers of bewaakte overgang

Afbeelding 2.2. DV eisen voor kruispunten buiten de kom (CROW, 1997; 2015)

## 2.3 Inventarisatie van weg- en kruispuntenkenmerken

Het wegennetwerk van de provincie bestrijkt circa 600 km wegen waarvan het merendeel bestaat uit 80 km/uur-wegen. Om de verkeersveiligheidskwaliteit van het wegennetwerk goed te beoordelen moeten keuzes worden gemaakt met betrekking tot het aantal variabelen en ook tot het aantal waarnemingen per lengte-eenheid. Instrumenten als iRAP/Eurorap maken gebruik van een continu beeld om te komen tot aggregaties van 100 m met ongeveer 80 kenmerken van dwars- en lengteprofiel. Bij de ontwikkeling van de Netwerk Safety Index (NSI) in Amsterdam (Wijlhuizen et al., 2017a) is gekozen voor een waarnemingsdichtheid van één 'waarneming' per 25 meter bestaande uit ongeveer 40 kenmerken. Wijlhuizen et al. (2017b) hebben later aangetoond dat in de stedelijke situatie een willekeurige steekproef van 50% van de lengte van het wegennetwerk voldoende is om een goed beeld te geven van de veiligheid van de infrastructuur.

In dit onderzoek wordt uitgegaan van een waarnemingsdichtheid van 100 meter, tenzij één van de wegkenmerken binnen het eerstvolgende wegsegment (met een lengte van 100 m) verandert in waarde. In praktijk betekent dit dat er elke 100 m (in beginsel bij elke hectometerpaal) een beoordeling is uitgevoerd van alle relevante wegkenmerken. Sommige kenmerken zijn daarbij gescoord op het meetpunt (zoals de rijrichtingscheiding), maar anderen (zoals het aantal erfaansluitingen en de aanwezigheid van obstakels) zijn bepaald over het 100m-interval. Indien een kenmerk tussen de hectometerpalen verandert (bijvoorbeeld de rijrichtingscheiding), dan is een aanvullende meting van de kenmerken op dat punt uitgevoerd, leidend tot een extra meetpunt op het interval.

### 2.3.1 Weg- en kruispuntkenmerken

Bij de inventarisatie van wegkenmerken wordt gebruikgemaakt van beelden die beschikbaar zijn in Street Smart van Cyclomedia<sup>3</sup>. De bestanden van Cyclomedia bevatten 360°-beelden die om de vijf meter worden vastgelegd (*Afbeelding 2.3*). Dit geeft een nagenoeg continu beeld van de weg en zijn omgeving. De eerste stap bij de inventarisatie is het voorzien van een coördinatenstelsel (in de lengterichting) voor alle wegen in beheer van de provincie. Dit wordt gedaan in een digitaal wegenbestand met de wegvakken opgedeeld in gelijke lengte van, in dit project is die lengte 100 m. Daarnaast worden alle coördinaten van de grote kruispunten vastgelegd. Het wegenbestand wordt gekoppeld aan de Cyclomedia-wegbeelden. De annoteurs beginnen (en eindigen) met het coderen van een wegsegment bij het begin van een straat of weg. Daarna volgen ze de beelden en iedere 100 m leggen ze de relevante rijbaan kenmerken vast in een Access bestand. De kruispunten zijn afzonderlijk gecodeerd.



<sup>3</sup> <https://www.cyclomedia.com/nl>





Afbeelding 2.3 Voorbeeld van beelden uit Cyclomedia voor een bepaald meetpunt. Links is het bovenaanzicht van het meetpunt en de naaste omgeving zichtbaar, in het midden de situatie op het meetpunt en rechts de overige beschikbare meetpunten in de omgeving van het meetpunt. Uit: Handleiding voor annoteurs, versie april 2020. Uit: Cyclomedia/StreetSmart handleiding

De annoteurs zijn door SWOV getraind en begeleid ten aanzien van de inhoud van het diagnose-instrument en de procedure van annoteren (Wijlhuizen et al., 2017a; Wijlhuizen et al., 2016). Om de kwaliteit te bewaken, zijn een aantal van dezelfde meetpunten door alle annoteurs beoordeeld (interrater reliability toets). Eventuele verschillen zijn vervolgens besproken om zo de consistentie in de annotatie te verbeteren (*Bijlage A en B*). Tijdens het annotatieproces was er een dagelijkse terugkoppeling om onzekere situaties in groepsverband (alle annoteurs en een SWOV-begeleider) te bespreken en beslissingen te nemen<sup>4</sup>. Annoteurs werden daarnaast gevraagd aan te geven of ze zeker waren van hun annotatie en eventuele problemen (zoals een tijdelijke wegsituatie of onduidelijke beelden) te rapporteren in het annotatieformulier.

De annotatiegegevens zijn ingevoerd in een formulier zoals in *Afbeelding 2.4* wordt getoond. Voor de verwerking zijn deze formulieren ingeladen in het dataverwerkings- en statistiekprogramma 'R' met behulp van het 'Hmisc' pakket<sup>5</sup> voor verdere verwerking. Overzichten van resultaten zijn vervolgens gegenereerd met het pakket 'Markdown' binnen ditzelfde statistiekprogramma, welke gebruikt zijn in dit rapport. Daarnaast zijn geannoteerde kenmerken en de daaruit volgende rijbaan- en kruispuntcores in Excel documenten opgeslagen, welke vervolgens zijn ingeladen in QGIS en beschikbaar gesteld aan de provincie voor verdere verkenning en evaluatie (zie ook *Bijlage C* voor een overzicht van de koppelingen).



<sup>4</sup> In eerste instantie zijn zes annoteurs ingezet voor deze werkzaamheden. Na inspectie van de annotaties is besloten het werk van een van de oorspronkelijke annoteurs over te laten doen, waardoor de uiteindelijke annotatie gebruik maakt van het werk van vijf annoteurs.

<sup>5</sup> <https://hbiostat.org/R/Hmisc/>

Afbeelding 2.4 Screenshot van het Access formulier waarmee kenmerken van rijbanen zijn ingevoerd. Uit: Handleiding voor annoteurs, versie april 2020.

Codering met het Access bestand levert 2 wegvak- en 4 bermkenmerken op plus een aantal kenmerken gerelateerd aan (de locatie van) het meetpunt, zoals weergegeven in *Tabel 2.1* (het aantal rijbanen op de meetpuntlocatie, of het meetpunt op een wegvak, een kruising of bij een kruising ligt, en of de annoteur problemen tegenkwam bij de annotatie, zoals een tijdelijke wegsituatie). De in *Tabel 2.1* gebruikte variabele-namen stemmen overeen met de in het aan de provincie aangeleverde GIS-bestand.

Tabel 2.1: Variabelen zoals opgenomen in het aan de provincie geleverde GIS-bestand (zie ook Bijlage C).

Variabelenaam	Beschrijving
NR_GIS	Nummer volgorde in GIS
ID_OP	ID gebruikt bij annotatie en koppelsleutel voor koppeling annotatiedata
HECTOPUNT	Combinatie van wegnummer en hectometer met daartussen een underscore
WEGNUMMER	Wegnummer volgens NWB 2020
HM	Hectometer volgens NWB 2020
PLAATSNAAM	Plaatsnaam volgens NWB 2020
WVK_ID	Wegvak ID volgens NWB 2020
NR_HM	ID dat bij voorbereiding annotatiebestanden is gebruikt
XY	Combinatie van X en Y-RD-coördinaten gescheiden door komma voor het punt
STRAATNAAM	Naam van de straat
RIJRICHT	Vorm van rijrichtingscheiding (geen; overrijdbaar; moeilijk overrijdbaar; niet overrijdbaar; verdrijfvlak; anders, zie handleiding)
OBST_T_L	Obstakel type (talud, sloot, masten, pijlers, wanden van kunstwerken, opsluitbanden en goten met hoogteverschillen groter dan 7 cm buiten de kom en 10-15cm binnen de kom, geluidsbeperkende constructies en (dikke) bomen (meer dan 10cm in diameter dik).
OBST_T_R	Obstakel type (talud, sloot, masten, pijlers, wanden van kunstwerken, opsluitbanden en goten met hoogteverschillen groter dan 7 cm buiten de kom en 10-15cm binnen de kom, geluidsbeperkende constructies en (dikke) bomen (meer dan 10cm in diameter dik).
RBAFSCHT_L	Soort afschermingsconstructie in de terug richting (links) (geen; geleiderail; motorvriendelijk geleiderail; beton barrier enz, zie handleiding)
RBAFSCHT_R	Soort afschermingsconstructie in de heen richting (rechts)
RBAFSCHA_L	Afstand tot afschermingsconstructie (links)
RBAFSCHA_R	Afstand tot afschermingsconstructie (rechts)
MP_RIJBAAN	Type rijbaan (Enkel; dubbel; Ventweg)
MP_RIJRICHT	Rijrichting van de annotatie (Heen of terug waar heen oplopend is) heen en terug bij enkele rijbaan; heen of terug bij dubbele
LOCATIEWEG	Waar ligt het meetpunt; op het wegvak; dichtbij (binnen invloedsgebied van) of op een kruispunt
OBST_A_R	De kortste afstand tussen de binnenkant van de kantstreep en een obstakel; bij afwezigheid van een kantstreep: de afstand tussen de kant van de verharding en het obstakel (rechts)
OBST_A_L	De kortste afstand tussen de binnenkant van de kantstreep en een obstakel; bij afwezigheid van een kantstreep: de afstand tussen de kant van de verharding en het obstakel (links)
ERFAANSL_R	Aantal erfaansluitingen in de heen richting (rechts) in het meetvak
ERFAANSL_L	Aantal erfaansluitingen in de terug richting (links) in het meetvak

Om tot een betere kwaliteit van de geannoteerde gegevens te komen, zijn er na de dataverzameling aanvullende analyses uitgevoerd om er zeker van te zijn dat alle meetpunten correct en consistent geannoteerd zijn door de verschillende annoteurs (*Bijlage A*). De invoer is daarbij gecontroleerd op:

1. Ontbrekende waarden (kan er altijd een reden worden gevonden voor leeg gelaten velden?);
2. Consistentie tussen annoteurs.

Op basis van deze analyses zijn er een aantal correcties toegepast, zoals het aanvullen van ontbrekende obstakelvrije afstanden bij afwezigheid van een obstakel (een waarde van 999 is dan gebruikt), en het aanvullen van het erfaansluitingen bij afwezigheid van deze invoer (een waarde van 0 is dan gebruikt).

De snelheidslimiet is niet door de annoteurs ingegeven en is daarom aangevuld uit verschillende bronnen:

- E\_VMAXL, EVMAXR (Snelheidslimiet rijrichting links en rechts o.b.v. wegnummer, hectometer volgens Excel Wegkenmerken; provincie Noord Holland)
- V\_WKD (Snelheid volgens WKD)
- NDW\_VMAX (Snelheidslimiet uit GIS-bestand FCD van NDW)

Deze bronnen zijn eerst gekoppeld aan de meetpunten. Vervolgens is met de volgende regel de snelheidslimiet op elk meetpunt bepaald:

- Bijlage A* Als E\_VMAXL en E\_VMAXR beiden beschikbaar zijn en dezelfde waarde hebben, dan is de snelheidslimiet gelijk aan E\_VMAXL (of E\_VMAXR)
- Bijlage B* Als een van E\_VMAXL of E\_VMAXR is ingevuld, dan is de snelheidslimiet gelijk aan de ingevulde waarde
- Bijlage C* Als geen van E\_VMAXL of E\_VMAXR is ingevuld, of als ze verschillende waarden hebben, dan is de snelheidslimiet gelijk aan V\_WKD

De meetpunten zijn vervolgens allemaal gescoord (zie ook *Bijlage D*).

### 2.3.2 Kruispuntenkenmerken

Voor de kruispunten worden er meer kenmerken geannoteerd dan voor de rijbanen. *Afbeelding 2.5* geeft een overzicht van alle kenmerken die verkregen worden als de gegevens binnen de R-omgeving worden ingeladen (zie ook *Bijlage B*). Deze zijn verkregen doordat annoteurs het formulier zoals weergegeven in *Afbeelding 2.6* in hebben gevuld voor elk kruispunt.

"ID"	"Takken"	"Straatnaam"
"DatumTijd"	"ZekerheidMeting"	"Onzekerheid.Vraag"
"KPID"	"KP.Markering"	"KP.Plateau"
"KP.Verharding"	"KP.Middeneiland"	"Tak.VRI.Voetganger"
"Tak.VRI.Fiets"	"TekstTak.OversteekFiets1"	"TekstTak.OversteekFiets2"
"TekstTak.OversteekFiets3"	"TekstTak.OversteekFiets4"	"TekstTak.OversteekFiets5"
"KP.Punaise"	"Opstelstrook1"	"Opstelstrook2"
"Opstelstrook3"	"Opstelstrook4"	"Opstelstrook5"
"Rijstroken1A"	"Rijstroken1B"	"Rijstroken2A"
"Rijstroken2B"	"Rijstroken3A"	"Rijstroken3B"
"Rijstroken4A"	"Rijstroken4B"	"Rijstroken5A"
"Rijstroken5B"	"fietservoorrang1"	"fietservoorrang2"
"fietservoorrang3"	"fietservoorrang4"	"fietservoorrang5"
"TakNr1"	"TakNr2"	"TakNr3"
"TakNr4"	"TakNr5"	"TakLimiet1"
"TakLimiet2"	"TakLimiet3"	"TakLimiet4"
"TakLimiet5"	"KPType"	"KPSoortKruising"
"KPRegeling"	"KPFietsVoetTunnel"	"RotRijstroken"
"RotFietsstrook"	"RotFietspadRond"	"RotFietsVoorrang"
"RotVoetVoorrang"	"RotDBinnen"	"RotDBuiten"
"Rot0VDoorsteek"	"KPOngelijkvloersGedeeltelijk"	"TekstTak.OversteekVoet1"
"TekstTak.OversteekVoet2"	"TekstTak.OversteekVoet3"	"TekstTak.OversteekVoet4"
"TekstTak.OversteekVoet5"	"annotateur"	

*Afbeelding 2.5* Kruispuntenkenmerken die verkregen worden uit het Access formulier, wanneer dit binnen de R-omgeving wordt ingeladen.

KPenR x

## Inventarisatie

Straatnaam  Soort  KPID 3:   
 Zekerheid meting  Regeling  KPID 4:   
 Omschrijving vraag      KPID 5:

Kruispunt **Rotonde**

**Elementen op het kruisingsvlak**

- Markering
- Plateau
- Punaise
- Verhardingssoorten (aan=asfalt, uit=klinkers)
- Middeneiland
- Fiets-/Voetgangerstunnel
- Gedeeltelijk ongelijkvloers motorvoertuigen

**Elementen op takken**

VRI regeling voor voetganger

VRI regeling voor fietsers

**Omvang en aard kruispunt**

Aantal takken

**Takken**

	1	2	3	4	5
Tak wegvak ID	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Snelheidslimiet [km/u]:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Antaal opstelstroken	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Midden eilanden	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Snelheidsremmers	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Oversteekvoorziening Voetganger (zebra of markering)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Oversteekvoorziening Fiets (strook of markering)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

KPenR x

## Inventarisatie

Straatnaam  Soort  KPID 3:   
 Zekerheid meting  Regeling  KPID 4:   
 Omschrijving vraag      KPID 5:

Kruispunt **Rotonde**

**Rotonde kenmerken algemeen**

- Doorsteek OV
- Fietsstrook op de rotonde
- Fietspad 'rond' of langs de rotonde
- Verhardingssoorten (aan=asfalt, uit=klinkers)
- Fietsers in de voorrang (aan=in de voorrang, uit=geen of uit de voorrang)
- Voetganger in de voorrang (aan=zebra, uit=geen of kanalisatiestrepen)
- Fiets-/Voetgangerstunnel

**Omvang en aard rotonde**

Aantal takken

Aantal rijstroken (op de rotonde)

Diameter binnenmaat

Diameter buitenmaat

**Takken**

	1	2	3	4	5
Tak wegvak ID	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Snelheidslimiet [km/u]:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fietser in de voorrang	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Midden eilanden	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Snelheidsremmers	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Oversteekvoorziening Voetganger (zebra)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Afbeelding 2.6. Invoerscherm voor kruispunten (boven) en rotondes (beneden). Linksboven zijn een aantal kenmerken die voor het gehele kruispunt gelden (aan- of afwezig), linksonder en rechts een aantal kenmerken waar het aantal takken met dat kenmerk wordt aangegeven.



Sommige kenmerken zijn gecodeerd op het kruispuntniveau. Deze zijn aangegeven met variabele-namen die beginnen met de letters 'KP', zoals KP.Middeneiland (welke aangeeft of het kruispunt een middeneiland kent). Daarnaast zijn er kenmerken die per tak worden ingevoerd (met waarden lopend van tak 1 ten met tak 5 - hogere waarden zijn leeggelaten als het kruispunt minder takken dan 5 kende). Daarnaast zijn er kenmerken waarbij aangegeven is op hoeveel takken dit kenmerk geldt (zoals een snelheidsremmer), maar zonder specificatie op welke takken het kenmerk geldt (er wordt dus alleen een aantal gegeven). Vervolgens zijn er variabelen die alleen voor rotondes zijn gevuld: Deze beginnen met 'Rot' (zo geeft RotFietspadRond aan of er wel of niet een fietspad rond het kruispunt aanwezig is). Als laatste zijn er algemene variabelen, die bijvoorbeeld het aantal takken op het kruispunt aangeven (Takken), de Straatnaam, het moment van annoteren (wat gebruikt kan worden om dubbelen te verwijderen), en de ZekerheidMeting (zoals of er een tijdelijke situatie was, of dat het geen kruispunt betrof).

De geannoteerde gegevens zijn vervolgens gebruikt om per kruispunt een score (*Bijlage E*) te bepalen op basis van een nieuw ontwikkelde set van criteria, gebaseerd op een korte vragenlijststudie onder experts op het gebied van infrastructuur bij SWOV. Deze criteria en de resulterende scores worden later in meer detail besproken.

## 3 Overzicht van de rijbaan- en kruispuntkenmerken

In dit hoofdstuk geven we een overzicht van de waargenomen frequenties van kenmerken van de geannoteerde rijbanen en kruispunten. Voor de rijbanen onderzoeken we eerst de aantallen meetpunten met een gegeven snelheidslimiet, om vervolgens door te gaan met de kenmerken voor de 60-, 80- en 100km/uur-meetpunten. De kenmerken van de andere meetpunten zullen in *Bijlage B* worden besproken.

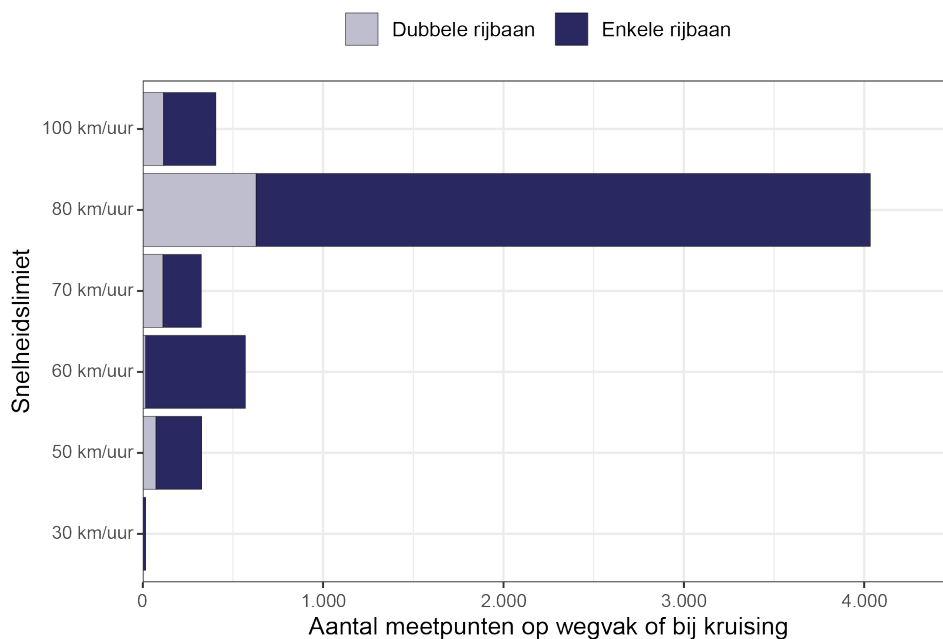
We maken bij het beschrijven van de rijbaankenmerken een onderscheid tussen een enkele en een dubbele rijbaan, omdat verwacht kan worden dat kenmerken voor deze twee situaties van elkaar verschillen. Na de rijbaankenmerken zullen de kruispuntenkenmerken worden beschreven. Hierbij zal een onderscheid worden gemaakt tussen verschillende types kruispunten, omdat deze volgens andere criteria zullen worden beoordeeld. De types die we onderscheiden zijn: kruisingen met een verkeerregelinstantie (VRI), rotondes, gelijkwaardige kruispunten, voorrangskruispunten, en alle overige kruispunten.

### 3.1 Rijbaankenmerken

#### 3.1.1 Snelheidslimiet

De beoordeling van de veiligheid van de rijbaankenmerken hangt sterk af van de daar geldende snelheidslimiet. Naar verwachting zal het merendeel van de geannoteerde meetpunten een 80km/uur-snelheidslimiet kennen, maar er komen mogelijk ook andere snelheidslimieten voor.

*Afbeelding 3.1* laat zien dat inderdaad het merendeel van de geanalyseerde infrastructuur meetpunten betrof op een enkele rijbaan met een snelheidslimiet van 80 km/uur, maar snelheidslimieten van 30, 50, 60, 70 en 100 km/uur worden ook waargenomen. Zoals aangegeven richten we het vervolg van de verkenning van de kenmerken op meetpunten op 60-, 80- en 100km/uur-wegen.



Afbeelding 3.1. Aantal meetpunten per snelheidslimiet, locatie op het wegvak en type rijbaan.

### 3.1.2 Rijrichtingscheiding

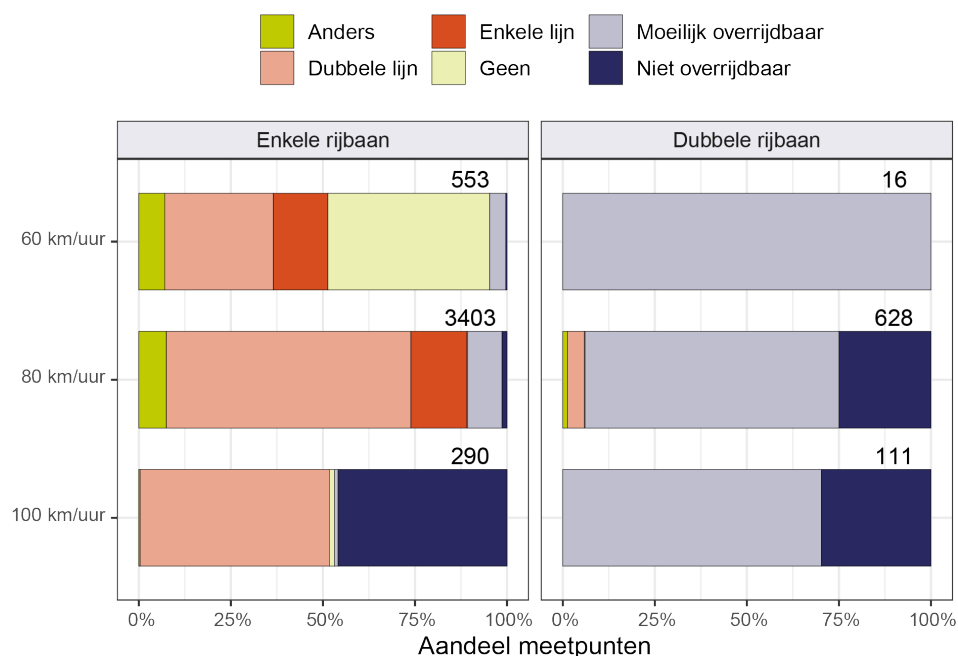
Volgens DV-eisen is een rijrichtingscheiding gewenst, en volgens SWOV-onderzoek zelfs essentieel (Schermers & Van Petegem, 2013), op wegen met een snelheidslimiet van 80 km/uur en hoger. Volgens CROW-richtlijnen (CROW, 2012) is een harde rijrichting scheiding gewenst maar niet essentieel. Echter SWOV beveelt aan dat de rijrichtingscheiding op 80km/uur-wegen moeilijk of niet overrijdbaar is (Bax et al., 2017a; Koornstra et al., 1992; Schermers & Van Petegem, 2013) en dit wordt ook als uitgangspunt gehanteerd bij het bepalen voor de wegvak scores in Noord-Holland. Bij een snelheidslimiet van 60 km/uur is juist geen rijrichtingscheiding nodig en voor de herkenbaarheid mogelijk ook onwenselijk, Een enkele asstreek is echter niet uit te sluiten en uit coulance worden deze wegen niet afgekeurd in de scoreberekening. Echter in de toekomst zou de provincie moeten overwegen om ook hier strengere eisen toe te passen. Voor 100 km/uur is juist een niet-overrijdbare rijrichtingscheiding gewenst, wegen zonder fysieke scheiding worden als onveilig gescoord. Omdat het overgrote deel van de meetpunten twee rijrichtingen heeft (heen en terug- Tabel 3.1), richten we hier ons op deze meetpunten.

Tabel 3.1: Aantallen meetpunten per snelheidslimiet, rijrichtingen en rijbaantype

Rijrichtingen op het meetpunt	Aantal rijbanen	30	50	60	70	80	100
Heen	Enkele rijbaan	0	0	0	8	0	0
Heen	Dubbele rijbaan	0	0	0	0	0	4
Heen en Terug	Enkele rijbaan	16	254	553	205	3403	290
Heen en Terug	Dubbele rijbaan	0	73	16	112	628	111
Onbekend	Enkele rijbaan	0	0	0	0	3	0

Afbeelding 3.2 laat zien dat 80 km/uur-wegen met een enkele rijbaan vooral een dubbele asmarkering als rijrichtingscheiding hebben. Zoals verwacht, zijn bij een dubbele rijbaan de meeste rijrichtingscheidingen moeilijk of niet overrijdbaar. Op 100km/uur-wegen met een dubbele rijbaan zijn een aanzienlijk deel moeilijk overrijdbaar. Bij 60 km/uur liggen verreweg de meeste meetpunten op enkelbaanswegen, de meeste met een (niet gewenste) enkele asmarkering of geen rijrichtingscheiding. Een relatief groot aandeel van de wegvakken op deze

wegen hebben een (niet-gewenste) dubbele asmarkering (een rijrichtingscheiding is geen kenmerk van een ETW, CROW, 2012). Net als een enkele asmarkering is dit niet correct en wekt verwarring bij de weggebruiker omdat deze markering met een gebiedsontsluitingsweg wordt geassocieerd (en niet een 60km/uur-ETW): Een 60km/uur-ETW moet immers geen vorm van rijrichtingscheiding hebben.



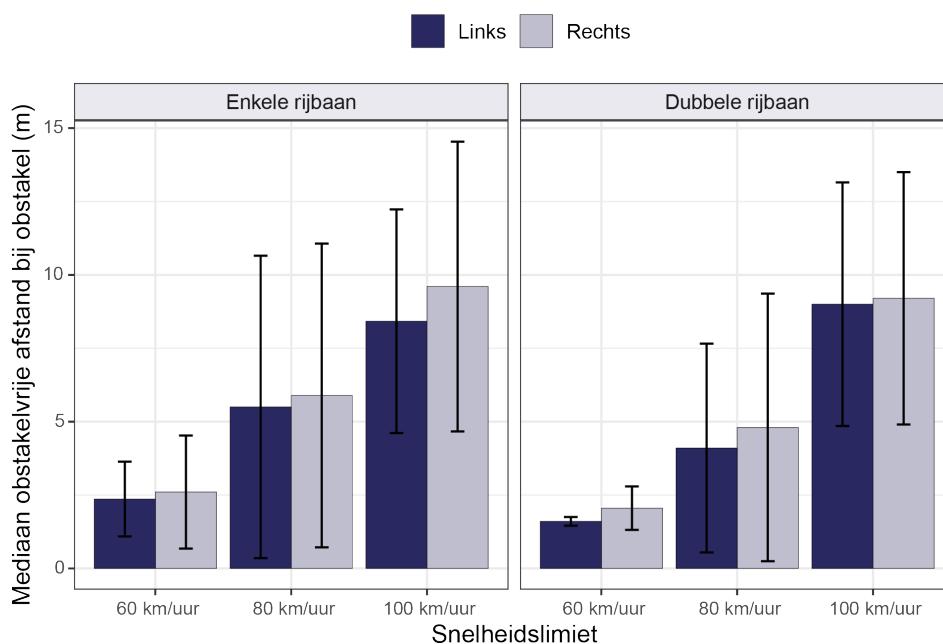
Afbeelding 3.2. Aandeel van de meetpunten met een bepaalde rijrichtingscheiding per snelheidslimiet en aantal rijbanen. Aantallen boven de balken geven het aantal meetpunten binnen elke categorie aan.

### 3.1.3 Obstakelvrije afstand

CROW stelt eisen aan de obstakelvrije ruimte en geeft aan dat eventuele obstakels afgeschermd moeten worden (CROW, 2013). In dit onderzoek is per meetvak van 100 m telkens het dichtstbijzijnde object in de linker en de rechter berm genoteerd. Het geeft dus niet alle obstakels weer die mogelijk aanwezig zijn, maar per 100 meter alleen de obstakels/geleideconstructies het dichtst bij de weg. De gemeten afstanden zijn bepaald vanaf de binnenkant van de kantstreep. Afbeelding 3.3 toont deze afstand<sup>6</sup> bij aanwezigheid van een obstakel voor de provinciale wegen in Noord-Holland en onderverdeeld naar de drie belangrijkste snelheidslimieten. Om invloeden van uitbijters op de getoonde waarden te verminderen, geven de staven in deze afbeelding de mediaan (middelste waarde) aan. Om vergelijkbare redenen geven de foutenbalken de MAD-waarde aan (de mediaan van de absolute afstanden van de mediaan). Tabel 3.2 geeft naast de mediaan en de MAD ook het vaker gebruikte gemiddelde en de standaarddeviatie, welke inderdaad grotere waarden aannemen, suggestief voor de invloed van uitbijters. De tabel laat zien dat bij een snelheidslimiet van 100 km/uur, de obstakelvrije afstand bij aanwezigheid van een obstakel groter is dan bij 60 of 80 km/uur. Dit is een verwacht resultaat maar er is ook veel variatie wat de suggestie wekt dat de noodzakelijke obstakelvrije afstand niet altijd bereikt wordt.



<sup>6</sup> Uitgedrukt als de mediaan, om invloed van bijzonder grote afstanden te verminderen.



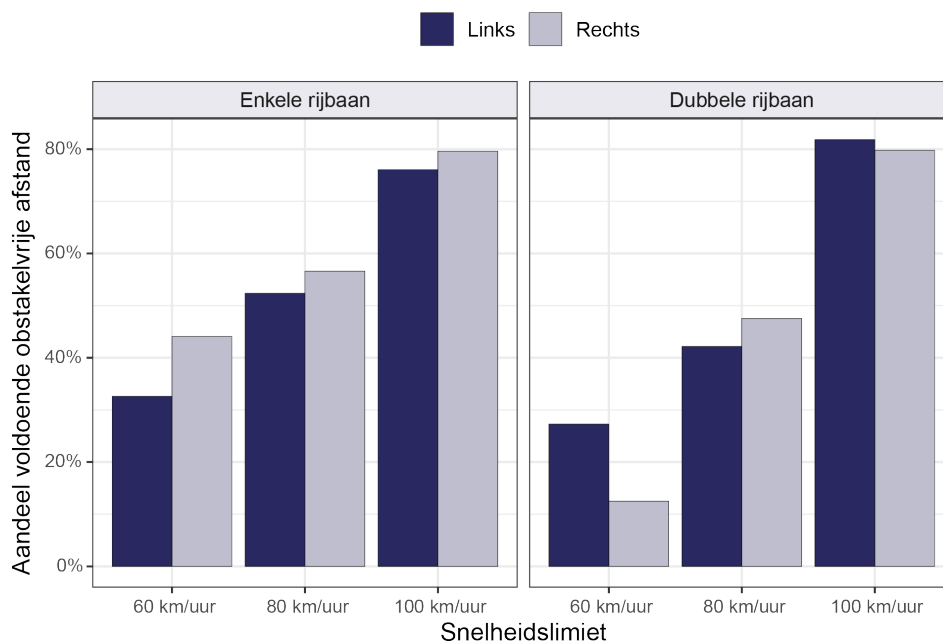
Afbeelding 3.3. Obstakelvrije afstand naar aantal rijbanen en snelheidslimiet. In deze afbeelding wordt de mediaan getoond tezamen met de median absolute deviation (MAD), omdat beiden minder gevoelig zijn voor uitbijters dan het gemiddelde en de standaardfout. Tabel 8 toont zowel de mediaan als het gemiddelde, waarbij obstakels links en rechts van de rijbaan zijn samengenomen.

Tabel 3.2. Mediaan, MAD, gemiddelde en SD van de obstakelvrije afstand van aanwezige obstakels (links of rechts)

Snelheidslimiet	Aantal rijbanen	Mediaan	MAD	Gemiddelde	Standaarddeviatie
60 km/uur	Enkele rijbaan	2,48	1,56	3,76	3,34
60 km/uur	Dubbele rijbaan	1,70	0,59	4,27	5,58
80 km/uur	Enkele rijbaan	5,70	5,11	6,73	5,21
80 km/uur	Dubbele rijbaan	4,30	3,85	5,62	4,38
100 km/uur	Enkele rijbaan	9,20	4,30	9,43	4,60
100 km/uur	Dubbele rijbaan	9,10	4,30	9,34	3,70

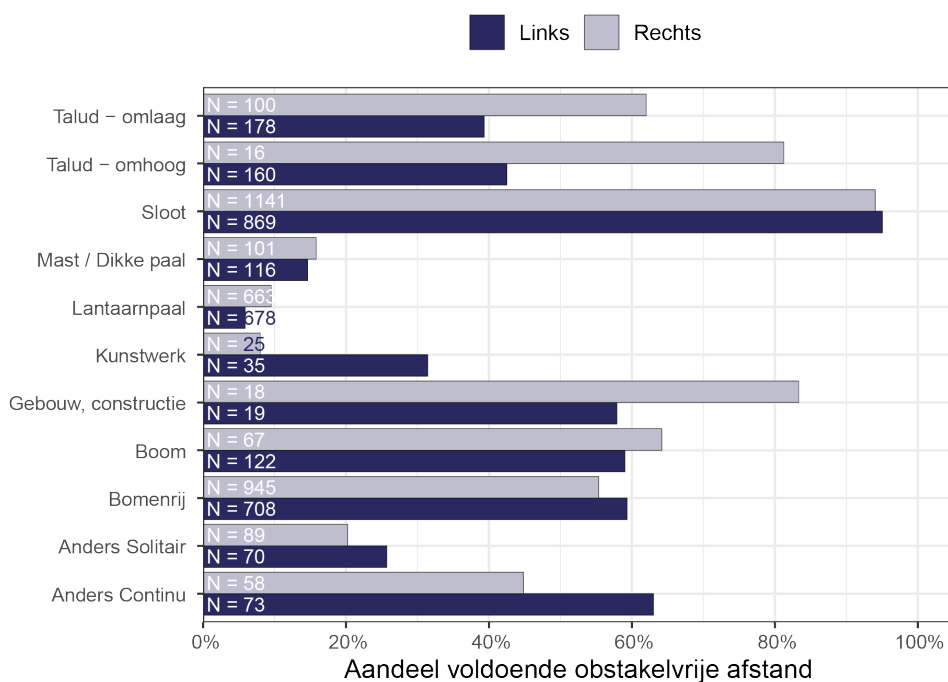
Van groter belang dan de gemiddelde afstand van obstakels, is hoe vaak er niet wordt voldaan aan de eisen voor de minimale obstakelvrije afstand. Om dit na te gaan bepalen we daarom welk aandeel van de obstakels binnen de obstakelvrijruimte valt (bij aanwezigheid van een obstakel). We richten ons hier op de NH-eisen (obstakelvrije ruimte van 3 m bij 60 km/uur, 5 m bij 80 km/uur, en 6 m bij 100 km/uur). Afbeelding 3.4 laat zien dat obstakels bij met name bij een snelheidslimiet van 100 km/uur vaker voldoende ver van de rijbaan afstaan. Echter, ruim 5% van de wegvakken op enkelbaans wegen met een limiet van 80 km/uur hebben obstakels binnen de obstakelvrijruimte. Bij de combinatie van een dubbele rijbaan en een snelheidslimiet van 80 km/uur is dat aandeel nog hoger met ruim 50% van de wegvakken die niet voldoen aan de minimale eis gesteld door de provincie.





Afbeelding 3.4. Aandeel van de gemeten obstakelvrije afstanden dat voldoet aan de obstakelvrije afstanden volgens de NH-criteria (obstakelvrije ruimte van 3 m bij 60 km/uur, 5 m bij 80 km/uur, en 6 m bij 100 km/uur).

Afbeelding 3.5 voegt alle obstakeltypes samen. Hieruit is te zien dat sommige soort obstakels vaak voldoen aan de eisen voor obstakelvrijruimte en andere juist niet. Zo kan mogelijk verwacht worden dat verlichting vaker dicht bij de weg staat dan bijvoorbeeld een sloot. Voor de opsplitsing naar obstakeltype richten we ons op de meest voorkomende combinatie van de snelheidslimiet en het aantal rijbanen (80km/uur-enkelbaansmeetpunten). In Afbeelding 3.5 geeft de lengte van de staven het aandeel obstakels met een voldoende afstand aan, en de getallen in de staven het aantal meetpunten met dat type obstakel als het obstakel op kortste afstand. De meest voorkomende obstakels zijn een sloot (links: 786, rechts: 1079), een bomenrij (links: 687, rechts: 889) of een lantaarnpaal (in feite lichtmasten, maar zijn gecodeerd als lantaarnpaal; links: 423, rechts: 383). Een sloot ligt het vaakst op een voldoende veilige afstand (meer dan 90% van de meetpunten), terwijl bomenrijen (rond de 50%) en lantaarnpalen (rond de 15%) veel slechter scoren (Afbeelding 3.5 en Tabel 3.3). Dat lichtmasten vaak dicht bij de rijbaan staan is niet helemaal onverwacht: Ze moeten namelijk de rijbaan verlichten. De provincie kon ons echter laten weten dat lichtmasten vaak botsvriendelijk zijn op de geannoteerde trajecten. Dit aspect is later wel meegenomen in de beoordeling van de wegen. Echter in Afbeelding 3.5 worden alle lichtmasten meegenomen en is geen onderscheid gemaakt tussen botsvriendelijke en standaard lichtmasten.



Afbeelding 3.5. Type obstakel op 80 km/uur-wegen op enkele rijbanen en op wegvak of bij kruising. De 5 m is de minimale obstakelvrije afstand onder de NH-criteria.

Tabel 3.3. Aandeel op voldoende afstand, aantal obstakels, en gemiddelde afstand tot de rijbaan bij verschillende typen obstakels. De 'anders' categorie is een restcategorie; Alle obstakels die niet in een van de andere categorieën vielen, zijn hieronder ondergebracht.

Type obstakel	Aandeel op voldoende afstand	Aantal obstakels van dit type	Gemiddelde afstand tot rijbaan
Anders Continu	55,0%	131	6,46
Anders Solitair	22,6%	159	4,08
Bomenrij	57,0%	1.653	6,32
Boom	60,8%	189	6,86
Gebouw, constructie	70,3%	37	7,97
Kunstwerk	21,7%	60	3,34
Lantaarnpaal	7,7%	1.341	2,32
Mast / Dikke Paal	15,2%	217	3,06
Sloot	94,5%	2.010	10,97
Talud - omhoog	46,0%	176	6,03
Talud - omlaag	47,5%	278	5,10

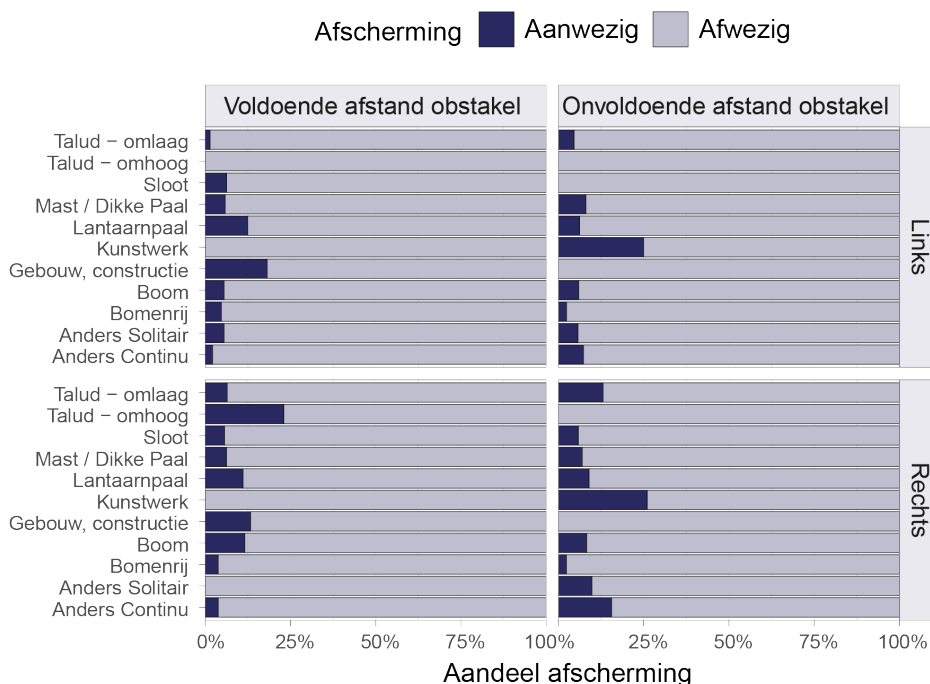
Tabel 3.4 gaat na wat de gemiddelde afstand is van obstakels op voldoende ( $\geq 5$  m) en onvoldoende afstand ( $< 5$  m). Met name lichtmasten ('Lantaarnpaal') staan dicht bij de rijbaan, waar ze binnen de obstakelvrije ruimte staan, gemiddeld op minder dan 2 m. Sloten liggen verder van de rijbaan, zowel bij voldoende als bij onvoldoende afstand.

Tabel 3.4: Gemiddelde afstand obstakels op 80km/uur-wegen op voldoende ( $\geq 5$  m) en onvoldoende ( $< 5$  m) afstand

Type	Voldoende	Onvoldoende
Anders Continu	9,71	2,50
Anders Solitair	8,42	2,81
Bomenrij	8,69	3,18
Boom	8,98	3,57
Gebouw, constructie	9,81	3,61
Kunstwerk	8,26	1,98
Lantaarnpaal	8,51	1,81
Mast / Dikke Paal	7,08	2,34
Sloot	11,36	4,36
Talud - omhoog	9,55	3,02
Talud - omlaag	7,25	3,17

Het gevaar van een obstakel kan verminderd worden door een afschermingsconstructie (bijv. een houten of reguliere, geleiderail, betonnen barriër, enz.) te plaatsen.

Afbeelding 3.6 toont hoe vaak een afschermingsconstructie aanwezig (donkerblauw) of afwezig (grijsblauw) is. De afbeelding laat zien dat obstakels bijzonder weinig worden afgeschermd op 80km/uur-wegen.



Afbeelding 3.6. Aanwezigheid van een afschermingsconstructie (geleiderail, betonnen barriër e.d.) bij de obstakels op 80 km/uur-meetpunten op wegvakken en dicht bij kruisingen

Tabel 3.5 laat zien dat een geleiderail vaker op onvoldoende afstand staat (N = 337) dan op voldoende afstand (N = 273). Gemiddeld staat een geleiderail op onvoldoende afstand op iets meer dan een meter van de rijbaan (i.p.v. 1,5 m).

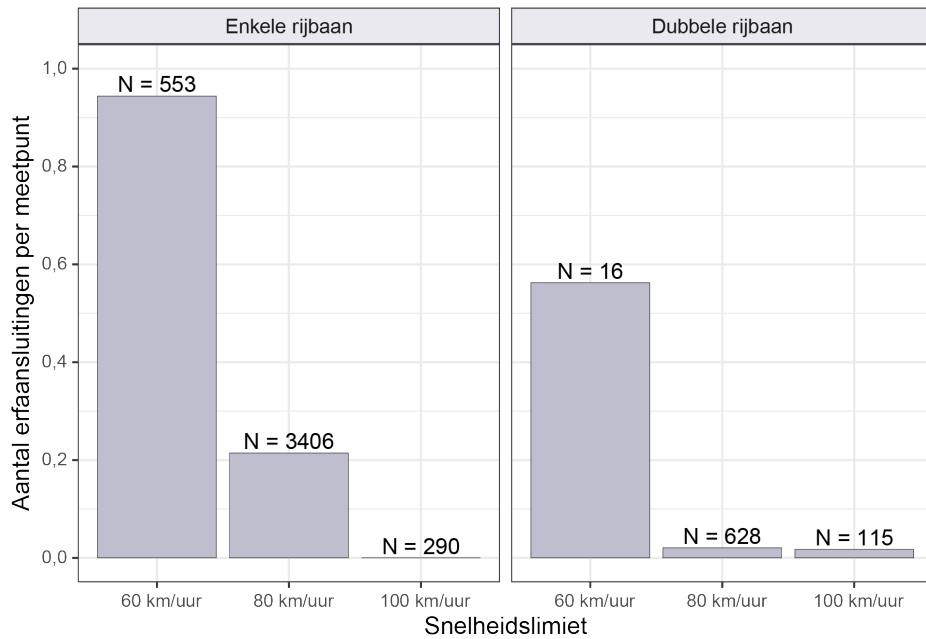
Tabel 3.5: Gemiddelde afstand geleiderail op voldoende ( $\geq 1,5$  m) en onvoldoende ( $< 1,5$  m) afstand

Type	Voldoende	Onvoldoende
Anders	3,49 (N=19)	0,55 (N=4)
Betonnen barri�er	6,66 (N=5)	0,72 (N=29)
Geleiderail	2,45 (N=273)	1,02 (N=337)
Houten geleiderail	1,6 (N=1)	1,4 (N=1)
Motorvriendelijke Geleiderail	1,7 (N=19)	1,19 (N=8)

### 3.1.4 Erfaansluitingen

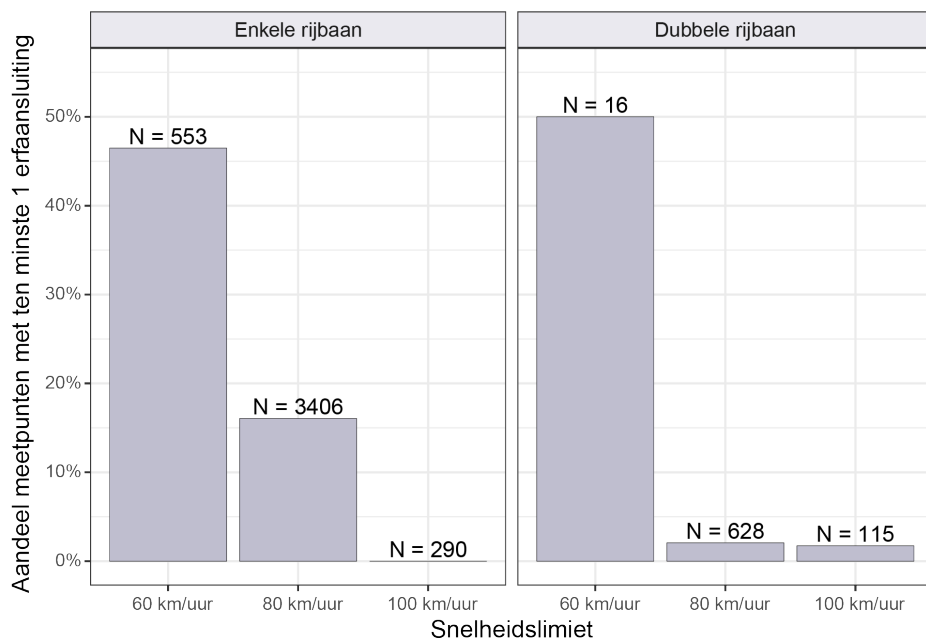
Een derde belangrijke DV-kenmerk is het aantal erfaansluitingen. Naast de rijrichtingscheiding en de obstakelvrije afstand heeft ook de dichtheid van erfaansluitingen een aangetoonde relatie met ongevallen op 80km/uur-gebiedsontsluitingswegen (Bax et al., 2017a; Bax et al., 2017b). Meer erfaansluitingen leiden tot minder veiligheid op 80 km/uur-wegen en ook de richtlijnen geven aan dat wegen met een snelheidslimiet van 80 of 100 km/uur geen erfaansluitingen dienen te hebben (CROW, 2012). Meetvakken met één of meer erfaansluitingen voldoen dus niet aan de randvoorwaarde (namelijk geen aansluiting) zoals vastgelegd in CROW-handboek 315 (CROW, 2012) en scoren volgens ProMeV Light automatisch minder goed dan wegvakken zonder. ProMeV Light beschouwt echter alleen 80 km/uur-wegen. Voor wegen met een snelheidslimiet van 60 km/uur verwachten we juist wel erfaansluitingen (het zijn erftoegangswegen). We introduceren dus een aanvullende regel die aangeeft dat de aanwezigheid van erfaansluitingen bij een snelheidslimiet van 60 km/uur wel tot een positieve score leidt. Omdat we per 100 m inventariseren kan het voorkomen dat er 60km/uur-wegvakken zijn waar geen erfaansluiting voorkomt. Momenteel worden deze wegvakken als ‘‘slecht’’ beoordeeld en dat is mogelijk in deze context te streng. Echter omdat dit relatief weinig voorkomt en wij later op trajectniveau analyseren wordt dit effect beperkt. In de toekomst kunne we overwegen om niet te werken met een minder strenge score (bijv. 1 i.p.v. 0). Bij de interpretatie van de scores voor 60 km/uur moet hier rekening mee gehouden worden. Bij 100 km/uur mogen, net als bij 80 km/uur, geen erfaansluitingen aanwezig zijn.

Uit de inventarisatie op provinciale wegen in Noord-Holland zien we dat erfaansluitingen vaak voorkomen op 60km/uur-wegen en minder bij 80km/uur- en 100km/uur-wegen (zoals gewenst). *Afbeelding 3.7* laat zien dat per meetpunt gemiddeld iets minder dan 1 erfaansluiting wordt gevonden bij 60 km/uur en een enkele rijbaan (links en rechts samengenomen).



Afbeelding 3.7. Gemiddeld aantal erfaansluitingen (links en rechts gemiddeld) per meetpunt naar aantal rijbanen en snelheidslimiet.

Het gemiddelde aantal erfaansluitingen geeft niet direct aan of veel locaties voldoen aan de eis voor wel (60 km/uur) of geen (80 km/uur of 100 km/uur) erfaansluitingen. Afbeelding 3.8 toont daarom het aandeel meetpunten per snelheidslimiet met ten minste 1 erfaansluiting (links of rechts). De 80km/uur-wegen voldoen in ongeveer 85% van de gevallen (enkele rijbaan) aan de eis van geen erfaansluitingen, terwijl 60km/uur-wegen in ongeveer 50% van de gevallen (enkele rijbaan) voldoen aan de eis van wel erfaansluitingen.

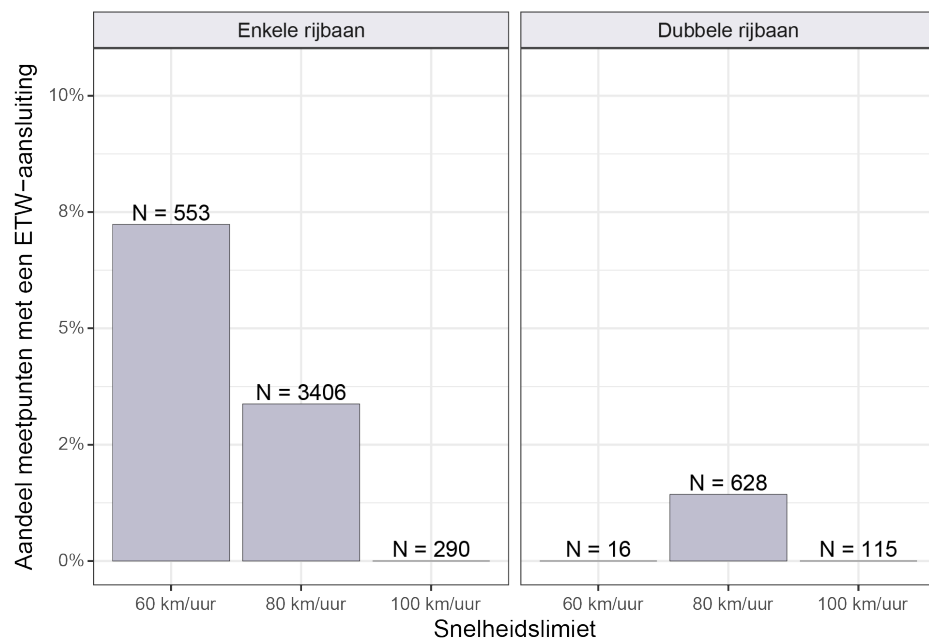


Afbeelding 3.8. Aandeel meetpunten met ten minste een erfaansluiting per meetpunt (links of rechts), naar aantal rijbanen en snelheidslimiet.

### 3.1.5 ETW-aansluitingen

Een vierde kenmerk, namelijk de dichtheid van ETW-kruispunten, is ook meegenomen als wegvak kenmerk, dit omdat vaak wegvakken als eenheden weglengte tussen twee grotere kruispunten (typisch met andere GOW's) worden beschouwd en dus zijn de kleinere kruispunten daarin een verstorend element voor de verkeersveiligheid. Voor de beoordeling is dit kenmerk daarom toegevoegd als aanvullende criterium voor de rijbaanscore. De hypothese is dat naarmate de dichtheid van het aantal kruispunten met ETW stijgt, ook het aantal ongevallen stijgt. Dit soort van kruispunt zou in principe nooit mogen voorkomen op stroomwegen (dus de 100km/uur-wegen in Noord-Holland (SWOV, 2021), en beperkt moeten worden toegepast op de 80km/uur-wegen, het liefst sluiten deze ETW's dan ook aan als rotonde of VRI.

Afbeelding 3.9 laat zien dat slechts een klein aandeel van de meetpunten op de verschillende soorten wegen een ETW-aansluiting kent. Gegeven de totale lengtes (som enkel en dubbelbaans) van de geannoteerde wegen (56,9 km 60km/uur-; 403,4 km 80km/uur- en 40,5 km 100km/uur-wegen) en aantal ETW-kruispunten per snelheids-regime (40 kruispunten op 60km/uur-wegen; 127 op 80km/uur-wegen en geen op 100km/uur-wegen) geeft dit een ETW-kruispunt dichtheid van 0,7 en 0,3 per km op respectievelijk 60- en 80km/uur-wegen.



Afbeelding 3.9: ETW-kruispunten op provinciale wegen in Noord-Holland

## 3.2 Kruispuntkenmerken

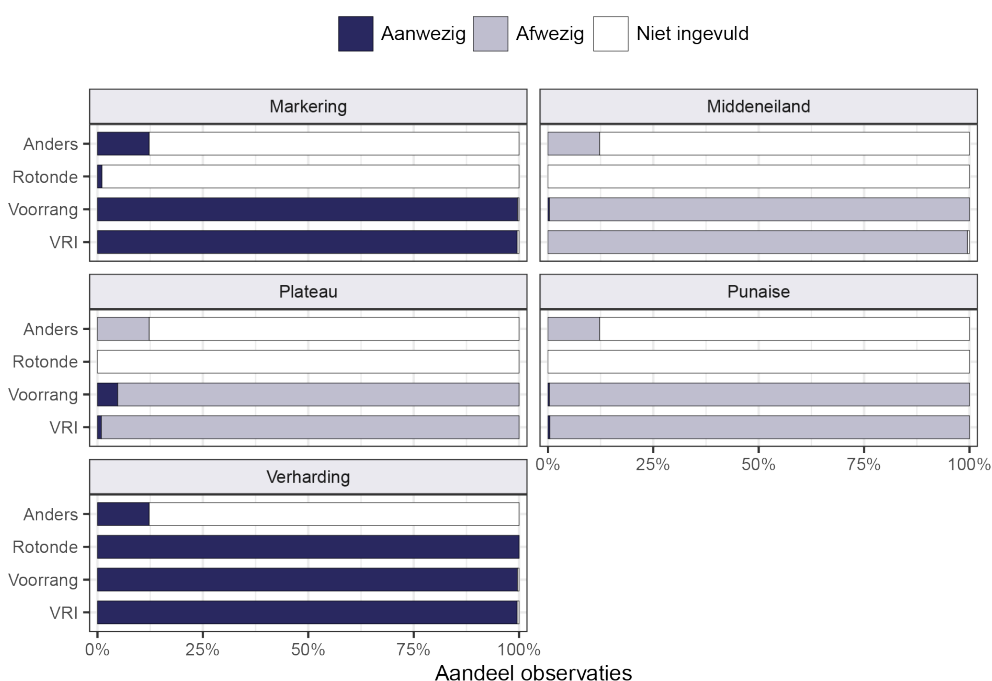
Er zijn voor een totaal van 647 kruispunten annotatiegegevens beschikbaar: 216 VRI's, 93 rotondes (en turbo-rotondes), 271 voorrangskruispunten, en 10 gelijkwaardige kruispunten. De 57 overgebleven kruispunten vallen onder geen enkele categorie (in de overzichten hieronder getoond onder 'anders'). Omdat er maar 10 gelijkwaardige kruispunten zijn, tonen we deze niet in de overzichten met kenmerken.

In de overzichten geven we de kenmerken voor alle kruispunten, maar er moet rekening worden gehouden met een mogelijk verschil in de kruisende wegen tussen soorten kruispunten, zoals weergegeven in Tabel 3.6. Zo zijn kruispunten met stroomwegen (SW) vaak een VRI-kruispunt.

Tabel 3.6: . Aantallen van elk kruispunttypes per soort kruispunt

Kruispunttype	Rotonde	Voorrang	VRI
ETW-ETW	1	10	1
ETW-GOW	31	157	37
GOW-GOW	57	95	138
GOW-SW	4	8	35
SW-SW	0	1	5

Afbeelding 3.10 laat per kruispunttype zien welke kenmerken op het kruisingsvlak voorkomen. Markering wordt bijna altijd toegepast op het kruisingsvlak terwijl middeneilanden (die het onmogelijk maken voor voertuigen om in een bepaalde richting over te steken) zelden worden toegepast. Verkeersplateaus, die zorgen voor snelheidsremming op het kruisingsvlak, worden ook niet vaak toegepast op provinciale wegen in Noord-Holland. In de regel is de verharding bij de meeste kruispunten asfalt en worden klinkers zelden toegepast.

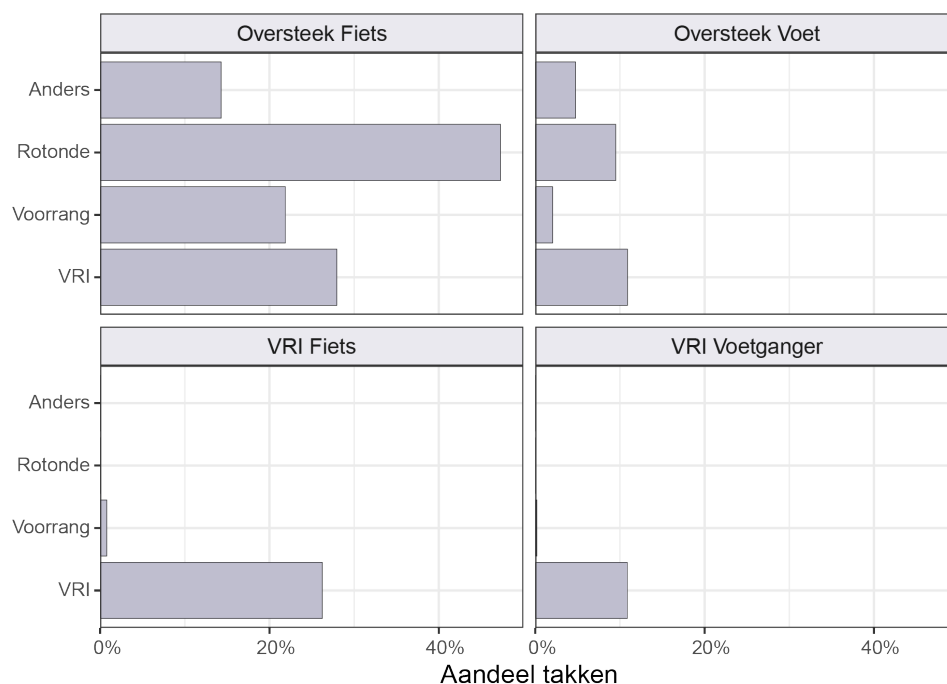


Afbeelding 3.10. Kenmerken van het kruisingsvlak. Bij 'verharding' betekent 'aanwezig' dat er asfalt gebruikt is, en 'afwezig' dat er klinkers liggen.

### 3.2.1 Oversteekvoorzieningen

Bij de aanwezigheid van fietsers en voetgangers zijn fiets- en voetgangeroversteekvoorzieningen gebruikelijk bij kruispunten. Met verkeerslichten geregelde voorzieningen voor fietsers en/of voetgangers (bedieningsknoppen, signaalgevers, enz.) komen vooral voor bij VRI-kruispunten, ook bij kruispunten buiten de kom. Echter uit onze inventarisatie is gebleken dat verkeerslicht geregelde voorzieningen weinig zijn toegepast; slechts op 26% van de takken bij VRI-kruispunten hebben een voorziening voor fietsers en 11% voor voetgangers (Afbeelding 3.11). Aangezien de kruispunten met name buiten de kom liggen is dit resultaat niet onverwacht - fietsers of voetgangers worden hier weinig verwacht. Oversteekvoorzieningen voor fietsers komen vaker voor en zijn vooral te vinden bij rotondes maar ook bij andere soorten kruispunten. Voetgangeroversteeklocaties komen relatief weinig voor.





Afbeelding 3.11. . Aandeel oversteekvoorzieningen voor fietsers en voetgangers per type kruispunt.

### 3.2.2 Opstelstroken

In onze inventarisatie zijn het aantal rijstroken voor het kruisingsvlak (dus richting het kruispunt) op de takken genoteerd. Deze worden hier als het aantal opstelstroken gepresenteerd omdat deze vorm van rijstrook vooral bij VRI-kruispunten voorkomt. *Tabel 3.7* bevestigt dit beeld en laat zien dat VRI's gemiddeld 2,6 opstelstroken per tak kennen. Andere soorten kruispunten kennen gemiddeld rond de 1 (opstel)strook per tak.

*Tabel 3.7. Gemiddeld aantal opstelstroken per type kruising*

Soort kruising	Gemiddeld aantal
Anders	1,0
Rotonde	1,0
Voorrang	1,2
VRI	2,6

### 3.2.3 Middeneilanden en snelheidsremmers

Middeneilanden op de takken van kruispunten dienen twee doelen, ze scheiden verkeer in tegengestelde richting maar dienen ook als rustplaats voor overstekend langzaam verkeer, vooral op takken met veel rijstroken. Dit faciliteert oversteken in etappes. *Tabel 3.8* laat zien dat met name op rotondes en VRI's middeneilanden op takken worden toegepast.

*Tabel 3.8. Gemiddeld aandeel van de takken met een middeneiland*

Soort Kruising	Gemiddeld aandeel
Anders	6,5%
Rotonde	50,1%
Voorrang	15,8%
VRI	40,4%

Het Duurzaam Veilig denken gaat uit van het concept veilige snelheden. Bij kruispunten waar kwetsbaar verkeer mengt met gemotoriseerd verkeer wordt een maximum snelheid van 30 km/uur geadviseerd (Dijkstra, 2014; SWOV, 2018; 2021). Waar geen conflicten tussen deze verkeerssoorten voorkomen maar wel dwarsconflicten en frontale conflicten tussen met gemotoriseerd verkeer wordt een maximum snelheid van 50 km/uur gehanteerd. Om dergelijke (lage) snelheden af te dwingen zijn snelheidsremmers (drempels, uitbuigingen; eilanden, snelheidscamera's e.d.) op de takken een veel gebruikte maatregel, ook op drukkere kruispunten buiten de bebouwde kom. *Tabel 3.9* toont dat snelheidsremmers op een groter aandeel van de takken van rotondes wordt gebruikt dan op andere soorten kruispunten.

*Tabel 3.9. Gemiddeld aandeel van de takken met een vorm van een snelheidsremmer*

Soort kruising	Gemiddeld aandeel
Anders	5,1%
Rotonde	42,4%
Voorrang	14,5%
VRI	34,1%

### 3.3 Conclusies

Dit hoofdstuk heeft een overzicht gegeven van de geobserveerde kenmerken van rijbanen en kruispunten (Zie ook bijlage D en E). De rijrichtingscheiding op zowel 60- en 80km/uur-wegen lijkt regelmatig niet te voldoen (op 80km/uur-GOW's zijn wegen lang niet allemaal niet of moeilijk overrijdbaar en op 60km/uur-ETW's wordt juist nog vaak een (moeilijk of niet overrijdbare) scheiding, enkele of dubbele asstreep toegepast terwijl dit niet gewenst is vanwege de herkenbaarheidsprincipe. Obstakels komen vaak voor en staan geregeld op een te korte afstand van de rijbaan. Afschermingsconstructies zouden in dergelijke situaties een oplossing kunnen bieden, maar deze komen relatief weinig voor en waar ze voorkomen voldoen ze zelf ook niet altijd aan de eisen die door de provincie zijn gesteld wat betreft afstand tot de rijbaan. Erfaansluitingen komen vaak voor bij 60km/uur-wegen (rond 50% van de wegvakken hebben erfaansluitingen), en relatief weinig (rond de 15%) bij 80km/uur-wegen. Dit is grotendeels, maar niet helemaal, in overeenstemming met de eisen die worden gesteld aan dit soort wegen (CROW, 2012; Janssen, 1997; SWOV, 2018). Kruispunten met ETW's komen relatief weinig voor op de 80- en 100km/uur- maar wel vaak op 60km/uur-wegen. Op dit laatste, nieuwe criterium zullen de rijbanen in Noord-Holland daarom vaak goed scoren.

Bij de grotere kruispunten (tussen GOW-GOW en GOW-RSW) zien we voornamelijk VRI's en rotondes. Oversteekvoorzieningen voor fietsers en voetgangers komen niet overal voor. Ook ontbreken snelheidsremmers regelmatig.

## 4 Relaties tussen wegkenmerken en ongevallen

In dit hoofdstuk onderzoeken we de relatie tussen het aantal ongevallen en infrastructuurkenmerken op wegvakken en kruispunten. Vervolgens gaan we na of we een statistisch significante relatie tussen de wegkenmerken en het aantal ongevallen kunnen vinden. Dit laatste doen we alleen voor rijbanen, omdat hiervoor verkeersintensiteiten bekend zijn, die essentieel zijn in het vaststellen van de relatie.

Bij kruispunten ontbreken vaak intensiteitsgegevens en zijn ze niet beschikbaar voor alle takken van alle kruispunten. Op kruispunten wordt niet structureel geteld en dus worden de takintensiteiten afgeleid van wegvaktellingen (waar deze beschikbaar zijn). Echter dit levert geen compleet beeld. Om deze reden zullen we hier alleen de relatie tussen wegvakongevallen en kenmerken onderzoeken. We maken hierbij gebruik van zogenaamde 'crash prediction models' (CPM's; Dobson, 2002; Eenink et al., 2008; McCullagh & Nelders, 1989; Reurings et al., 2006; Stroup, 2012) die met behulp van een lineair model de relatie op een kans op een ongeval (geschat uit de aantallen ongevallen) en een aantal voorspellers (zoals verkeersintensiteit en wegkenmerken) proberen vast te stellen. Dergelijke modellen zijn reeds gebruikt bij het vaststellen van de ProMeV Light-criteria (Bax et al., 2017b; zie ook *Bijlage F*). In dit hoofdstuk gaan we na of we deze relaties kunnen bevestigen met de gegevens uit Noord-Holland en met het extra kenmerk (dichtheid van ETW-aansluitingen).

### 4.1 Werkwijze

Als eerste onderzoeken we de aard van ongevallen op kruispunten en wegvakken op wegen in beheer van de provincie Noord-Holland, om zo na te gaan:

- > welke ernst ongevallen vaker voorkomen op rijbanen;
- > hoe vaak rijbaanongevallen voorkomen op de voor de analyse gebruikte meeteenheden (900m- en 1km-wegvakken; zie *Afbeelding 4.3*);
- > wat de aard is van de kruispuntongevallen en of deze samenhangen met het type kruispunt;
- > hoe de aard van het ongeval samenhangt met of het ongeval plaatsvindt op een rijbaan of op een kruispunt.

Vervolgens onderzoeken we de relatie tussen ongevallen en de kenmerken op wegvakken. Zoals in de eerdere ProMeV Light-analyse (Bax et al., 2017b; *Bijlage G*), maken we gebruik van een regressiemodel (Crash Prediction Models, zie eerder) met daarin de verkeersintensiteit als een van de afhankelijke (verklarende) variabelen samen met de lengte van het stuk weg, de verkeersveiligheidsscore van de wegvakken (de nieuw ontwikkelde score onder de Noord-Holland-criteria, zie *Hoofdstuk 5* voor details), of de componenten van de wegvakscore score.

## 4.2 Aantallen ongevallen

### 4.2.1 Rijbaanongevallen

Tabel 4.1 toont het aantal geregistreerde ongevallen op de door ons geannoteerde wegvakken tussen de jaren 2011 en 2019. Daarin valt een toename van met name ongevallen zonder letsel (UMS-E5) over de jaren op. Deze toename heeft naar alle waarschijnlijkheid vooral te maken met een verbeterde registratie en niet zozeer met een werkelijke toename van het aantal ongevallen. Aangezien niet kan worden verwacht dat deze toename van de registratie onafhankelijk zal zijn van de specifieke locatie in Noord-Holland waar het ongeval is gebeurd, kunnen we de totalen van deze ongevallen over de jaren meenemen in de voorspelling om zo een betere schatting te krijgen van de onveiligheid van het betreffende wegvak.

*Tabel 4.1: Totaal aantal ongevallen op rijbanen gekoppeld aan geannoteerde meetpunten in beheer van de provincie Noord-Holland naar letselernst en jaar. E1 = dodelijke afloop, E2 = ziekenhuisopname, E3 = spoedeisende hulp, E4 = lichtgewond, E5 = uitsluitend materiële schade.*

Jaar	E1	E2	E3	E4	E5
2011	7	16	17	0	74
2012	5	21	10	4	62
2013	5	11	16	4	91
2014	6	8	10	3	75
2015	9	26	0	13	143
2016	7	36	1	23	556
2017	8	85	0	38	798
2018	5	68	1	32	713
2019	5	101	0	42	1.093
Totaal	57	372	55	159	3.605

Voor de voorspelling van de aantallen ongevallen uit de wegkenmerken of rijbaanscores zullen we gebruik maken van segmenten van 900 m of 1 km (zie later in dit hoofdstuk voor de uitleg waarom segmenten van 900 m of 1 km worden gebruikt). Bij de modellen is het van belang om te weten of aantallen gelijk aan nul vaak voorkomen. Tabel 4.2 onderzoekt daarom welke aantallen ongevallen vaak worden gezien op deze segmenten van 900 m of 1 km. Het merendeel van de segmenten noteren gemiddeld 0 of 1 ongevallen. Aantallen boven de 4 ongevallen per segment (900 m of 1 km) komen alleen voor UMS ongevallen (letselernst = E5) voor. Voor het vaststellen van relaties tussen wegkenmerken en ongevallen, en het ontwikkelen van een eventueel Crash Prediction Model (CPM), zullen we daarom rekening moeten houden met een groot aantal nulwaarden waarbij een zogenaamd 'zero-inflated' model nodig zal zijn. Zoals aangegeven zullen we deze nulwaarden zoveel mogelijk proberen te vermijden door alle niveaus van ongevallenernst samen te nemen.

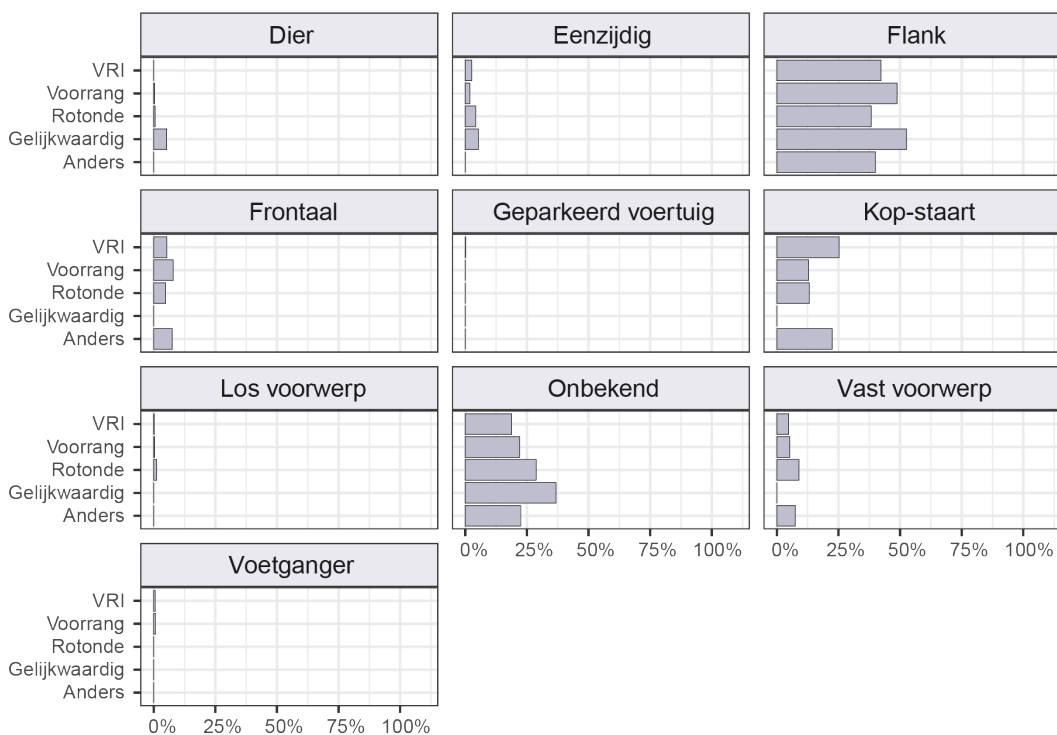
Tabel 4.2: Frequenties van aantallen ongevallen per 900m- of 1km-segment weg. Verdeling van het aantal ongevallen per 1km- of 900m-segment. Totalen van de jaren 2011 t/m 2019

Verdeling aantal ongevallen per 900- of 1000m-wegsegment (%)																						
Ernst	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20+
E1	91	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E2	61	24	11	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E3	93	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E4	79	17	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E5	12	13	11	13	11	8	7	4	4	3	2	2	1	1	1	0	1	1	0	0	1	5

#### 4.2.2 Kruispuntongevallen

Zoals aangegeven zijn verkeersintensiteiten voor kruispunten voor een groot deel onbekend (op vooral de lagere orde wegen worden verkeersintensiteiten niet structureel gemeten) en zullen we om deze reden hier geen poging doen om de relatie tussen de geselecteerde kruispuntkenmerken en ongevallen statistisch te onderbouwen. Ook zullen we niet proberen om de ongevallenaantallen op kruispunten met een crash prediction model te voorspellen op basis van kenmerken van kruispunten. Wel is in dit hoofdstuk nagegaan wat de aard van de meeste ongevallen op kruispunten is. Dit geeft informatie over wat voor kruispuntkenmerken mogelijk gerelateerd zijn aan kruispuntongevallen.

Afbeelding 4.1 laat de aantallen kruispuntongevallen zien voor de verschillende soorten kruispunten die voor Noord-Holland zijn geannoteerd (VRI, voorrang, rotonde, gelijkwaardig of anders). Houd hierbij rekening met dat de percentages voor de gelijkwaardige kruispunten slechts op 10 observaties zijn gebaseerd. Binnen elke categorie kruispunt worden flankongevallen worden het vaakst waargenomen, gevolgd door 'onbekend' en kop-staartongevallen. Frontale en eenzijdige ongevallen komen relatief weinig voor ten opzichte van deze andere aard van ongevallen.



Aandeel ongevallen per soort (2011–2019)

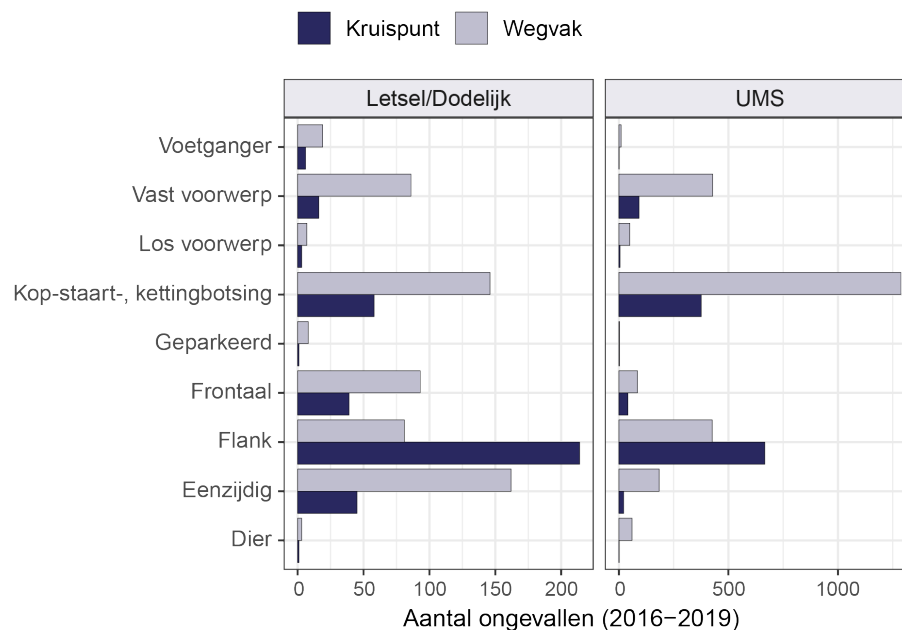
Afbeelding 4.1. Verdeling van de aard van het ongeval per soort kruispunt. Gebaseerd op ongevallengegevens (dodelijke afloop, met letsel; E1-E4) uit BRON voor de jaren 2011-2019. Geraadpleegd december 2020.

Uit dit overzicht valt op te merken dat de meest voorkomende ongevallen op kruispunten op provinciale wegen flank-, kop-staart- en frontale ongevallen zijn. Op kruispunten worden deze ongevallen beïnvloed door de aanwezigheid van voetganger- en fietsvoorzieningen; middeneilanden op de takken (voorkomen van frontale ontmoetingen en rust/steunplaats voor kwetsbare deelnemers), het aantal opstelstroken (hoe meer hoe groter het kruispunt en het kruisingsvlak met daardoor ook meer kans op flank- en kop-staartongevallen) en door de aanwezigheid van snelheidsremmers (lagere conflictsnelheden leiden tot minder letselernst; SWOV, 2021). Op rotondes komen met name flank en kop-staartongevallen voor en aspecten die daar mee te maken hebben zijn de voorzieningen en voorrangregelingen voor fietsers en voetgangers, de omvang van de rotonde (hoe groter en hoe meer rijstroken op de takken en op de rotonde hoe harder er doorheen gereden kan worden; SWOV, 2021). Deze, plus andere, kenmerken zijn expliciet meegenomen tijdens de annotatie van de kruispuntkenmerken (zie *Hoofdstuk 3*).

Het huidige onderzoek gaat niet in op de relatie tussen kruispuntcores ongevallen vanwege een gebrek aan goede gegevens over verkeersstromen op kruispunten. Op (korte) termijn wordt echter wel geadviseerd daar nader onderzoek naar te doen om ook de kruispunt beoordeling en – score te valideren en het uiteindelijk beoordelingsinstrument vast te stellen. Het soort kruispunt heeft effect op bepaalde ongevalstypen, bijv. op kruispunten waar relatief vaak gedwongen gestopt moet worden (VRI, en de zijtakken van voorrangskruispunten) wordt verwacht dat kop-staartbotsingen vaker voorkomen en daarom wordt bij de verdere analyses wel nadrukkelijk rekening gehouden met soort kruispunt. Echter worden de kruispuntcores nu wel in de trajectcores meegenomen maar zonder dat de relatie tussen individuele kenmerken en ongevallen statistisch is aangetoond. Het besluit om de scores wel op te bouwen zoals in dit onderzoek voorgesteld, is puur op basis van de meest voorkomende ongevallen en de daaraan gerelateerde kenmerken.

#### **4.2.3 Omvang rijbaan- en kruispuntongevallen op provinciale wegen in Noord-Holland**

Om nader inzicht te geven in de verdeling tussen het soort wegvak- en kruispunt ongevallen op provinciale 80km/uur-wegen hebben we BRON geraadpleegd en daaruit alle ongevallen op wegen in het beheer van de provincie in Noord-Holland geselecteerd. *Afbeelding 4.2* vergelijkt de aard van de ongevallen op kruispunten en op wegvakken over de periode 2016-2019, waarbij ook een onderscheid wordt gemaakt tussen letselongevallen (E1 t/m E4) en UMS-ongevallen (E5). Hieruit volgt dat kop-staartbotsingen vaker voorkomen op het wegvak (letsel/dodelijk:  $p < 0,001$ ; UMS:  $p < 0,001$ ), terwijl flankongevallen vaker voorkomen op kruispunten (letsel/dodelijk:  $p < 0,001$ ; UMS:  $p < 0,001$ ).



Afbeelding 4.2: Vergelijking van de aard van ongevallen in beheer van de provincie in Noord-Holland over de periode 2016-2019. Gebaseerd op gegevens uit BRON beschikbaar op de SWOV-website, geraadpleegd op 16-3-2021.

### 4.3 Voorspellen van ongevallen

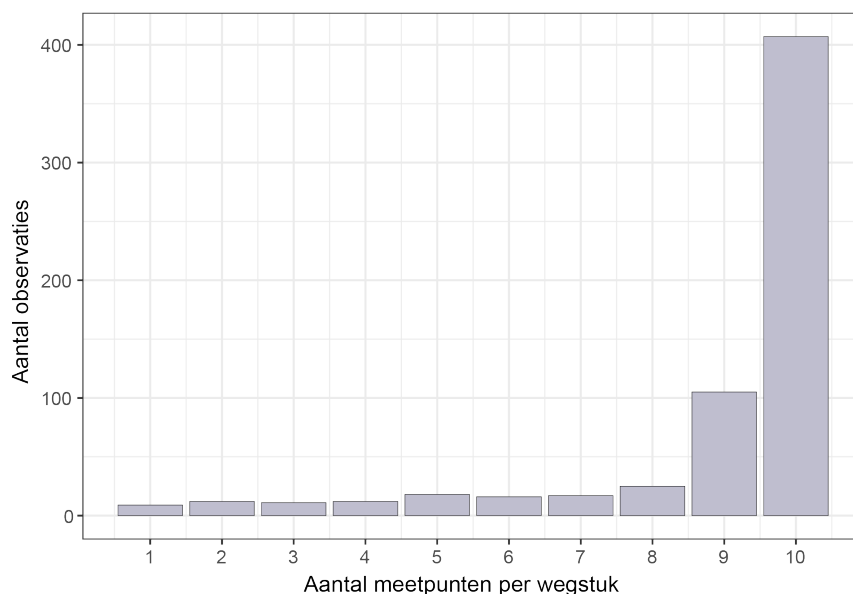
Bij de ontwikkeling van ProMeV Light (Bax et al., 2017a) is in de oorspronkelijke analyse gebruik gemaakt van een hiërarchische regressieanalyse om de relatie tussen ongevallen en wegkenmerken inzichtelijk te maken en waarbij de eenheid van de analyse het meetpunt (100m-wegvak) is. Voor deze analyse is een (correcte) koppeling gemaakt tussen een ongeval en een meetpunt. Deze koppeling is gemaakt op basis van het nummer van de dichtstbijzijnde hectometerpaal.

Geconstateerd is echter dat bij registraties uit 2015 en latere jaren de locatie (uitgedrukt als het nummer van de dichtstbijzijnde hectometerpaal) vaak lijkt te zijn afgerond (bijvoorbeeld, stel dat een ongeval op HM 46.6 plaatsvindt wordt deze vastgelegd op HM 46 - de 0,6 is dus verwijderd). Hierdoor worden bij een analyse op meetpuntniveau (HM-paal) niet altijd de juiste wegkenmerken gekoppeld aan de ongevallen en bevatten veel meetpunten geen ongevallen (omdat deze aan de kilometerpunten zijn toegekend). Om dit op te vangen, voeren we in het NH-onderzoek daarom de analyse uit op grotere eenheden. Hier bespreken we de analyse op stukken van 1 km lang. In de *Bijlage D* worden de resultaten besproken van een analyse op wegvakniveau (welke sterker in lengte verschillen).

Door op een hoger niveau de analyse uit te voeren is het aannemelijker dat de eenheden in de analyse (wegvakken of 1km-stukken in plaats van meetpunten) minder sterk afhankelijk van elkaar zijn. Hierdoor kan in plaats van een hiërarchische analyse (met meetpunten genest binnen wegvakken) gebruik worden gemaakt van de 'standaard' negatief binomiaal regressie. Deze heeft als voordeel dat convergentie problemen minder vaak optreden, en dat bij convergentieproblemen het model benaderd kan worden met een quasi-Poisson model. Terwijl we voor de analyse op wegvakniveau (zie *Bijlage D* en *G*) alleen de meetpunten met een snelheidslimiet van 80 km/uur kunnen gebruiken, is het voor de analyse op basis van stukken van 1 km beter gebruik te maken van alle meetpunten, omdat zo gebruik kan worden gemaakt van opvolgende hectometerpunten die samen stukken van 1 km vormen. Net als voor de analyse op wegvakniveau, onderzoeken we 7 modellen die elk een variatie in de manier van het modelleren van de invloed van de wegkenmerken toetsen.



We proberen 1km-stukken te vormen binnen N-wegen. Echter doordat N-wegen niet altijd gehele kilometers lang zijn, kunnen er aan het eind stukken overblijven die niet bestaan uit 10 meetpunten (= 1 km). Ook kan de lengte van een stuk kleiner zijn dan 10 meetpunten, omdat er een observatie verwijderd moest worden, bijvoorbeeld omdat de annotator aangaf dat er een probleem met de annotatie was (zoals een tijdelijke wegsituatie). *Afbeelding 4.3* laat zien dat het merendeel van de wegstukken 10 meetpunten (= 1 km) lang zijn. Voor 44 meetpunten was er geen HM-waarde bekend. Deze zijn hier niet weergegeven en zullen ook niet meegenomen worden in de analyse. In de modellen gebruiken we de wegvakken met 10 (aaneengesloten) meetpunten (1 km) en wegvakken met 9 (aaneengesloten) meetpunten (900 m), tezamen goed voor ongeveer 500 wegsegmenten.



*Afbeelding 4.3: Verdeling van het aantal meetpunten per wegsegment*

### 4.3.1 Model 1

In model 1 worden de vier kenmerken waaruit de rijbaanscore is opgebouwd afzonderlijk in het model opgenomen. We laten het model de coëfficiënten schatten, zodat we na kunnen gaan of de grootte en richting van deze coëfficiënten overeenstemt met de gewichten die voor het oorspronkelijke model zijn gebruikt (3 voor de obstakelvrije afstand, 2 voor de rijrichtingscheiding, 1 voor erfaansluitingen; Bax et al., 2017a). De verkeersintensiteit wordt als covariaat opgenomen, zodat daar ook een coëfficiënt voor geschat zal worden. De lengte nemen we op als offset (coëfficiënt = 1), al zal deze naar verwachting weinig invloed hebben, omdat stukken weg ofwel 900 m of 1 km lang zijn.

*Tabel 4.3* laat zien dat alle kenmerken, behalve de aan- of afwezigheid van ETW-kruisingen, een significante bijdrage leveren aan het voorspellen van het aantal ongevallen op wegsegmenten. Hoe hoger de verkeersintensiteit, hoe hoger het aantal ongevallen. Bij geen erfaansluitingen zijn er minder ongevallen, net als bij geen obstakels op korte afstand. Alleen het effect van de rijrichtingscheiding is onverwacht: Een moeilijke of niet-overrijdbare rijrichtingscheiding (of juist wel een rijrichtingscheiding op 60km/uur-stukken), leidt tot een groter aantal ongevallen volgens het model. Voor een deel is dit resultaat te verklaren doordat er relatief weinig wegen in de selectie zitten met een harde scheiding en de wegen die er wel inzitten ook drukker zijn met grotere kans op ongevallen (we hebben weinig wegen in de selectie met een scheiding en lagere intensiteiten).

Tabel 4.3: Resultaten van model 1

Omschrijving	Coëfficiënt	Standaardfout	z-waarde	p-waarde
Verkeersintensiteit	0,830	0,063	13,102	p < 0,001
Geen erfaansluitingen	-0,658	0,166	-3,971	p < 0,001
Geen obstakels op dichte afstand	-0,334	0,111	-3,004	p < 0,001
Bevat geen ETW-kruising	1,170	0,792	1,477	p = 0,14
Niet-overrijdbare rijrichtingscheiding	0,488	0,101	4,813	p < 0,001

### 4.3.2 Model 2

In model 2 gebruiken we dezelfde kenmerken, maar nemen we de verkeersintensiteit op als offset. Dit verandert de resultaten (Tabel 4.4) weinig ten opzichte van model 1, het kenmerk ETW-kruispunten blijft niet significant, de afwezigheid van erfaansluitingen en de afwezigheid van obstakels dicht bij de weg leiden tot minder ongevallen. De rijrichtingscheiding geeft eveneens een significant resultaat maar nog steeds in de verkeerde richting (hoe harder de scheiding hoe meer ongevallen, een mogelijke verklaring staat hierboven).

Tabel 4.4: Resultaten van model 2

Omschrijving	Coëfficiënt	Standaardfout	z-waarde	p-waarde
Geen erfaansluitingen	-0,844	0,153	-5,500	p < 0,001
Geen obstakels op dichte afstand	-0,398	0,111	-3,585	p < 0,001
Bevat geen ETW-kruising	0,897	0,793	1,131	p = 0,26
Niet-overrijdbare rijrichtingscheiding	0,419	0,099	4,246	p < 0,001

### 4.3.3 Model 3

In model 3 voeren we een analyse uit die vergelijkbaar is met de oorspronkelijke ProMeV Light-analyse (Bax et al., 2017b), maar nu met de gegevens uit Noord-Holland en gebruikmakend van stukken weg van ongeveer 1 km. Weglengte en verkeersintensiteit worden opgenomen als offsets (er wordt dan geen coëfficiënt geschat, maar een coëfficiënt gelijk aan 1 aangenomen), en de laagste score (score = 0) wordt als referentie gebruikt. Tabel 4.5 laat zien dat, in tegenstelling tot de oorspronkelijke ProMeV Light-analyse, geen van coëfficiënten significant is.

Tabel 4.5: Resultaten van model 3

Omschrijving	Coëfficiënt	Standaardfout	t-waarde	p-waarde
p-score_1	-0,847	3,118	-0,272	0,786
p-score_2	-1,790	3,078	-0,582	0,561
p-score_3	-0,801	3,089	-0,259	0,796
p-score_4	-1,496	3,069	-0,487	0,626
p-score_5	-2,034	3,070	-0,663	0,508
p-score_6	-0,339	3,112	-0,109	0,913
p-score_7	-1,604	3,070	-0,522	0,602

### 4.3.4 Model 4

Model 4 gebruikt de rijbaanscore als continue variabele (Tabel 4.6). We zien dat verkeersintensiteit een significante invloed heeft. De rijbaanscore en weglengte hebben echter geen invloed.

Tabel 4.6: Resultaten van model 4

Omschrijving	Coëfficiënt	Standaardfout	z-waarde	p-waarde
Verkeersintensiteit	0,774	0,062	12,496	0,000
Weglengte	-0,831	0,878	-0,947	0,344
Rijbaanscore NH	0,008	0,029	0,285	0,775

#### 4.3.5 Model 5

In de modellen tot dusver zijn de weglengte en verkeersintensiteit apart opgenomen. In modellen 5 t/m 7 gaan we na of het combineren van deze waarden (verkeersdichtheid = som intensiteit gedeeld door de het product van het aantal meetpunten en de som van de weglengte) tot andere schattingen in de modellen leidt. In model 5 gebruiken we deze verkeerspresentatie als covariaat (we schatten dus een coëfficiënt voor deze variabele). De uitkomsten van het model (Tabel 4.7) lijken erg op die van model 1. De coëfficiënten en p-waardes zijn dezelfde orde van grote en wijzen in dezelfde richting.

Tabel 4.7: Coëfficiënten van model 5

Omschrijving	Coëfficiënt	Standaardfout	z-waarde	p-waarde
Verkeersdichtheid	0,821	0,063	13,031	0,000
Geen erfaansluitingen	-0,681	0,165	-4,123	0,000
Geen obstakels op dichte afstand	-0,320	0,111	-2,892	0,004
Bevat geen ETW-kruising	1,164	0,790	1,474	0,141
Niet-overrijdbare rijrichtingscheiding	0,456	0,101	4,506	0,000

#### 4.3.6 Model 6

Voor model 6 gebruiken we ook de verkeersdichtheid, maar nu als offset. We gebruiken de rijbaanscore als categoriale variabele en gebruiken de hoogste score (= 7) als referentie (Tabel 4.8). Een aantal van de coëfficiënten laat een significant effect zien, dus het verschuiven van de referentiecategorie naar de hoogste in plaats van de laagste waarde lijkt van invloed te zijn op de uitkomsten. Een score van 5 wijst echter in een onverwachte richting (een lagere score zou gepaard gaan met minder ongevallen) en ook het verloop in de scores is onverwacht (een score 1 leidt tot een hogere kans op ongevallen dan een score 6, beide significant).

Tabel 4.8: Resultaten van model 6

Omschrijving	Coëfficiënt	Standaardfout	t-waarde	p-waarde
score=0	1,648	2,945	0,559	0,576
score=1	0,746	0,270	2,759	0,006
score=2	-0,197	0,156	-1,265	0,206
score=3	0,698	0,425	1,640	0,102
score=4	0,080	0,220	0,362	0,718
score=5	-0,444	0,172	-2,585	0,010
score=6	1,335	0,515	2,595	0,010

### 4.3.7 Model 7

Ook voor model 7 gebruiken we de verkeersdichtheid, maar als offset. De rijbaanscore wordt opgenomen als continue variabele. Ook hierbij wordt geen significant effect van de rijbaanscore gevonden (Tabel 4.9).

Tabel 4.9: Resultaten van model 7

Omschrijving	Coëfficiënt	Standaardfout	t-waarde	p-waarde
Rijbaanscore (NH-criteria)	-0,014	0,028	-0,485	0,628

## 4.4 Conclusies

We nemen waar dat de resultaten van de crash prediction models (CPM) afhangen van hoe de modellen worden gespecificeerd. De best presterende modellen uit de reeks zijn modellen 1 en 5. De resultaten tonen enkele significante bijdragen van obstakelvrije afstand, erfaansluitingen, en rijrichtingscheiding gevonden. De invloed van de obstakelvrije afstand en erfaansluitingen zijn in de verwachte richting, maar die van de rijrichtingscheiding niet.

De analyse met behulp van de gegevens uit Noord-Holland had twee beperkingen ten opzichte van de oorspronkelijke analyse voor ProMeV Light (zie *Bijlage D en H* en Bax et al., 2017b):

1. Er waren beduidend minder meetpunten opgenomen in de analyse (doordat gegevens van een enkele provincie worden gebruikt), waardoor effecten niet altijd statistisch significant waren
2. Er moest door een registratieprobleem met de HM-locatie in BRON in recente jaren over gegaan worden op een analyse op wegvak- of 1km-stuk-niveau, wat tot minder vaak een significante invloed van kenmerken heeft geleid (beperkte statistische 'power').

We hebben de significante bijdrage aan de voorspelling van het aantal ongevallen met de ProMeV Light-score of de componenten (zoals de rijrichtingscheiding; Bax et al., 2017b) wel met de oorspronkelijke gegevens, maar niet met de nieuwe gegevens (uit Noord-Holland) kunnen repliceren. Omdat we de oorspronkelijke relaties tussen ProMeV Light-scores en wegkenmerken en ongevallen konden bevestigen, kunnen we ervan uitgaan dat het niet volledig kunnen repliceren van het oorspronkelijke resultaat met de gegevens uit Noord-Holland waarschijnlijk te maken heeft met een te beperkt aantal observaties. Voor de berekening van de rijbaanscores in *Hoofdstuk 5* blijven we daarom uitgaan van de eerder gevonden relaties. Toekomstige analyses waar bijvoorbeeld gegevens uit meerdere provincies worden samengevoegd zullen nodig zijn om de rol van ETW-kruisingen verder te bevestigen. Met een grotere dataset kan ook nagegaan worden hoe belangrijk de aanname van onafhankelijke meetpunten of wegsegmenten in de analyse is.

## 5 Toepassing model voor scores wegvakken en kruispunten

In dit hoofdstuk gaan we dieper in op de berekening van de scores voor rijbanen en de kruispunten. De berekening van de scores voor rijbanen zal grotendeels de ProMeV Light-methode volgen, met uitbreidingen naar andere snelheidslimieten en de inclusie van een extra kenmerk (de aan- of afwezigheid van ETW-kruispunten). De berekening van scores voor kruispunten betreft een nieuw ontwikkelde methode die in dit rapport als de NH-methode of NH-verkeersveiligheidsmodel heet. De resulterende scores zijn aan de provincie beschikbaar gemaakt in de vorm van een GIS-bestand wat verkenning van deze scores op een kaart toelaat.

### 5.1 Rijbaanscores

Voor het toekennen van scores aan wegvakken maken we gebruik van een uitbreiding van ProMeV Light (Bax et al., 2017b). Omdat ProMeV Light ontwikkeld is voor 80km/uur-wegen, is de methode uitgebreid zodat deze ook bij andere snelheidslimieten kan worden toegepast. In de uitgebreide methode wordt ook rekening gehouden met het eventueel aanwezig zijn van botsvriendelijke lichtmasten en worden er ook criteria gebruikt voor de afstand van de geleiderail tot de rijbaan. Daarnaast wordt bij de wegvak-module een kenmerk toegevoegd, namelijk de dichtheid van ETW-kruispunten die uit ongevallen data lijkt bij te dragen aan vooral flank en kopstaartongevallen op wegvakken. We werken met varianten waarbij de ETW-kruispunten worden meegenomen: een meer liberale variant (minder strenge eisen) die we de Noord-Holland (NH) variant noemen, en de meer conservatieve (strengere eisen) die we de SWOV-variant noemen. De ProMeV Light-variant gebruikt geen ETW-kruisingen, een obstakelvrije afstand van 5 m, geen minimale afstand voor de geleiderail, en gelijke regels voor alle snelheidslimieten. De regels zijn samengevat in Tabel 5.1, waar per snelheidslimiet en kenmerk de te behalen scores worden weergegeven.

De twee nieuwe versies (met extra punt voor de afwezigheid van ETW-GOW-kruisingen bij 80 km/uur of meer) leveren scores tussen 0 en 7 op (Tabel 5.2), terwijl de oorspronkelijke ProMeV Light-regels een score opleverden tussen 0 en 6 (3 voor de obstakelvrije afstand, 2 voor een niet- of moeilijk overrijdbare rijrichtingscheiding en 1 voor de afwezigheid van erfaansluitingen). De ProMeV Light-score houdt rekening met obstakels en de obstakelafstand of met de aanwezigheid van een geleiderail (maar niet afstand tot de geleiderail; Bax et al., 2017b). Zeker is dat de oorspronkelijke ProMeV Light geen rekening hield met de botsvriendelijke lichtmasten/lantaarnpalen (in de nieuwe methode wordt een score van 1 toegekend bij een botsvriendelijke lichtmast op te korte afstand zonder afscherming op voldoende afstand, omdat er achter de lichtmast nog een ander obstakel kan staan).

Tabel 5.1: Scores naar veiligheidsmodelkenmerk

Hoofdkenmerk	Onderscheidend kenmerk	Score naar wegtype		
		60	80	100
Obstakel en obstakelvrije ruime	Botsvriendelijke mast op korte afstand	1	1	1
	Afscherming goed*	3	3	3
	Obstakelafstand goed	3	3	3
Erfaansluitingen	Aanwezig	1	0	0
	Niet aanwezig	0	1	1
Rijrichtingscheiding	Niet-overrijdbaar	0	2	0
	Moeilijk overrijdbaar	0	2	2
	Overrijdbaar	1	0	0
	Geen	2	0	0
ETW-kruispunten	Geen	0	1	1
	1 of meer	1	0	0



\* Afscherming goed duidt op een afscherming op voldoende afstand. Echter we hebben niet beoordeeld op de afscherming vergevingsgezind is. Betonnen constructies op juiste afstand worden dan ook als goed gerekend maar de provincie zou alle geleideconstructies apart moeten beoordelen op vergevingsgezindheid (Louwerse & Van Petegem, 2018; Van Petegem, Louwerse & Commandeur, 2017).

Tabel 5.2: Minimale obstakelvrije afstanden en minimale geleiderailafstanden (uitgedrukt in meters) onder twee scenario's (NH en SWOV) voor de verschillende snelheidslimieten. Hoe langzamer er gereden wordt, hoe dichterbij de obstakels en geleiderails mogen staan. Voor ProMeV Light wordt steeds een minimale obstakelvrije afstand van 5 m aangenomen (voor iedere snelheidslimiet) en een minimale afstand tot de geleiderail van 0m (voor iedere snelheidslimiet).

Limiet (km/uur)	NH-obstakel	SWOV-obstakel	NH-geleiderail	SWOV-geleiderail
30	1,5	1,5	0	0
50	1,5	1,5	0	0
60	3	4,5	1,5	2
70	4	4,5	1,5	2
80	5	6	1,5	2,5
100	6	8	2,5	3,4

Om te onderzoeken of de verschillen in de minimale obstakelvrije afstand onder de NH en SWOV-criteria tot verschillende uitkomsten leiden, toont Tabel 5.3 de verdeling van rijbaanscores voor 80km/uur-meetpunten onder de drie methoden. Aangezien de oorspronkelijke (ProMeV Light-) manier van berekenen geen score bevat voor de aanwezigheid van ETW-kruisingen, heeft deze rijbaanscore geen waardes gelijk aan 7. De tabel laat tevens zien dat onder de minder strenge regels voor de obstakelvrije afstand onder de NH-rijbaanscore, het aandeel scores gelijk aan 7 hoger is. Erg grote verschillen worden er niet gevonden tussen de NH- en de SWOV-varianten.

Tabel 5.3: Verdeling van de meetpuntscores over de 3 meetvarianten

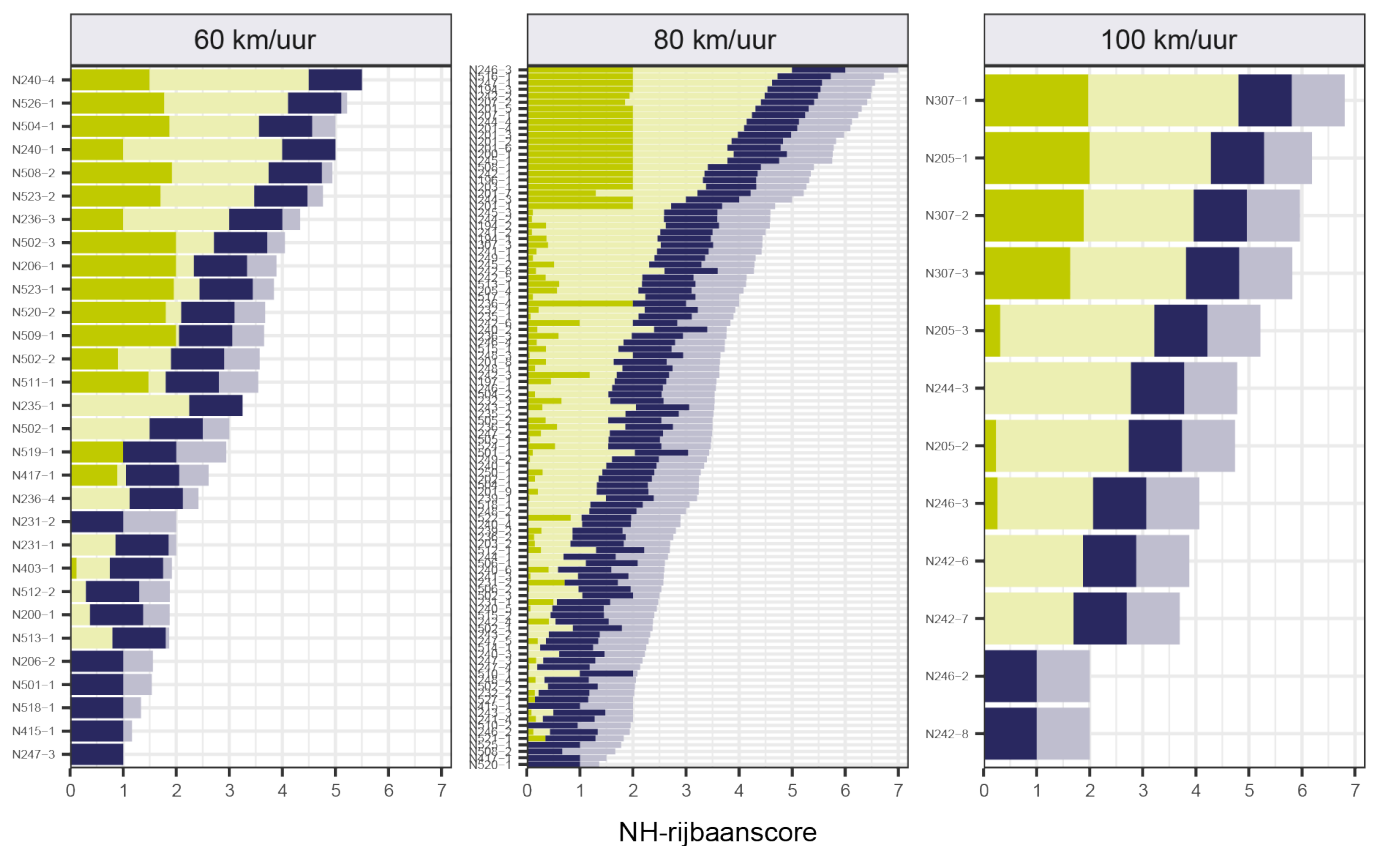
Rijbaanscore	0	1	2	3	4	5	6	7
NH	0,4%	9,2%	34,1%	2,3%	14,8%	28%	0,3%	10,9%
ProMeV Light	7,8%	36%	0,4%	17%	26,6%	0,3%	12%	-
SWOV	0,4%	10,2%	39,2%	2,3%	15,4%	23,3%	0,2%	8,8%

De verdeling hierboven laat zien dat scores van 2 en 5 het meeste voorkomen op de meetpunten. De provincie is echter minder geïnteresseerd in welke meetpunten goed scoren en eerder welke trajecten wel of niet goed scoren. Om tot een trajectscore te komen worden daarom de meetpuntscores binnen een traject gemiddeld.

Afbeelding 5.1 laat deze scores per traject zien, met daarbinnen de wijze waarop deze scores zijn opgebouwd. Om na te gaan hoe de verdeling van deze scores samenhangt met de daar geldende snelheidslimiet, tonen we per onderdeel de verdeling voor elke snelheidslimiet. Hierbij kunnen trajecten meerdere keren voorkomen, omdat ze gedeeltes met verschillende snelheidslimieten kunnen hebben.

De afbeelding laat zien dat op 60km/uur-stukken de maximale score van 7 niet wordt gehaald. Met name op het vlak van erfaansluitingen lijken deze stukken minder goed te scoren, al moet er rekening worden gehouden met dat dit kenmerk maar 1 punt oplevert. De delen met een limiet van 100 km/uur lijken vaker goed te scoren.

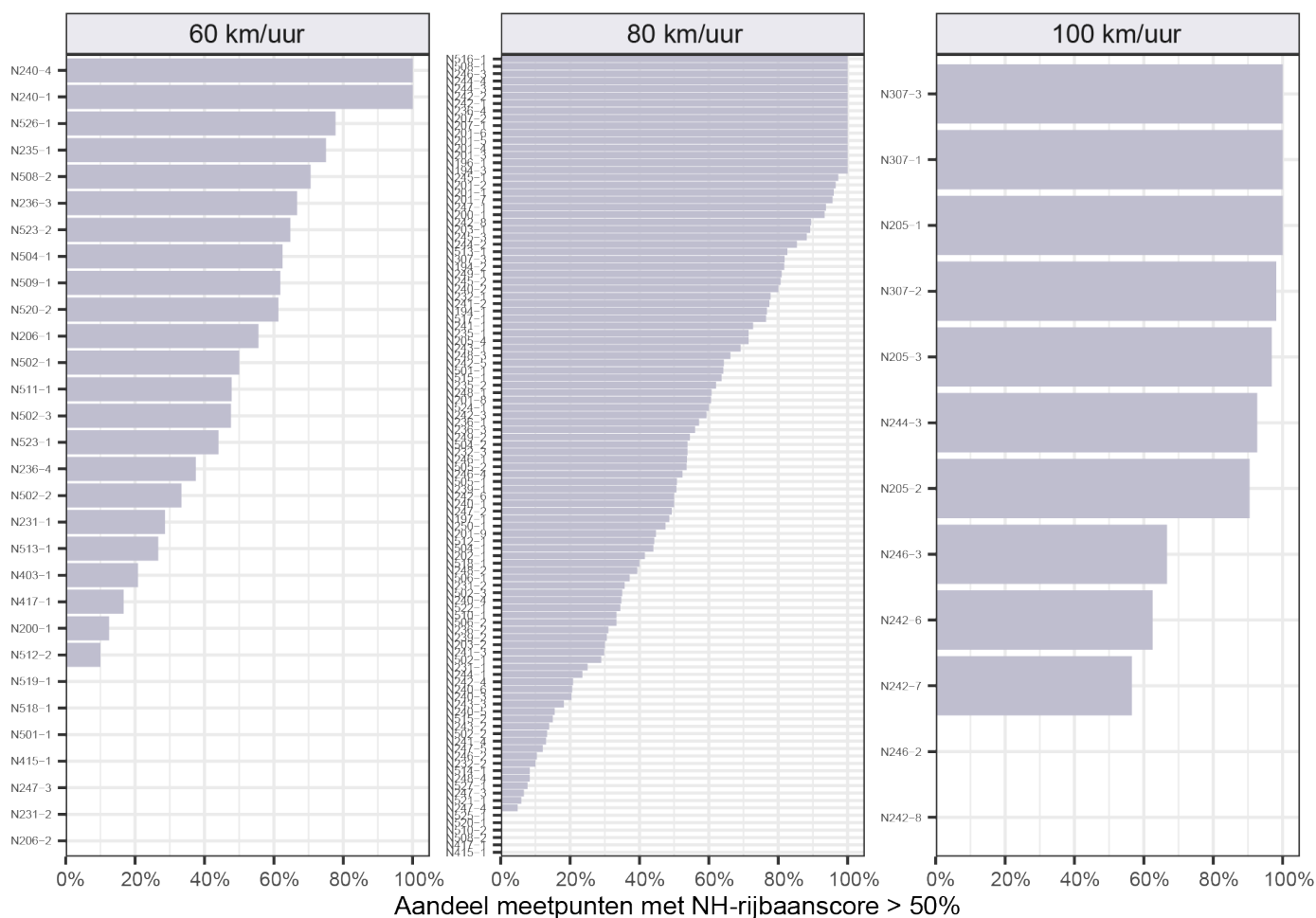
Goede rijrichtingscheiding
  Geen problematische obstakels
  ETW-kruispunten
  Erfaansluitingen



Afbeelding 5.1. Verdeling van gemiddelde NH-rijbaanscore per traject en snelheidslimiet (60, 80 en 100 km/uur). Elk van de staven is een traject. Delen van trajecten kunnen verschillende snelheidslimieten hebben en dus komen sommige trajecten soms in meerdere subplots voor. Merk op dat de gemiddelde lengte van de staven samenhangt met het aantal punten dat elk kenmerk oplevert (2 voor de rijrichtingscheiding, 3 voor de obstakels, en 1 elk voor de ETW-kruisingen en de erfaansluitingen).

Een andere manier om naar deze scores te kijken, is om op een traject het aandeel meetpunten te bepalen dat meer dan 50% van de maximaal score behaalt (dus meer dan 3,5 punten - niet optimaal, maar ook niet slecht). Afbeelding 5.2 laat zien dat voor 60- en 80km/uur-deeltrajecten dit aandeel snel afloopt.

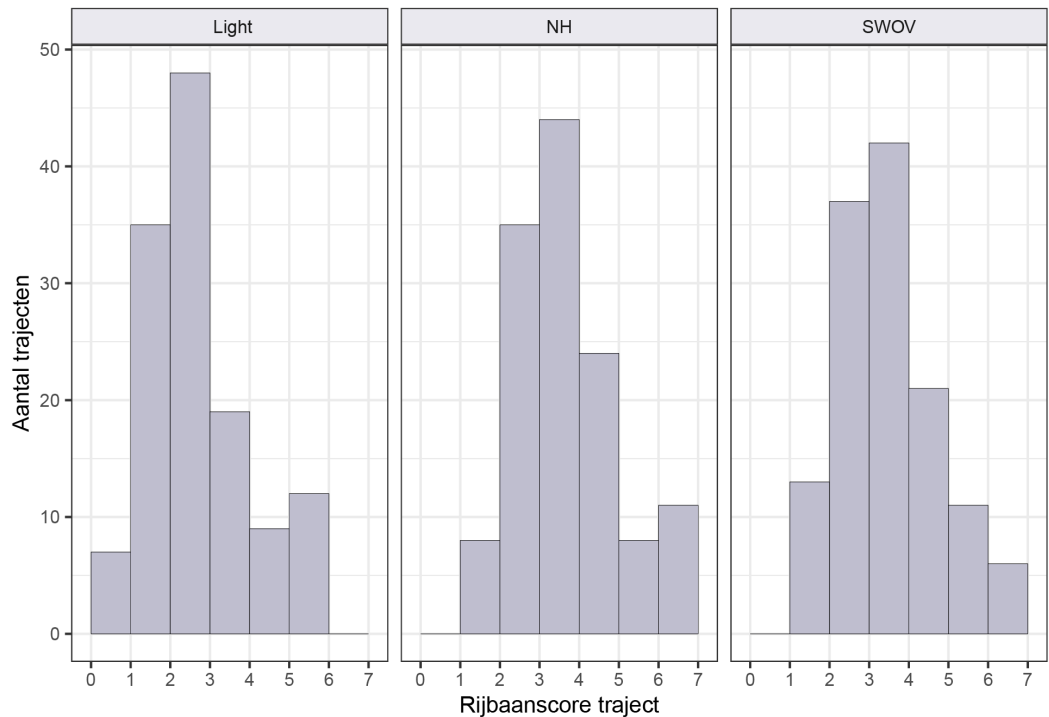




Afbeelding 5.2 Aandeel meetpunten per traject dat een NH-rijbaanscore van ten minste 50% van de maximale score (= 3,5) haalt, uitgesplitst naar snelheidslimiet.

De wegvakcores geven aan dat er relatief veel 60-, 80- en 100-trajecten zijn die niet voldoen aan de 4-inrichtingseisen die hier zijn gesteld. Veel wegen hebben onvoldoende veilige bermen, rijrichtingscheiding en (te) veel erfaansluitingen of ETW-kruispunten. Vanuit een proactieve aanpak is hier dus relatief veel winst te behalen door een systematische herinrichting van de slecht scorende meetpunten en trajecten.

We kunnen ook de verschillende snelheidslimieten samennemen en bepalen wat de gemiddelde score per traject is. De verdeling van deze gemiddelden wordt getoond in Afbeelding 5.3 voor de drie manieren om de score te bepalen. Hier is te zien dat onder ProMeV Light de meeste trajecten een score tussen de 2 en 3 hebben. Bij NH en SWOV worden scores tussen de 3 en 4 het meest gevonden.



Afbeelding 5.3: Verdeling van trajectgemiddelden per wijze van berekening (gemiddelde over alle meetpunten, ongeacht de daar geldende snelheidslimiet).

## 5.2 Kruispuntsscores

Naast de rijbanen zijn ook de kruispunten en rotondes beoordeeld. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in de volgende typen kruispunten:

- > VRI-kruispunten
- > Rotondes en turbo-rotondes
- > Voorrangskruispunten
- > Gelijkwaardige kruispunten

Eerder zagen we al dat er weinig gelijkwaardige kruispunten worden gevonden (10 in totaal). Deze zullen we wel scoren, maar niet altijd rapporteren.

Elk van deze typen kruispunten is beoordeeld met een set kruispunt-specifieke criteria. Zo is bijvoorbeeld voor VRI's het aantal opstelstroken van belang, terwijl voor rotondes het aantal rijstroken op de rotondes zal moeten worden beschouwd. De specifieke criteria tellen op tot een maximale score van 7 punten voor kruispunten en 9 punten voor rotondes (Tabel 5.4). Naast deze kruispunt-specifieke criteria zijn ook twee algemene criteria beoordeeld. Het eerste beoordeelt de combinatie van het soort kruispunt, de DV-categorie van de kruisende wegen en de regeling op het kruispunt (Dijkstra, 2014). Het tweede criterium kijkt naar het aantal takken (3, 4, of meer - 3 takken is daarbij beter dan 4 of 4 takken). De twee algemene criteria leveren een maximale score van 5 punten en worden opgeteld met de kruispunt specifieke score. Het resultaat is een score van maximaal 12 punten voor kruispunten en 14 voor rotondes. Doordat het aantal punten dat verdiend kan worden per type kruispunt kan verschillen, wordt voor de prioritering de score per kruispunt uitgedrukt als een percentage van de maximaal te verdienen score. We berekenen daarbij een percentage voor de kruispuntspecifieke scores (maximaal 7 of 9) en een percentage op basis van de totaalscore (12 of 14 punten).

De verschillende kruispuntencriteria zijn opgesteld in samenwerking met experts op het gebied van infrastructuur bij SWOV. Deze hebben tevens, onafhankelijk van elkaar, voor elk van de criteria het belang voor de verkeersveiligheid gescoord (op een schaal van 1 tot en met 3). De afgeronde, gemiddelde score is vervolgens gebruikt als wegingsfactor voor elk van de scores. De resulterende regels staan beschreven in Tabel 5.4.

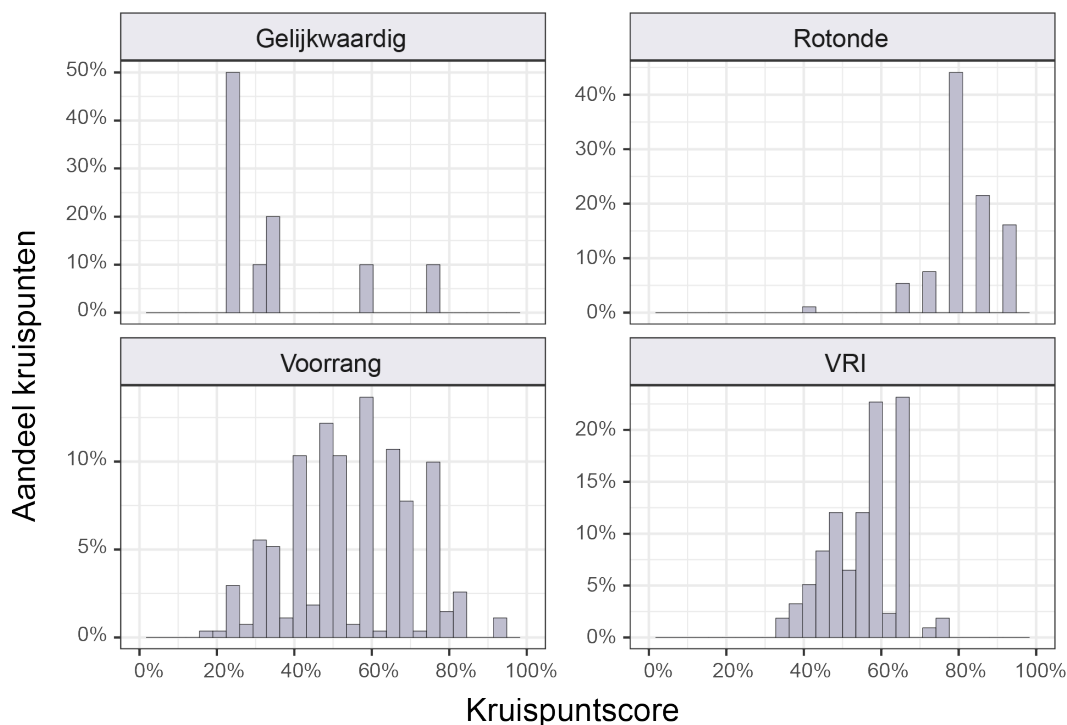
Bij het berekenen van de kruispuntcores is enerzijds bepaald of het kenmerk op het kruispunt aanwezig is en anderzijds of het op de takken (of een proportie van de takken) voorkomt. De som van de elementen geeft de kruispuntscore (bij een kenmerk dat uitgedrukt wordt als een aandeel van de takken wordt dit aandeel vermenigvuldigd met de maximale score om tot een score te komen, dus 2 van 4 takken met het kenmerk maal de kenmerkscore =  $0,5 * \text{score}$ ).

Tabel 5.4 Regels per type kruispunt en het aantal punten dat per regel/kenmerk verdient kan worden.

Type kruispunt	Regel	Maximaal aantal punten
VRI	Fietsers/voetgangers apart geregeld en/of onderscheiden (aandeel per tak)	2
VRI	Aandeel middeneilanden op takken	1
VRI	Aantal Opstelstroken/tak	1
VRI	Aandeel snelheidsremmers/tak	3
Rotonde	Voetgangersvoorziening per tak (geen, onderbroken langsmarkering, zebra) - aandeel per tak	2
Rotonde	Fietsvoorziening (Op rijbaan; fietsstrook; vrijliggend) - aandeel per tak	3
Rotonde	Voorrang (Fietser uit de voorrang, alleen van toepassing bij vrijliggende fietspaden)	2
Rotonde	Aantal stroken/tak en op rotonde	2
Voorrang / gelijkwaardig	Fiets- en voetgangeroversteekvoorzieningen (aan of afwezig) -aandeel per tak	2
Voorrang / gelijkwaardig	Snelheidremmers op takken (per tak en incl. uitritconstructie) - aandeel per tak	3
Voorrang / gelijkwaardig	Aantal stroken per tak (max 1 heen en 1 terug)	2
Algemeen	Kruispunttype	3
Algemeen	Aantal takken (drie is beter dan 4)	2

### 5.2.1 Scores per kruispunttype

Afbeelding 5.4 laat zien dat rotondes relatief vaak een hoge score behalen (als aandeel van de maximaal haalbare score = 14 voor rotondes, zie Tabel 5.4). Gelijkwaardige kruisingen (10 kruispunten in het bestand) scoren overwegend laag. VRI's zitten met name rond de 50% van de maximale score (= 12 voor VRI's).



Afbeelding 5.4. Verdeling van de kruispuntscore (als percentage van de maximaal haalbare score) per kruispunttype.

Tabel 5.5 laat zien dat de scores deels samenhangen met de snelheidslimiet op de takken van het kruispunt (waarbij de hoogste limiet is gebruikt als bepalend voor het kruispunt). Voor rotondes en voorrangskruispunten dalen de gemiddelde scores bij een hogere snelheidslimiet, bij een VRI neemt de score juist toe.

Tabel 5.5: Gemiddelde totale kruispuntscore als aandeel van de maximale score (= 100%) per maximum snelheidslimiet op takken

Soort kruispunt	60	80	100
Ronde	86,2	81,6	71,4
Voorrang	63,1	49,8	45,8
VRI	49,9	55,0	62,2

## 5.2.2 Gemiddelde scores per kenmerk

Om na te gaan op welke kenmerken verschillende kruispunten hoog of juist laag scoren, tonen we hier de gemiddelde score per kenmerk, waarbij we ook de minimale en maximale score als referentie laten zien.

Tabel 5.6 geeft een overzicht met de gemiddelde scores per kenmerk voor VRI's. Voor middeneilanden en het aantal opstelstroken ligt het gemiddelde tegen de maximale score aan. De maximale score voor snelheidsremmers (op de takken of op het kruisingsvlak) wordt nauwelijks gehaald. Dit is een verwacht resultaat want het is bekend dat snelheidsremmers weinig worden toegepast op provinciale wegen in Noord-Holland, vooral niet de 80km/uur-wegen. Echter vanuit DV denken dienen snelheden op het kruisingsvlak beperkt te worden tot bij voorkeur minder dan 50 km/uur of lager en daarom wordt aanbevolen toch te overwegen maatregelen te treffen om snelheden bij kruispunten te remmen om vooral de letselerst en het aantal ongevallen terug te dringen (Dijkstra, 2011; Dijkstra, 2014; SWOV, 2018).

Tabel 5.6. Gemiddelde score per kenmerk voor VRI's (alle snelheidslimieten samen)

Kenmerk	Gemiddelde score	Standaarddeviatie	Minimum	Maximum
Aanwezigheid middeneiland	0,80	0,29	0	1
Ten minste 2 opstelstroken	0,78	0,28	0	1
Aanwezigheid remmer	0,05	0,32	0	3
Aantal takken	1,37	0,51	0	2
Type kruispunt	2,01	0,61	1	3

Tabel 5.7 toont de gemiddelde score per kenmerk voor rotondes. Met name op voetgangers-oversteekvoorzieningen lijkt de maximale score niet altijd te worden gehaald. Voetgangers- en fietsoversteekvoorzieningen zijn een voorkeurskenmerk bij kruispunten, vooral omdat kruispunten zijn bedoeld voor uitwisseling en wegvakken voor stromen. Echter buiten de kom komt het vaak voor dat er niet of nauwelijks voetgangers (of fietsers) zijn en vervolgens worden geen voorzieningen aangelegd en dus is dit resultaat niet geheel onverwacht.

Fietsoversteekvoorzieningen lijken meestal wel aanwezig en voor wegen buiten de kom kan overwogen worden om geen aparte eisen te stellen voor zowel fietsers als voetgangers maar om deze te combineren, als er één voorziening is, is het voldoende. Echter voordat er water bij de wijn wordt gedaan, moet eerst worden uitgesloten dat voetgangersvoorziening toch nodig zijn, hiervoor zijn fiets en voetganger tellingen noodzakelijk.

Tabel 5.7. Gemiddelde score per kenmerk voor rotondes (alle snelheidslimieten samen)

Kenmerk	Gemiddelde score	Standaarddeviatie	Minimum	Maximum
Fietsers in/uit de voorrang	1,83	0,56	0	2
Fietsoversteekvoorzieningen	2,92	0,42	0	3
Aantal takken	1,27	0,51	0	2
Type kruispunt	2,98	0,21	1	3
Aantal rijstroken	1,89	0,45	0	2
Voetgangeroversteekvoorzieningen	0,54	0,89	0	2

Tabel 5.8 toont de gemiddelde score voor voorrangskruispunten. Scores voor snelheidsremmers en voor fietser- en voetgangeroversteekvoorzieningen zijn hier gemiddeld duidelijk onder de maximaal haalbare score. Net als bij VRI's (snelheidsremmers) en rotondes (fiets- en voetgangersoversteekvoorzieningen) zijn deze kenmerken mogelijk niet altijd op provinciale wegen te verwachten. Voor de verkeersveiligheid kunnen ze echter wel een bijdrage leveren.

Tabel 5.8. Gemiddelde score per kenmerk voor voorrangskruispunten (alle snelheidslimieten samen)

Kenmerk	Gemiddelde score	Standaarddeviatie	Minimum	Maximum
Aantal takken	1,69	0,48	0	2
Type kruispunt	2,23	0,98	1	3
Fietser- en voetgangeroversteekvoorzieningen	1,08	1,00	0	2
Snelheidsremmers	0,23	0,71	0	3
Aantal rijstroken	1,36	0,59	0	2

Ook bij kruispunten kan worden geconcludeerd dat veel kruispunten nog niet optimaal zijn ingericht en net als bij de wegvakken, er verbeteringen mogelijk zijn. Een goed vertrekpunt zijn de eisen gesteld door CROW (CROW, 2015) en SWOV (Dijkstra, 2014).

### 5.3 Trajectscores

Zoals aangegeven is de provincie geïnteresseerd hoe trajecten presteren vanuit oogpunt van een risicogestuurde aanpak. Binnen de provincie zijn trajecten delen van N-wegen (een N-weg kan opgedeeld zijn in ongeveer 4 tot 6 trajecten). We berekenen daarom ook scores per traject, waarbij alle meetpunten en kruispunten binnen dat traject worden samengenomen (rijbaanscores plus de kruispuntcores). Om rijbaanscores en kruispuntcores samen te kunnen voegen, worden scores eerst naar een waarde tussen 0 en 100% omgezet.

De berekening van trajectcores geeft inzicht in welke trajecten nu wel, of juist niet, voldoen aan de meest kritische veiligheidseisen voor wegvakken en kruispunten. Bij een proactieve aanpak zouden trajecten met een lage score als eerste in aanmerking moeten komen voor nader onderzoek en eventuele herontwerp/-inrichting, ongeacht overwegingen zoals de hoeveelheid verkeer op de weg, of er ongevallen of incidenten plaatsvinden of dat er te hard wordt gereden. Trajecten met een relatief hoge score voldoen, in principe, aan de belangrijkste eisen en is er voor verkeersveiligheid weinig winst te behalen uit verbeteringen aan de inrichting van de trajecten. In deze paragraaf bespreken we de uitkomsten van de berekende trajectcores in de provincie Noord-Holland.

Op basis van het gemiddelde percentage voor de meetpunten op de rijbanen en de percentages van de kruispunten bepalen we een totaalscore, welke een gewogen gemiddelde is van de wegvakcores (als % van de maximale score) en de kruispuntcores (als % van de maximale score), door middel van 0,46 en 0,54 geweging op basis van gebaseerd op frequenties van ongevallen op provinciale wegen in Noord-Holland zoals in BRON vastgelegd in de periode van 2016 tot 2019. Afbeelding 5.5 laat zien welke trajecten de hoogste scores behalen op dit gewogen gemiddelde. Tabel 5.9 laat de tien hoogst en tien laagst scorende trajecten zien. Indien de provincie kiest voor een echt proactieve aanpak dan zouden de laagste scorende trajecten (o.a. de N514-1, N241-4, N515-2, N246-2 en N415-1) als eerste DV moeten worden gemaakt. Bijlage H en I geven een overzicht van de gehele prioritering van de trajecten - trajectcores zijn ook geleverd binnen het GIS-bestand en als een Excel-bestand. Deze gewogen gemiddelden geven een beeld van de veiligheidskwaliteit van de infrastructuur binnen het traject, ongeacht

het gebruik. Voor een prioritering is het mogelijk dat er ook naar andere aspecten moet worden gekeken, het gebruik, kosten, effecten van ingrepen, andere beleidsdoelen enz. Uiteindelijk zijn dit keuzes die de provincie moet maken maar vanuit een puur proactieve aanpak, is de uitkomst van de rangordening naar slecht tot goed—scorende trajecten een eerste beginpunt om te beginnen met het in orde krijgen van de weg- en kruispuntinrichting, dus voorkomen van ongevallen voordat ze plaatsvinden. Bij een dergelijke aanpak wegen alle wegen gelijk en is de score bepalend. Voor beleidsmakers is dit een vaak niet een bespreekbare optie, er kan namelijk niet hard worden aangetoond welke baten de investeringen met zich mee brengen. In *Hoofdstuk 6* gaan we verder in op het opstellen van een prioritering die rekening houdt met niet alleen deze gecombineerde score, maar ook het aantal ongevallen en de verkeersintensiteit.



Afbeelding 5.5. Hoogst scorende trajecten op het gewogen gemiddelde tussen de rijbaanscores en kruispunt scores. De maximale score is 100%. De weegfactoren van 0,54 en 0,46 zijn gebaseerd op de verhouding van het aantal waargenomen ongevallen op rijbanen en kruispunten.

Tabel 5.9: Trajecten geordend naar gewogen score: 10 hoogst scorende en 10 laagst scorende trajecten.

Traject	Lengte (km)	Rijbaanscore NH (%)	Kruispuntscore	Gewogen score
<b>Hoogst scorend</b>				
N307-1	8,6	97,3	100,0	98,5
N242-2	3,5	92,6	100,0	96,0
N307-2	5,9	85,2	100,0	92,0
N205-1	3,5	89,5	67,5	79,4
N242-6	4,6	56,4	100,0	76,5
N247-1	2,0	94,4	50,0	74,0
N194-1	5,7	66,8	81,7	73,7
N246-1	4,1	50,9	100,0	73,5
N511-1	4,8	50,6	100,0	73,3
N508-2	5,6	68,9	77,8	73,0



Traject	Lengte (km)	Rijbaanscore NH (%)	Kruispuntscore	Gewogen score
<b>Laagst scorend</b>				
N514-1	1,2	32,1	36,5	34,2
N241-4	6,9	28,6	39,7	33,7
N515-2	3,2	44,3	17,9	32,2
N246-2	5,7	27,8	33,3	30,3
N415-1	1,2	22,6	38,1	29,7
N518-1	6,9	42,4	14,3	29,5
N520-1	5,1	23,5	34,9	28,7
N247-5	6,0	33,4	22,6	28,4
N239-2	4,4	45,5	7,7	28,1
N240-3	5,4	31,7	9,5	21,5

## 5.4 Conclusies

De volgende conclusies worden getrokken naar aanleiding van de analyses van de wegvak-, kruispunt- en trajectcores:

### *Wegvakcores*

De maximale score van een wegvak, ongeacht de snelheidslimiet, is '7'. De score '2' en '5' komen veel voor op wegvakken op provinciale wegen in de provincie Noord-Holland. De scores '1' en '7' wat minder vaak maar vaker dan de overige scores. Het verschil tussen de score '2' en '5' komt meestal door de score voor de obstakelafstand, respectievelijk niet of wel volgens de richtlijn.

### *Wegvakken binnen een traject*

Er zijn relatief veel trajecten die niet voldoen aan de richtlijnen: op wegvakken met limiet 80 km/uur zijn het vooral de rijrichtingscheiding en obstakelafstand die niet voldoen. Er is veel variatie in de behaalde score binnen een bepaalde snelheidslimiet. Er zijn weinig trajecten die de maximale score krijgen. Over het geheel scoort ruim de helft van de wegvakken met limiet 60 en 80 km/uur minder dan vier punten. De wegvakken met 100 km/uur vertonen hogere scores.

### *Kruispunten*

De scores van gelijkwaardige kruispunten liggen tussen 25 en 75% van de maximale score, van rotondes tussen 40 en 95%, van voorrangskruispunten tussen 15 en 95% en van VRI-kruispunten tussen 35 en 75%. Bij voorrangskruispunten zijn de verschillen tussen de scores erg groot, bij rotondes tamelijk gering.

### *Trajecten*

De trajectscore is de som van wegvak- en kruispuntcores. Geen enkel traject scoort 100%, maar twintig trajecten scoren ten minste 70% van de maximale score.

Sommige trajecten scoren hoog met de kruispuntscore (100%), wegvakcores zijn bij deze trajecten nooit 100%.

## 6 Prioritering met verkeersintensiteiten, snelheden en incidentmeldingen

In de voorgaande hoofdstukken is gewerkt aan een veiligheidsscore voor wegvakken, kruispunten en trajecten van provinciale wegen in Noord-Holland. Deze kan gebruikt worden voor de prioritering in de aanpak van trajecten. Maar ook andere informatie is van belang, zoals het aantal geregistreerde ongevallen en incidenten en het aantal passerende motorvoertuigen. Dit hoofdstuk bespreekt een aantal methoden voor prioritering. Deze dienen als aanknopingspunt voor de provincie. Bij de daadwerkelijke prioritering kan de provincie ook andere aspecten, zoals onderhoud, milieu en doorstroming, laten meespelen.

Duurzaam Veilig (DV) vraagt om een proactieve aanpak voor wegen: een aanpak waarbij het ontwerp en de inrichting van de weg zo veilig mogelijk wordt gemaakt om zo ongevallen te voorkomen voordat ze plaatsvinden. Ook bij een risicogestuurde aanpak zoals nu door het SPV (Ministerie van IenW et al., 2018) wordt voorgesteld, worden Safety Performance Indicators (SPI's) gebruikt om het risico in te schatten en om ongevallen te voorkomen. Dit zijn factoren die een (wetenschappelijk) aantoonbare relatie hebben met verkeersongevallen (Aarts, 2018; Hakkert & Gitelman, 2007; Wijlhuizen & Schermers, 2014). Ook voor wegen wordt een dergelijk SPI (kwaliteitscore wegen) beoogd.

In *Hoofdstuk 5* is een dergelijk beoordelingsinstrument voor de wegen in de provincie Noord-Holland toegepast en zijn wegvak-, kruispunt en trajectcores berekend voor de wegen in beheer van de provincie. Hiermee is reeds op basis van een puur proactieve aanpak (dus zonder rekening te houden met het gebruik) een eerste prioritering van de minst en de meest veilige ingerichte wegen uitgevoerd. Met deze methode wordt puur naar de weginrichting gekeken met als doel alle wegen of trajecten die lager scoren dan een drempelwaarde (bijv. 50%), ongeacht gebruik, in de komende jaren optimaal in te gaan richten.

Deze aanpak is echter voor veel wegbeheerders onvoldoende. Wegbeheerders willen het liefst de effecten van ingrepen in kunnen schatten (bijv. in de vorm van een KBA) en daarbij vrijwel altijd gebruik maken van bestaande ongevallen, incidenten, gereden snelheden en/of de intensiteit en samenstelling van het verkeer. In de praktijk leggen wegbeheerders de nadruk op het aanpakken van locaties, wegen en trajecten met de meeste ongevallen, dus de reactieve aanpak. Dit is niet wat het doel van de risicogestuurde aanpak is, deze richt zich op alle locaties met hoogste risico, dus daar waar de kans hoog is en ongeacht of er ongevallen hebben plaatsgevonden.

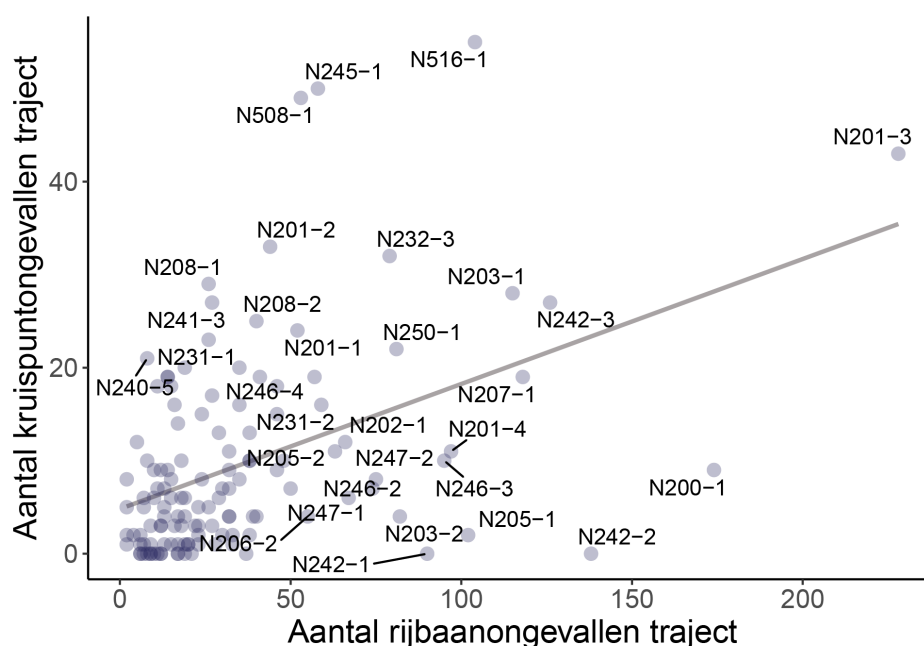
Om praktische redenen is een tweede stap in de prioritering bijna niet te voorkomen, investeringen worden gedaan daar waar ze het hoogste rendement hebben, dus in dit geval, daar waar ze de meeste ongevallen en slachtoffers zullen besparen. Het uitgangspunt daarbij is dan ook het huidig verkeersveiligheidsbeeld, daar waar (de meeste) ongevallen gebeuren de noodzaak het hoogst is. Echter, een andere methode is om ongevallen buiten beschouwing te laten en om te kijken naar de kans op toekomstige ongevallen, dit op basis van verkeersintensiteiten en/of incidenten of andere expositiematen. Bij een dergelijke tweede stap worden expositie en andere data als snelheden, incidentmeldingen en ongevallen bij de beoordeling betrokken om daarmee

te komen tot een prioritering van waar het risico op het wegennetwerk het hoogst is. Hiervoor is een afzonderlijk prioriteringsinstrument gemaakt waarmee de provincie op verschillende manieren risico's inzichtelijk kan gaan maken (reactief en proactief).

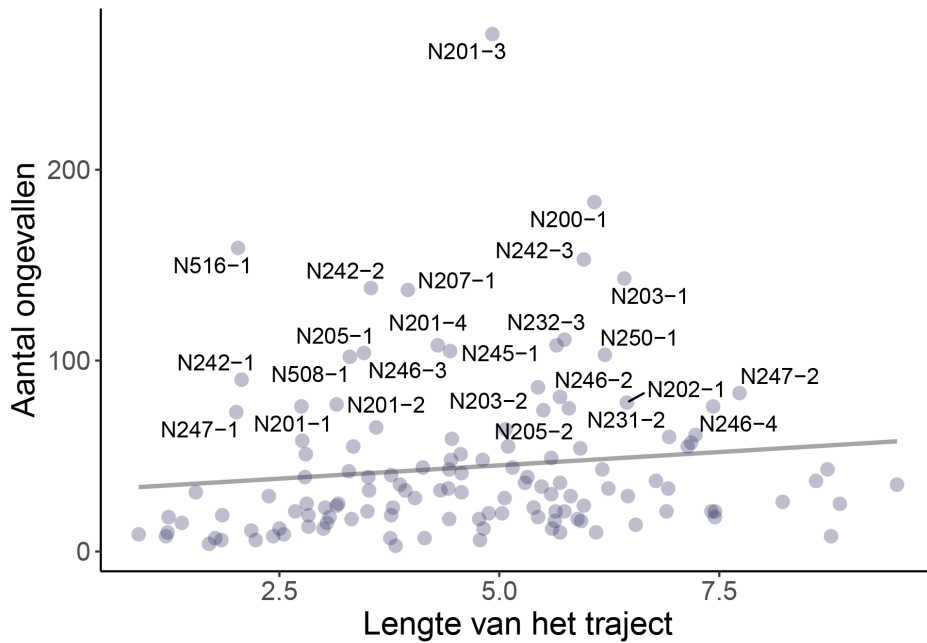
## 6.1 Verkenning van mogelijkheden

Omdat wegbeheerders in de regel onderhoud plegen aan trajecten (of in ieder geval langere delen van wegen) in plaats van individuele weggedelen (bijv. de meetpunten in het huidige onderzoek), wordt de prioritering uitgevoerd op basis van scores voor trajecten. Het doel in de prioritering is tot een ordening te komen van de trajecten onder beheer van de provincie die aangeeft welk traject het beste als eerste aangepakt kan worden. Het komen tot een dergelijke prioritering ligt niet meteen voor de hand, omdat verschillende aspecten van de trajecten meegenomen kunnen worden.

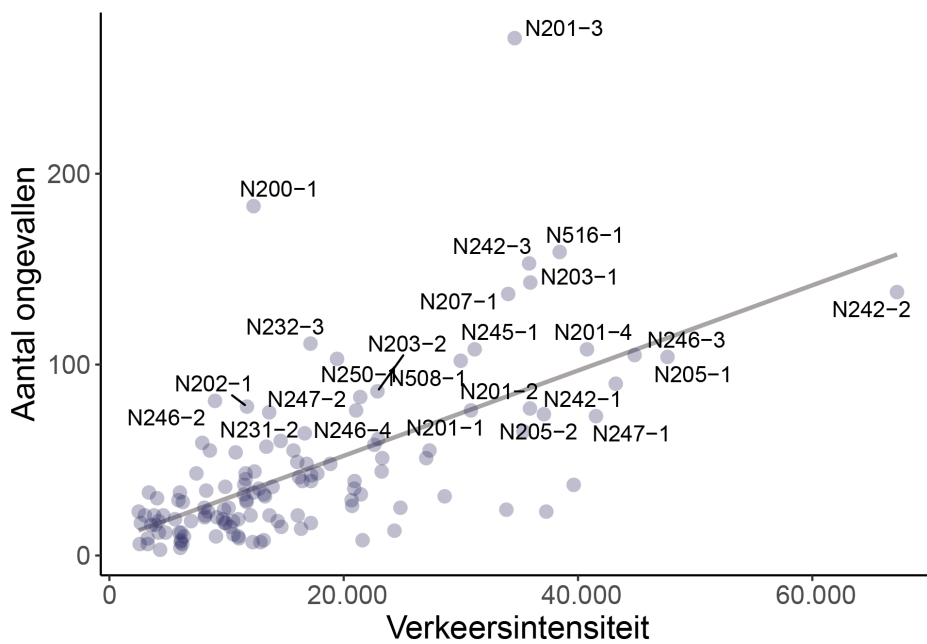
Een eerste benadering is om trajecten te ordenen op basis van hoeveel ongevallen er plaats vinden. Dit wordt geïllustreerd in *Afbeelding 6.1*. Hieruit kunnen we opmaken dat er op bepaalde trajecten relatief veel rijbaan- en/of kruispuntongevallen plaatsvinden (met de hoogste aantallen binnen het N201-3 traject). De vraag is dan meteen of dit automatisch de trajecten zijn die wij moeten aanpakken? Niet noodzakelijk, want er kunnen andere redenen zijn voor het hogere aantal ongevallen: langere trajecten kennen waarschijnlijk meer ongevallen (*Afbeelding 6.2*), en trajecten met een hogere verkeersintensiteit zullen waarschijnlijk ook meer ongevallen kennen (*Afbeelding 6.3*). Het aantal ongevallen kan gedeeld worden door de weglengte (ongevallendichtheid uitgedrukt als ongevallen per kilometer), maar het wordt al snel minder duidelijk hoe te corrigeren voor de verkeersintensiteit (ook delen door de verkeersintensiteit? of door de natuurlijke logaritme van de verkeersintensiteit?).



*Afbeelding 6.1: Aantallen rijbaanongevallen en kruispuntongevallen voor elk traject over de beschikbare jaren (2011-2019) en voor alle soorten letselernst (E1 t/m E5). Voor trajecten met een hoog aantal rijbaanongevallen (> 50) of kruispuntongevallen (> 20) wordt het trajectnummer getoond.*



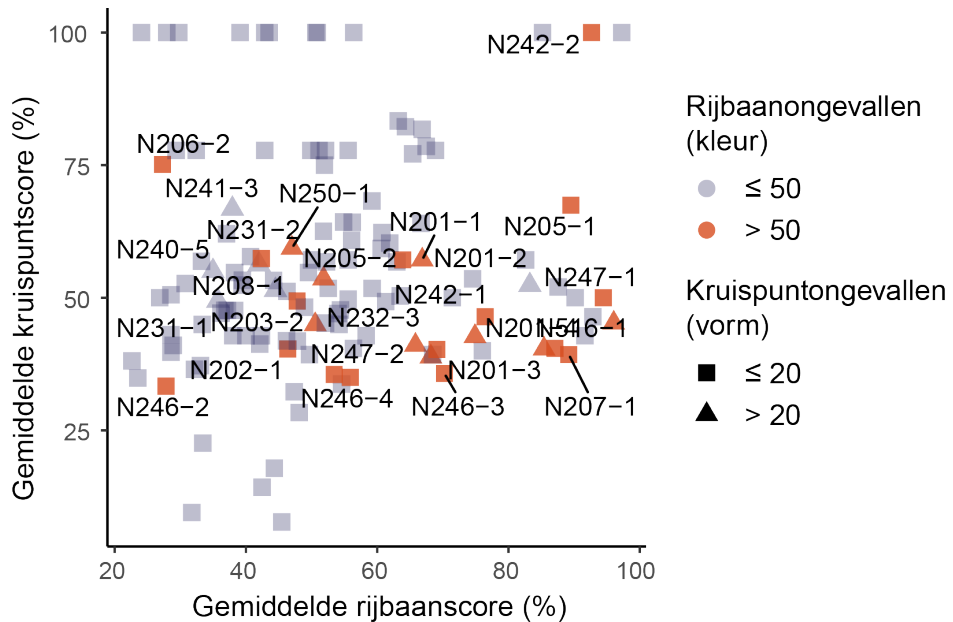
Abbeelding 6.2: Relatie tussen de lengte van een traject en het aantal ongevallen (rijbaan- en kruispuntongevallen samen, alle letselnrst en alle jaren). Het trajectnummer wordt getoond bij meer dan 70 ongevallen



Abbeelding 6.3: Relatie tussen de verkeersintensiteit op het traject en het aantal ongevallen (rijbaan- en kruispuntongevallen samen, alle letselnrst en alle jaren). Het trajectnummer wordt getoond bij meer dan 70 ongevallen.

De nadruk op het aantal ongevallen heeft daarnaast het nadeel dat het een reactieve benadering betreft (de weg wordt verbeterd als de ongevallen reeds gebeurd zijn). Daarnaast geeft het niet direct aan of er werkelijk verbeteringen aan de infrastructuur mogelijk zijn (een perfecte weg kan nog steeds relatief veel ongevallen kennen, omdat er veel verkeer rijdt).

Er kan daarom naar de rijbaanscores en de kruispuntscores gekeken worden, zoals in *Afbeelding 6.4* waar ook een onderscheid wordt gemaakt tussen een laag en hoog aantal ongevallen. Daar volgt uit dat scores niet meteen samen lijken te vallen met het aantal ongevallen (hoge scores kunnen samenvallen met weinig ongevallen, en lage scores met veel ongevallen), met name bij rijbaanscores. De verklaring ligt waarschijnlijk in het gebruik, het verkeer dat op de trajecten rijdt.



*Afbeelding 6.4: Rijbaanscores en kruispuntscores van de verschillende trajecten. Het trajectnummer wordt getoond bij relatief veel rijbaanongevallen (> 50) of veel kruispuntongevallen (> 20). Welk aantal ongevallen hoog is, wordt aangegeven met de kleur (oranjerood) en/of de vorm (driehoek) van het symbool.*

In de volgende paragrafen gaan we in op een aantal methoden om tot een prioritering te komen op basis van de verschillende kenmerken (zoals scores voor infrastructuur, verkeersintensiteit, incidenten en ongevallen). We bespreken eerst de beschikbare kenmerken en variabelen en tonen daarna vijf mogelijke methoden (gewogen gemiddelde, ordenen op rangordes, sorteren op kwantielen, een clusteranalyse en ordenen op grenswaarden). De verschillende methoden leveren een verschillende prioritering op, wat te maken heeft met hoe informatie over de verschillende criteria wordt gewogen en of er groepen van trajecten (clusteranalyse, grenswaarden) worden gevormd, of een complete ordening (kwantielen, gewogen gemiddelden, som van rangordes).

## 6.2 Risico's in kaart brengen en beschikbare variabelen

De meest gebruikte maat voor de onveiligheid in het verkeer is het aantal ongevallen en/of het aantal slachtoffers. Dit zijn volgens het Duurzaam Veilig denken dan ook de uitkomsten (outcomes) of resultaat van het gehele verkeers(management)proces (SWOV, 2018). We maken hier gebruik van deze maat, maar er moet wel aan toegevoegd worden dat er andere manieren zijn om de onveiligheid te meten, zoals het risico, waarbij de afgelegde afstand in een bepaalde groep weggebruikers wordt meegenomen.

### 6.2.1 Ongevallen en incidenten

Er kan onderscheid gemaakt worden in verschillende typen ongevallen en incidenten:

- Het aantal ongevallen met een dodelijke afloop
- Het aantal ongevallen met letsel
- Het aantal ongevallen met uitsluitend materiële schade (UMS)
- Het aantal gemelde incidenten

Voor het bepalen van deze aantallen kan een kortere of langere periode in de tijd worden beschouwd. Een kortere periode heeft als voordeel dat de aantallen beter aansluiten bij de huidige kenmerken van het traject, zoals deze in de huidige studie zijn geannoteerd. Een langere periode heeft echter het voordeel dat aantallen betrouwbaarder kunnen worden geschat en minder van het toeval afhangen, vooral als in een analyse naar individuele meetpunten binnen trajecten of straten wordt gekeken. Voor het gebruikte interval is het ook van belang rekening te houden met wanneer een bepaald traject open is gesteld (voor de openstelling kunnen in principe nog geen ongevallen hebben plaatsgevonden en moeten toch toegewezen ongevallen aan het verkeerde traject zijn toegewezen).

Zo moet ook afgewogen worden of alleen ongevallen met een dodelijk afloop worden meegenomen (beter geregistreerd, maar kleine aantallen), of dat ook ongevallen met letsel (minder goed geregistreerd, maar grotere aantallen) of ook ongevallen met UMS of incidenten meegenomen moeten worden (de grootste aantallen, maar ook de grootste mate van onderregistratie). In de oorspronkelijke ProMeV Light (zie *Bijlage F*; Bax et al., 2017b) zijn alle ongevallen met een dodelijke afloop en met letsel meegenomen. Voor de prioritering kunnen we echter gebruik maken van methoden die het algemene patroon in de ongevallen over trajecten bepalen, dus met ook de UMS ongevallen erbij.

## 6.2.2 Verkeersintensiteit en trajectlengte

Wegen met een hogere verkeersintensiteit en wegen die langer zijn, kennen ook vaak meer ongevallen. Om rekening te houden met de expositie dienen, naast de aantallen ongevallen, daarom ook de verkeersintensiteit en de lengte van de trajecten te worden meegenomen. De lengte van de trajecten kan hierbij als een losse variabele in de prioritering worden opgenomen. Er kan voor elk van de ernst-categorieën ongevallen ook de dichtheid worden bepaald (het aantal ongevallen per kilometer weglengte). De verkeersintensiteit kan weer zonder transformatie worden meegenomen, of de log-transformatie (zodat verschillen kleiner worden) kan worden toegepast. In het regressiemodel (zie *Hoofdstuk 5*) is voor dit laatste gekozen. Voor de schatting van de verkeersintensiteit gaan we uit van gegevens voor de wegvakken. In principe zou ook de verkeersintensiteit voor kruispunten kunnen worden bepaald, maar dit vraagt dat de intensiteit voor elk van de takken bekend is (wat in slechts voor een klein deel van de hier onderzochte kruispunten het geval is). Omdat deze niet overal bekend zijn, wordt dit ook niet verder behandeld.

Voor de prioritering willen we ook gebruik maken van de wegvak- en kruispuntcores. Deze scores kunnen niet zondermeer opgeteld worden, omdat ze een verschillend bereik hebben. Zo lopen de nieuwe NH-scores van 0 tot 7 terwijl de scores voor de kruispunten afhankelijk zijn van het type kruispunt. Rotondes krijgen maximaal 14 punten, terwijl kruispunten met een VRI, voorrangskruisingen en gelijkwaardige kruisingen maximaal 12 punten kunnen krijgen. Om de scores toch te combineren, maken we gebruik van een percentage wat aangeeft welk aandeel van de maximaal te behalen score is bereikt. Omdat ongevallen niet even waarschijnlijk zijn op wegvakken als op kruispunten, passen we ook een weging toe, waarbij de het percentage voor wegvakken met 0,54 vermenigvuldigen voor het op te tellen bij het gewogen percentage voor de kruispunten (weging = 0,46). Deze wegingen zijn gebaseerd op frequenties van ongevallen op provinciale wegen in Noord-Holland zoals in BRON vastgelegd. Hiervoor is gekeken naar ongevallen op kruispunten en rijbanen met letsel in de periode van 2016 tot 2019 (verdeling 4479 kruispunt- en 5226 wegvakongevallen = 0,46:0,54).

Tabel 6.1 geeft een overzicht van de verschillende variabelen die per traject zijn berekend en waarvan onderzocht zal worden hoe deze voor de prioritering gebruikt kunnen worden. In totaal worden er 129 trajecten meegenomen. Bij de selectie is rekening gehouden met aanpassingen/nieuwe aanleg/vervanging enz. Aanpassingen kunnen namelijk invloed hebben op ongevallen, incidenten en intensiteiten. Ongevallen voor die trajecten worden alleen meegenomen als ze geregistreerd zijn in het interval waarop het traject geopend was.

Tabel 6.1. Variabelen en hun betekenis die in een prioritering van trajecten meegenomen gaan worden. Bij de bepaling van de aantallen ongevallen uit BRON is er rekening gehouden met de openstelling van trajecten (en zijn verkeerd gekoppelde ongevallen uit de data verwijderd).

Maat	Uitleg
Intens	Gemiddelde totale intensiteit (links + rechts) op een traject
Ongevallen rijbaan e1 e4	Totaal aantal dodelijke en letselongevallen tussen 2011 en 2019 op de rijbanen binnen het traject tijdens de periode dat het traject geopend was
Ongevallen rijbaan e1 e5	Totaal aantal ongevallen (inclusief UMS) tussen 2011 en 2019 op de rijbanen binnen het traject tijdens de periode dat het traject geopend was
Kruispunt-ongevallen e1 e4	Totaal aantal dodelijke en letsel ongevallen tussen 2011 en 2019 op kruispunten binnen het traject tijdens de periode dat het traject geopend was
Kruispunt-ongevallen e1 e5	Totaal aantal ongevallen (inclusief UMS) tussen 2011 en 2019 op kruispunten binnen het traject tijdens de periode dat het traject geopend was
IM meld	Aantal IM-meldingen 2015-2019
IM ong	Aantal ongevallen 2015-2019 die i.h.k.v. IM zijn geregistreerd
gem score NH perc	De gemiddelde rijbaanscore volgens de NH criteria voor de obstakelvrije afstand, inclusief een score voor de afwezigheid van ETW-GOW op 80 km/uur en sneller
gem score SWOV perc	De gemiddelde rijbaanscore volgens de SWOV criteria voor de obstakelvrije afstand, inclusief een score voor de afwezigheid van ETW-GOW op 80 km/uur en sneller
gem score light perc	De gemiddelde rijbaanscore volgens de oorspronkelijke criteria
perc score	De gemiddelde kruispuntscore inclusief de twee algemene kruispuntcriteria
perc kruissoort score	De gemiddelde kruispuntscore specifiek voor dat type kruispunt (VRI, voorrang, rotonde)
traject perc NH	Het gewogen gemiddelde van de rijbaan- en de kruispuntscore (NH rijbanen, kruispuntspecifieke scores)

Bij het bepalen van het aantal ongevallen per traject is ervoor gekozen een zo lang mogelijke tijdreeks te gebruiken (2011-2019). Dit heeft als voordeel dat er gegevens van verschillende jaren beschikbaar zijn voor het schatten van het aantal ongevallen. Een mogelijk nadeel is dat tijdens de periode de situatie op de weg kan zijn veranderd en daardoor ook het ongevallenbeeld is veranderd. De geannoteerde gegevens zijn een momentopname in 2020 en weergeeft misschien niet de situatie op de weg in bijvoorbeeld 2011. Hier zal in de interpretatie rekening mee moeten worden gehouden. Er zijn wel enkele correcties toegepast: Van sommige trajecten is namelijk bekend dat deze pas later zijn aangelegd (zoals de N194 en de N307, welke pas in 2018 open zijn gesteld). Aan deze trajecten zijn op basis van geografische locatie toch ongevallen voor het jaar van openstelling toegekend. We hebben daarom een correctie toegepast en nemen alleen ongevallen mee die gebeurd zijn op deze trajecten na openstelling.

Trajecten zijn samengesteld uit stukken met een verschillende snelheidslimiet. Voor elk van deze stukken zijn per meetpunt scores bepaald, waarbij rekening is gehouden met de daar geldende snelheidslimiet. Bij het bepalen van de trajectscores hebben we ervoor gekozen alle meetpunten binnen dat traject mee te nemen, dus ook de meetpunten met een andere snelheidslimiet. De trajectscores die hier worden besproken en de prioritering van de trajecten op basis van deze scores vindt dus plaats op een gemiddelde van scores onder een verschillende snelheidslimieten. Wel moet worden opgemerkt dat het merendeel van de meetpunten een snelheidslimiet van 80 km/uur heeft, en dat trajectscores daardoor voornamelijk de situatie bij een snelheidslimiet van 80 km/uur weergeven.



## 6.3 Prioritering

We gaan hier in op een viertal methoden om tot een prioritering te komen van de trajecten. In de illustraties tonen we hier alleen de 'slechtst' scorende trajecten, dus die met de hoogste prioriteit (om afbeeldingen en tabellen leesbaar te houden). De complete tabel met prioriteringen van alle trajecten wordt in de *Bijlage I* gegeven, waaruit ook de best scorende trajecten bij elke prioritering kan worden afgeleid.

### 6.3.1 Gewogen gemiddelde

Om tot een prioritering te komen, kan een gewogen gemiddelde worden bepaald, en voor dit gewogen gemiddelde de slechts scorende trajecten worden vastgelegd. Een dergelijke gewogen gemiddelde zou kunnen bestaan uit een gewogen som van de kruispuntscore (als een percentage van de maximum score) en de rijbaanscore (ook als percentage van de maximum score). Eerder zagen we al hoe een dergelijk gewogen gemiddelde kan leiden tot een (proactieve) prioritering waar geen rekening wordt gehouden met de expositie (en dus de kans op ongevallen).

Een prioritering op basis van een gewogen gemiddelde heeft echter enkele beperkingen:

- Er moet een keuze worden gemaakt voor de gewichten waarmee de verschillende componenten aan het gewogen gemiddelde bijdragen
- Wanneer de onderdelen het gewogen gemiddelde op verschillende schalen zijn gemeten, wordt het bepalen van deze gewichten moeilijker

Bij het middelen van twee percentages, zoals dat voor de kruispuntscore en de rijbaanscore (beide als aandeel van de maximaal te behalen score) geeft dit laatste punt weinig problemen. Wanneer echter verkeersintensiteit (gemeten in de duizenden voertuigen) of letselongevallen op kruispunten (vaak aantallen onder de 20 op een traject) worden meegenomen, dan wordt snel onduidelijk hoe de wegingsfactoren te kiezen.

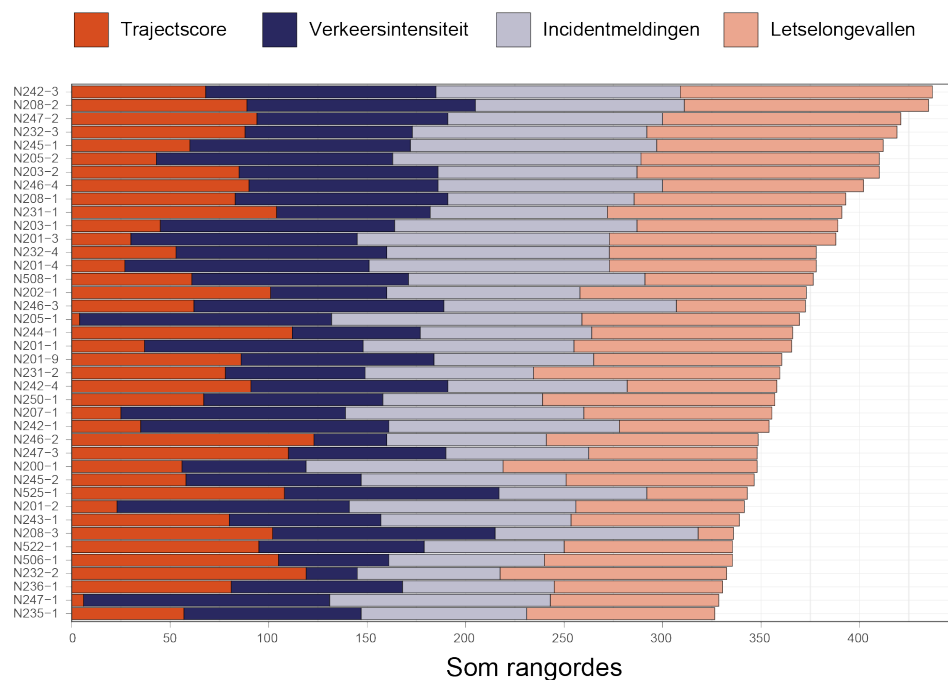
Vanwege de beperkingen van deze methode wordt prioritering op basis van het gewogen gemiddelde niet verder behandeld.

### 6.3.2 Som van rangordes

Een alternatief voor het gebruik van een gewogen gemiddelde is het gebruik van de som van de rangordes van elke score. Voor elk van de scores (trajectscore, verkeersintensiteit, ongevallen en intensiteiten, en trajectlengte) wordt de rangorde binnen de set van trajecten bepaald (rangorde = op welke plaats een traject komt bij het ordenen van de trajecten van de slechts scorende tot de best scorende). Op basis van de som van deze rangordes wordt een prioritering vastgesteld. De componenten worden hierbij zo geordend dat de rangorde een hoge waarde als het een hoge prioritering vraagt, zoals een hoge intensiteit, een hoog aantal ongevallen of een lage score op basis van de wegkenmerken. *Afbeelding 6.5* toont het resultaat van een dergelijke procedure op basis van vier van de kenmerken uit Tabel 6.1. Voor- en nadelen van het gebruik van prioritering op basis van rangordes zijn als volgt:

- Er kunnen geen gewichten worden toegekend aan de verschillende criteria en er hoeven daarvoor dus ook geen keuzes te worden gemaakt.
- Er kunnen criteria met verschillende schalen (scores, aantallen motorvoertuigen of aantallen incidenten/ongevallen) gecombineerd worden. .
- Kleine verschillen op een bepaalde component wegen even zwaar als grote verschillen.
- Bij meerdere maten die ongeveer hetzelfde meten (bijvoorbeeld meerdere maten van het aantal ongevallen) zal een aspect zwaarder meewegen dan bij iets waarvoor maar één maat beschikbaar is (zoals verkeersintensiteit).



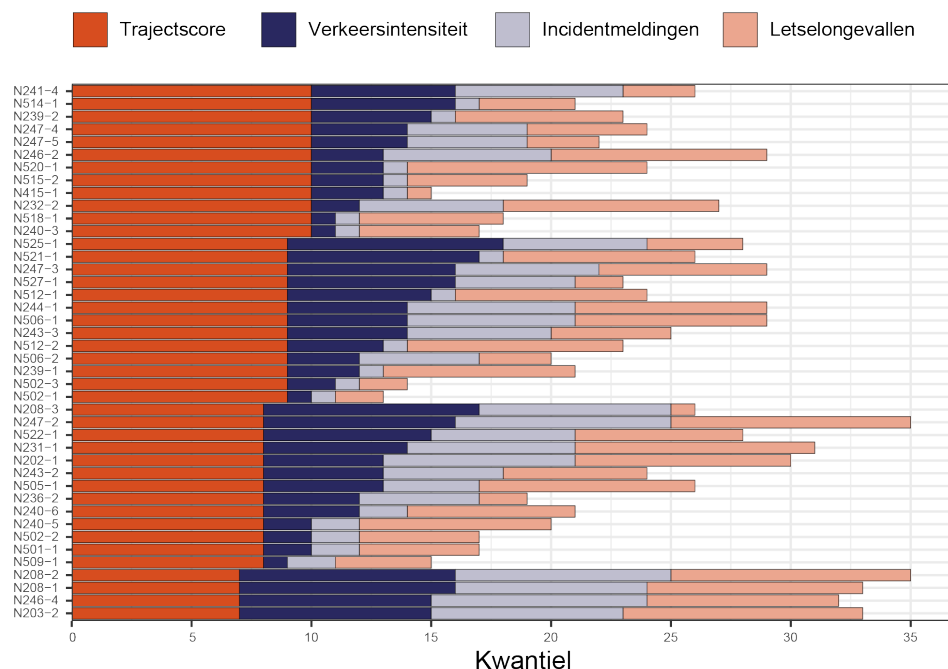


Afbeelding 6.5. Hoogst geprioriteerde trajecten op basis van de som van de rangordes van vier kenmerken. De gehele lijst met trajecten kan in de Bijlage H en I worden gevonden.

### 6.3.3 Sorteren op kwantielen

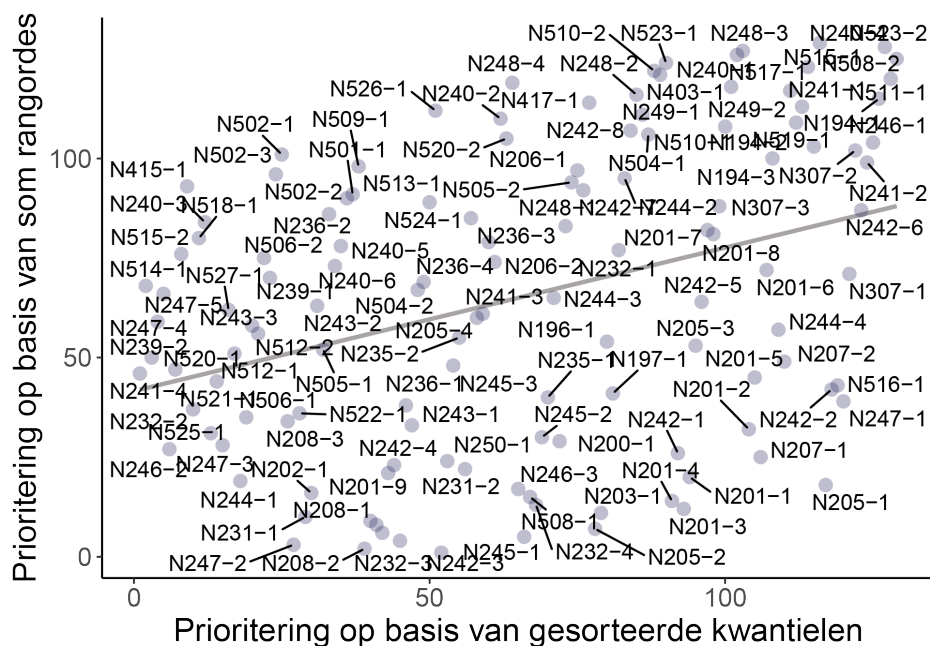
Een andere methode om tot een prioritering te komen is om opeenvolgend op verschillende kenmerken te sorteren. Als op de waarden zelf gesorteerd zou worden, domineert een bepaalde component compleet de prioritering. Om dit te voorkomen kan elke component eerst in kwantielen worden ingedeeld. We voeren deze methode uit met 10 kwantielen per component. Bij het instellen van de kwantielen per component worden eerst alle scores geordend van goed naar slecht scorend, en vervolgens klassen toegekend voor de eerste 10% van de trajecten, de volgende 10% van de trajecten enzovoort. Zo krijgen de beste 10% van de scores op een kenmerk op deze manier een kwantielscore van 1 en bijvoorbeeld de 90-100% slechtste scores een kwantielscore van 10. We sorteren vervolgens de kwantielscores van hoog naar laag op volgorde van de traject-score, dan de verkeersintensiteit, dan het aantal meldingen en daarna het aantal ongevallen.

Afbeelding 6.6 illustreert een uitsnede van een dergelijke sortering, namelijk de veertig trajecten met een hogere prioritering (de hoogste bovenaan) (de gehele sortering is in de Bijlage H en I terug te vinden). Te zien is dat de verschillende kenmerken niet in gelijke mate bijdragen aan de prioritering. Alle trajecten met het hoogste kwantiel voor de trajectscores komen bovenaan te staan. Binnen de groep met gelijke kwantielen voor trajectscores, wordt een sortering gevolgd op het kwantiel van verkeersintensiteit, en daarna volgen de meldingen en het aantal ongevallen. Een variant van deze methode die meer lijkt op het gebruiken van de som van rangordes, en een minder sterke rol geeft aan bepaalde kenmerken, is om eerst kwantielen te bepalen en dan te prioriteren op de som van deze kwantielen (de prioritering op basis van de som van rangordes is hiermee vergelijkbaar, maar deelt de trajecten in een aantal kwantielen dat gelijk is aan het aantal trajecten). Een andere mogelijkheid om te variëren is door een andere volgorde te hanteren in de sortering van de componenten waarop de sortering plaats vindt (de getoonde volgorde van sortering is immers slechts een voorbeeld).



Afbeelding 6.6. Illustratie van sorteren op kwantilen op volgorde van trajectcores, intensiteiten, incidentmeldingen en ongevallen. Het belang van elke component loopt van links naar rechts: het kwantiel van de trajectscore domineert de prioritering.

Afbeelding 6.7 laat zien dat de prioritering o.b.v. de som van rangen en ordening van kwantilen slechts matig is gecorreleerd (echter wel significant:  $r = 0,36$ ,  $p < 0,001$ ), ook al wordt gebruik gemaakt van dezelfde vier kenmerken. Omdat het niet meteen duidelijk is welke van de twee methoden beter is, onderzoeken we een alternatieve methode die alle componenten samenneemt om groepen van trajecten te vormen die op elkaar lijken qua scores, verkeersintensiteit en ongevallen.



Afbeelding 6.7. Vergelijking van de prioritering op basis van de som van de rangordes en de gesorteerde kwantilen, beiden gebaseerd op de vier zelfde componenten.

### 6.3.4 Clusteranalyse

Zoals we in *Tabel 6.1* zagen, hebben we een aantal manieren waarop we een prioritering uit kunnen voeren. We betrekken in dit onderzoek vier criteria bij de prioritering (de trajectcores, de verkeersintensiteit, de IM-meldingen en de ongevallen). Met uitzondering van de verkeersintensiteit kunnen we binnen een hoofcategorie ook nog kiezen om een onderverdeling te maken in de prioritering (bij i.p.v. alle ongevallen alleen ongevallen met letsel). Als we alle kenmerken meenemen en gebruik maken van de som van de rangorde, dan gaan aspecten waarvoor er meerdere kenmerken bestaan zwaarder meewegen in de prioritering. Dit is een duidelijke beperking van met name de prioritering op basis van de som van de rangorde. Er kan worden gekozen om maar een maat voor het aantal ongevallen of de kwaliteit van de infrastructuur op te nemen, maar dan is niet meteen duidelijk welke maat voor het aantal ongevallen (met of zonder UMS, welke jaren samengenomen, ook meldingen) de beste is. Een alternatief is een methode die meeneemt of verschillende maten dezelfde soort informatie bevatten. Een clusteranalyse is een dergelijke methode.

Een clusteranalyse zal niet tot een rangorde leiden, maar zal de trajecten in groepen indelen die het meest op elkaar lijken op basis van de criteria. We kunnen vervolgens bepalen of een van deze clusters eruit springt qua verkeersveiligheid.

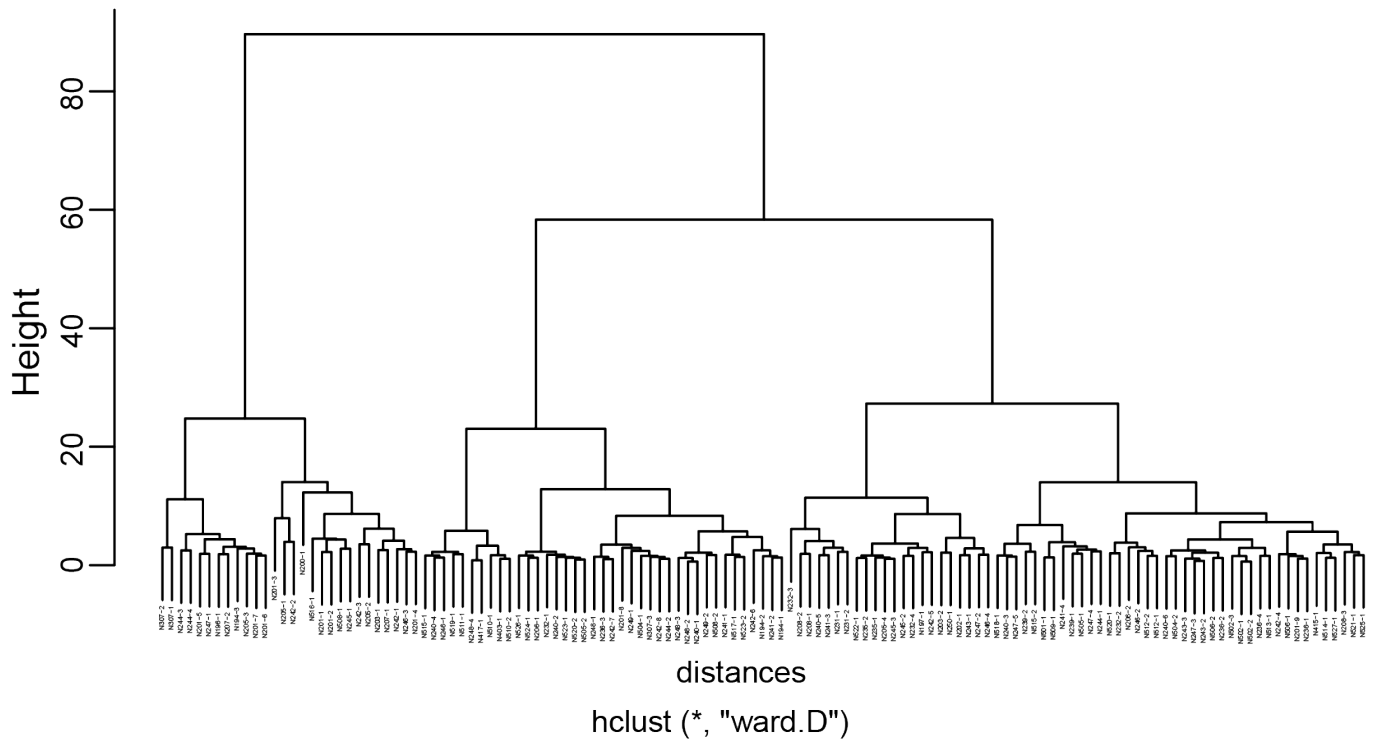
Voor een clusteranalyse moet er tussen elke combinatie van twee trajecten een 'afstand' worden berekend. Er zijn verschillende manieren om de 'afstand' tussen kenmerken te berekenen. Zo kan bijvoorbeeld een correlatie worden bepaald, of de afstand in een hoog-dimensionale ruimte kan worden berekend. De methoden verschillen in welk belang ze hebben aan verschillen in de gemiddelde waarde per traject:

- De ruimtelijke afstand tussen twee trajecten (een hoog-dimensionale ruimte van de verschillende kenmerken zoals aantallen ongevallen, scores en verkeersintensiteit) - verschillen in de gemiddelde waarde worden meegenomen
- De correlatie tussen twee trajecten - verschillen in de gemiddelde waarde worden niet meegenomen

We gebruiken hier de eerste methode, maar omdat verschillende kenmerken op verschillende schalen zijn gemeten (ongevallen zijn vaak waarden onder de 20, maar verkeersintensiteit vaak waarden boven de 1000), standaardiseren we eerst de scores per kenmerk (maken de gemiddelde score gelijk aan 0 en de standaarddeviatie gelijk aan 1). Daarna berekenen we voor elke combinatie van twee trajecten de ruimtelijke (Euclidische) afstand op basis van deze gestandaardiseerde scores.

De keuze voor de gebruikte afstandsmaat heeft doorgaans een grote invloed op de uitkomst van de clusteranalyse. Iets minder sterk bepalend, maar niet geheel onbelangrijk, is de manier van combineren van trajecten en reeds gevormde clusters van trajecten (in de analyse wordt gestart met de trajecten en worden deze stap na stap samengevoegd tot de top van de clusterboom). Als gekozen moet worden of bijvoorbeeld twee nog losstaande trajecten of een losstaand traject en een reeds gevormde cluster samengevoegd moet worden, dan kan er een keuze worden gemaakt over hoe de afstand van het cluster tot het losse traject te bepalen. Er kan gekozen worden voor de kortste afstand (single linkage), de gemiddelde afstand (average linkage) of de verste afstand (complete linkage). Met name de single linkage methode wijkt qua oplossingen af van de andere methoden, omdat deze lange ketens van takken maakt. We maken hier gebruik van een methode die de variantie binnen gevormde clusters zo klein mogelijk maakt, de zogenaamde 'Ward' methode. Met deze methoden en de genoemde kenmerken en gebruikte afstandsmaat, krijgen we de boomstructuur in *Afbeelding 6.8*.

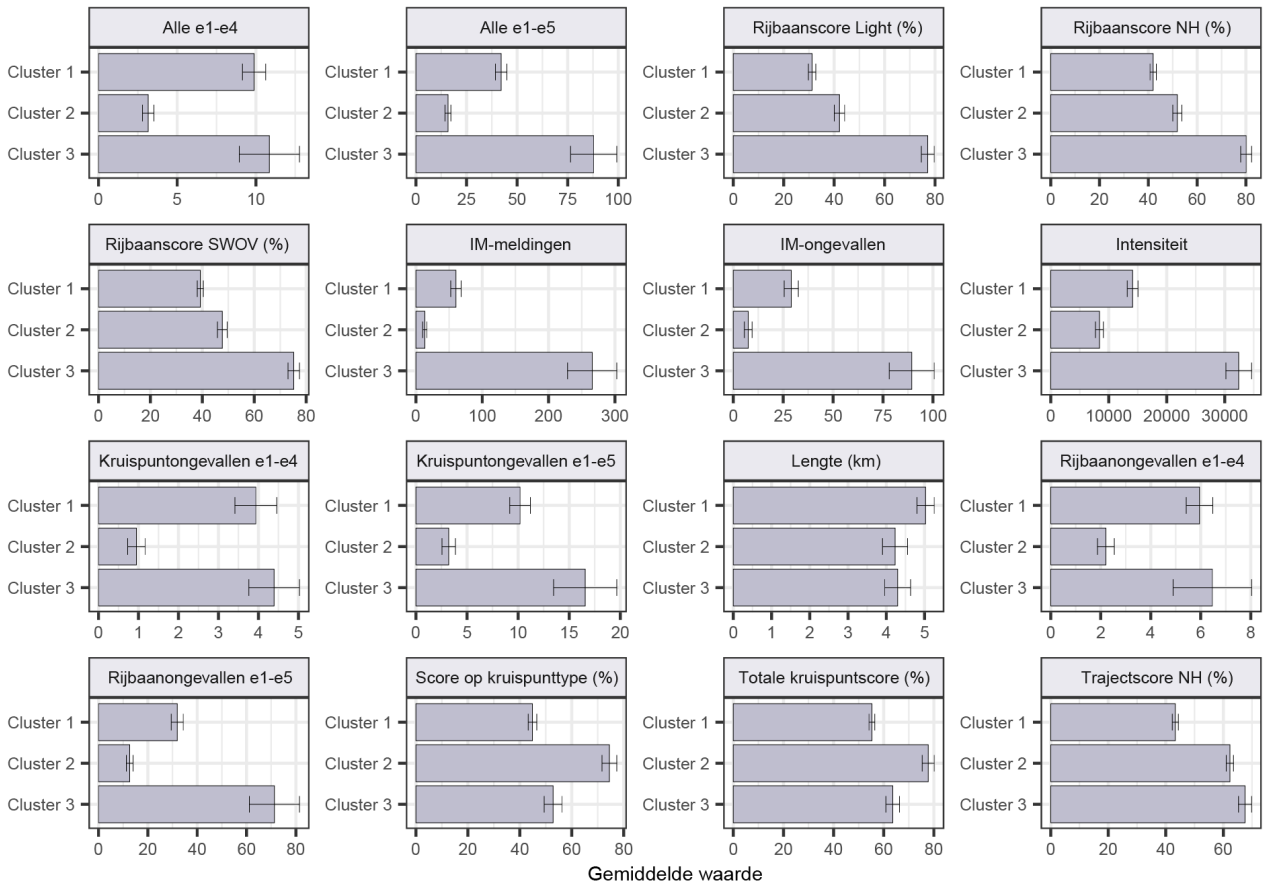
## Cluster Dendrogram



Afbeelding 6.8. Resultaat van hiërarchisch clusteren van trajecten op basis van ongevallengegevens, trajectlengte, verkeersintensiteit, en scores op basis van wegkenmerken. Op de uiteinden van de takken van het dendrogram staan de trajecten. De boom kan op verschillende hoogtes worden doorsneden, om zo op verschillende aantallen clusters te ken clusters te komen. We kiezen er hier voor de boom op een hoogte van ongeveer 40 (gebruikte eenheid onduidelijk) te doorsnijden, zodat drie clusters ontstaan.

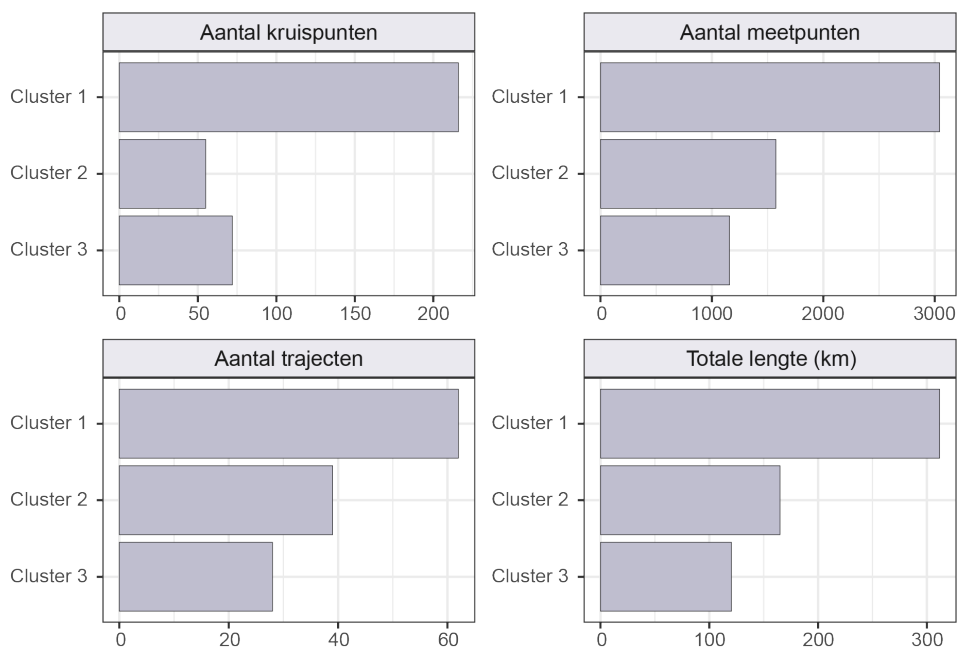
Nu de clusteroplossing is verkregen, moet bepaald worden waar de boom wordt doorgesneden en daarmee hoeveel clusters er worden gevormd. Voor de gegeven boom zijn oplossingen met 3 en met 6 clusters voor de hand liggend (doorsnijden op een hoogte van ongeveer 40 of op ongeveer 20; zie de waardes op de verticale as). Omdat een kleiner aantal clusters waarschijnlijk makkelijker te interpreteren zal zijn, gaan we verder met 3 clusters.

Om nu te onderzoeken waarin deze clusters van elkaar verschillen, berekenen we per cluster de gemiddelde waarde voor elke component. Deze staan weergegeven in Afbeelding 6.9.



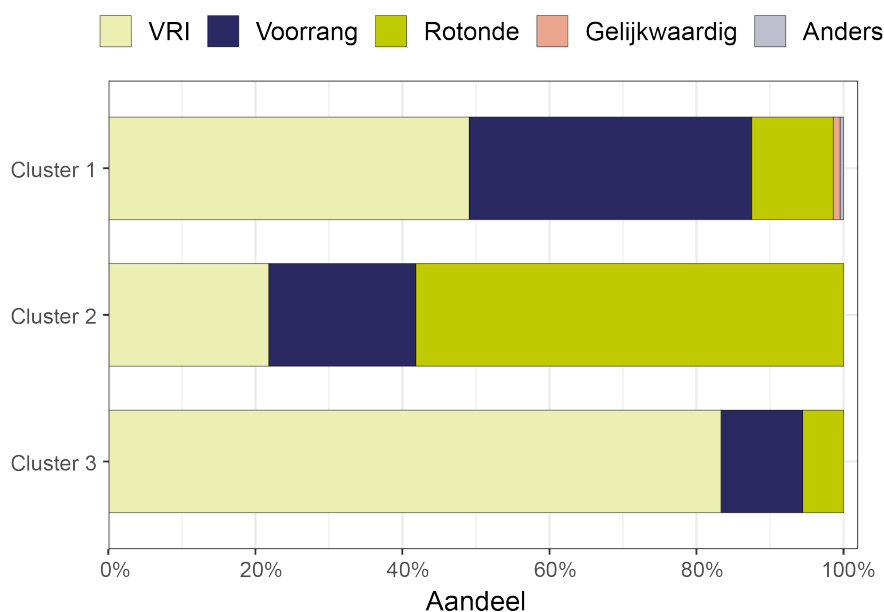
Afbeelding 6.9. Gemiddelden voor de drie clusters die worden verkregen worden met behulp van de hiërarchische clusteranalyse. De foutenmarges tonen de standaard fout van het gemiddelde over de trajecten binnen elk cluster.

Nast de gemiddelden per traject in elk cluster, is het ook van belang te kijken naar de totalen per cluster (Afbeelding 6.10). Cluster 1 is groter dan de andere twee clusters: meer kruispunten, meer meetpunten, meer trajecten en een grotere totale lengte (maar de gemiddelde lengte per traject was vergelijkbaar tussen clusters).



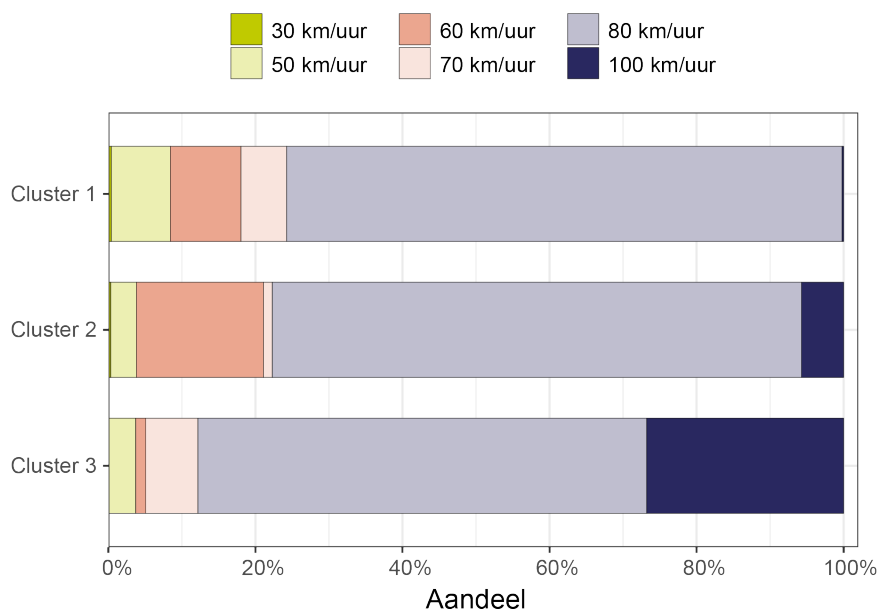
Afbeelding 6.10. Aantallen kruispunten, meetpunten, trajecten en de som van de lengte van de trajecten in elk cluster.

Afbeelding 6.11 laat zien dat trajecten in cluster 2 vooral VRI's bevatten. Trajecten in cluster 1 hebben relatief veel voorrangskruispunten. Trajecten in cluster 3 hebben relatief veel rotondes.



Afbeelding 6.11. Verdeling van het type kruispunt op trajecten in elk cluster.

Afbeelding 6.12 toont de verdeling van de snelheidslimiet van trajecten binnen elk van de clusters. Dit laat zien dat trajecten in cluster 2 relatief veel 100km/uur-meetpunten kennen. Trajecten in cluster 3 hebben relatief weinig 70km/uur-meetpunten.



Afbeelding 6.12. Verdeling snelheidslimiet binnen elk van de clusters.

Samenvattend, kunnen we stellen:

Cluster 1:

- Een relatief groot cluster met veel meetpunten, kruispunten, trajecten en totale weglengte
- Een cluster met een lager aantal ongevallen per traject dan cluster 3, maar meer dan cluster 2
- Een cluster met relatief lage scores voor de rijbaan- en kruispuntkenmerken
- Een cluster met een relatief lage verkeersintensiteit
- Relatief veel meetpunten met een snelheidslimiet van 50 km/uur
- Een cluster met relatief veel voorrangskruisingen

Cluster 2:

- Een kleiner cluster met relatief weinig kruispunten t.o.v. cluster 3
- Een cluster met beduidend minder letselongevallen en UMS-ongevallen
- Een cluster met een lage verkeersintensiteit
- Een cluster met beduidend minder kruispuntongevallen dan clusters 1 en 3
- Een cluster met relatief hoge scores op kruispunten, maar een relatief lagere score voor de rijbanen
- Relatief veel meetpunten met een snelheidslimiet van 60 km/uur
- Een cluster met relatief veel rotondes

Cluster 3:

- Een kleiner cluster met relatief veel kruispunten t.o.v. cluster 2
- Een cluster met relatief veel letselongevallen en UMS-ongevallen
- Een cluster met een hoge verkeersintensiteit
- Een cluster met hoge scores voor rijbanen, maar een mindere score voor kruispunten
- Relatief veel meetpunten met een snelheidslimiet van 100km/uur
- Een cluster met relatief veel VRI-kruispunten

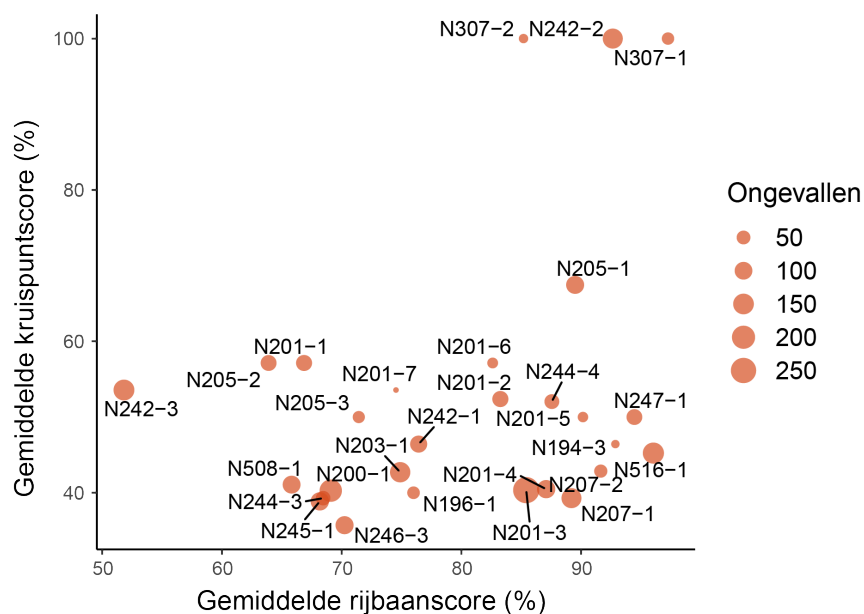
Bij dit alles moet opgemerkt worden dat de gemiddelde trajectlengte vergelijkbaar is tussen de clusters, waardoor aantallen ongevallen en verkeersintensiteit makkelijker te vergelijken zijn. Trajecten in cluster 2 hebben hiermee de laagste prioriteit. Met name veel rotondes die goed scoren, een lage verkeersintensiteit en weinig ongevallen zijn redenen om niet als eerste met deze trajecten aan de slag te gaan. Cluster 1 bevat veel trajecten en zit qua verkeersveiligheid tussen cluster 2 en cluster 3 in. Dit cluster scoort wel relatief laag op zowel rijbaan- en kruispuntkenmerken, waardoor er wel ruimte voor verbetering zou zijn. Cluster 3 is echter het cluster waar als eerste aandacht aan geschonken moeten worden: een cluster met relatief weinig trajecten, een hogere snelheidslimiet, en een hoge verkeersintensiteit met veel ongevallen. In cluster 3 lijken met name de kruispunten de problemen te veroorzaken. Er zijn relatief veel ongevallen op kruispunten en ook scoren de kruispunten minder dan die uit clusters 1 en 2.

Cluster 3 omvat de volgende trajecten: N194-3, N196-1, N200-1, N201-1, N201-2, N201-3, N201-4, N201-5, N201-6, N201-7, N203-1, N205-1, N205-2, N205-3, N207-1, N207-2, N242-1, N242-2, N242-3, N244-3, N244-4, N245-1, N246-3, N247-1, N307-1, N307-2, N508-1, N516-1. Merk op dat dit cluster ook de N203-1 omvat, waarvan we in de inleiding van dit hoofdstuk reeds zagen dat er veel ongevallen zijn geregistreerd.

De interpretatie van de clusteranalyse geeft aan dat trajecten in cluster 3 waarschijnlijk de hoogste prioriteit hebben, en die in cluster 2 de laagste prioriteit. Wat vervolgens nog beschouwd moet worden is:

- Kan er veel gedaan worden aan de trajecten in cluster 3? Sommigen scoren misschien goed op zowel rijbaan- als kruispuntkenmerken.
- Zijn er misschien nog trajecten in cluster 1 (het grote cluster, met tussenliggende scores en ongevallenaantallen) die ook aangepakt zouden moeten worden?

Afbeelding 6.13 toont de rijbaan- en kruispuntenscores voor de trajecten in cluster 3. Daarin is te zien dat een drietal trajecten (N307-2, N242-2 en N307-1) goed scoren. Dit zijn echter trajecten waaraan geen kruispunten werden gekoppeld. De hoge score voor de kruispunten komt dus door de afwezigheid van kruispunten. De diameter van de cirkels in Afbeelding 6.13 geeft het aantal ongevallen weer. Voor N307-2, N242-2 en N307-1 zijn dit de rijbaanongevallen, omdat er geen kruispunten gekoppeld zijn. Uit de diameter lijkt er niet een directe relatie te volgen tussen het aantal ongevallen en de rijbaanscore. Dit bevestigt het idee dat het hogere aantal ongevallen binnen dit cluster trajecten voornamelijk te maken heeft met de lage kruispuntenscore.

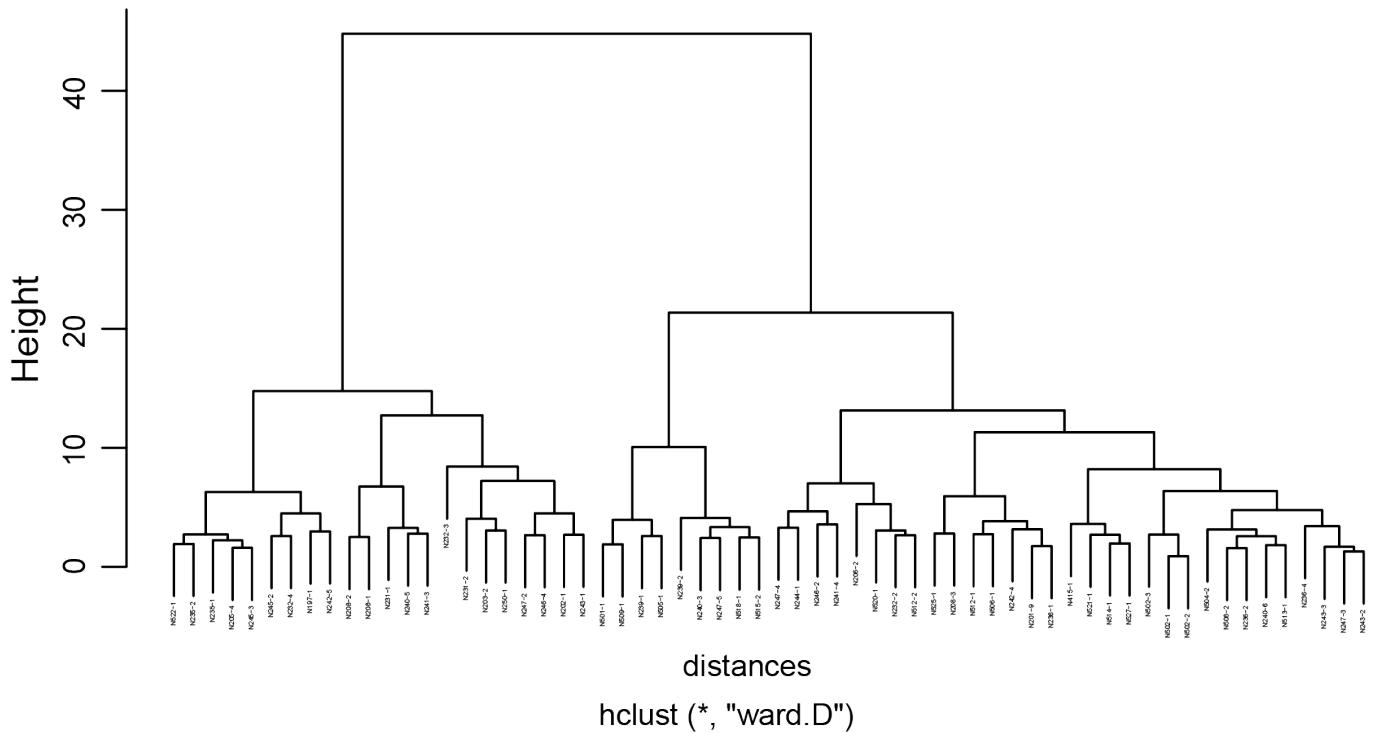


Afbeelding 6.13: Rijbaan- en kruispuntenscores van de trajecten in cluster 3. De diameter van de cirkels geeft het totaal aantal ongevallen weer.

Voor de tweede vraag kan cluster 1 onderworpen worden aan een nieuwe clusteranalyse. Weer lijkt een drie-cluster-oplossing de beste (Afbeelding 6.14).

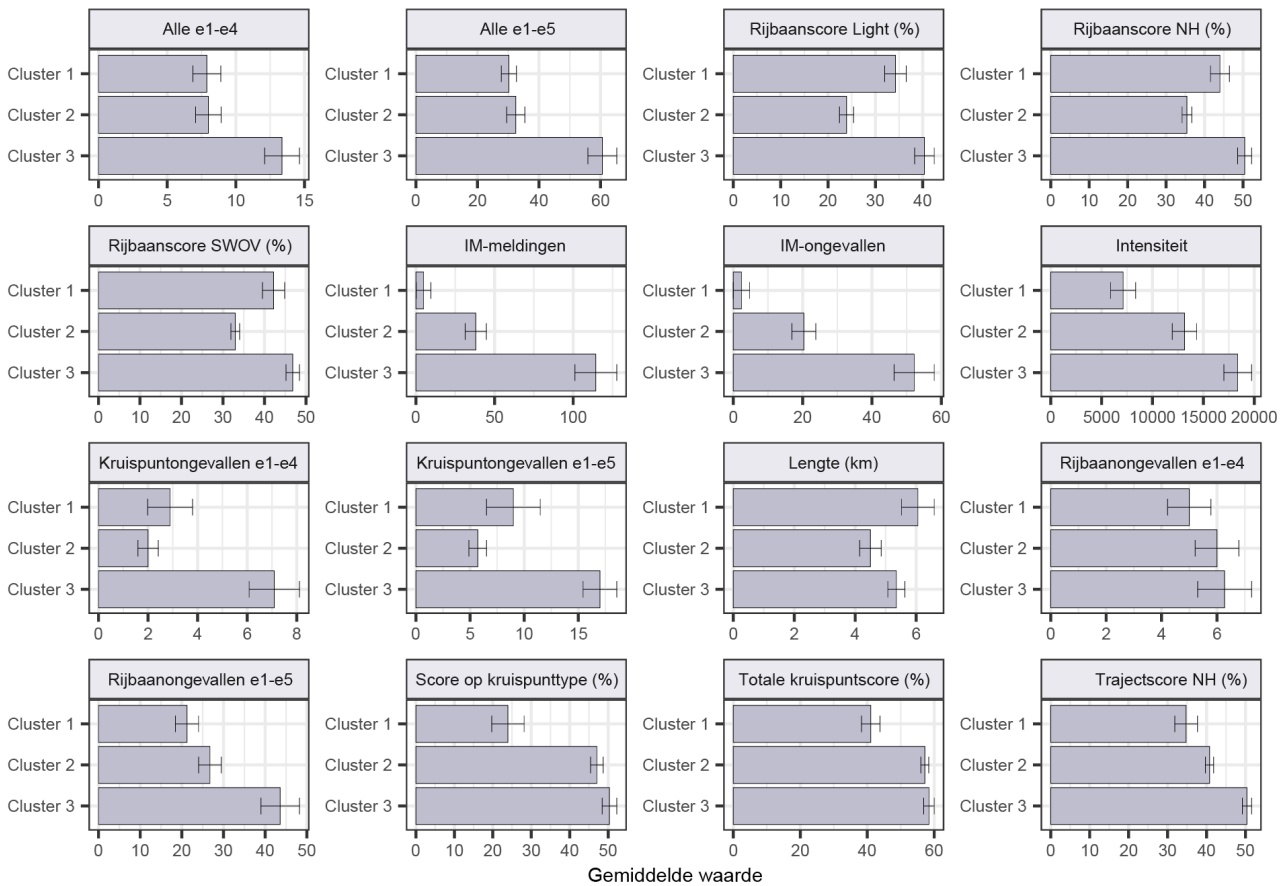


## Cluster Dendrogram



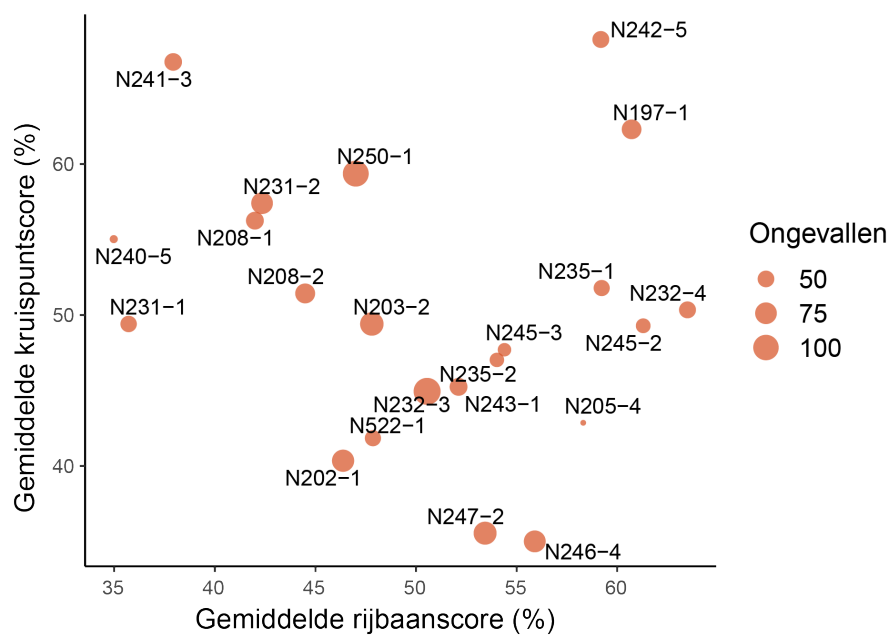
Afbeelding 6.14 : Clusteroplossing voor de trajecten binnen cluster 1.

Afbeelding 6.15 geeft de gemiddelde waarden van de drie (sub)clusters binnen cluster 1. Met name het derde cluster binnen deze groep valt op door het aantal ongevallen, welke naar vermoeden samenhangt met de hogere verkeersintensiteit binnen deze groep (wederom is de gemiddelde weglengte vergelijkbaar binnen de groep).



Afbeelding 6.15: Gemiddelde waarden voor de drie clusters van trajecten binnen cluster 1

Afbeelding 6.16 toont de scores voor infrastructuur voor de trajecten binnen deze groep van trajecten binnen de oorspronkelijke cluster 1. Bijna alle trajecten binnen de groep scoren relatief laag op kenmerken van kruispunten en rijbanen (zoals de andere twee groepen binnen de oorspronkelijke cluster 1). Omdat de trajecten in Afbeelding 6.16 tevens relatief veel ongevallen kennen, komen ook deze trajecten in aanmerking voor een hogere prioritering.



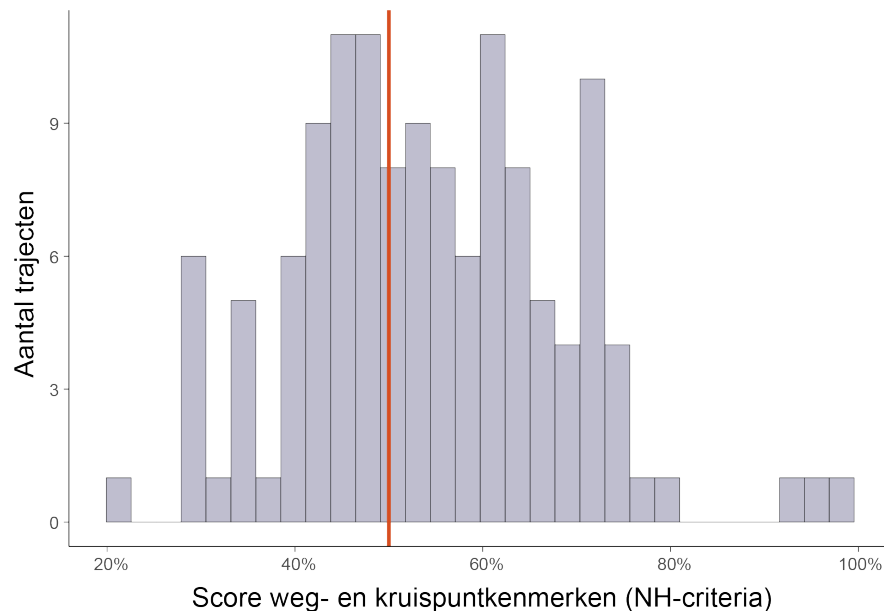
Afbeelding 6.16. Rijbaan- en kruispuntcores voor trajecten in cluster 1 met relatief veel ongevallen.

### 6.3.5 Methode op basis van grenswaarden

De clusteranalyse heeft als aantrekkelijke kant dat alle kenmerken van trajecten zonder meer meegenomen kunnen worden, zonder dat eigenschappen waarvoor veel kenmerken beschikbaar zijn (zoals ongevallen) automatisch zwaarder wegen dan eigenschap met weinig kenmerken (zoals verkeersintensiteit). De clustermethode is echter complex, en daardoor mogelijk moeilijk toe te passen. We presenteren hier daarom een vierde methode, die stap voor stap trajecten uitsluit op basis van grenswaarden. We gebruiken hiervoor de volgende kenmerken:

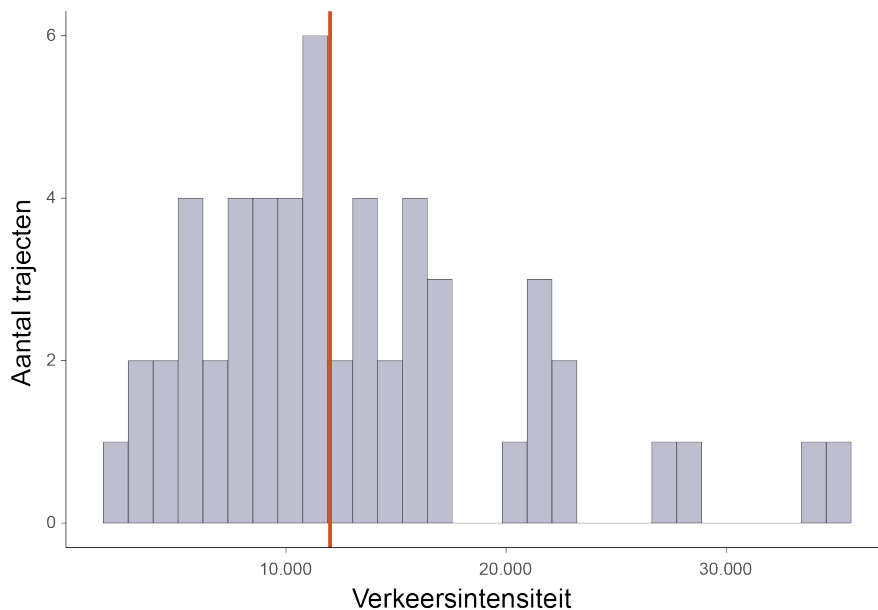
- De trajectscore op basis van de rijbaan- en de kruispuntkenmerken (gewogen gemiddelde). Een traject kan alleen verbeterd worden als deze laag scoort op wegkenmerken, en daarom beginnen we met dit kenmerk
- De verkeersintensiteit. Als er weinig verkeer op een weg rijdt, dan zal het minder dringend zijn aanpassingen te doen.
- Het aantal ongevallen. Als er ondanks een hoge verkeersintensiteit weinig ongevallen plaats vinden, dan heeft aanpakken van het traject een lagere prioriteit.

De grenswaarden kiezen we op basis van de verdeling van waarden. We beginnen met 129 trajecten, *Afbeelding 6.17* toont de verdeling van scores. De grenswaarde leggen we bij 50%, en nemen daarna alleen trajecten met een score onder de 50% mee in de vervolgstap, waardoor er 54 trajecten over blijven.



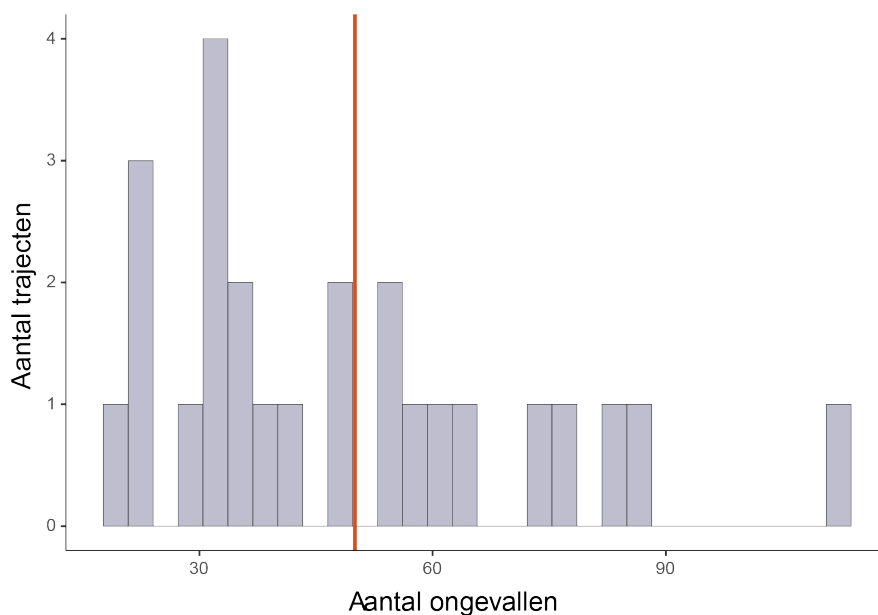
*Afbeelding 6.17: Verdeling van de trajectscores (gewogen gemiddelde van rijbaan- en kruispuntscore op basis van de NH-criteria). We leggen de grenswaarde op 50%.*

In de tweede stap onderzoeken we de verdeling van de verkeersintensiteit van de overgebleven 54 trajecten (*Afbeelding 6.18*). We leggen de grenswaarde bij 12.000 voertuigen per etmaal (linker en rechter rijbaan gecombineerd, waar van toepassing) en gaan verder met 25 trajecten.



Afbeelding 6.18: Verdeling van de verkeersintensiteit van de overgebleven trajecten

In de laatste stap selecteren we trajecten met meer dan 50 ongevallen (alle ongevallen tussen 2011 en 2019) en houden we 8 trajecten over (Afbeelding 6.19). Dit zijn: N203-2, N208-1, N208-2, N231-2, N232-3, N241-4, N242-4, N243-1, N246-4, N247-2.



Afbeelding 6.19: Verdeling van het aantal ongevallen van voor stap 3 overgebleven 25 trajecten

### 6.3.6 Verschillen in snelheidslimiet

In bovenstaande prioritering zijn alle meetpunten en kruispunten per traject meegenomen (ongeachte de geldende snelheidslimiet). Trajecten zijn echter niet homogeen qua snelheidslimiet, zoals in Tabel 6.2 wordt geïllustreerd. Op sommige trajecten komen er wisselingen van 6 snelheidslimieten voor en verschillen in limieten van 50 km/uur worden waargenomen. De vraag is of en hoe deze verschillen in snelheidslimieten meegenomen moeten worden. Daarbij kan worden gedacht aan extra kenmerken in de prioriteringen, of een prioritering per onderdeel van elk traject op basis van elke limiet (de lijst met trajecten binnen een limiet kan daardoor verschillen). We laten het hier bij deze constatering.

Tabel 6.2: Trajecten met veel snelheidswisselingen.

Traject-nummer	Waargenomen limieten	Aantal opvolgende meetpunten	Aantal afwisselende limieten	Aantal unieke limieten	Grootste verschil in limiet	Gemiddelde verkeersintensiteit (vtg/etmaal)	E1-E5-ongevallen tussen 2011 en 2019
N206-2	50-60-30-50-60-50	6-16-4-2-9-7	6	3	30	7925,318	59
N235-1	80-50-80-60-80-50	1-7-4-8-23-5	6	3	30	18858,458	48
N239-1	80-70-80-50-80-50	29-1-43-7-5-2	6	3	30	7425,023	43
N502-3	50-80-50-30-50-60	5-20-4-2-2-21	6	4	50	5966,000	12
N518-1	50-80-60-80-60-80	6-7-1-7-2-46	6	3	30	3029,000	21
N203-1	50-70-80-50-80	9-7-2-11-35	5	3	30	35928,578	143
N205-2	70-100-70-100-70	4-25-6-17-4	5	2	30	37089,000	74
N502-2	60-80-50-80-50	21-27-4-3-1	5	3	30	4597,000	21
N509-1	60-50-30-60-30	8-2-5-47-1	5	3	30	3373,159	33
N197-1	80-50-80-50	1-8-34-7	4	2	30	16672,100	64
N200-1	50-80-50-60	10-30-5-16	4	3	30	12303,443	183
N242-4	80-70-80-50	23-2-1-2	4	3	30	22611,857	58
N242-6	80-50-80-100	5-1-1-32	4	3	50	13286,000	31
N244-3	70-100-70-80	2-68-1-1	4	3	30	13396,528	57
N246-3	70-80-100-80	4-2-15-3	4	3	30	44830,833	105

## 6.4 Samenvattend

Tabel 6.3 geeft een overzicht van de tien hoogst geprioriteerde trajecten (dus trajecten met de slechtste scores en hoogste prioriteit op basis van trajectscore, intensiteit, incidenten en ongevallen) voor elk van de toegepaste methoden. Dit overzicht geeft aan dat de vier methoden weinig overeenkomsten laten zien. Slechts enkele trajecten komen op meer dan een lijst voor (N508; N523) en dit heeft te maken met de verschillen in de methoden.

Tabel 6.3: De tien hoogst geprioriteerde trajecten per methode

Som van rangordes		Decielen		Clusters		Grenswaarden	
Ranking	Traject	Ranking	Traject	Cluster (Ranking som rangordes)	Traject	Grenswaarde (Ranking som rangordes)	Traject
1	N242-3	1	N241-4	3 (1)	N242-3	4 (2)	N208-2
2	N208-2	2	N514-1	3 (5)	N245-1	4 (3)	N247-2
3	N247-2	3	N239-2	3 (7)	N205-2	4 (4)	N232-3
4	N232-3	4	N247-4	3 (11)	N203-1	4 (6)	N203-2
5	N245-1	5	N247-5	3 (12)	N201-3	4 (8)	N246-4
6	N203-2	6	N246-2	3 (14)	N201-4	4 (9)	N208-1
7	N205-2	7	N520-1	3 (15)	N508-1	4 (22)	N231-2
8	N246-4	8	N515-2	3 (17)	N246-3	4 (23)	N242-4
9	N208-1	9	N415-1	3 (18)	N205-1	4 (33)	N243-1
10	N231-1	10	N232-2	3 (20)	N201-1	4 (46)	N241-4

In *Bijlage 1* wordt een overzicht gegeven van de prioritering per traject op basis van de hier voorgestelde vier methoden. Hieruit volgt dat de prioritering sterk afhangt van de methode. De keuze voor de prioritering ligt uiteindelijk bij de provincie, waarbij ook overwegingen mee kunnen worden genomen ten aanzien van gepland onderhoud.

## 6.5 Conclusies

De volgende conclusies volgen uit de prioritering:

- › De prioritering hangt sterk af van de manier van prioritering (gebaseerd op rangordes, kwantielen + sorteren, clusteren, of gebruik van grenswaarden) en de gebruikte kenmerken voor de prioritering (zoals risico of aantallen ongevallen).
- › De clusteranalyse en de grenswaarden-methode delen trajecten in groepen in, terwijl de rangorden en kwantielen een volledige ordening van alle trajecten maakt.
- › De clusteranalyse laat zien binnen welk cluster als eerste aandacht geschonken moeten worden: een cluster met relatief weinig trajecten, een hogere snelheidslimiet, en een hoge verkeersintensiteit met veel ongevallen. In cluster 3 lijken met name de kruispunten de problemen te veroorzaken.
- › Voor de rangordes is het van belang elk aspect (zoals ongevallen of verkeersintensiteit) met ongeveer evenveel kenmerken te beschrijven, omdat anders aspecten met meer kenmerken zwaarder gaan wegen.
- › Een clusteranalyse houdt rekening met of kenmerken die eenzelfde aspect meten. De clusteranalyse is echter complex en daarom liggen de andere methoden eerder voor de hand.

De uiteindelijke keuze voor een prioritering zal door de provincie moeten worden gemaakt.

## 7 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de hoofdconclusies van het onderzoek samengevat. Ten eerste wordt ingegaan op de inrichting van wegvakken en kruispunten op provinciale 60-, 80- en 100km/uur-wegen in de provincie Noord-Holland. Ten tweede volgen de conclusies die zijn getrokken op basis van het fitten van Crash Prediction Models (CPM) op de Noord-Hollandse data. Als derde bespreken we kort de conclusies naar aanleiding van de toepassing van het NH-verkeersveiligheidsmodel en de daar uitvloeiende scores en beoordeling. Uiteindelijk vatten we resultaten van het toepassen van vier prioriteringsmethoden kort samen en sluiten we dit hoofdstuk af met een aantal aanbevelingen.

### 7.1 Inrichting provinciale wegen

In het algemeen kan worden geconcludeerd dat veel wegen in beheer van de provincie Noord-Holland niet geheel voldoen aan de eisen in het nieuwe provinciaal model, gebaseerd op ProMeV Light (Bax et al., 2017a). Dit model beschouwt de rijrichtingscheiding, de afstand tot eventuele obstakels in berm, de aan- of afwezigheid van erfaansluitingen en de aan- of afwezigheid van ETW-aansluitingen. Daarbij wordt gevonden dat de rijrichtingscheiding op zowel 60- en 80km/uur-wegen vaak niet voldoet (geen rijrichtingscheiding bij 60 km/uur en een moeilijk of niet-overrijdbare rijrichtingscheiding bij 80 km/uur). Obstakels komen vaak voor en staan geregeld binnen de obstakelvrijruimte. Afschermingsconstructies zouden in dergelijke situaties een oplossing kunnen bieden, maar deze komen relatief weinig voor en waar ze voorkomen staan ze vaak niet op voldoende afstand. Erfaansluitingen komen relatief weinig voor (rond de 15%) op 80km/uur-wegen, net als ETW-aansluitingen. Op deze laatste twee kenmerken voldoen de wegen beheerd door de provincie vaak wel.

Naast de rijbanen zijn ook de kruispunten beoordeeld. Hiervoor is eerst onderscheid gemaakt tussen verschillende soorten kruispunten: VRI's, rotondes, voorrangskruispunten en gelijkwaardige kruispunten. Bij kruisingen tussen gebiedsontsluitingswegen en stroomwegen (GOW-GOW- en GOW-RSW-kruispunten) zien we voornamelijk VRI's. Daarbij valt vaak op dat oversteekvoorzieningen voor fietsers en voetgangers weinig voorkomen. Dit kan te maken hebben met dat fietsers en voetgangers niet welkom zijn op deze wegen, maar dat moet na worden gegaan. Ook ontbreken snelheidsremmers regelmatig.

We vatten deze conclusies per onderdeel samen:

#### 7.1.1 Wegvakken

##### *Rijrichtingscheiding*

- Op wegen met een limiet van 60 km/uur is een rijrichtingscheiding niet noodzakelijk. Toch is er op meer dan de helft van de meetpunten een vorm van scheiding (vooral in de vorm van een enkele of dubbele asmarkering maar soms ook een moeilijk overrijdbare scheiding)

aangetroffen. Voor de verkeersveiligheid wordt aangeraden geen rijrichtingscheiding te gebruiken.

- De rijrichtingscheiding op wegen met een limiet van 80 km/uur zou moeilijk of niet overrijdbaar moeten zijn. Bij enkelbaans wegvakken is dit slechts bij 9% van de meetpunten het geval. Op de dubbelbaans wegen met een limiet 80 km/uur ligt het anders: daar is op 69% een moeilijk overrijdbare scheiding aangebracht en op 25% van de meetpunten een niet-overrijdbare scheiding.
- Op wegen met een limiet 100 km/uur moet de rijrichtingscheiding niet overrijdbaar zijn. Toch is er op de enkelbaans wegvakken op meer dan de helft van de meetpunten slechts een dubbele asmarkering en op 46% een niet-overrijdbare scheiding. Op de dubbelbaans wegvakken is er op alle meetpunten ten minste een moeilijk overrijdbare scheiding.

#### *Obstakelafstand*

- Obstakels in berm en leveren een gevaar op voor de verkeersveiligheid. Ze moeten op voldoende afstand staan, of ze moeten afgeschermd worden met een afscheiding die zelf ook op voldoende afstand staat. We hebben gebruik gemaakt van verschillende sets van criteria voor deze afstanden om na te gaan wat de invloed van een minder strikte (kortere afstanden toegestaan - criteria voorgesteld door de provincie) of strikte criteria (langere afstanden nodig - voorgesteld door SWOV) was. De richtlijn van de provincie omvat de volgende afstanden: 3 m bij 60 km/uur, 5 m bij 80 km/uur en 6 m bij 100 km/uur. Minder dan de helft van de wegen met een limiet van 60 en 80 km/uur voldoet aan deze richtlijn. Op wegen met een limiet van 100 km/uur voldoet ongeveer 80% er wel aan.
- Op wegen met een limiet 80 km/uur worden geleiderails relatief weinig toegepast. Als een afschermingsconstructie wordt toegepast, dan staat deze vaak op een te korte afstand van de rijbaan. Dit is met name het geval voor geleiderails. De minder vaak toegepaste betonnen barrière staat vrijwel altijd op voldoende afstand.

#### *Erfaansluitingen*

- Op wegen met een limiet 80 km/uur zijn erfaansluitingen ongewenst. Er is vastgesteld dat 16% van de enkelbaans wegvakken ten minste een erfaansluiting heeft en 2% van de dubbelbaans wegvakken. Op dit vlak voldoen de wegen daarom vaak wel.

#### *Aansluitingen met erftoegangswegen*

- Aansluitingen met erftoegangswegen op wegvakken zijn niet gewenst op wegen met een limiet 80 en 100 km/uur. Op 3,4% van de enkelbaans wegvakken met limiet 80 km/uur zijn er wel aansluitingen met erftoegangswegen, en op 1,4% van de dubbelbaans wegvakken. De percentages zijn weliswaar laag maar de situatie is niet wenselijk.
- Bij 100 km/uur zijn er geen aansluitingen met erftoegangswegen. Deze wegen voldoen dus aan dit criterium.

### **7.1.2 Kruispunten**

Kruispunten van erftoegangswegen onderling (ETW-ETW) en tussen gebiedsontsluitingsweg en erftoegangsweg (GOW-ETW) zijn meestal voorrangskruispunten. Kruispunten tussen gebiedsontsluitingsweg en regionale stroomweg (GOW-SW) hebben meestal een VRI. Op kruispunten van gebiedsontsluitingswegen onderling (GOW-GOW) komen de types voorrang en VRI veel voor.

Op sommige kruispunttakken zijn voorzieningen voor fietsers en/of voetgangers aangebracht. Een oversteekvoorziening voor fietsers is er vaker dan voor voetgangers. De reden hiervoor is waarschijnlijk de geringe aantallen voetgangers op de provinciale wegen.

Op rotondes is er op bijna de helft van de takken een oversteekvoorziening voor fietsers, op voorrangskruispunten is dit 22% en bij een VRI 28%. In het geval van een VRI is op 26% van de takken de fietser apart opgenomen in de regeling.



## 7.2 Regressieanalyse en toepassing CPM

Eerder is voor 80km/uur-wegen met behulp van crash prediction models (CPM) aangetoond dat een goede rijrichtingscheiding, de afwezigheid van obstakels en de afwezigheid van erfaansluitingen allen de kans op een ongeval verminderen, net als de ProMeV Light-score gebaseerd op deze kenmerken (Bax et al., 2017b). We hebben geprobeerd of we deze resultaten met de gegevens uit Noord-Holland konden repliceren, maar nemen daarbij waar dat de manier waarop de modellen worden gespecificeerd invloed heeft op de uitkomsten. Zo wordt minder vaak een significante invloed van variabelen gevonden als de rijbaanscore als categoriale variabele wordt opgenomen (zoals in Bax et al., 2017b). Bij los opgenomen wegkenmerken worden enkele significante bijdragen van obstakelvrije afstand, erfaansluitingen, en rijrichtingscheiding gevonden. De invloed van de obstakelvrije afstand en erfaansluitingen zijn in de verwachte richting, maar die van de rijrichtingscheiding niet.

Hierbij moet worden opgemerkt dat de analyse met behulp van de gegevens uit Noord-Holland twee beperkingen heeft ten opzichte van de oorspronkelijke analyse voor ProMeV Light (zie *Bijlage F* en Bax et al., 2017b):

1. Er zijn beduidend minder meetpunten beschikbaar voor de analyse (doordat gegevens van een enkele provincie worden gebruikt), waardoor effecten niet altijd statistisch significant waren - een probleem met statistische 'power'
2. Er moest door een registratieprobleem met de HM-locatie in BRON in recente jaren over gegaan worden op een analyse op wegvak- of 1km-stuk-niveau, wat tot minder vaak een significante invloed van kenmerken heeft geleid - ook hierdoor nam het aantal eenheden in het model, en daarmee de statistische 'power' af.

We hebben de significante bijdrage aan de voorspelling van het aantal ongevallen wel kunnen repliceren met de oorspronkelijke gegevens; zowel met de categoriale versie van de ProMeV Light-score, zoals in de oorspronkelijke analyse, als met de afzonderlijke variabelen (dummy-variabelen voor het volstaan van de rijrichtingscheiding, erfaansluitingen en obstakelafstand; Bax et al., 2017b). Dit bevestigt onze hypothese dat een gebrek aan statistische 'power' de reden is dat we met de gegevens uit Noord-Holland de oorspronkelijke relaties niet altijd konden bevestigen, maar dat we er wel vanuit kunnen gaan dat de gebruikte wegkenmerken voorspellend zijn voor de verkeersveiligheid.

## 7.3 Berekening scores

Zoals aangegeven hebben we het oorspronkelijke ProMeV Light-model uitgebreid op twee vlakken:

1. Een extra kenmerk is opgenomen: de aan- of afwezigheid van ETW-aansluitingen
2. Criteria voor snelheden van 30, 50, 60, 70 en 100 km/uur (naast de reeds bestaande criteria voor 80 km/uur). Merk op dat we in het rapport zelf alleen zijn ingegaan op de 60, 80, en 100km/uur-metpunten. Het aangeleverde GIS-bestand omvat ook 30-, 50- en 70km/uur-metpunten. Ook wordt op deze laatste meetpunten ingegaan in de bijlage.

### 7.3.1 Wegvakken

Door de introductie van het nieuwe kenmerken (ETW-aansluitingen) lopen scores nu van 0 tot 7 (oorspronkelijk van 0 tot 6). Een score van 7 punten is opgebouwd uit 3 punten voor de obstakelvrije afstand, 2 punten voor de rijrichtingscheiding, 1 punt voor de erfaansluitingen en 1 punt voor de ETW-aansluitingen. Scores gelijk aan '2' of '5' komen veel voor. De scores '1' en '7' komen wat minder vaak voor, maar vaker dan de overige scores. Het verschil tussen de score '2' en '5' komt door de score voor de obstakelafstand, respectievelijk niet of wel volgens de richtlijn.

### 7.3.2 Wegvakken binnen een traject

De scores worden bepaald per meetpunt, wat een wegvak van 100 m aangeeft. Deze kunnen worden gecombineerd tot trajecten, welke een segment van een N-weg zijn. Relatief veel trajecten voldoen niet geheel aan de richtlijnen: zoals eerder genoemd zijn het vooral de rijrichtingscheiding en obstakelafstand die niet voldoen. Daarnaast hangt de behaalde score sterk af van de snelheidslimiet. Over het geheel scoort ruim de helft van de wegvakken met limiet 60 en 80 km/uur minder dan vier punten. De wegvakken met 100 km/uur behalen hogere scores.

### 7.3.3 Kruispunten

De verschillende soorten kruispunten kennen verschillende criteria, en daarmee verschillen in de maximaal haalbare score. Om kruispunten met elkaar te vergelijken, wordt de score uitgedrukt als een percentage van de maximale score. We observeren dat de scores van gelijkwaardige kruispunten tussen 25 en 75% van de maximale score liggen, van rotondes tussen 40 en 95%, van voorrangskruispunten tussen 15 en 95% en van VRI-kruispunten tussen 35 en 75%. Bij voorrangskruispunten zijn de verschillen tussen de scores groot, bij rotondes tamelijk gering.

### 7.3.4 Slecht scorende trajecten

We bepalen ook een trajectscore door de scores van de wegvakken en kruispunten (beide uitgedrukt als een percentage van de maximale score) te wegen en op te tellen. Geen enkel traject scoort 100%, maar twintig trajecten scoren ten minste 70% van de maximale score. Sommige trajecten scoren hoog met de kruispuntscore (100%), wegvakcores zijn bij deze trajecten nooit 100%, al moet hierbij gezegd worden dat trajecten zonder kruispunten automatisch 100% score, omdat een afwezigheid van een kruispunt automatisch veilig is.

De toepassing van het NH-model laat zien dat ruim de helft van de trajecten in de provincie lager dan 50% scoren. De 10 laagst scorende trajecten, met een score lager dan 35% zijn :

- N514-1
- N241-4
- N515-2
- N246-2
- N415-1
- N518-1
- N520-1
- N247-5
- N239-2
- N240-3

## 7.4 Prioritering

Men zou automatisch de laag scorende trajecten als eerste kunnen prioriteren. Er moet echter ook rekening worden gehouden met de verkeersintensiteit op het traject: een lager scorend traject met weinig verkeer leidt hoogstwaarschijnlijk tot minder ongevallen dan een iets hoger scorend traject met veel verkeer. Er zijn vier methodes uitgewerkt om te bepalen welke trajecten het eerst moeten worden aangepakt. Deze methoden combineren informatie over motorvoertuig-intensiteiten, trajectcores, aantal ongevallen en aantal incidenten. We observeren dat de prioritering sterk afhangt van de gekozen methode. Welke methode de voorkeur heeft, kan op basis van de huidige beschikbare informatie niet worden bepaald. Wel zal deze afhangen van de complexiteit van de methode en van andere overwegingen zoals kosten, milieu en doorstroming. Uiteindelijk ligt de keuze welke methode de doorslag te laten geven bij de provincie.

## 7.5 Aanbevelingen

In onze verkenning observeren we dat veel van de wegen in beheer van de provincie Noord-Holland niet voldoen aan met name de aanbevolen rijrichtingscheiding en obstakelvrije afstand. Van de kruispunten voldoen met name voorrangskruispunten niet aan alle aanbevolen criteria: vooral voetganger- en fietsoversteekvoorzieningen en snelheidsremmers ontbreken. Op basis van deze observaties kunnen de volgende aanbevelingen worden geformuleerd:

- › Verbeter de rijrichtingscheiding op de wegen in beheer van de provincie: zorg voor moeilijk of niet-overrijdbare rijrichtingscheiding op 80km/uur- en 100km/uur-segmenten en overweeg het weglaten van rijrichtingscheiding bij 60km/uur-segmenten om zo een sterker visueel signaal te geven van het type weg.
- › Verwijder obstakels uit bermen. Indien dit niet mogelijk is, zorg dan voor een afschermingsconstructie die op voldoende afstand staat. De botsvriendelijke lichtmasten zijn een verbetering ten opzichte van standaard lichtmasten, maar er moet zorg voor worden gedragen dat er geen verdere obstakels achter deze lichtmasten staan.
- › Verbeter met name de GOW-GOW-kruispunten met een voorrangregeling. Vervang deze daar waar mogelijk door rotondes. Wanneer dit niet mogelijk is, zorg voor snelheidsremmers en oversteekvoorzieningen voor voetgangers en fietsers (als deze op deze wegen aanwezig mogen zijn).
- › Overweeg ook het aanpassen van de snelheidslimiet van segmenten die wel voldoen aan de criteria voor 60 km/uur, maar momenteel nog een snelheid van 80 km/uur toestaan.
- › De prioritering van trajecten zoals hier beschreven kan als leidraad dienen voor de uiteindelijke prioritering waarbij ook andere aspecten zoals gepland onderhoud meegenomen kunnen worden.
- › Het is aan te raden om te beginnen met prioritering op basis van rangordes of op basis van grenswaarden, aangezien deze beide methoden vrij makkelijk zijn toe te passen.
- › De provincie dient de huidige indeling van de trajecten in heroverweging te nemen en voor de verkeersveiligheidsanalyses te werken met wegnummers/straatnamen.

Het geleverde instrument biedt veel mogelijkheden voor het nader invullen van een plan van aanpak en geeft goed inzicht in niet alleen problemen die een proactieve aanpak ondersteunen (bijvoorbeeld slecht ingerichte kruispunten en wegvakken) maar ook in locaties met relatief veel ongevallen en incidenten die tegelijkertijd vanuit een reactieve aanpak aangepakt kunnen worden. De keus is uiteindelijk aan de provincie die een besluit moet nemen op welke wijze te prioriteren. Wel is aan te bevelen met routes/trajecten te werken en waar wegvak- en kruispuntenkenmerken als geheel binnen de route worden beoordeeld.

## Literatuur

Aarts, L.T. (2018). *Prestatie-indicatoren voor verkeersveiligheid (SPI's) - Overzicht van beschikbare kennis over SPI's als basis voor risicogestuurd beleid*. R-2018-19. SWOV, Den Haag.

Aarts, L.T., Dijkstra, A. & Bax, C. (2014). *ProMeV: Proactief Meten van Verkeersveiligheid; Inzicht in onveiligheid vóórdat er slachtoffers vallen*. R-2014-10. SWOV, Den Haag.

Bax, C., Eenink, R., Commandeur, J. & Loenis, B. (2017a). *ProMeV Light; Een invulling van risicogestuurde aanpak van weginfrastructuur*. R-2017-7. SWOV, Den Haag.

Bax, C.A., Eenink, R.G., Commandeur, J.J.F. & Loenis, B.J.C. (2017b). *Een lichte variant van ProMeV toegepast in twaalf provincies : Een invulling van een risicogestuurde aanpak van weginfrastructuur*. R-2017-7A. SWOV, Den Haag.

CROW (1997). *Handboek categorisering wegen op duurzaam veilige basis. Deel 1: (voorlopige) functionele en operationele eisen*. Publicatie 116. CROW, Ede.

CROW (2012). *Basiskennmerken wegontwerp; Categorisering en inrichting van wegen*. Publicatie 315. CROW, Ede.

CROW (2013). *Handboek Wegontwerp 2013*. Publicatie HWO13. CROW, Ede.

CROW (2015). *Basiskennmerken kruispunten en rotondes*. Publicatie 315A. CROW, Ede.

Dijkstra, A. (2011). *En route to safer roads: How road structure and road classification can affect road safety*. Proefschrift University of Twente. SWOV, Leidschendam.

Dijkstra, A. (2014). *Naar meer veiligheid op kruispunten. Aanbevelingen voor kruispunten van 50-, 80- en 100km/uur-wegen*. R-2014-21. SWOV, Den Haag.

Dobson, A.J. (2002). *An introduction to generalized linear models: second edition*. Chapman & Hall / CRC Press Company.

Eenink, R., Reurings, M., Elvik, R., Cardoso, J.L., et al. (2008). *Accident prediction models and road safety impact assessment: recommendations for using these tools*. Deliverable D2 of the RIPCoRD-ISEREST project. European Commission, Brussels.

Hakkert, A.S. & Gitelman, V. (Eds.) (2007). *Road Safety Performance Indicators: Manual*. Deliverable D3.8 of the EU FP6 project SafetyNet. European Commission, Brussels.

Houwing, S. (2003). *Praktijktest van de DV-meter; Gebruiksvriendelijkheid van een computer-programma voor de analyse van DV-karakteristieken van een wegennet*. D-2003-7. SWOV, Leidschendam.

Janssen, S.T.M.C. (red.) (1997). *Functionele eisen voor de categorisering van wegen : eerste stap naar een handleiding voor duurzaam-veilige wegcategorieën*. R-97-34. SWOV, Leidschendam.

Koornstra, M.J., Mathijssen, M.P.M., Mulder, J.A.G., Roszbach, R., et al. (1992). *Naar een duurzaam veilig wegverkeer; Nationale verkeersveiligheidsverkenning voor de jaren 1990/2010*. SWOV, Leidschendam.

Louwerse, R. & Petegem, J.H. van (2018). *Twee opties voor veilige berm - Onderzoek vergevingsgezinde berm*. In: *Verkeerskunde*, vol. 6, 18 p.

McCullagh, P. & Nelders, J.A. (1989). *Generalized Linear Models: Second Edition*. Chapman & Hall / St Edmundsbury Press, Suffolk.

Ministerie van IenW, et al. (2018). *Veilig van deur tot deur – Het Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2030 : Een gezamenlijke visie op aanpak verkeersveiligheidsbeleid*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Den Haag.

Petegem, J.H. van Louwerse, R. & Commandeur, J. (2017). *Veilige bermen langs autosnelwegen: obstakelvrije zone, geleiderails of beide?* R-2017-16. SWOV, Den Haag.

Reurings, M., Janssen, T., Eenink, R., Elvik, R., et al. (2006). *Accident prediction models and road safety impact assessment : a state-of-the-art*. Deliverable D2.1 of the RIPCoRD-ISEREST project. European Commission, Brussels.

Schermers, G. & Petegem, J.W.H. van (2013). *Veiligheidseisen aan het dwarsprofiel van gebiedsontsluitingswegen met limiet 80 km/uur; Aanbevelingen voor de actualisatie van het Handboek Wegontwerp*. D-2013-2. SWOV, Leidschendam.

Stroup, W.W. (2012). *Generalized Linear Mixed Models: Modern Concepts, Methods and Applications*. CRC Texts in Statistical Science CRC Press.

SWOV (2018). *DV3 - Visie Duurzaam Veilig Wegverkeer 2018-2030* SWOV, Den Haag.

SWOV (2021). *Rotondes en andere kruispunten*. SWOV factsheet, april 2021. SWOV, Den Haag.

Wijlhuizen, G.J. & Schermers, G. (2014). *Safety Performance Indicators voor wegen; Op zoek naar een kwantitatieve beoordelingsmethode van verkeersveiligheid*. R-2014-39. SWOV, Den Haag.

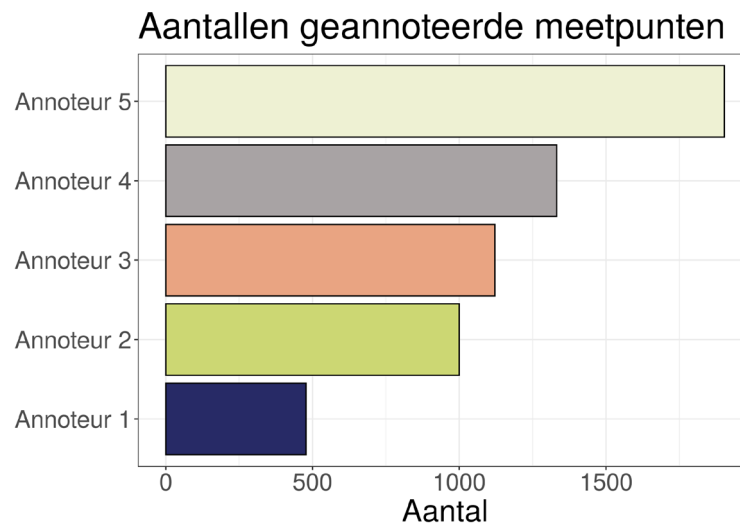
Wijlhuizen, G.J., Schermers, G., Commandeur, J.J.F. & Petegem, J.W.H. van (2016). *Haalbare en toekomstbestendige aanpak van 'grijze wegen': Verdere inventarisatie en verkenning van relaties tussen wegkenmerken en ongevallen en de ontwikkeling van een Network Safety Index (NSI)*. A-2016-5. SWOV, Den Haag. [Intern rapport]

Wijlhuizen, G.J., Petegem, J.W.H. van, G. Schermers, G., Bruin, J. de, et al. (2017a). *Ontwikkeling Network Safety Index gemeente Amsterdam*. R-2017-10. SWOV, Den Haag.

Wijlhuizen G.J., Commandeur, J.J.F. & Smit, D. (2017b). *Screening kenmerken weginfrastructuur; Beoordeling van veiligheid op basis van gestratificeerde random steekproeftrekking van 25-metersegmenten*. R-2017-26. SWOV, Den Haag.

## Bijlage A Verschillen in annotatie tussen annoteurs

Inladen van de Access bestanden voor rijbanen leverde een totaal van 5833 meetpunten op. Enkele meetpunten kwamen twee keer voor in de bestanden. Na verwijdering van de herhaalde meetpunten (en kenmerken) bleven er een totaal van 5842 meetpunten voor rijbanen over. *Afbeelding A.1* laat zien dat niet alle annoteurs evenveel meetpunten hebben geannoteerd, maar dat iedere annoteur ten minste circa 500 meetpunten heeft verwerkt.



*Afbeelding A.1. Aantallen meetpunten per annoteur voor de codering van de rijbanen en wegkenmerken.*

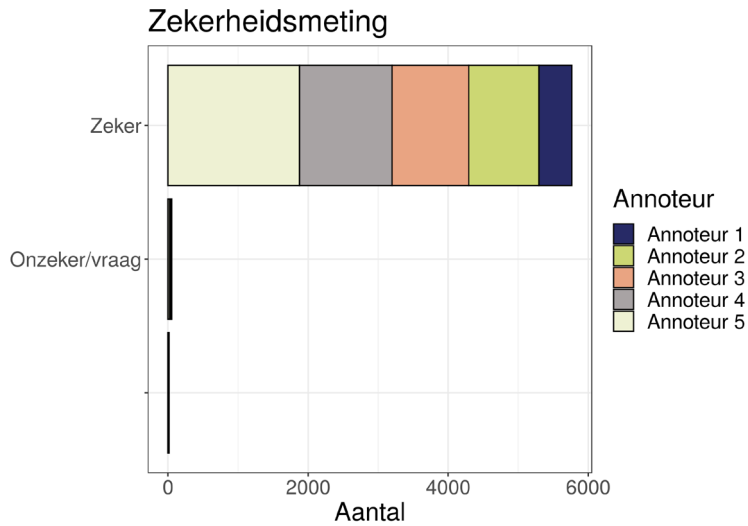
### Geannoteerde kenmerken

Codering met het Access bestand voor rijbanen en fietsvoorzieningen levert 25 variabelen op (*Tabel A.1*). Van deze variabelen konden er vijf (ID, MP.rijbaantype.int, MP.rijrichting.int, LocatieWegvak.int, DatumTijd), worden genegeerd voor de analyse (ID geeft de volgorde van verwerken aan binnen een annoteur, DatumTijd het moment van verwerken, en de drie "int" variabelen zijn ook als tekst gecodeerd), waardoor 21 variabelen overblijven. Verder kan worden opgemerkt dat sommige kenmerken voor het gehele meetpunt zijn gecodeerd (zoals rijbaantype en rijrichting), en anderen afzonderlijk voor links (heen) en rechts (terug).

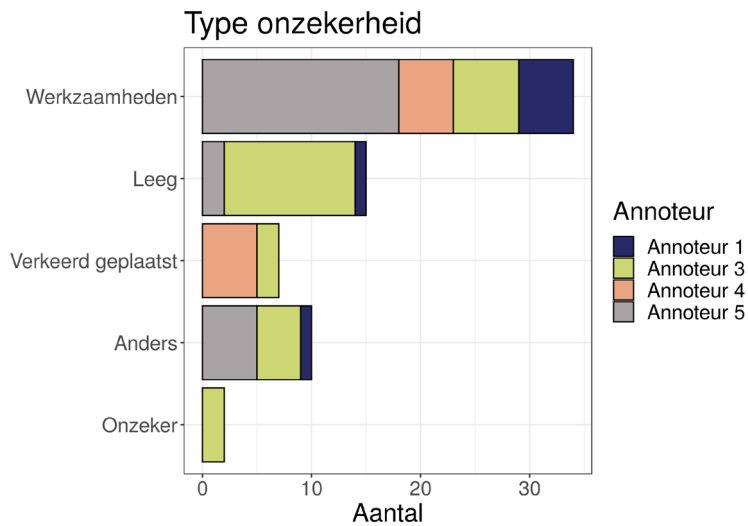
Tabel A.1. Gecodeerde kenmerken voor de rijbanen en fietsvoorzieningen.

ID
Meetpunt
Straatnaam
MP.rijbaantype
MP.rijrichting
LocatieWegvak
MP.rijbaantype.int
MP.rijrichting.int
LocatieWegvak.int
ObstakelvrijeAfstandR
ObstakelvrijeAfstandL
Rijrichtingscheiding
ErfaansluitingR
ErfaansluitingL
FPSoortL
FPSoortR
DatumTijd
ZekerheidMeting
Onzekerheid.Vraag
RbObstakelTypeL
RbObstakelTypeR
RbAfschermingsconstructieTypeL
RbAfschermingsconstructieTypeR
RbAfschermingsconstructieAfstandL
RbAfschermingsconstructieAfstandR

De variabelen 'ZekerheidMeting' en 'OnzekerheidVraag' geven daarnaast aan of de annotateur zeker was van zijn codering. *Afbeelding A.2* laat zien dat in de meeste gevallen de annotateur zeker van zijn invoer was. Bij de vraag over de onzekerheid, gaf de annotateur meestal aan dat er sprake was (*Afbeelding A.3*) van wegwerkzaamheden (bijvoorbeeld 'Geleiderail heen lijkt tijdelijk in verband met werkzaamheden'.), waardoor de wegsituatie niet de normale omstandigheden weergeeft. Af en toe was er sprake van een verkeerd geplaatst meetpunt ('Meetpunt ligt op N307 in plaats van N207, zoals in excel-sheet staat'.), of een andere vraag ('Dit is de oprit voor de veerboot naar Texel', "Brug", " Op- en afrit snelweg'.).



Afbeelding A.2. Aantallen meetpunten waarvoor de annoteur aangaf zeker te zijn van de ingevoerde waarden, een vraag had, of deze invoer leeg heeft gelaten.



Afbeelding A.3. Categorieën van invoer op de onzekerheidsvraag (wanneer de annoteur aangaf onzeker te zijn).



## Bijlage B Beschrijving variabelen in bestanden voor Noord-Holland

Tabel B.1. Beschrijving variabelen in bestand observatiepunten

Variabelenaam	Beschrijving
NR_GIS	Nummer volgorde in GIS
ID_OP	ID gebruikt bij annotatie en koppelsleutel voor koppeling annotatiedata
HECTOPUNT	Combinatie van wegnummer en hectometer met daartussen een underscore
WEGNUMMER	Wegnummer volgens NWB 2020
HM	Hectometer volgens NWB 2020
PLAATSNAAM	Plaatsnaam volgens NWB 2020
WVK_ID	Wegvak ID volgens NWB 2020
NR_HM	ID dat bij voorbereiding annotatiebestanden is gebruikt
XY	Combinatie van X en Y-RD-coördinaten gescheiden door komma voor het punt
STRAATNAAM	Naam van de straat
RIJRICHT	Vorm van rijrichtingscheiding (geen; overrijdbaar; moeilijk overrijdbaar; niet overrijdbaar; verdrijfvlak; anders, zie handleiding)
OBST_T_L	Obstakel type (talud, sloot, masten, pijlers, wanden van kunstwerken, opsluitbanden en goten met hoogteverschillen groter dan 7 cm buiten de kom en 10-15cm binnen de kom, geluidsbeperkende constructies en (dikke) bomen (meer dan 10cm in diameter dik).
OBST_T_R	Obstakel type (talud, sloot, masten, pijlers, wanden van kunstwerken, opsluitbanden en goten met hoogteverschillen groter dan 7 cm buiten de kom en 10-15cm binnen de kom, geluidsbeperkende constructies en (dikke) bomen (meer dan 10cm in diameter dik).
RBAFSCHT_L	Soort afschermingsconstructie in de terug richting (links) (geen; geleiderail; motorvriendelijk geleiderail; beton barrier enz, zie handleiding)
RBAFSCHT_R	Soort afschermingsconstructie in de heen richting (rechts)
RBAFSCHA_L	Afstand tot afschermingsconstructie (links)
RBAFSCHA_R	Afstand tot afschermingsconstructie (rechts)
MP_RIJBAAN	Type rijbaan (Enkel; dubbel; Ventweg)
MP_RIJRICHT	Rijrichting van de annotatie (Heen of terug waar heen olopend is) heen en terug bij enkele rijbaan; heen of terug bij dubbele
LOCATIEWEG	Waar ligt het meetpunt; op het wegvak; dichtbij (binnen invloedsgebied van) of op een kruispunt

Variabelenaam	Beschrijving
OBST_A_R	De kortste afstand tussen de binnenkant van de kantstreep en een obstakel; bij afwezigheid van een kantstreep: de afstand tussen de kant van de verharding en het obstakel (links)
OBST_A_L	De kortste afstand tussen de binnenkant van de kantstreep en een obstakel; bij afwezigheid van een kantstreep: de afstand tussen de kant van de verharding en het obstakel (rechts)
ERFAANSL_R	Aantal erfaansluitingen in de heen richting (rechts) in het meetvak
ERFAANSL_L	Aantal erfaansluitingen in de terug richting (links) in het meetvak
SC_SCH	Score voor rijrichtingscheiding
SC_AFST_L	Score obstakelafstand rechts
SC_AFST_R	Score obstakelafstand links
SC_ERF_L	Score voor erfaansluiting links
SC_ERF_R	Score voor erfaansluiting rechts
LAAG_ERF	Laagste score erfaansluitingen
LAAG_AFST	Laagste score obstakelafstand
SC_LIGHT	Som van de scores van de wegkenmerken
BUITENSEL	Overgenomen uit gegevens eerdere voorbereidingen, gelijk aan 1 als er veranderingen in de weg zijn doorgevoerd, zie stap 2.
OPMERKING	Bij dezelfde stap 2 toegevoegd om aan te geven dat de N201 vanaf 2014 zijn huidige vorm heeft en vanaf dan deel kan uitmaken van een selectie
NDW_ID_FCD	Nummer uit intensiteiten GIS-bestand provincie
PNH_WEGVAK	Nummer uit intensiteiten GIS-bestand provincie
WEGNR	Wegnr. uit intensiteiten GIS-bestand provincie
	Richting uit intensiteiten GIS-bestand provincie
INT_LI	Intensiteit rijrichting links uit intensiteiten GIS-bestand provincie
	Nummer uit intensiteiten GIS-bestand provincie
	Wegnr. uit intensiteiten GIS-bestand provincie
RI_2	Richting uit intensiteiten GIS-bestand provincie
INT_RE	Intensiteit rijrichting rechts uit intensiteiten GIS-bestand provincie
	Nr GIS-bestand uit een van de gekoppelde bestanden
V_WKD	Snelheid volgens WKD
V_CORR	Variabele gelijk aan 1 als de WKD snelheid gecorrigeerd is obv gegevens van de provincie
E_Vmax_R	Snelheidslimiet rijrichting rechts o.b.v. wegnummer, hectometer volgens Excel Wegkenmerken_Pnh
E_Vmax_L	Snelheidslimiet rijrichting links o.b.v. wegnummer, hectometer volgens Excel Wegkenmerken_Pnh
NDW_VMAX	Snelheidslimiet uit GIS-bestand FCD van NDW <i>NDW krijgt deze aangeleverd door Be-mobile die hiervoor uitgaat van Open Street Map</i>
NDW_HMIN	Gemiddelde rijnsnelheid volgens GIS-bestand FCD van NDW (de laagste die is gekoppeld uit nabijgelegen segmenten in stap 5)

Variabelenaam	Beschrijving
	<i>Beschrijving variabele Hmean door NDW: het harmonisch gemiddelde van de geleverde minuutsnelheden</i>
NDW_HMAX	Gemiddelde rijsnelheid volgens GIS-bestand FCD van NDW (de hoogste die is gekoppeld uit nabijgelegen segmenten in stap 5 of geen als er maar één segment gekoppeld is) <i>Beschrijving variabele Hmean door NDW: het harmonisch gemiddelde van de geleverde minuutsnelheden</i>
NDW_XMIN	Aandeel minuten op Vmax volgens GIS-bestand FCD van NDW (de laagste die is gekoppeld uit nabijgelegen segmenten in stap 5) <i>Beschrijving variabele X door NDW: aandeel minuutgemiddelde snelheden op of boven de snelheidslimiet iets hoger in overig niet-Randstad dan in de Randstad en Zuid-Nederland</i>
NDW_XMAX	Aandeel minuten op Vmax volgens GIS-bestand FCD van NDW (de hoogste die is gekoppeld uit nabijgelegen segmenten in stap 5 of geen als er maar één segment gekoppeld is) <i>Beschrijving variabele X door NDW: aandeel minuutgemiddelde snelheden op of boven de snelheidslimiet iets hoger in overig niet-Randstad dan in de Randstad en Zuid-Nederland</i>
NDW_S85MIN	Geschatte V85 volgens GIS-bestand FCD van NDW (de laagste die is gekoppeld uit nabijgelegen segmenten in stap 5) <i>Beschrijving variabele S85 door NDW: Schatting V85 waarde (snelheid waar 85% van het verkeer zich aan houdt) op basis van variabele X (modelmatige schatting)</i>
NDW_S85MAX	Geschatte V85 volgens GIS-bestand FCD van NDW (de hoogste die is gekoppeld uit nabijgelegen segmenten in stap 5 of geen als er maar één segment gekoppeld is) <i>Beschrijving variabele S85 door NDW: Schatting V85 waarde (snelheid waar 85% van het verkeer zich aan houdt) op basis van variabele X (modelmatige schatting)</i>
NDW_N_HP	Aantal segmenten uit GIS-bestand FCD van NDW dat is gekoppeld aan dit observatiepunt
ID_KRUIISP1	ID_kruis van het kruispunt dat dit observatiepunt als dichtstbijgelegen had.
ID_KRUIISP2	Evt. tweede ID_kruis van tweede het kruispunt dat dit observatiepunt als dichtstbijgelegen had
KPTYPE1	Type kruispunt van het kruispunt dat dit observatiepunt als dichtstbijgelegen had
KPTYPE2	Evt. tweede type kruispunt van het kruispunt dat dit observatiepunt als dichtstbijgelegen had
J2011_E1	Dodelijke ongevallen in 2011 (Koppelniveau exact)
J2011_E2	Ongevallen met ziekenhuisopname in 2011 (Koppelniveau exact)
J2011_E3	Ongevallen met SEH in 2011 (Koppelniveau exact)
J2011_E5	UMS in 2011 (Koppelniveau exact)
J2012_E1	Idem 2012
J2012_E2	Idem 2012
J2012_E3	Idem 2012
J2012_E4	Idem 2012
J2012_E5	Idem 2012
J2013_E1	Idem

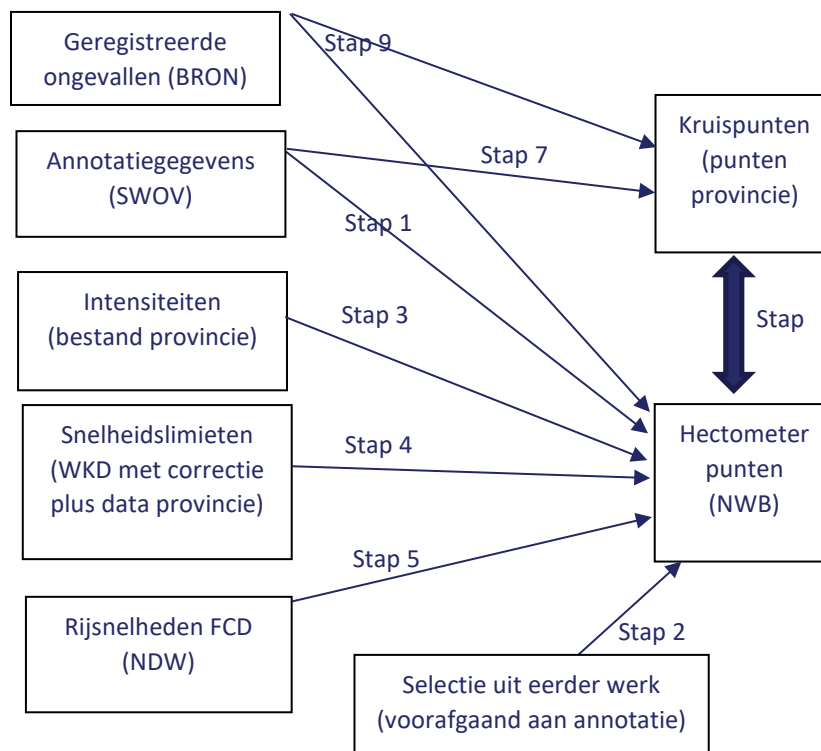
Variabelenaam	Beschrijving
J2013_E2	Idem
J2013_E3	Idem
J2013_E4	Idem
J2013_E5	Idem
J2014_E1	Idem
J2014_E2	Idem
J2014_E3	Idem
J2014_E4	Idem
J2014_E5	Idem
J2015_E1	Idem
J2015_E2	Idem
J2015_E4	Idem
J2015_E5	Idem
J2016_E1	Idem
J2016_E2	Idem
J2016_E3	Idem
J2016_E4	Idem
J2016_E5	Idem
J2017_E1	Idem
J2017_E2	Idem
J2017_E4	Idem
J2017_E5	Idem
J2018_E1	Idem
J2018_E2	Idem
J2018_E3	Idem
J2018_E4	Idem
J2018_E5	Idem
J2019_E1	Idem
J2019_E2	Idem
J2019_E4	Idem
J2019_E5	Idem
Tot_E1_E4	Som ongevallen over alle jaren
REC_E5	Som ongevallen recent, vanaf 2016
BST_CODE	NWB baansubsoort, vrijwel altijd HR
RPE_CODE	NWB relatieve positie code. R als het een hectometer op een segment met gescheiden rijbanen is (omdat de hectometers van deze richting afgeleid zijn) of # als het een hectometer op een segment met één ongescheiden hoofdrijbaan ligt. Bij ca 10 hectometers met RPE_code L lijkt de rechter hectometer te ontbreken.

Variabelenaam	Beschrijving
STT_NAAM	Straatnaam in NWB 2020
WPSNAAMNEN	Plaatsnaam in NWB 2020
GME_NAAM	Plaatsnaam in NWB 2020
BEGINKM	Beginkm wegvak in NWB 2020 (attribuuttabel)
EINDKM	Beginkm wegvak in NWB 2020 (attribuuttabel)
lengte	Lengte NWB wegvak berekend in GIS
JTE_ID_BEG	ID van de junctie waar het wegvak begint
JTE_ID_END	ID van de junctie waar het wegvak eindigt

## Bijlage C Koppeling GIS, annotatiedata, ongevallen en intensiteiten aan hectometerpunten

De stappen om de annotatiedata en andere kenmerken te koppelen worden hier beschreven (zie *Afbeelding C.1*). De bestanden zijn opgeslagen in de map `\SWOV\Stadsinfra - Documenten\PROMEV Alternatief Noord Holland\DATA\Koppeling uitkomsten aan GIS`

Voor de start en tijdens de werkzaamheden is uitgewisseld welke data uit welke bronnen worden gekoppeld. De provincie heeft een bestand geleverd waarin voor ieder kruispunt één punt in een GIS-bestand vastgelegd was. Hectometers uit het NWB 2020 zijn als observatiepunten geselecteerd. Daarbij is telkens één hectometer voor één rijrichting op de hoofdrijbaan geselecteerd. Gegevens die zijn geannoteerd en data uit een aantal extra bronnen moeten worden gekoppeld aan deze punten. In enkele gevallen is ook besproken hoe de koppeling moet plaatsvinden:



*Afbeelding C.1. Overzicht van koppelmethode van de verschillende bronnen*

1. Stap 1 en 7: De data van de annotatie wordt op basis van het oorspronkelijke hectometer-nummer en kruispunt-nummer aan het GIS-bestand gekoppeld.
2. Stap 2: selectie uit eerder werk opnemen in bestand.
3. Stap 3: Intensiteiten: de provincie heeft een bestand aangeleverd met de verkeersintensiteit in richting links en rechts, ook enkelbaanswegen hebben overal twee objecten voor links en

rechts. Er is geen gemeenschappelijk kenmerk wegnummer dat ter controle wordt gebruikt. De hectometers zijn in één richting als observatiepunt gebruikt. Om intensiteiten voor zowel rijrichting rechts als links te koppelen worden loodlijnen vanuit de observatiepunten gecreëerd en gekruist met het intensiteitenbestand. Daarna worden punten verwijderd waarbij de kruising geen koppeling met het juiste wegnummer oplevert.

4. Stap 4: Snelheidslimieten: de snelheidslimieten volgens WKD (gekoppeld aan NWB obv wegvak-id) worden gekoppeld aan de hectometerpunten. Daarna wordt visueel vergeleken met een PDF van de provincie met snelheidslimieten. Een Excelbestand van de provincie met snelheidslimieten en hectometers wordt gebruikt om correcties door te voeren en in het bestand wordt met een variabele aangeduid waar aanpassingen zijn doorgevoerd.
5. Stap 5: Rijsnelheden FCD NDW: gekozen is om floating car data van NDW uit 2018 te koppelen aan de hectometers omdat er geen gegevens van de provincie tijdig beschikbaar waren. Deze laag kent geen wegnummers, straatnamen of wegbeheerder, wel een maximumsnelheid volgens NDW die zal worden mee gekoppeld. Vanwege het gebrek aan koppelsleutels worden GIS-analyses uitgevoerd om de relevante wegen uit het bestand te selecteren, ten eerste binnen een buffer rond de wegselectie. Daarnaast wordt een analyse uitgevoerd waarmee wegen worden geselecteerd die parallel aan de wegselectie liggen.
6. Stap 8: Kruispunten (observatiepunten van kruispunten) worden gekoppeld aan hectopunten (observatiepunten van wegvakken) en vice versa. Hectometers krijgen variabelen voor de ID's van kruispunten als die daar dichtbij liggen en vice versa. Als kruispunt bij twee N-wegen ligt krijgen twee hectometers die als kenmerk toegedeeld zodat langs iedere weg te reconstrueren is waar kruispunten liggen. Waar mogelijk worden de kruispunten toegedeeld aan het wegvak in oplopende volgorde van de hectometers omdat op die manier geannoteerd is. Om dit mogelijk te maken worden aan de hand van de geometrie in NWB virtuele hectometervakken gecreëerd in oplopende hectometerricht. Daarmee wordt bepaald bij welke hectometer een kruispunt hoort. Dit geeft echter ook problemen omdat soms hectometers worden 'overgeslagen' rond kruispunten en daardoor ook niet voorkomen in het observatiepunten bestand dat op de echte hectometers is gebaseerd (deel bestand NWB). Als een segment in het virtuele hectosegmenten-bestand niet bij een 'echte hectometer' horen worden ze aan de dichtstbijzijnde hectometer toegedeeld.
7. Stap 9: Ongevallen: 2011-2019 zodat drie perioden van 3 jaren mogelijk zijn. Ada geeft hiervoor BRON in GIS-format geactualiseerd t/m 2019. De selectie vindt plaats op ongevallen die in BRON zijn geregistreerd als ongeval op een provinciale weg binnen de provincie Noord-Holland. Alleen de ongevallen die exact op locatie zijn gekoppeld (Niveaupos=E) en, als het wegvakongevallen betreft, op de hoofdrijbaan zijn geregistreerd worden in de selectie opgenomen. De kruispuntongevallen worden gekoppeld aan één punt binnen een kruispunt dat door de provincie is bepaald terwijl de ongevallen in BRON op juncties van het NWB zijn geplaatst. Er is geen gemeenschappelijke sleutel (met straatnamen ook niet). Daarom worden de kruispuntongevallen uit BRON binnen bovengenoemde selectie toegedeeld op het criterium dichtstbijzijnd binnen een straal van 100 m. De aanpak voor de koppeling van de ongevallen is besproken met Jan-Hendrik. Er worden geen kenmerken van ongevallen gekoppeld, wel worden aantallen ongevallen onderscheiden naar letselernst.
8. Stap 10: extra NWB variabelen koppelen: lengte en richting van het wegvak waar de hectometer van is afgeleid in het NWB op basis van WVK\_ID
9. Stap 11: bestand opschonen en gebruiksklaar maken. Achterin dit document bij Stap 10 is aangegeven welke variabelen in de hoofdbestanden met gegevens per punt (observatiepunten voor kruispunten en hectometerpunten) terecht gekomen zijn met een beknopte beschrijving.
10. Stap 12: kwaliteitscontrole: bespreking resultaten Paul Schepers en Frits Bijleveld. Besloten wordt om voor stap 4 (maximumsnelheden) ook de gegevens uit het Excelbestand met wegkenmerken van de provincie te koppelen omdat dat onderscheid naar rijbaan rechts en links mogelijk maakt. Het algemene beeld is verder dat het niet haalbaar is om alles met grote precisie te koppelen omdat wordt gewerkt met bestanden die geografisch verschillend zijn georganiseerd en geen gemeenschappelijke koppelsleutels hebben. De resultaten lijken

acceptabel zolang ze als input voor analyses op wegvakniveau worden gebruikt en niet per hectometer. Reden is dat ook ongevallen in BRON met koppelniveau Exact soms op het midden van een wegvak worden gekoppeld en niet op hectometers. Daarnaast is de locatie van de hectometers niet volledig exact, er kan bijvoorbeeld een hectometer ontbreken bij een kruispunt.

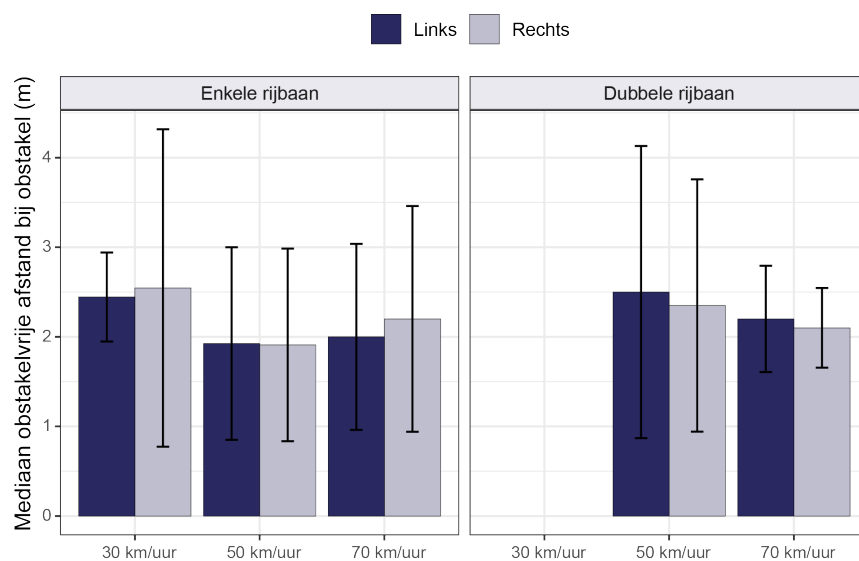
De koppelingen zijn primair uitgevoerd voor de bestanden voor de provincie Noord-Holland. Er is ook een aantal punten geannoteerd in Zaanstad voor het VRA-project. De extra koppelingen zijn voor deze punten slechts in beperkte mate gelegd omdat met bestanden van de provincie en in BRON geregistreeerde provinciale/rijks-ongevallen is gewerkt.



## Bijlage D Verkenning variabele voor overige snelheidslimieten

In de hoofdtekst gingen we in op de kenmerken van meetpunten met een snelheidslimiet van 60, 80 of 100 km/uur. In de dataset bleken ook meetpunten opgenomen waarbij de annoteurs aangaven dat er een snelheidslimiet van 30, 50 of 70 km/uur geldt. Hier tonen we de gemiddelde kenmerken van deze meetpunten.

Afbeelding D.1 toont bij aanwezigheid van een obstakel de mediaan van de obstakelvrije afstand voor meetpunten met een snelheidslimiet gelijk aan 30, 50 of 70 km/uur. De mediaan ligt meestal rond de 2 tot 3 meter, welke voor een snelheid van 30 of 50 km/uur acceptabel wordt beschouwd (grenswaarde = 1,5 m), maar niet voor een snelheid van 70 km/uur (grenswaarde = 4 m of 4,5 m). Ter vergelijking toont Tabel D.1 zowel de mediaan als het gemiddelde.

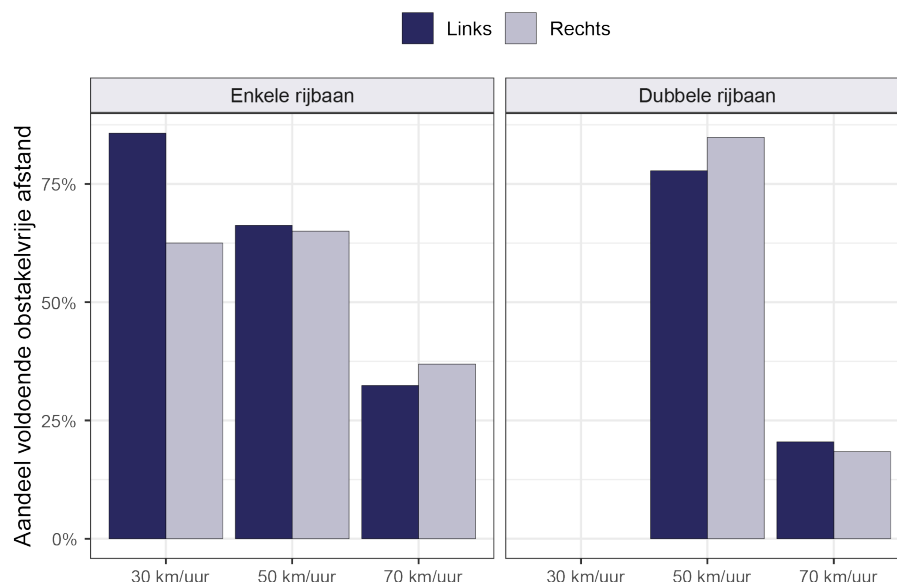


Afbeelding D.1. Mediaan van de obstakelvrije afstand voor snelheidslimieten gelijk aan 30, 50, of 70 km/uur.

Tabel D.1. Mediaan, MAD, gemiddelde en standaardfout van de obstakelvrije afstand van aanwezige obstakels (links of rechts)

Limiet	Aantal rijbanen	Mediaan	MAD	Gemiddelde	Standaardfout
30 km/uur	Enkele rijbaan	2,54	1,19	2,71	2,04
50 km/uur	Enkele rijbaan	1,92	1,07	2,97	2,95
50 km/uur	Dubbele rijbaan	2,41	1,50	4,39	4,02
70 km/uur	Enkele rijbaan	2,10	1,19	4,16	4,78
70 km/uur	Dubbele rijbaan	2,10	0,44	3,63	3,46

Om na te gaan welk aandeel van de obstakels een afstand kennen die aan de richtlijnen (volgens de NH-criteria) voldoet, toont *Afbeelding D.2* het aandeel van de aanwezige obstakels met een afstand van meer dan 1,5 m (30 km/uur), 1,5 m (50 km/uur) of 4 m (70 km/uur). Dit laat zien dat obstakels bij 30 km/uur en 50 km/uur vaker op voldoende afstand staan, dan obstakels bij 70 km/uur. Er zijn geen observaties voor een dubbele rijbaan bij 30 km/uur. *Tabel D.2* geeft de exacte waarden.



*Afbeelding D.2.* Aandeel van de obstakels dat bij 30 km/uur, 50 km/uur en 70 km/uur op een voldoende grote afstand staat (1,5 m, 1,5 m en 4 m voor deze afstanden).

*Tabel D.2.* Aandeel van de meetpunten met obstakel waarbij de obstakelvrije afstand voldoende is volgens de NH-criteria.

Aantal rijbanen	30 km/uur	50 km/uur	70 km/uur
Enkele rijbaan	73,3%	65,6%	34,6%
Dubbele rijbaan	-	81,4%	19,4%

## D.1 Gemiddelde obstakelvrije afstand en aantallen

De volgende tabellen geven de aantallen en gemiddelde obstakelvrije afstand van obstakels die wel en niet voldoen voor de verschillende limieten (80 km/uur is in de hoofdtekst getoond). Voor 30 km/uur waren er onvoldoende observaties voor het opstellen van een tabel.

Tabel D.3. Gemiddelde afstand obstakels op voldoende ( $\geq 3$  m) en onvoldoende ( $< 3$  m) afstand bij 60 km/uur.

Type	Voldoende	Onvoldoende
Anders Continu	6,59 (N=33)	1,93 (N=42)
Anders Solitair	6,17 (N=18)	1,56 (N=27)
Bomenrij	5,92 (N=119)	1,92 (N=191)
Boom	9,44 (N=34)	1,74 (N=22)
Gebouw, constructie	7,27 (N=4)	-
Kunstwerk	-	2,08 (N=2)
Lantaarnpaal	5,71 (N=26)	1,71 (N=314)
Mast / Dikke Paal	4,93 (N=3)	1,92 (N=13)
Sloot	7,63 (N=140)	2,27 (N=15)
Talud - omhoog	5,45 (N=7)	2,28 (N=17)
Talud - omlaag	5,27 (N=43)	2,43 (N=14)

Tabel D.4. Gemiddelde afstand obstakels op voldoende ( $\geq 6$  m) en onvoldoende ( $< 6$  m) afstand bij 100 km/uur.

Type	Voldoende	Onvoldoende
Anders Solitair	6,47 (N=1)	3,21 (N=10)
Bomenrij	9,57 (N=37)	4,67 (N=24)
Kunstwerk	6,12 (N=1)	1,49 (N=10)
Lantaarnpaal	7,29 (N=9)	3,05 (N=19)
Mast / Dikke Paal	7,73 (N=18)	3,86 (N=11)
Sloot	11,78 (N=255)	5,55 (N=2)
Talud - omhoog	8,72 (N=7)	4,77 (N=1)
Talud - omlaag	6,28 (N=9)	4,99 (N=14)

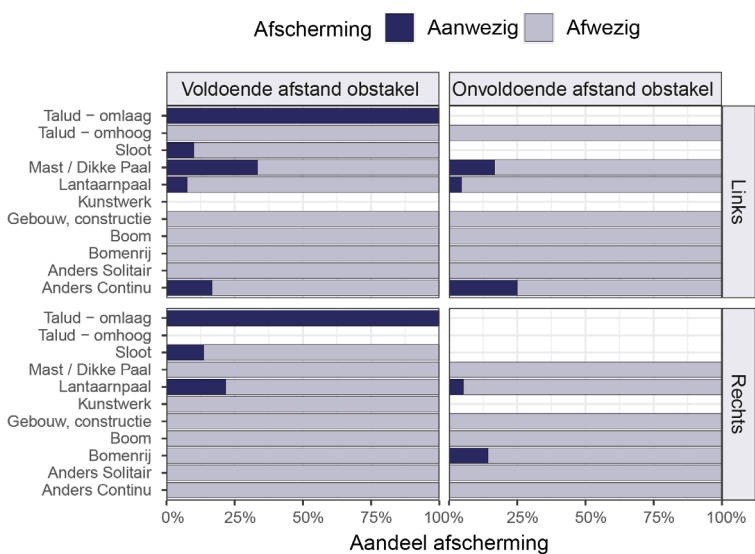
Tabel D.5. Gemiddelde afstand obstakels op voldoende ( $\geq 1,5$  m) en onvoldoende ( $< 1,5$  m) afstand bij 50 km/uur (onvoldoende observaties voor 30 km/uur).

Type	Voldoende	Onvoldoende
Anders Continu	5,98 (N=11)	1,19 (N=8)
Anders Solitair	2,54 (N=6)	0,76 (N=4)
Bomenrij	4,03 (N=61)	1,04 (N=17)
Boom	3,05 (N=14)	1,14 (N=4)
Gebouw, constructie	6,67 (N=5)	1,38 (N=2)
Kunstwerk	3,08 (N=1)	-
Lantaarnpaal	2,27 (N=149)	1,09 (N=101)
Mast / Dikke Paal	2,26 (N=19)	1,15 (N=11)
Sloot	8,27 (N=42)	-
Talud - omhoog	6,09 (N=15)	0,65 (N=2)
Talud - omlaag	10,64 (N=2)	-

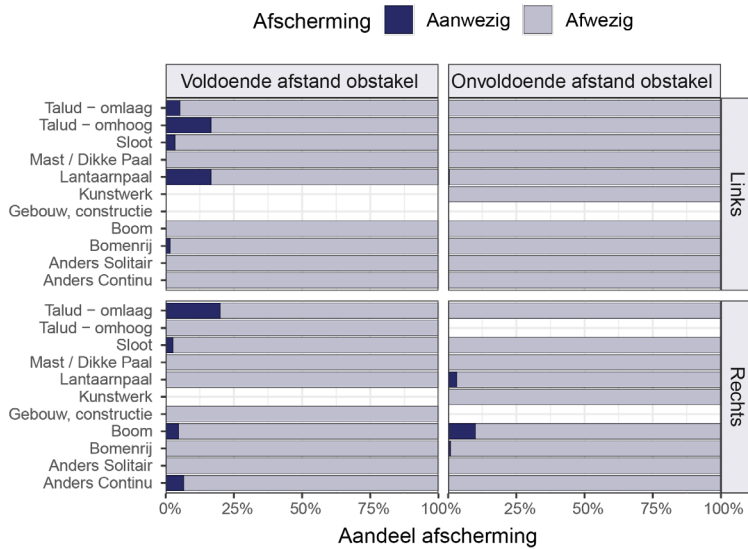
Tabel D.6. Gemiddelde afstand obstakels op voldoende ( $\geq 4$  m) en onvoldoende ( $< 4$  m) afstand bij 70 km/uur

Type	Voldoende	Onvoldoende
Anders Continu	6,34 (N=22)	1,73 (N=6)
Anders Solitair	NA	2,07 (N=5)
Bomenrij	9,45 (N=39)	2,73 (N=3)
Boom	8,7 (N=2)	2,28 (N=3)
Gebouw, constructie	14,11 (N=4)	2,73 (N=4)
Kunstwerk	7,64 (N=3)	1,23 (N=4)
Lantaarnpaal	6,73 (N=14)	1,78 (N=148)
Mast / Dikke Paal	4,94 (N=8)	1,58 (N=36)
Sloot	10,5 (N=24)	-
Talud - omhoog	4,52 (N=5)	2,71 (N=10)
Talud - omlaag	5,4 (N=1)	-

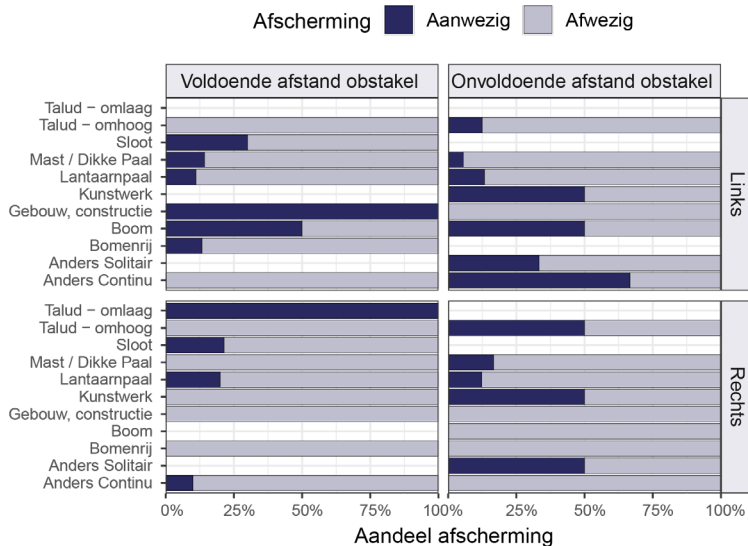
## D.2 Afschermingsconstructie



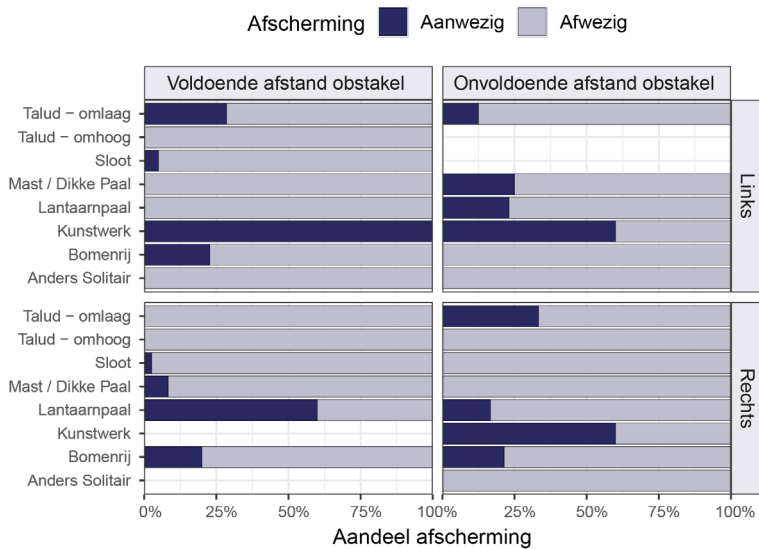
Afbeelding D.3. Aanwezigheid van een afschermingsconstructie bij obstakels op 50km/uur-wegen.



Afbeelding D.4. Aanwezigheid van een afschermingsconstructie bij obstakels op 60km/uur-wegen.



Afbeelding D.5. Aanwezigheid van een afschermingsconstructie bij obstakels op 70km/uur-wegen.



Afbeelding D.6. Aanwezigheid van een afschermingsconstructie bij obstakels op 100km/uur-wegen.

Tabel D.7. Gemiddelde afstand geleiderail op voldoende ( $\geq 1,5$  m) en onvoldoende ( $< 1,5$  m) afstand bij 60 km/uur.

Type	Voldoende	Onvoldoende
Anders	4,46 (N=3)	0,8 (N=1)
Betonnen barrier	-	0,12 (N=2)
Geleiderail	5,09 (N=13)	0,98 (N=10)
Houten geleiderail	5,08 (N=2)	1,35 (N=1)

Tabel D.8. Gemiddelde afstand geleiderail op voldoende ( $\geq 2,5$  m) en onvoldoende ( $< 2,5$  m) afstand bij 100 km/uur.

Type	Voldoende	Onvoldoende
Geleiderail	4,11 (N=13)	1,67 (N=94)
Motorvriendelijke Geleiderail	-	1,68 (N=3)

### D.3 Rijrichtingscheiding

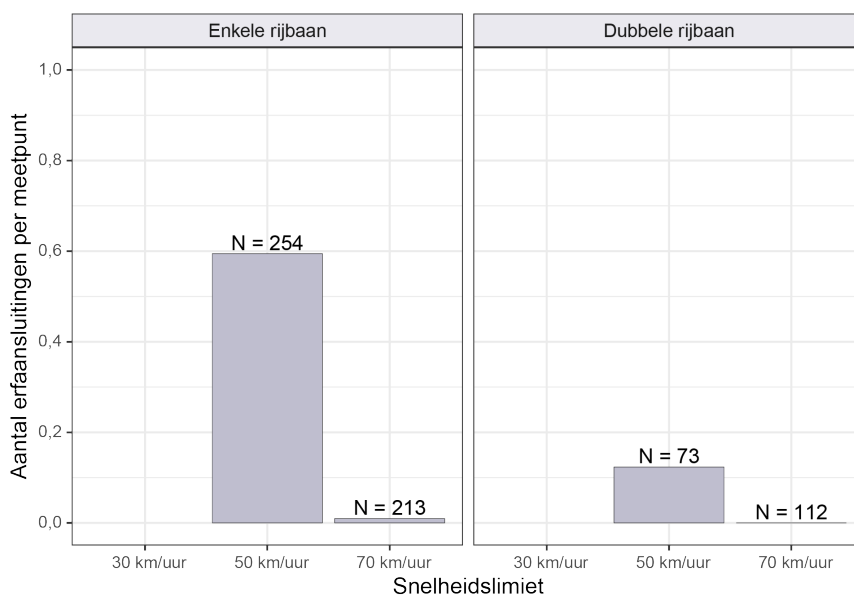
Tabel D.9 laat zien dat een moeilijke of niet-overrijdbare rijrichtingscheiding niet aanwezig is op meetpunten met een snelheidslimiet van 30 km/uur. Bij een limiet van 50 km/uur en 70 km/uur komt een dergelijke rijrichtingscheiding met name voor bij dubbele rijbanen en vaker bij 70 km/uur.

Tabel D.9. Soorten rijrichtingscheiding voor 30, 50 en 70 km/uur. Percentages zijn berekend binnen aantal rijbanen en snelheidslimiet.

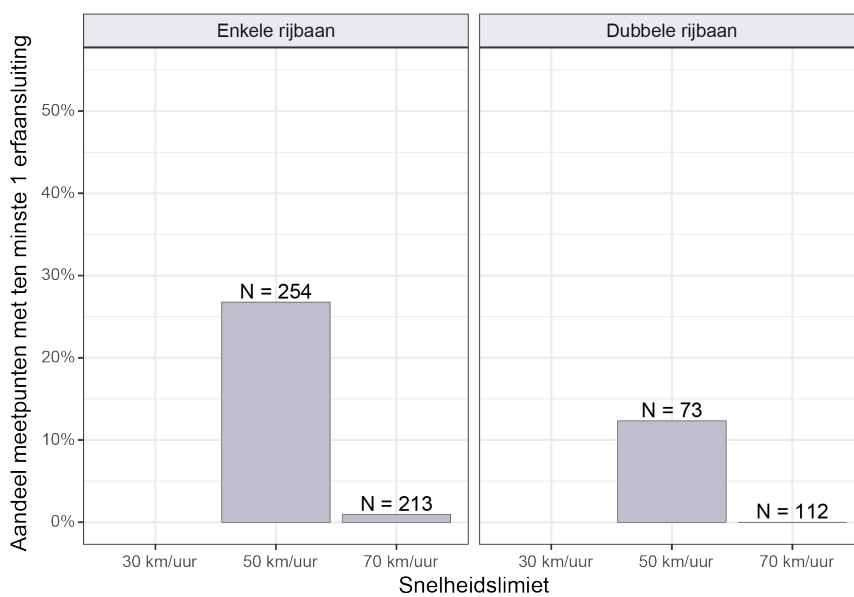
Snelheidslimiet	Aantal rijbanen	Anders	Dubbele lijn	Enkele lijn	Geen	Moeilijk overrijdbaar	Niet overrijdbaar
30	Enkele rijbaan	6,2%	25%	0%	68,8%	0%	0%
50	Enkele rijbaan	14,2%	37,8%	19,3%	2,4%	24%	2,4%
50	Dubbele rijbaan	1,4%	8,2%	0%	0%	80,8%	9,6%
70	Enkele rijbaan	5,9%	9,3%	10,2%	0%	60%	14,6%
70	Dubbele rijbaan	0%	0%	0%	0%	80,4%	19,6%

## D.4 Erfaansluitingen

Erfaansluitingen worden nauwelijks gevonden bij 30km/uur-meetpunten (Afbelding D.7 en D.8). Bij 50 km/uur komen ze juist veel voor.



Afbelding D.7. Gemiddeld aantal erfaansluitingen bij 30, 50 en 70 km/uur (gemiddelde over aantallen links en rechts).



Afbelding D.8. Aandeel meetpunten met ten minste een erfaansluiting (links of rechts) voor 30-, 50- en 70km/uur-meetpunten. Daar waar er geen enkele erfaansluiting is, wordt er geen waarde getoond.

## Bijlage E Kruispuntsscores kruispunten op 60-, 80- en 100km/uur-wegen

Tabel E.1. Scores per kenmerk en totaalscore voor voorrangskruispunten op 60-, 80- en 100km/uur-wegen.

KPID	score_fietsvoet	score_remmen	score_strook	score_takken	score_type_kpt	totaal	max_lim
266	0	3	2	1	3	9	60
267	2	3	2	1	3	11	60
280	0	0	1,3	2	3	6,3	60
282	2	0,8	1	1	3	7,8	60
283	0	0	2	1	1	4	60
284	0	0	2	2	3	7	60
286	0	0	2	2	3	7	60
315	2	0	1,3	2	3	8,3	60
323	2	0	0	2	3	7	60
325	2	3	2	1	1	9	60
326	0	0	1,5	1	1	3,5	60
329	0	0	2	2	3	7	60
362	0	0	2	2	3	7	60
483	2	0	2	2	1	7	60
489	2	3	2	2	3	12	60
490	2	2	2	2	3	11	60
502	0	0	2	2	3	7	60
534	2	0	1,5	1	1	5,5	60
619	0	0	2	0	3	5	60
661	0	0	2	1	3	6	60
662	0	0	2	1	1	4	60
668	2	3	2	1	1	9	60
173	2	0	2	1	3	8	80
277	2	0	1,3	2	1	6,3	80
278	2	0	1,3	2	3	8,3	80
287	0	0	1,3	2	3	6,3	80
290	0	0	1,3	2	3	6,3	80
291	2	0	1,3	2	3	8,3	80
295	2	0	1	1	3	7	80
330	2	0	0,7	2	3	7,7	80
331	2	0	0,7	2	3	7,7	80
334	2	0	0,7	2	3	7,7	80
338	0	0	1	1	3	5	80



KPID	score_fietsvoet	score_remmen	score_strook	score_takken	score_type_kpt	totaal	max_lim
343	0	0	1	1	1	3	80
347	0	0	1	1	3	5	80
351	2	0	1	1	3	7	80
353	2	0	1	1	3	7	80
354	0	0	0,7	2	3	5,7	80
355	0	0	0,7	2	3	5,7	80
359	2	0	1,3	2	3	8,3	80
369	0	0	0,7	2	1	3,7	80
382	2	0	1,5	2	3	8,5	80
383	2	0	1	1	3	7	80
384	2	0	1	1	3	7	80
385	2	0	1,3	2	3	8,3	80
389	2	0	1	1	3	7	80
395	0	0	1,3	2	3	6,3	80
405	0	0	0,7	2	1	3,7	80
422	0	0	0,7	2	3	5,7	80
423	2	0	1,3	2	1	6,3	80
425	0	0	0,7	2	3	5,7	80
470	2	0	0,7	2	3	7,7	80
471	0	0	1	2	3	6	80
474	2	0	1,5	1	3	7,5	80
477	0	0	2	1	1	4	80
478	0	0	0,7	2	3	5,7	80
506	0	0	1	1	3	5	80
514	0	0	1,3	2	3	6,3	80
546	2	0	2	1	1	6	80
561	2	0	1,3	2	1	6,3	80
562	0	0	0,7	2	1	3,7	80
563	2	0	1,3	2	1	6,3	80
566	2	0	1,3	2	1	6,3	80
607	2	0	2	1	1	6	80
608	0	0	0,7	2	1	3,7	80
610	2	0	1,5	1	1	5,5	80
633	0	0	0,7	2	1	3,7	80
641	0	0,8	2	1	1	4,8	80
644	0	0,8	1	1	1	3,8	80
646	0	0,8	1,5	1	1	4,2	80
656	0	0	0,5	1	1	2,5	80

KPID	score_fietsvoet	score_remmen	score_strook	score_takken	score_type_kpt	totaal	max_lim
658	0	0	1	1	1	3	80
665	0	0	0	2	3	5	80
670	2	0	1,3	2	1	6,3	80
675	0	0	0,7	2	1	3,7	80
677	2	0	1,5	1	1	5,5	80
679	2	0	1	1	1	5	80
680	2	0	0,7	2	1	5,7	80
682	2	0	0	2	1	5	80
686	2	0	0,7	2	1	5,7	80
696	2	0	1,3	2	3	8,3	80
728	2	0	0,7	2	1	5,7	80
729	2	0	0,7	2	1	5,7	80
730	2	0	1,3	2	1	6,3	80
751	0	0	1	1	1	3	80
757	0	0	0,7	2	1	3,7	80
441	2	1,5	2	1	3	9,5	100
476	0	0	0	2	3	5	100

## Bijlage F Heranalyse oude ProMeV Light-data

We beschrijven hier de her-analyse van de oorspronkelijke analyse van de ProMeV Light (Bax et al., 2017) gegevens, waarbij we de werkwijze en uitkomsten proberen te reproduceren in de R-software omgeving. Het doel is om onze R-scripts te toetsen en te valideren met behulp van de eerder uitgevoerde analyses. Hiermee gaan we na welke keuzes bij het opstellen van de modellen wel of geen grote invloed hebben op de uitkomsten en of deze overeenkomen met de oorspronkelijk analyses..

De ProMeV Light-score wordt bepaald uit drie variabelen, die aangeven in welke mate een gedeelte van een weg veilig is:

- De obstakelvrije afstand (3 punten)
- De rijrichtingscheiding (2 punten)
- Het aantal erfaansluitingen (1 punt)

De grenswaarden voor het wel of niet behalen van elk van deze scores staan weergegeven in *Tabel F.1*. Optellen van de scores op elk van de criteria geeft voor elk meetpunt een score tussen de 0 en 6 (3 + 2 + 1). Voor de zeven categorieën wordt in de oorspronkelijke analyse met een negatief binomiaal hiërarchisch regressiemodel aangetoond dat een verschil met de hoogste score significant gerelateerd is met het aantal ongevallen op dat meetpunt.

Kenmerk	Gewicht	Wat scoort voldoende?
Obstakelvrije afstand	3	Groter of gelijk aan 5 meter of geleiderail
Rijrichtingscheiding	2	Moeilijk of niet overrijdbare rijrichtingscheiding
Erfaansluitingen	1	Geen erfaansluitingen

*Tabel F.1. Criteria gebruikt voor het bepalen van de ProMeV Light-score. Uit: Bax et al. (2017a).*

Het rapport is echter niet overal duidelijk over de aannames in de analyse en welke analyses zijn uitgevoerd. Door de gegevens opnieuw te analyseren, proberen we antwoord te vinden op de volgende vragen:

- Voor de analyse wordt gebruik gemaakt van het SAS-pakket. Aangezien dit pakket in toenemende mate minder toegankelijk wordt, rijst de vraag: wordt eenzelfde resultaat gevonden als gebruik wordt gemaakt van het vrij toegankelijke pakket R?
- Er wordt gebruik gemaakt van een negatief-binomiaal model. Wordt eenzelfde resultaat gevonden als gebruik wordt gemaakt van het Poisson model?
- In de analyse wordt de verkeersintensiteit opgenomen als een offset (vast gewicht gelijk aan 1). Maakt deze aanname uit voor de voorspelling?
- Dragen de verschillende componenten (obstakelvrije afstand, rijrichtingscheiding, aantal erfaansluitingen) elk significant bij aan het voorspellen van het aantal ongevallen?
- Komen de gewichten die gebruikt worden voor de ProMeV Light-scores overeen met de gewichten die worden gevonden in het regressiemodel?
- Maakt het voor de voorspelling uit of de ProMeV Light-score in het model wordt opgenomen als een categoriale of een continue variabele?
- Maakt het voor de voorspelling uit of als referentiewaarde de maximale of de minimale ProMeV Light-score wordt gebruikt?

Voor de analyse maken we gebruik van het lme4 pakket binnen de R omgeving (Poisson regressie). Voor de negatief binomiaal versie van de analyse gebruiken we het MASS pakket binnen de R omgeving.

## F.1 Replicatie oorspronkelijke ProMeV Light met R

Allereerst onderzoeken we of we de resultaten voor de oorspronkelijke ProMeV Light-analyse kunnen repliceren met R. Daarna kunnen we meteen onderzoeken wat de invloed van de verschillende aannames op de resultaten van het model zijn.

Als eerste worden een aantal verwerkingsstappen uitgevoerd:

De gegevens worden in R ingeladen met het pakket 'Haven'

Alleen de gegevens voor wegen met een snelheidslimiet van 80 km/uur worden geselecteerd (zoals in de oorspronkelijke analyse)

- De ProMeV Light-score wordt uit de drie dummy-variabelen voor Obstakelvrije afstand (gewicht = 3), Rijrichtingscheiding (gewicht = 2) en Erfaansluitingen (gewicht = 1) berekend
- De ProMeV Light-score wordt omgezet naar een categoriale variabele (een 'factor' in R)
- De referentiecategorie wordt op een score van 6 gezet
- Het aantal ongevallen wordt berekend als de som van het aantal ongevallen met een dodelijke afloop en het aantal ongevallen met een ernstig gewonde. Geprobeerd is het model met alleen de dodelijke afloop ongevallen te fitten, maar dit levert andere resultaten op, waaruit duidelijk wordt dat de oorspronkelijke analyse met het totaal heeft gerekend

Om na te gaan of deze bewerkingstappen overeenkomen met de eerdere analyse worden de verdelingen van het aantal ongevallen en die van ProMeV Light-scores opnieuw berekend. Deze verdelingen stemmen overeen met die uit het oorspronkelijke achtergrondrapport (Bax et al., 2017b).

De oorspronkelijke ProMeV Light-dataset is aanzienlijk groter dan het bestand voor de provincie Noord-Holland, en beslaat observaties over geheel Nederland. De dataset bevat 50061 observaties, wat aan de ene kant berekeningen langer zal laten duren, maar aan de andere kant ook waarschijnlijk vaker tot significante effecten zal leiden (meer statistische 'power' door meer observaties).

We beginnen met het schatten van het Poisson model met het lme4 pakket in R. We gebruiken daarbij de volgende formule:

```
model.p <- glmer(ongevallen ~ offset(log(Vehicle_flow__AADT)) + light_cat +  
(1|ID/Road_name), data = oude_promev, family = poisson)
```

Deze formule geeft aan dat:

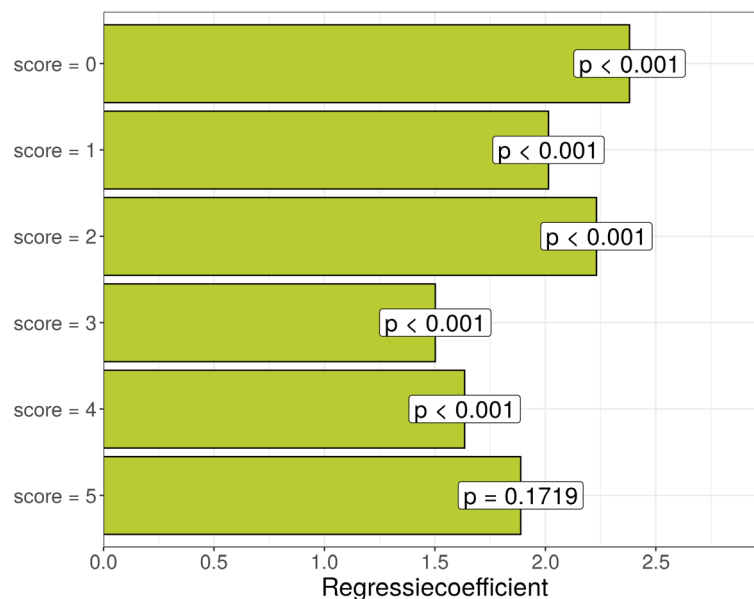
1. **ongevallen**: De afhankelijke variabele het totaal aantal ongevallen is (dodelijk + ernst gewond)
2. **offset(log(Vehicle\_flow\_\_AADT))**: Dat de verkeersintensiteit ('Vehicle\_flow') als offset variabele en log-getransformeerd in het model is opgenomen
3. **light\_cat**: Dat de ProMeV Light-score als categoriale variabele in het model is opgenomen
4. **(1|ID/Road\_name)**: Dat meetpunt ID genest is onder straatnaam en als random factor opgenomen wordt in het model
5. **data = oude\_promev**: Dat de dataset 'oude\_promev' wordt gebruikt
6. **family = poisson**: Dat een Poisson verdeling wordt aangenomen voor de afhankelijke variabele

Ter vergelijking toont *Tabel F.2* de parameter-waarden van de oorspronkelijke schatting van het model.

Effect	ProMeV Light-score	Regressie-coëfficiënt	Standaard Error	df	t-waarde	Pr >  t
Intercept		-12,8755	0,1675	505	-76,89	<0,0001
ProMeV Light-score	0	1,5267	0,1760	49549	8,67	<0,0001
ProMeV Light-score	1	1,2700	0,1703	49549	7,46	<0,0001
ProMeV Light-score	2	1,6565	0,2979	49549	5,56	<0,0001
ProMeV Light-score	3	0,9678	0,1751	49549	5,53	<0,0001
ProMeV Light-score	4	0,8629	0,1800	49549	4,79	<0,0001
ProMeV Light-score	5	0,4190	0,9042	49549	0,46	0,6431
ProMeV Light-score	6	0	.	.	.	.

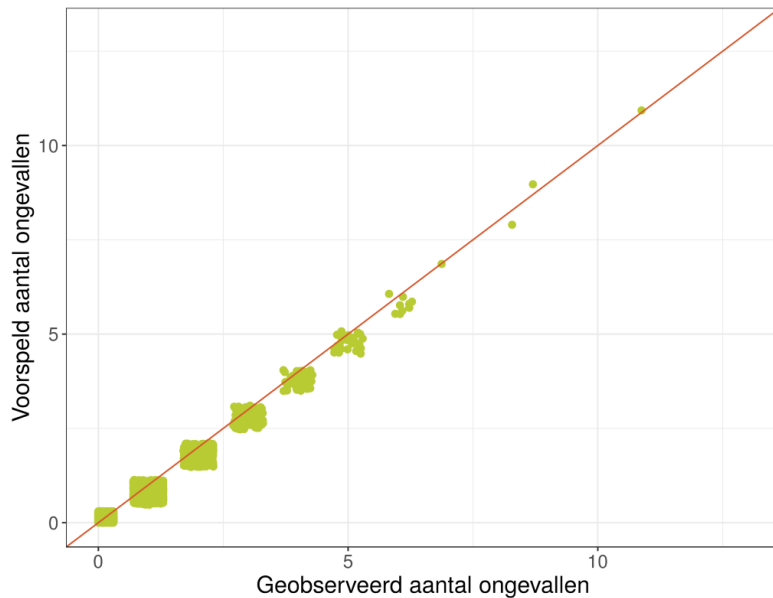
Tabel F.2. Parameter-waarden voor het hiërarchische regressiemodel (negatief binomiaal, geschat met SAS) uit Bax et al. (2017b).

Afbeelding F.1 laat de resultaten voor de Poisson regressie met R zien. De dispersie-parameter wordt geschat op 0,28, wat een behoorlijke mate van onderdispersie aangeeft. De resultaten laten vergelijkbare resultaten zien met de oorspronkelijke negatief-binomiaal regressie uitgevoerd met SAS, wat aangeeft dat ondanks de mate van onderdispersie, het gebruik van een Poisson regressie en het gebruik van het pakket R, uiterst vergelijkbare resultaten worden verkregen. Alle individuele coëfficiënten voor de ProMeV Light-scores zijn positief. Dit betekent dat wanneer de score van een meetpunt daalt van de waarde 6 (de referentiewaarde) naar een lageregelegen waarde, dat het aantal voorspelde ongevallen toeneemt. Met R kunnen we ook de statistische significantie van alle niveaus van de ProMeV Light-score tegelijk schatten door de mate van de fit van het model met de verschillende niveaus te vergelijken met de fit van een model zonder de ProMeV Light-score (met behulp van een likelihood ratio test, welk toegepast kan worden op geneste modellen, waar hier sprake van is). Een Chi-kwadraat waarde van 58,59 wordt gevonden bij 6 vrijheidsgraden, met een p-waarde ver onder de 0,0001 (duidelijk statistisch significant).



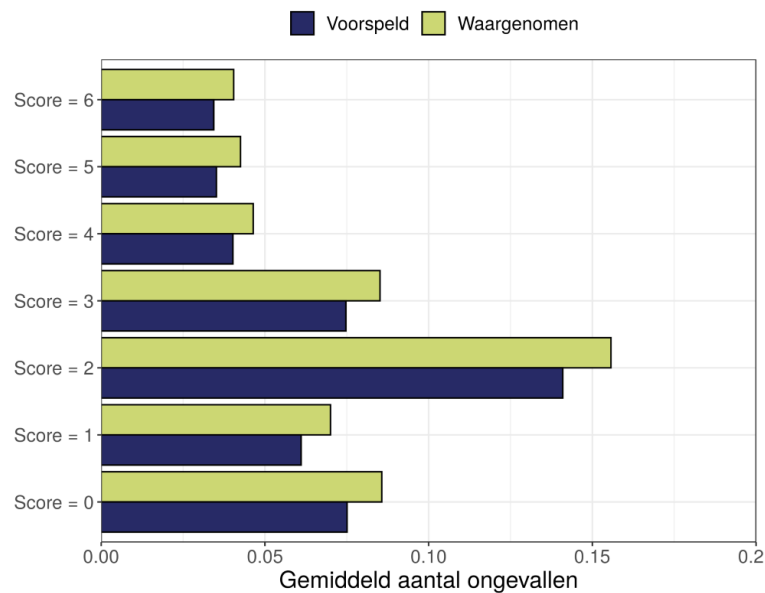
Afbeelding F.1. Regressie coëfficiënten en p-waarden voor een Poisson regressie toegepast op de oorspronkelijke ProMeV Light-gegevens. In overeenstemming met de oorspronkelijke analyse (Tabel X), wordt voor alle scores een significant verschil met het referentieniveau (score = 6) gevonden.

Het model staat ook toe te voorspellen hoe groot het aantal voorspelde ongevallen zal zijn voor elke combinatie van de ProMeV Light-score en de verkeersintensiteit (welke met een gewicht van 1 in het model is opgenomen). *Afbeelding F.2* geeft het resultaat van deze voorspelling, waar gebruik is gemaakt van een kleine mate van ruis op de plaatsing van elk punt om de puntendichtheid goed weer te geven. De rechte lijn geeft de  $y = x$ -lijn aan. Alle punten liggen dicht bij de lijn, wat een goede mate van voorspelling aangeeft.



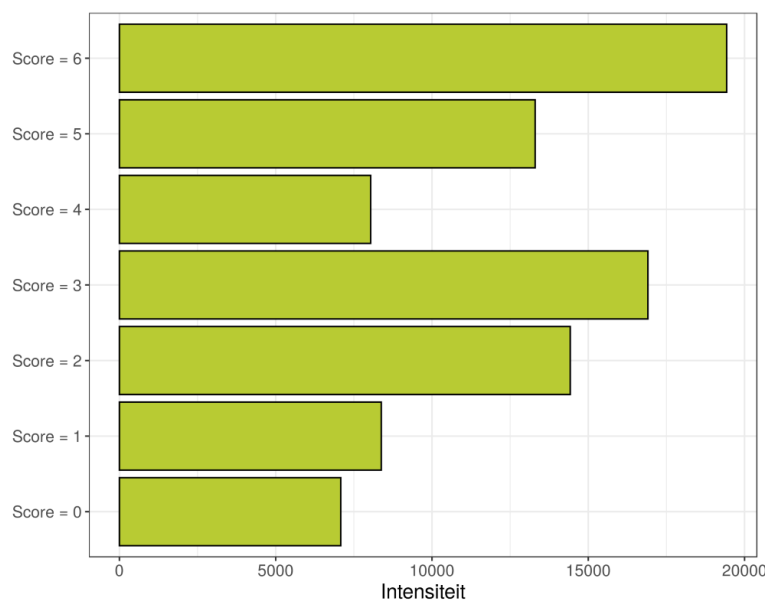
*Afbeelding F.2. Vergelijking van het aantal geobserveerde en voorspelde ongevallen voor de oude ProMeV Light-data, gebruikmakend van een Poisson regressie met daarin de ProMeV Light-score als een categoriale variabele.*

Een andere manier om de mate van fit van een model te onderzoeken is het gemiddelde aantal voorspelde ongevallen per ProMeV Light-score te vergelijken met het gemiddelde aantal geobserveerde ongevallen (gemiddeld voor intensiteitsverschillen). *Afbeelding F.3* geeft deze vergelijking weer en laat zien dat het model de waargenomen aantallen steeds iets onderschat, maar dat het grote aantal ongevallen voor met name meetpunten met een score van 2 goed voorspeld wordt. De hoge waarde voor het aantal ongevallen voor een score van 2 komt overeen met het oorspronkelijke: de hoogste regressie coëfficiënt werd daar gevonden voor een score van 2.



*Afbeelding F.3. Gemiddeld aantal waargenomen en voorspelde ongevallen voor elk van de ProMeV Light-scores.*

Afbeelding F.4 laat zien dat dit hogere aantal ongevallen voor meetpunten met een score van 2 niet kan worden verklaard uit de gemiddelde verkeersintensiteit, welke het hoogste is voor meetpunten met een score van 6. Wat hier oorzaak is en wat gevolg is onduidelijk. Het kan zijn dat verkeer veilige wegen opzoekt, maar het kan ook zijn dat wegbeheerders de verkeersveiligheid van wegen met een hoge verkeersintensiteit sneller aan zullen pakken.



Afbeelding F.4. Gemiddelde verkeersintensiteit bij elk van de ProMeV Light-scores. De hoogste intensiteit wordt gevonden op de wegen die goed scoren (score = 6).

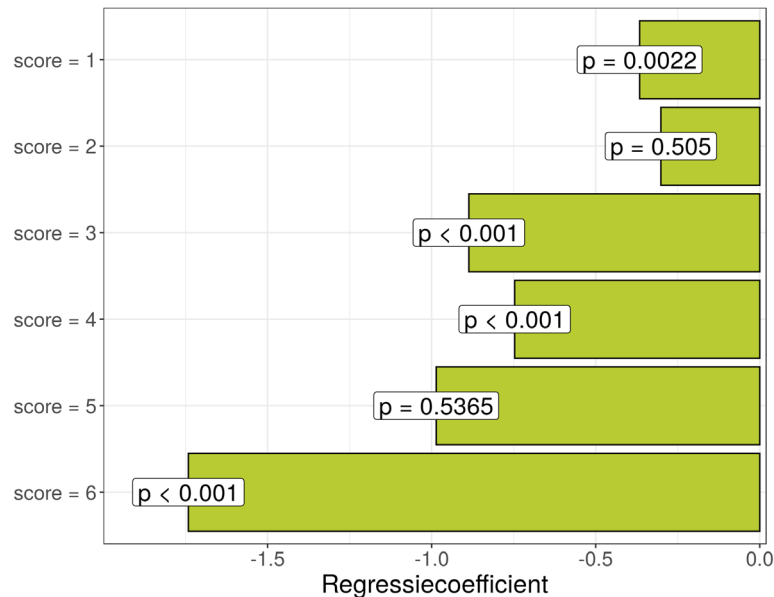
Ook is geprobeerd een model met de negatief binomiaal op de data te fitten met R. Dit model convergeert echter niet en geeft regressie coëfficiënten (zie Tabel F.3) die duidelijk afwijken van die uit de oorspronkelijke analyse en die uit het Poisson-model.

Tabel F.3. Resultaten van het fitten van een negatief binomiaal model met R op de oorspronkelijke ProMeV Light-data. Het model convergeert niet, en geeft andere waarden voor de coëfficiënten, welke niet statistisch significant bijdragen volgens het model.

Effect	ProMeV Light-score	Regressiecoëfficiënt	Z-waarde	Pr >  z
Intercept		-18,0548	-21,857	<0,0001
ProMeV Light-score	0	1,7414	2,028	0,0425
ProMeV Light-score	1	1,3753	1,634	0,1023
ProMeV Light-score	2	1,4401	1,092	0,275
ProMeV Light-score	3	0,8548	0,982	0,3259
ProMeV Light-score	4	0,9945	1,112	0,266
ProMeV Light-score	5	0,7555	0,189	0,8498

## F.2 Laagste score als referentie-categorie

Afbeelding F.5 laat zien dat als de waarde 0 als referentie-categorie wordt genomen, alle andere coëfficiënten negatief worden: De kans op een ongeval neemt af als de ProMeV-score van 0 naar een hogere waarde gaat. Niet voor alle scores gaat het echter om een significante toename (voor een score gelijk aan 2 en een score gelijk aan 5 is het verschil niet significant). Ook hier is de verkeersintensiteit als een offset opgenomen in het model.



Afbeelding F.5. Regressie coëfficiënten voor een Poisson-regressie met de ProMeV Light-score gelijk aan 0 als de referentie-categorie. De coëfficiënten zijn allen negatief, wat betekent dat de kans op een ongeval afneemt als van de waarde 0 naar een hogere score wordt gegaan.

## F.3 ProMeV Light-score als continue variabele

De ProMeV Light-score is een waarde tussen 1 en 6 (door toevoeging van een score voor kruispunten zal deze tussen 1 en 7 liggen voor de data voor Noord-Holland). Het model waarin de score als categoriale variabele opgenomen is, houdt geen rekening met de ordening van de scores (dat bijvoorbeeld een score van 2 beter is dan een score van 1) en kijkt alleen naar verschillen met de referentie-categorie (en effecten kunnen daarmee afhangen van hoeveel de referentie-categorie afwijkt van de rest). Het is daarom van belang ook te bekijken hoe de uitkomsten afhangen van of de ProMeV Light-score wordt opgenomen als een continue of een categoriale variabele.

Een Poisson model convergeert op de data met aanwijzingen voor onderdispersie (ratio = 0,278). Ook worden significante bijdragen van de verkeersintensiteit en de ProMeV Light-score gevonden. De regressiecoëfficiënt voor de ProMeV Light-score is negatief, wat betekent dat als de score toeneemt, het aantal voorspeld ongevallen afneemt.

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-10.80929	0.60268	-17.935	< 2e-16 ***
log(Vehicle_flow_AADT)	0.38330	0.06722	5.702	1.18e-08 ***
light_score	-0.14086	0.03220	-4.374	1.22e-05 ***
---				



Ook hier kan de intensiteit als offset in plaats van een covariaat opgenomen worden. De Poisson regressie convergeert met een aanwijzing voor onderdispersie (ratio = 0,276). De invloed van de ProMeV Light-score is hoger als intensiteit als offset wordt opgenomen, en is in de verwachte richting (hogere scores = minder voorspelde ongevallen).

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-16.40702	0.10256	-159.982	< 2e-16 ***
light_score	-0.23117	0.03233	-7.149	8.71e-13 ***

Geprobeerd kan worden of een model met een negatief binomiaal wel convergeert als de ProMeV Light-score als continue variabele wordt opgenomen, omdat hierbij maar een coëfficiënt in plaats van vijf geschat hoeft te worden. Intensiteit wordt als offset opgenomen en hoeft daarom ook niet geschat te worden. Na ongeveer 10 minuten wordt een resultaat gegeven met de waarschuwing dat het maximum aantal iteratiestappen is bereikt. De uitkomst verschilt nauwelijks van die voor de Poisson-regressie.

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-16.40672	0.10254	-160.01	< 2e-16 ***
light_score	-0.23117	0.03233	-7.15	8.7e-13 ***

## F.4 Verkeersintensiteit als een covariaat

Wat is de invloed van het opnemen van de intensiteit als covariaat in plaats van een offset? Dit heeft als gevolg dat het model het gewicht voor de bijdrage van de intensiteit uit de gegevens schat (in plaats van dat een gewicht van 1 wordt afgedwongen).

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-1.148e+01	1.815e+00	-6.325	2.54e-10 ***
log(Vehicle_flow__AADT)	3.584e-01	1.677e-01	2.137	0.0326 *
light_catscore5	-1.325e+02	9.789e+06	0.000	1.0000
light_catscore4	4.190e-01	8.444e-01	0.496	0.6197
light_catscore3	7.466e-01	8.113e-01	0.920	0.3574
light_catscore2	1.220e+00	1.230e+00	0.991	0.3217
light_catscore1	8.161e-01	7.961e-01	1.025	0.3053
light_catscore0	1.076e+00	8.142e-01	1.321	0.1864

Als vervolgens de laagste categorie (score = 0) als referentie wordt gebruikt, dan worden opeens verschillen wel weer significant. Dit is waarschijnlijk omdat verschillen tussen de waarde 0 en andere waarden grotere zijn dan verschillen tussen de waarde 6 en andere waarden. De richting van het effect is wel in de verwachte richting, als bijvoorbeeld van score 0 naar score 6 wordt gegaan, neemt het voorspelde aantal ongevallen af.

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-10.58724	0.62982	-16.810	< 2e-16 ***
log(Vehicle_flow__AADT)	0.36416	0.07025	5.184	2.18e-07 ***
light_catscore1	-0.24509	0.11698	-2.095	0.036159 *
light_catscore2	0.15576	0.44343	0.351	0.725397
light_catscore3	-0.35536	0.15963	-2.226	0.026005 *
light_catscore4	-0.59094	0.16343	-3.616	0.000299 ***
light_catscore5	-0.79155	1.70102	-0.465	0.641689
light_catscore6	-1.02416	0.33884	-3.023	0.002506 **

Het lijkt erop dat als de intensiteit als covariaat opgenomen wordt in de analyse, dat deze dan een groter stuk van de variantie uit de data op zich neemt dan wanneer de intensiteit als een offset wordt meegenomen. Dit is van belang bij het schatten van het model voor de data Noord-Holland. Ook hebben we gezien dat het van belang is welke score als referentie-categorie wordt gebruikt als deze als categoriale variabele in het model wordt opgenomen.

## F.5 Bijdrage afzonderlijke ProMeV Light-componenten

Tot nu toe is steeds de ProMeV Light-score als voorspeller gebruikt, maar deze is opgebouwd uit drie (voor Noord-Holland vier) componenten:

1. De score voor de rijrichtingscheiding
2. De score voor erfaansluitingen
3. De score voor de obstakelvrije afstand

Hoe draagt elk van deze componenten bij als deze als voorspellers worden opgenomen? Komt de geschatte regressie coëfficiënt overeen met het gewicht dat toegepast bij het berekenen van de ProMeV Light-score? Wat is de invloed van het opnemen van de intensiteit als covariaat of offset?

Als intensiteit als offset wordt opgenomen en de afzonderlijke componenten als dummy-variabelen (met scores 0 of 1), dan worden significante bijdragen van alle drie de componenten gevonden bij een Poisson regressie die convergeert met een aanwijzing voor onderdispersie (ratio = 0,276). Alle drie componenten hebben regressie coëfficiënten in de verwachte richting (wanneer het kenmerk 'goed' is, minder voorspelde ongevallen). De grootste invloed is die van de rijrichtingscheiding, gevolgd door de erfaansluitingen en de obstakelvrije afstanden met ongeveer gelijke coëfficiënten. Dit komt niet geheel overeen met de gewichten gebruikt voor de berekening van de ProMeV Light-score, waar de obstakelvrije afstand het sterkst bijdraagt (een score van 3).

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	
(Intercept)	-16.2702	0.1189	-136.895	< 2e-16	***
ScoreRijrichtingScheiding	-0.6813	0.1288	-5.292	1.21e-07	***
ScoreErfaansluitingT	-0.4069	0.1071	-3.800	0.000145	***
ScoreObstakelvrijeafstandT	-0.3923	0.1237	-3.172	0.001513	**

Wanneer de intensiteit als covariaat wordt opgenomen, lijkt deze een deel van de variantie over te nemen van de andere variabelen. De invloed van de rijrichtingscheiding is dan niet meer significant. Wel blijven de regressie coëfficiënten in de verwachte richting. Nu is echter de coëfficiënt voor de rijrichtingscheiding kleiner dan de andere twee (erfaansluitingen en obstakelvrije afstand).

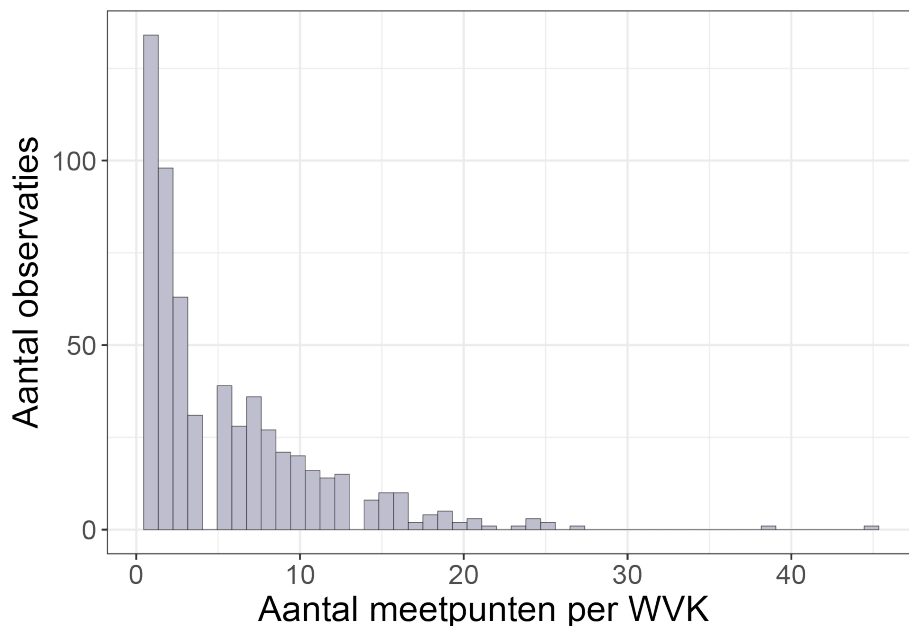
Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	
(Intercept)	-10.57438	0.65398	-16.169	< 2e-16	***
log(Vehicle_flow_AADT)	0.36790	0.07316	5.028	4.95e-07	***
ScoreRijrichtingScheiding	-0.13866	0.14038	-0.988	0.323251	
ScoreErfaansluitingT	-0.29899	0.10487	-2.851	0.004357	**
ScoreObstakelvrijeafstandT	-0.40125	0.12088	-3.319	0.000902	***

## Bijlage G Crash prediction model op wegvakniveau

Voor het modeleren van het aantal ongevallen per wegvak, passen we eerst een aantal filterstappen op de data toe. We selecteren:

- de meetpunten met een snelheidslimiet van 80 km/uur
- meetpunten waarvoor de annoteur zeker was van de annotatie
- de meetpunten op een 'wegvak' of 'bij kruising'
- de meetpunten waarbij de rijrichting op het meetpunt een enkele rijbaan is
- alleen wegvakken waarbij ten minste 5 meetpunten op gescoord zijn (wegvakken van ten minste 0,5 km)



Afbeelding G.1. Aantal meetpunten per wegvak op enkelbaans 80km/uur-wegen.

Een aantal variabelen worden per meetpunt aangemaakt:

- Dummy-scores voor een positieve score op elk van de kenmerken (dus de waarde 1 als de score op bijvoorbeeld de obstakelvrije afstand 3 is, en 0 als deze 0 is)
- Een categoriale versie van rijbaanscore (dus elke score van 0 tot 7 is een categorie)
- De omgekeerde volgorde van deze categoriale versie van de rijbaanscore, om te bepalen of de referentiecategorie (score = 0 of score = 7) een invloed heeft op het model

Deze variabelen worden vervolgens samengevoegd per wegvak, waarbij:

- Het gemiddelde van de dummy-scores wordt genomen. De nieuwe variabelen per wegvak geven dus de proportie aan van de meetpunten binnen het wegvak dat goed scoort op een bepaald kenmerk
- Proporties van elk van de zeven categoriale rijbaanscores. Deze variabelen geven daarmee aan welk aandeel van de meetpunten binnen dat wegvak deze rijbaanscore haalden

Omdat de lengte van het wegvak en de verkeersintensiteit op het wegvak ook van invloed is op de kans op een ongeval worden een aantal covariaten aangemaakt:

- De gemiddelde log-intensiteit van de meetpunten (links en rechts reeds samengenomen)
- De som van de lengte
- De som van de log-intensiteit
- De voertuigdichtheid

Voor het aantal ongevallen gebruiken we alle ongevallen (inclusief UMS; letselernt E1 t/m E5) op het wegvak over de beschikbare jaren

## G.1 Model 1

Het eerste model maakt gebruik van:

1. De log van de gewogen som van de intensiteit (som van de verhouding intensiteit / weglengte) als covariaat
2. De log van de som van de lengte van het wegvak als offset (geen regressiegewicht wordt geschat)
3. De vier dummy-variabelen voor de rijbaanscores (erf, obstakel, kruising en rijrichtingscheiding)
4. Een negatief binomiaal regressie

Tabel G.1 geeft de resultaten van het eerste model. Het model geeft aan dat een hogere verkeerintensiteit tot meer ongevallen leidt, en dat de afwezigheid van obstakels tot een lager aantal ongevallen leidt. Opmerkelijk genoeg zou de afwezigheid van ETW-kruisingen gepaard gaan met meer ongevallen.

*Tabel G.1. Resultaten van model 1, waarbij het totaal aantal ongevallen (E1 t/m E5) op een wegvak wordt voorspeld uit de verkeersintensiteit, het aandeel meetpunten zonder erfaansluitingen, het aandeel meetpunten zonder obstakels, het aandeel meetpunten zonder ETW-kruisingen en het aandeel meetpunten met een slecht- of niet-overrijdbare rijrichtingscheiding.*

Omschrijving onafhankelijke variabelen	Regressiecoëfficiënt	Standaardfout	z-waarde	p-waarde
Verkeersintensiteit	0,384	0,081	4,718	$p < 0,001$
Geen erfaansluitingen	-0,623	0,221	-2,822	$p < 0,001$
Geen obstakels op dichte afstand	-0,308	0,150	-2,051	$p = 0,04$
Bevat geen ETW-kruising	2,065	1,051	1,965	$p = 0,05$
Niet-overrijdbare rijrichtingscheiding	0,322	0,220	1,463	$p = 0,14$

## G.2 Model 2

Model 2 maakt gebruik van:

- De log van de gewogen som van de intensiteit als offset
- De log van de lengte van het wegvak als offset
- De vier dummy-variabelen voor de rijbaanscores

De uitkomsten voor het model waarin de verkeersintensiteit is opgenomen als offset zijn vergelijkbaar met het model waarin de verkeersintensiteit is opgenomen als covariaat. Opvallend is dat de variabele ETW-kruising geen enkel effect meer laat zien, gelet op de  $p$ -waarde. De totale

modelfit van deze variant is daarnaast slechter, met een AIC-waarde van 2838,9 voor model 2 ten opzichte van een AIC-waarde van 2833,7 van model 1.

Tabel G.2. Coëfficiënten van model 2

Omschrijving onafhankelijke variabelen	Regressiecoëfficiënt	Standaardfout	z-waarde	p-waarde
Geen erfaansluitingen	-0,572	0,247	-2,314	p = 0,02
Geen obstakels op dichte afstand	-0,439	0,168	-2,611	p = 0,01
Bevat geen ETW-kruising	-0,389	1,098	-0,354	p = 0,72
Niet-overrijdbare rijrichtingscheiding	-0,024	0,239	-0,102	p = 0,92

### G.3 Model 3

Model 3 maakt gebruik van:

- De log van de gewogen intensiteit als offset
- De log van de lengte van het wegvak als offset
- De categoriale rijbaanscore met de laagste score als referentie
- Een Quasi-Poisson regressie, omdat de negatief binomiaal niet convergeert

Geen van de scores leidt tot een significant verschillend aantal verspelde ongevallen vergeleken met de laagste score (score = 0). De oorspronkelijke ProMeV Light-bevinding kan daarmee niet worden gerepliceerd met de gegevens uit Noord-Holland. Mogelijk speelt het beduidend lager aantal meetpunten in de analyse een rol. Daarnaast kon de oorspronkelijke ProMeV Light-analyse worden uitgevoerd op het meetpuntniveau, terwijl de analyse op de gegevens uit Noord-Holland uitgevoerd zijn op het wegvak-niveau.

Tabel G.3. Coëfficiënten van model 3

Omschrijving onafhankelijke variabelen	Regressiecoëfficiënt	Standaardfout	t-waarde	p-waarde
p_score_1	-0,224	3,260	-0,069	0,945
p_score_2	-1,516	3,206	-0,473	0,637
p_score_3	-1,968	3,466	-0,568	0,571
p_score_4	-1,968	3,228	-0,610	0,543
p_score_5	-1,615	3,206	-0,504	0,615
p_score_6	-2,053	9,903	-0,207	0,836
p_score_7	-1,755	3,221	-0,545	0,586

### G.4 Model 4

Model 4 maakt gebruik van:

- De rijbaanscore (NH versie) als continue predictor
- De log van de ongewogen intensiteit als covariaat
- De log van de lengte van het wegvak als covariaat

Een significante bijdrage van de rijbaanscore op het aantal ongevallen wordt gevonden. Dit is opmerkelijk omdat in model 3 geen enkel effect werd gevonden.

Tabel G.4. Coëfficiënten van model 4

Omschrijving onafhankelijke variabelen	Regressiecoëfficiënt	Standaardfout	z-waarde	p-waarde
Verkeersintensiteit	0,751	0,085	8,802	0,000
Weglengthe	0,149	0,122	1,227	0,220
NH-score	-0,118	0,038	-3,065	0,002

## G.5 Model 5

Model 5 maakt gebruik van de voertuigdichtheid in plaats van de intensiteit en de weglengthe:

- De log van de voertuigdichtheid als covariaat
- De dummy-variabelen van de verschillende rijbaanscores als predictoren

Significante effecten worden gevonden van de afwezigheid van ETW-kruisingen en erfaansluitingen. Het effect van de afwezigheid van ETW-kruisingen is echter tegengesteld aan de verwachte richting.

Tabel G.5. Coëfficiënten van model 5

Omschrijving onafhankelijke variabelen	Regressiecoëfficiënt	Standaardfout	z-waarde	p-waarde
Verkeersdichtheid	0,068	0,075	0,908	0,364
Geen erfaansluitingen	-1,007	0,238	-4,228	0,000
Geen obstakels op korte afstand	-0,102	0,161	-0,635	0,526
Geen ETW-aansluitingen	4,564	1,024	4,459	0,000
Goede rijrichtingscheiding	0,310	0,244	1,269	0,204

## G.6 Model 6

Model 6 maakt ook gebruik van de voertuigdichtheid:

- De log van de voertuigdichtheid als offset
- De categoriale versie van de rijbaanscore als voorspellers
- De hoogste score als referentie
- Een Quasi-Poisson regressiemodel, omdat de negatief binomiaal niet convergeert

Ook wanneer gebruik wordt gemaakt van de voertuigdichtheid om te corrigeren voor verschillen in wegvaklengthes en verkeersintensiteit wordt er geen verschil gevonden tussen scores lager dan de maximale score (score = 7) en andere scores, uitgezonderd een score van 1. Vermoedelijk speelt het aantal wegvakken in de analyse een rol (beperkte statistische power).

Tabel G.6. Coëfficiënten van model 6

Omschrijving onafhankelijke variabelen	Regressiecoëfficiënt	Standaardfout	t-waarde	p-waarde
p_score_0	-2,872	3,711	-0,774	0,440
p_score_1	2,017	0,631	3,198	0,002
p_score_2	0,433	0,558	0,777	0,438
p_score_3	-1,862	1,737	-1,072	0,285
p_score_4	0,500	0,789	0,634	0,527
p_score_5	0,734	0,601	1,221	0,223
p_score_6	6,681	12,281	0,544	0,587

## G.7 Model 7

Model 7 maakt gebruik van de voertuigdichtheid en de rijbaanscore als continue variabele:

- De rijbaanscore als continue variabele als predictor
- De log van de voertuigdichtheid als offset
- Een Quasi-Poisson regressie, omdat de negatief binomiaal niet convergeert

Geen invloed wordt gevonden van de rijbaanscore als met de voertuigdichtheid wordt gecorrigeerd voor de weglengte- en het intensiteitsverschil tussen wegvakken.

Tabel G.7. Coëfficiënten van model 7

Omschrijving onafhankelijke variabelen	Regressiecoëfficiënt	Standaardfout	t-waarde	p-waarde
Rijbaanscore NH	-0,113	0,07	-1,615	0,108

## G.8 Conclusies modellen

De verschillende modellen die we toe hebben gepast op de gegevens van Noord-Holland leiden tot een drietal observaties:

1. De voorspellende waarde van de afzonderlijke kenmerken hangt af van hoe er gecorrigeerd wordt voor verschillen in weglengte en verkeersintensiteit op de verschillende wegvakken
2. Verschillen tussen verschillende waarden van de rijbaanscores, zoals eerder gevonden voor de oorspronkelijke ProMeV Light-analyses, worden niet gevonden voor de NH-gegevens. Mogelijk speelt een beperktere set gegevens (minder statistische power) een rol
3. Naast dat de modelspecificatie de resultaten beïnvloedt, is het ook van belang of gebruik wordt gemaakt van segmenten van 900 m/1 km (hoofdttekst), wegvakken van ten minste 500 m (deze bijlage), of wegvakken van ten minste 200 m (uitkomsten niet getoond)

## Bijlage H Trajectscores en ranking

Traject	Lengte (km)	Rijbaanscore NH (%)	Kruispuntscore	Gewogen score
N307-1	8,6	97,3	100,0	98,5
N242-2	3,5	92,6	100,0	96,0
N307-2	5,9	85,2	100,0	92,0
N205-1	3,5	89,5	67,5	79,4
N242-6	4,6	56,4	100,0	76,5
N247-1	2,0	94,4	50,0	74,0
N194-1	5,7	66,8	81,7	73,7
N246-1	4,1	50,9	100,0	73,5
N511-1	4,8	50,6	100,0	73,3
N508-2	5,6	68,9	77,8	73,0
N516-1	2,0	96,0	45,2	72,7
N523-2	1,8	67,5	78,6	72,6
N241-2	6,5	64,3	82,2	72,5
N241-1	3,3	63,2	83,3	72,5
N201-5	3,0	90,1	50,0	71,7
N194-3	2,8	92,9	46,4	71,5
N244-4	7,2	87,6	52,0	71,2
N201-6	2,8	82,6	57,1	70,9
N194-2	7,4	65,4	77,1	70,8
N515-1	2,2	43,5	100,0	69,5
N207-2	4,1	91,6	42,9	69,2
N240-4	4,8	42,9	100,0	69,1
N201-2	3,2	83,3	52,4	69,1
N519-1	1,8	39,1	100,0	67,1
N207-1	4,0	89,2	39,3	66,2
N517-1	1,8	55,6	77,8	65,8
N201-4	4,3	87,1	40,5	65,6
N307-3	6,5	66,7	64,0	65,4
N201-7	2,4	74,5	53,6	64,9
N201-3	4,9	85,4	40,3	64,7
N248-3	7,4	52,1	77,8	63,9



Traject	Lengte (km)	Rijbaanscore NH (%)	Kruispuntscore	Gewogen score
N249-2	3,8	51,1	77,8	63,4
N242-5	2,8	59,2	68,3	63,4
N240-1	5,6	49,9	77,8	62,7
N242-1	2,1	76,4	46,4	62,6
N201-8	8,2	51,9	75,0	62,6
N201-1	2,8	66,9	57,1	62,4
N510-1	1,2	29,8	100,0	62,1
N205-3	3,9	71,4	50,0	61,6
N197-1	5,1	60,7	62,3	61,4
N249-1	8,8	61,9	60,3	61,2
N510-2	2,2	27,9	100,0	61,1
N205-2	5,5	63,9	57,1	60,8
N244-2	4,4	63,0	56,7	60,1
N203-1	6,4	74,9	42,7	60,1
N242-8	5,7	60,6	59,3	60,0
N504-1	5,9	56,2	64,2	59,9
N196-1	2,8	76,0	40,0	59,4
N523-1	2,5	54,9	64,3	59,2
N403-1	3,5	24,1	100,0	59,0
N248-2	6,1	42,9	77,8	58,9
N232-1	2,8	56,1	60,8	58,3
N232-4	4,6	63,5	50,3	57,4
N248-1	5,2	51,8	62,5	56,8
N206-1	0,9	55,6	57,1	56,3
N200-1	6,1	69,1	40,3	55,8
N235-1	4,8	59,2	51,8	55,8
N245-2	6,2	61,3	49,3	55,8
N244-3	7,2	68,5	39,3	55,0
N245-1	5,6	68,2	38,9	54,7
N508-1	3,3	65,8	41,1	54,4
N246-3	4,4	70,2	35,7	54,4
N242-7	4,9	52,3	56,7	54,3
N505-2	3,0	50,0	57,1	53,3
N417-1	2,5	32,4	77,8	53,3
N240-2	3,8	55,6	49,7	52,9
N250-1	6,2	47,0	59,4	52,7
N242-3	6,0	51,8	53,6	52,6
N520-2	3,0	52,5	51,8	52,2

Traject	Lengte (km)	Rijbaanscore NH (%)	Kruispuntscore	Gewogen score
N524-1	1,4	49,5	54,8	51,9
N248-4	3,8	29,4	77,8	51,6
N245-3	5,3	54,4	47,7	51,3
N205-4	5,1	58,3	42,9	51,2
N241-3	5,9	37,9	66,8	51,2
N235-2	3,3	54,0	47,0	50,8
N236-3	5,5	54,2	45,0	49,9
N206-2	4,5	27,3	75,1	49,3
N231-2	5,8	42,3	57,4	49,3
N526-1	1,7	56,3	40,5	49,0
N243-1	7,1	52,1	45,2	49,0
N236-1	3,5	48,9	48,2	48,6
N513-1	5,4	40,7	57,8	48,6
N208-1	3,3	42,0	56,2	48,6
N236-4	7,5	37,0	62,1	48,5
N203-2	5,4	47,8	49,4	48,5
N201-9	3,9	46,2	51,2	48,5
N504-2	3,5	44,2	53,3	48,4
N232-3	5,7	50,5	44,9	48,0
N208-2	3,6	44,5	51,4	47,7
N246-4	7,4	55,9	35,0	46,3
N242-4	2,8	38,3	54,8	45,9
N240-6	3,8	39,5	53,3	45,8
N236-2	3,1	39,4	52,4	45,4
N247-2	7,7	53,4	35,5	45,2
N522-1	4,5	47,9	41,8	45,1
N509-1	6,2	54,6	33,7	45,0
N505-1	6,8	49,7	39,3	44,9
N501-1	6,9	46,2	41,9	44,2
N240-5	5,8	35,0	55,0	44,2
N243-2	4,3	33,2	56,9	44,1
N202-1	6,5	46,4	40,3	43,6
N208-3	3,2	42,4	42,9	42,6
N502-2	5,6	38,3	47,6	42,6
N231-1	5,6	35,7	49,4	42,0
N506-1	3,8	37,1	47,6	42,0
N502-1	5,6	36,8	47,6	41,8
N512-1	5,7	42,1	41,3	41,7

Traject	Lengte (km)	Rijbaanscore NH (%)	Kruispuntscore	Gewogen score
N525-1	1,6	40,0	42,9	41,3
N506-2	5,0	36,2	47,1	41,2
N247-3	4,6	30,7	52,7	40,8
N502-3	4,8	47,4	32,3	40,4
N244-1	9,5	38,0	42,9	40,2
N239-1	8,7	48,1	28,4	39,0
N521-1	2,4	33,3	45,0	38,7
N243-3	4,4	28,6	50,6	38,7
N512-2	5,3	26,9	50,0	37,5
N527-1	2,7	28,6	43,1	35,2
N247-4	8,9	33,1	37,2	35,0
N232-2	4,0	28,9	41,0	34,5
N514-1	1,2	32,1	36,5	34,2
N241-4	6,9	28,6	39,7	33,7
N515-2	3,2	44,3	17,9	32,2
N246-2	5,7	27,8	33,3	30,3
N415-1	1,2	22,6	38,1	29,7
N518-1	6,9	42,4	14,3	29,5
N520-1	5,1	23,5	34,9	28,7
N247-5	6,0	33,4	22,6	28,4
N239-2	4,4	45,5	7,7	28,1
N240-3	5,4	31,7	9,5	21,5

## Bijlage I Prioritering trajecten

Tabel I.1 toont een overzicht van de prioritering van de trajecten op basis van de vier methoden. Bij rangordes en decielen geeft een lagere waarde (met laagste waarde 1) een hogere prioritering aan (grotere noodzaak tot aanpassen van traject). Bij de clusteranalyse werd gevonden dat trajecten in cluster 3 een hogere prioriteit hadden, met name op het vlak van de kruispuntkenmerken. Bij grenswaarden betekent een hogere waarde een hogere urgentie om aan te pakken.

Variabelen in onderstaande tabellen:

- Trajectnr.: Trajectnummer
- Rangorde op basis van som rangordes: Rangordening van de gesommeerde rangen (binnen trajectscore, verkeersintensiteit, incidentmeldingen en ongevallen), waarbij de rang met de laagste waarde (1) de hoogste prioriteit heeft.
- Rangorde op basis van decielen-ordening: Rangordening van de sortering van de naar decielen omgezette componenten trajectscore, intensiteit, incidentmeldingen en ongevallen (in de genoemde volgorde), waarbij de rang met de laagste waarde (1) de hoogste prioriteit heeft.
- Cluster: Het cluster waartoe het traject behoort.
- Grenswaarde-groepering: een groepering op basis van de volgende codering:
  - 4 als trajectscore < 50 & intensiteit > 12.000 & ongevallen > 50
  - 3 als trajectscore < 50 & intensiteit > 12.000 & ongevallen ≤ 50
  - 2 als trajectscore < 50 & intensiteit ≤ 12.000
  - 1 als trajectscore ≥ 50

Tabel I.1. Overzichtstabel van rangordes, decielen, cluster en grenswaarden per trajectnummer

Trajectnr.	Rangorde op basis van som rangordes	Rangorde op basis van decielen-ordening	Cluster	Grenswaarde-groepering
N194-1	115	126	2	1
N194-2	109	112	2	1
N194-3	100	108	3	1
N196-1	54	80	3	1
N197-1	41	81	1	1
N200-1	29	72	3	1
N201-1	20	94	3	1
N201-2	32	104	3	1
N201-3	12	93	3	1
N201-4	14	91	3	1

Trajectnr.	Rangorde op basis van som rangordes	Rangorde op basis van decielen-ordening	Cluster	Grenswaarde-groepering
N201-5	45	105	3	1
N201-6	72	107	3	1
N201-7	82	97	3	1
N201-8	81	98	2	1
N201-9	21	43	1	3
N202-1	16	30	1	2
N203-1	11	79	3	1
N203-2	6	42	1	4
N205-1	18	117	3	1
N205-2	7	78	3	1
N205-3	53	95	3	1
N205-4	60	58	1	1
N206-1	97	75	2	1
N206-2	74	61	1	2
N207-1	25	106	3	1
N207-2	49	110	3	1
N208-1	9	40	1	4
N208-2	2	39	1	4
N208-3	34	26	1	3
N231-1	10	29	1	3
N231-2	22	56	1	4
N232-1	77	82	2	1
N232-2	37	10	1	2
N232-3	4	45	1	4
N232-4	13	68	1	1
N235-1	40	70	1	1
N235-2	55	55	1	1
N236-1	38	46	1	3
N236-2	86	33	1	2
N236-3	79	60	2	2

Trajectnr.	Rangorde op basis van som rangordes	Rangorde op basis van decielen-ordening	Cluster	Grenswaarde-groepering
N236-4	69	49	1	3
N239-1	70	23	1	2
N239-2	50	3	1	3
N240-1	126	102	2	1
N240-2	110	62	2	1
N240-3	84	12	1	2
N240-4	129	116	2	1
N240-5	78	35	1	2
N240-6	73	34	1	2
N241-1	113	113	2	1
N241-2	99	124	2	1
N241-3	61	59	1	1
N241-4	46	1	1	4
N242-1	26	92	3	1
N242-2	42	118	3	1
N242-3	1	52	3	1
N242-4	23	44	1	4
N242-5	64	96	1	1
N242-6	87	123	2	1
N242-7	92	76	2	1
N242-8	107	84	2	1
N243-1	33	47	1	4
N243-2	63	31	1	2
N243-3	58	20	1	2
N244-1	19	18	1	3
N244-2	95	83	2	1
N244-3	65	71	3	1
N244-4	57	109	3	1
N245-1	5	66	3	1
N245-2	30	69	1	1

Trajectnr.	Rangorde op basis van som rangordes	Rangorde op basis van decielen-ordening	Cluster	Grenswaarde-groepering
N245-3	48	54	1	1
N246-1	104	125	2	1
N246-2	27	6	1	2
N246-3	17	65	3	1
N246-4	8	41	1	4
N247-1	39	120	3	1
N247-2	3	27	1	4
N247-3	28	15	1	3
N247-4	59	4	1	2
N247-5	66	5	1	2
N248-1	83	73	2	1
N248-2	116	85	2	1
N248-3	127	103	2	1
N248-4	119	64	2	1
N249-1	111	86	2	1
N249-2	118	101	2	1
N250-1	24	53	1	1
N307-1	71	121	3	1
N307-2	102	122	3	1
N307-3	88	99	2	1
N403-1	121	89	2	1
N415-1	93	9	1	2
N417-1	114	77	2	1
N501-1	91	37	1	2
N502-1	101	25	1	2
N502-2	90	36	1	2
N502-3	96	24	1	2
N504-1	106	87	2	1
N504-2	67	48	1	3
N505-1	52	32	1	2

Trajectnr.	Rangorde op basis van som rangordes	Rangorde op basis van decielen-ordening	Cluster	Grenswaarde-groepering
N505-2	94	74	2	1
N506-1	35	19	1	2
N506-2	75	22	1	2
N508-1	15	67	3	1
N508-2	125	129	2	1
N509-1	98	38	1	2
N510-1	108	100	2	1
N510-2	122	88	2	1
N511-1	120	128	2	1
N512-1	51	17	1	3
N512-2	56	21	1	2
N513-1	89	50	1	2
N514-1	68	2	1	3
N515-1	123	114	2	1
N515-2	76	8	1	2
N516-1	43	119	3	1
N517-1	117	111	2	1
N518-1	80	11	1	2
N519-1	103	115	2	1
N520-1	47	7	1	2
N520-2	105	63	2	1
N521-1	44	14	1	3
N522-1	36	28	1	3
N523-1	124	90	2	1
N523-2	128	127	2	1
N524-1	85	57	2	1
N525-1	31	13	1	3
N526-1	112	51	2	2
N527-1	62	16	1	3



# Ongevallen voorkomen Letsel beperken Levens redden

## **SWOV**

**Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid**

Postbus 93113

2509 AC Den Haag

Bezuidenhoutseweg 62

070 – 317 33 33

info@swov.nl

www.swov.nl

 [@swov\\_nl](#) / [@swov](#)

 [linkedin.com/company/swov](https://www.linkedin.com/company/swov)