Dodelijke ongevallen op rijkswegen in Zuid-Nederland

Benchmarking verkeersveiligheid

R-2020-8

SWOV



Auteurs



Dr. ir. J.P. Schepers



Ir. J.W.H. van Petegem



Dr. F.D. Bijleveld



Ir. W.J.R. Louwerse

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

Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2020-8
Titel:	Dodelijke ongevallen op rijkswegen in Zuid-Nederland
Ondertitel:	Benchmarking verkeersveiligheid
Auteur(s):	Dr. ir. J.P. Schepers, ir. J.W.H. Van Petegem, dr. F.D. Bijleveld & ir. W.J.R. Louwerse
Projectleider:	Dr. ir. J.P. Schepers
Projectnummer SWOV:	E19.34
Projectcode opdrachtgever:	31155749
Opdrachtgever:	Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving
Projectinhoud:	Het aantal dodelijke ongevallen op rijkswegen in beheer bij Rijkswaterstaat Zuid-Nederland lijkt de afgelopen jaren hoog in verhouding tot de beheerde weglengte en de verkeersprestatie op het beheerde areaal. Voor de invulling van proactief verkeersveiligheidsbeleid wil Rijkswaterstaat inzicht in dit soort regionale verschillen. In dit rapport doet SWOV verslag van een onderzoek naar de omvang en aard van het vermeende hoge aantal dodelijke ongevallen op het areaal van Rijkswaterstaat Zuid-Nederland t/m 2018. Deze worden vergeleken met overige rijkswegen buiten de Randstad en met rijkswegen binnen de Randstad.
Aantal pagina's:	74
Fotografen:	Paul Voorham (omslag) – Peter de Graaff (portretten)
Uitgave:	SWOV, Den Haag, 2020

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 – www.swov.nl

@swov_nl / @swov **linkedin.com**/company/swov

Samenvatting

Het aantal geregistreerde dodelijke ongevallen op rijkswegen is de afgelopen vijftien jaar gedaald van gemiddeld 106 in de periode van 2004 tot en met 2008 tot 70 tussen 2014 en 2018. De daling deed zich vooral voor tot 2010. Sindsdien schommelt het aantal rond hetzelfde niveau. Het aantal dodelijke ongevallen op rijkswegen in beheer bij Rijkswaterstaat Zuid-Nederland leek de afgelopen jaren hoog in verhouding tot de beheerde weglengte en de verkeersprestatie op het areaal van Zuid-Nederland. Voor de invulling van proactief verkeersveiligheidsbeleid wil Rijkswaterstaat inzicht in dit soort regionale verschillen. Dat was aanleiding om SWOV opdracht te geven voor dit onderzoek naar de omvang en aard van het vermeende hoge aantal dodelijke ongevallen op het areaal van Zuid-Nederland t/m 2018 (eventuele veiligheidsverbeteringen vanaf 2019 blijven buiten beschouwing). Deze samenvatting begint met een beschrijving van het areaal aan rijkswegen van Zuid-Nederland. Daarna volgt de probleemanalyse, waarna wordt ingegaan op mogelijke verklaringen voor het probleem.

Het areaal van Zuid-Nederland en studiegebieden voor vergelijkingen

Rijkswaterstaat Zuid-Nederland is één van de zeven regionale organisatieonderdelen van Rijkswaterstaat. Het areaal omvat rijkswegen in de provincies Noord-Brabant en Limburg en enkele Gelderse gemeenten. In het vervolg van dit rapport duiden we met ‘Zuid-Nederland’ op dit organisatieonderdeel en het areaal aan rijkswegen dat het organisatieonderdeel beheert. De rijkswegen van Zuid-Nederland beslaan ongeveer een kwart van de totale lengte aan rijkswegen in Nederland. Daarop wordt ook ongeveer een kwart van de totale verkeersprestatie op rijkswegen afgelegd. Van de zeven regionale organisatieonderdelen van Rijkswaterstaat heeft Zuid-Nederland dus een fors aandeel in het beheerde areaal aan rijkswegen. Aangezien de aantallen dodelijke ongevallen statistisch gezien klein zijn, zijn de andere organisatieonderdelen voor vergelijkingen gegroepeerd tot twee studiegebieden:

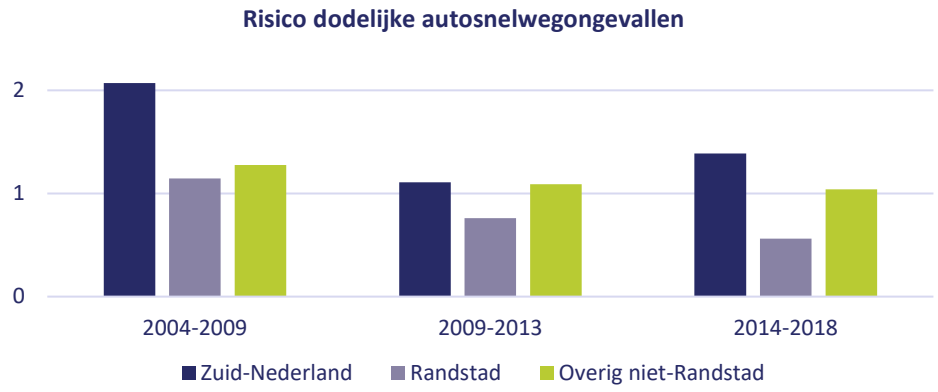
1. Randstad (West-Nederland Zuid, West-Nederland Noord, en district Midden Nederland Zuid);
2. Overig niet-Randstad (de andere onderdelen buiten de Zuid-Nederland en de Randstad).

Probleemanalyse

Voor een verantwoorde statistische analyse zijn de jaarlijkse aantallen dodelijke ongevallen op rijkswegen in Zuid-Nederland te klein. Daarom is het risico per vijfjaarsperiode geanalyseerd (2004-2008; 2009-2013; 2014-2018). Op rijkswegen heeft Zuid-Nederland ongeveer evenveel dodelijke ongevallen per miljard voertuigkilometer als ‘Overig niet-Randstad’ en meer dan de Randstad. Vrijwel het gehele areaal aan rijkswegen van Zuid-Nederland bestaat uit autosnelwegen terwijl er buiten Zuid-Nederland meer N-wegen worden beheerd door Rijkswaterstaat.

Beperken we de vergelijking tot autosnelwegen, dan zien we dat het aantal dodelijke ongevallen per miljard voertuigkilometer in de perioden 2004-2008 en 2014-2018 het hoogste was op autosnelwegen van Zuid-Nederland, zie *Afbeelding 1*. Gelet op de cijfers voor de drie vijfjaars-perioden kan niet worden geconcludeerd dat het verschil tussen Zuid-Nederland en de andere studiegebieden is toegenomen tussen 2004 en 2018. Qua ongevalsrisico – inclusief ongevallen met uitsluitend materiële schade – is er weinig verschil tussen de drie onderzochte gebieden. Daarom is gezocht naar factoren die mogelijk kunnen verklaren waarom ongevallen in Zuid-Nederland vaker dodelijk aflopen.

Afbeelding 1. Geregistreerd aantal dodelijke ongevallen per miljard voertuigkilometer op autosnelwegen (BRON 2009-2018; SWOV, 2020a)



Verklarende factoren

In deze studie is op verschillende manieren gezocht naar mogelijke verklaringen voor het hoge risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen van Zuid-Nederland in vergelijking met andere studiegebieden. Allereerst is Zuid-Nederland vergeleken met de andere studiegebieden op kenmerken waarvan bekend is dat ze samenhangen met de kans dat een ongeval dodelijk afloopt, bijvoorbeeld rijsnelheid en berminrichting. Daarnaast zijn er regressieanalyses uitgevoerd om de relatie van mogelijk relevante factoren met dodelijke ongevallen in samenhang te toetsen. Ook is onderzocht in hoeverre het hoge aantal dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland op specifieke wegen of locaties is geconcentreerd.

Daarnaast is er gekeken naar kenmerken van de ongevallen zelf: de dodelijke ongevallen in de studiegebieden. Ongeveer de helft van de dodelijke ongevallen op autosnelwegen is enkelvoudig: een botsing met een vast of los voorwerp of een eenzijdig ongeval. Meervoudige ongevallen op autosnelwegen zijn vooral kop-staartongevallen. De verdeling naar type ongeval verschilt weinig tussen de studiegebieden. Daarom is deze samenvatting niet per type ongeval, maar per mogelijk verklarende factor geordend om de bevindingen samen te brengen.

Snelheidslimieten en rijsnelheden: onwaarschijnlijk als verklarende factor

Het risico op dodelijke ongevallen lijkt op autosnelwegen met een snelheidslimiet van 100 km/uur vergelijkbaar te zijn met het risico op autosnelwegen met een hogere snelheidslimiet. Met Floating Car Data (FCD) is nagegaan of er verschillen zijn tussen de studiegebieden in het aandeel minuutgemiddelde snelheden op of boven de snelheidslimiet op autosnelwegen. De snelheidslimiet wordt in Zuid-Nederland op autosnelwegen volgens deze indicator niet vaker overschreden dan in andere studiegebieden. Snelheidslimieten en overschrijdingen per snelheidsregime zijn dan ook geen aannemelijke verklaring voor het hogere risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland.

Aandeel vrachtverkeer: onwaarschijnlijk als verklarende factor

Zuid-Nederland heeft van de drie studiegebieden het hoogste aandeel vrachtverkeer op autosnelwegen, maar niet het hoogste aandeel dodelijke ongevallen waarbij vrachtverkeer betrokken is. Autosnelwegen met een hoog aandeel vrachtverkeer zoals de A67 in Zuid-Nederland hebben geen bovengemiddeld risico op dodelijke ongevallen. Dat we ondanks de massaverschillen tussen vrachtauto's en andere voertuigen geen duidelijk verband zien tussen het aandeel vrachtverkeer en het risico op dodelijke ongevallen, zou kunnen komen doordat vrachtauto's zelden bij ernstige enkelvoudige ongevallen betrokken zijn (wetende dat dit het meest voorkomende ongevalstype op autosnelwegen is) en doordat een hoog aandeel vrachtverkeer samengaat met lagere rijsnelheden. Het is onwaarschijnlijk dat het hoge risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland kan worden verklaard door het hoge aandeel vrachtverkeer.

Verschillen in risico per dagdeel: overdag de grootste verschillen
De verkeersbelasting varieert sterk over de dag en ligt ’s nachts overal laag. Het risico op dodelijke ongevallen is ’s nachts in alle drie de gebieden veruit het hoogst. De relatieve verschillen in risico op dodelijke ongevallen zijn ’s nachts tussen de studiegebieden juist het kleinste. Dat betekent dat factoren die vooral ’s nachts aan het risico op dodelijke ongevallen bijdragen minder aannemelijk zijn als verklaring waarom Zuid-Nederland een hoger risico op autosnelwegen heeft, bijvoorbeeld een verschil in de aanwezigheid van openbare verlichting en rijden onder invloed van alcohol. Zowel Zuid-Nederland als Overig niet-Randstad hebben ’s middags en ’s avonds een hoger risico dan de Randstad. Zuid-Nederland heeft van de drie studiegebieden het hoogste risico op dodelijke ongevallen in de spitsperioden.

Filestaartbeveiliging: mogelijke verklaring voor een deel van het verschil
Bijna de helft van alle dodelijke kop-staartongevallen op rijkswegen gebeurt bij de staart van een file. Eerder onderzoek heeft laten zien dat filestaartsignalering helpt om ernstige ongevallen in de staart van files te voorkomen. Dit sluit aan bij de constatering in dit onderzoek dat maar een derde deel van de dodelijke fileongevallen in de Randstad gebeurt, terwijl daar 63% van de lengte aan filegevoelige wegvakken te vinden is (afgeleid uit een Intensiteit/Capaciteit-verhouding, I/C-verhouding, boven de 0,8). Dat is mogelijk te verklaren doordat wegvakken in de Randstad relatief vaak zijn voorzien van filestaartsignalering ten opzichte van wegvakken in de andere studiegebieden. In Zuid-Nederland ontbreekt vaker dan bij de andere twee studiegebieden signalering op wegvakken met een I/C-verhouding hoger dan 0,8, maar dat betreft een beperkte rijbaanlengte. In dit onderzoek is overigens gekeken naar de theoretische I/C-verhouding onder ideale omstandigheden die in de praktijk vaak hoger zal liggen door bijvoorbeeld ongunstige weersomstandigheden en afvallende rijstroken. Ook bij wegvakken met een theoretische I/C-verhouding hoger dan 0,7 (waar de I/C-verhouding in werkelijkheid deels al boven de 0,8 ligt) is er binnen Zuid-Nederland minder vaak signalering aanwezig. Mogelijk speelt dit een rol bij een hoger risico op dodelijke ongevallen in de staart van files.

Berminrichting: waarschijnlijk geen verklaring maar nader onderzoek wenselijk
Zuid-Nederland had van 2015 t/m 2017 een relatief groot aandeel in het aantal dodelijke ongevallen met obstakels op een afstand van minder dan 10 m en op 10 tot 13 m van de rechter rijstrook. Bijvoorbeeld, van het totaal van 21 aanrijdingen met bomen op een afstand tot 13 m gebeurden er 12 in Zuid-Nederland. Bij een onderzoek naar dodelijke en ernstige enkelvoudige ongevallen in 2008 was het aandeel met bomen juist in andere studiegebieden hoger.

Met de globale beschrijving van de berminrichting volgens WEGGEG 2018, een steekproef van gedetailleerdere inspecties van bermen in 2015 en bermkenmerken die Rijkswaterstaat voor de ontwikkeling van risicogestuurd werken heeft laten verzamelen, kon niet worden vastgesteld dat de bermen in Zuid-Nederland minder vergevingsgezind zijn dan in de andere twee studiegebieden. Zuid-Nederland heeft bijvoorbeeld een bijna even groot aandeel buitenbermlengte met geleiderails als de Randstad en meer dan Overig niet-Randstad, wat samengaat met een lager risico op dodelijke enkelvoudige ongevallen. Om hardere conclusies over de vergevingsgezindheid van bermen te kunnen trekken, zouden detailgegevens voor een groter deel van het autosnelwegennetwerk beschikbaar moeten zijn.

Leeftijd van betrokkenen en rijden onder invloed van alcohol: onwaarschijnlijk als verklaring
Factoren in relatie tot betrokkenen die zouden kunnen verklaren waarom er in een bepaald gebied vaker dodelijke ongevallen gebeuren, zijn de leeftijd (jonge en oude bestuurders) en rijden onder invloed van alcohol. De in BRON geregistreerde leeftijden van betrokken bestuurders verschillen evenwel weinig tussen de studiegebieden. De uitkomsten van het monitoringsonderzoek van Rijkswaterstaat suggereren evenmin dat rijden onder invloed van alcohol een verklaring kan zijn voor het hogere risico op dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland.

Geografische spreiding van ongevallen: specifieke trajecten vormen geen verklaring
Dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland zijn ruimtelijk sterk verspreid. De verschillen tussen autosnelwegen zijn niet dermate groot dat specifieke autosnelwegen of trajecten een verklaring vormen voor het hoge risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland.

Conclusie verklarende factoren
Van de meeste onderzochte factoren hebben we geconcludeerd dat het niet waarschijnlijk is dat die het hogere risico op dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland kunnen verklaren: snelheidslimieten, overschrijding van de snelheidslimiet, het aandeel vrachtverkeer, de complexiteit van het wegennet, concentraties van ongevallen op specifieke trajecten, de leeftijd van betrokken bestuurders en rijden onder invloed van alcohol. Een deel van het verschil zou verklaard kunnen worden uit de beperktere aanwezigheid van filestaartbeveiliging met behulp van rijstrooksignalering op wegvakken met een hoge verkeersdruk vergeleken met de andere studiegebieden. Op basis van deze studie hebben we geen verschil in vergevingsgezindheid van bermen kunnen vaststellen met andere studiegebieden maar hierbij is aangetekend dat gedetailleerdere gegevens over berminrichting nodig zijn voor eenduidige conclusies.

Samenvatting van de conclusies
Uit dit onderzoek, met als studiegebieden de Randstad, Zuid-Nederland en Overig niet-Randstad, kunnen de volgende hoofdconclusies worden getrokken over rijkswegen:

- Het aantal dodelijke ongevallen per miljard voertuigkilometer op *alle* rijkswegen ligt in de Randstad lager dan buiten de Randstad. Er is weinig verschil tussen de rijkswegen van Zuid-Nederland en Overig niet-Randstad.
- Het aantal dodelijke ongevallen per miljard voertuigkilometer op *autosnelwegen* is in Zuid-Nederland hoger dan op andere autosnelwegen.
- Qua ongevalsrisico (inclusief ongevallen met uitsluitend materiële schade) op *autosnelwegen* is er weinig verschil tussen de drie onderzochte gebieden.
- Op basis van dit onderzoek hebben we geen eenduidige verklaring gevonden voor het hogere risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland. Een deel van het verschil zou verklaard kunnen worden uit de beperktere aanwezigheid van filestaartbeveiliging met behulp van rijstrooksignalering.

Aanbevelingen voor de praktijk
Op basis van dit onderzoek kunnen we niet verklaren waarom het risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland t/m 2018 hoger is dan op autosnelwegen buiten Zuid-Nederland. Wel kunnen we, mede op basis van de resultaten van dit onderzoek, aanbevelen om in Zuid-Nederland in te zetten op een bredere toepassing van filestaartbeveiliging. Daarnaast is bekend dat vergevingsgezinde bermen belangrijk zijn om een dodelijke afloop van bermongevallen te voorkomen. Gelet op het aandeel dodelijke bermongevallen is aan te bevelen om op alle rijkswegen te blijven inzetten op het vergevingsgezinder inrichten van bermen.

Filestaartbeveiliging en vergevingsgezinde bermen zijn door Rijkswaterstaat opgenomen in de zogenaamde ‘VeiligheidsINDicator’, VIND. Conform maatregel 1 van het *Landelijk Actieplan Verkeersveiligheid* implementeert Rijkswaterstaat de risicogestuurde aanpak om de verkeersveiligheid op rijkswegen te verbeteren met onder meer het instrument VIND om proactief veiligheidsrisico’s in kaart te brengen. Rijkswaterstaat rapporteert daarnaast tweejaarlijks in de monitor *Veilig over Rijkswegen* over de EuroRAP-RPS (Road Protection Score) van het rijkswegennet. Met bovengenoemde methodes worden onder meer de lopende programma’s Meer Veilig en Veilige Bermen Rijkswegen vormgegeven. De belangrijkste aanbeveling van dit onderzoek is dan ook de verdere implementatie en ontwikkeling van de risicogestuurde aanpak.

Voor de verdere ontwikkeling van de VIND adviseren we om risico's in bermen specifieker in beeld te brengen dan nu mogelijk is met gegevens uit bijvoorbeeld WEGGEG. Rijkswaterstaat is deze verbetering al aan het verkennen. De belangrijkste uitbreiding is om alle solitaire niet-botsveilige objecten zoals bomen en portaalpoten te kunnen identificeren en deze informatie geografisch gebruiksvriendelijk ter beschikking te stellen aan gebruikers binnen Rijkswaterstaat, bijvoorbeeld in een GIS-format of met een viewer. Solitaire niet-botsveilige objecten veroorzaken een groter risico dan andere gevarenzones. Zodra deze detailinformatie is toegevoegd kan ook een betere analyse worden gemaakt van de berminrichting dan in het kader van dit onderzoek mogelijk was.

Daarnaast bevelen we aan om in de VIND voor gebruikers informatie te geven over de aanwezigheid van filestaartbeveiliging bij een geschatte theoretische I/C-verhouding tussen de 0,7 en 0,8 omdat deze in de praktijk in veel gevallen al boven de 0,8 zal liggen en zodat in samenhang met lokale factoren zoals zichtomstandigheden besloten kan worden of dit systeem wenselijk is voor de verkeersveiligheid. Daarnaast is het van groot belang om de doorwerking van de uitkomsten van de risicoanalyses op basis van de VIND organisatorisch goed te verankeren, zodat middelen vrijgemaakt kunnen worden voor verbeteringen en geen veiligheidsrisico's gemist kunnen worden bij groot onderhoud en reconstructies.

We staan voor een forse uitdaging om het doel van het *Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2030* – een slachtoffervrij verkeerssysteem in 2050 – dichtbij te brengen. Daarvoor is jaarlijks een daling van 11% van het aantal slachtoffers nodig. Om dat te bereiken is het aan te bevelen om naast bovengenoemde infrastructuurmaatregelen die binnen de invloedsfeer van Rijkswaterstaat vallen, in samenwerking met andere stakeholders ook in te zetten op voertuig- en gedrags-maatregelen. Met in-carsystemen zou het bereik van waarschuwingen voor een filestaart vergroot kunnen worden en ook toegepast kunnen worden op plekken waar slechts incidenteel files voor komen. Ook systemen zoals Automatic Emergency Braking kunnen helpen om ernstige fileongevallen te voorkomen of minder ernstig te laten aflopen. Gezien de rol van snelheid en rijden onder invloed van alcohol bij verkeersveiligheid is aan te bevelen om in afstemming met de politie en het Openbaar Ministerie in te zetten op snelheidshandhaving en handhaving op rijden onder invloed van alcohol.[1]

Aanbevelingen voor onderzoek

Om dodelijke ongevallen te kunnen verklaren is het belangrijk om te beschikken over de gedetailleerde gegevens over het ongevalsmechanisme en oorzaken. SWOV heeft diepteonderzoek uitgevoerd naar dodelijke ongevallen op rijkswegen van 2015 t/m 2017. Dat de gegevens over drie jaar gebundeld konden worden, had grote meerwaarde voor dit onderzoek. Om het inzicht in dodelijke ongevallen te vergroten en regionale verschillen in de toekomst beter te kunnen verklaren, is het aan te bevelen om deze diepteonderzoeken voor te zetten en wellicht ook uit te breiden. Het is te overwegen om met meetlusgegevens gedetailleerde informatie te verzamelen over de omstandigheden ten tijde van een ongeval, bijvoorbeeld de verkeersdruk, volgafstanden, rijsnelheden, snelheidsverschillen en dergelijke.

1. Knaap, P. van der (2018). *Opties voor meer verkeersveiligheid 2018-2030.* Brief PK/mho/185078, 25 mei 2018. SWOV, Den Haag.

Inhoud

Gebruikte afkortingen **11**

1 Inleiding **12**

2 Aanpak onderzoek en data **14**
2.1 Basis voor vergelijkingen: drie studiegebieden 14
2.1.1 Reden voor de gekozen drie studiegebieden 14
2.1.2 Toedeling van ongevallen aan studiegebieden op basis van gemeentegrenzen 15
2.2 Infrastructuur- en verkeersgegevens 16
2.3 Ongevallengegevens 19
2.4 Statistische analyses 19

3 Dodelijke ongevallen en risico's per studiegebied **21**
3.1 Jaarcijfers dodelijke ongevallen 21
3.2 Ontwikkeling van de verkeersprestatie 21
3.3 Risico op dodelijke ongevallen 22
3.4 Conclusie 22

4 Beschrijving wegtypen **23**
4.1 Weglengte en verkeersprestatie naar wegtype 23
4.2 Ongevallen op autosnelwegen en niet-autosnelwegen 24
4.3 Het risico van dodelijke ongevallen op autosnelwegen 24
4.4 Het ongevalsrisico op autosnelwegen 25
4.5 Conclusie en discussie 26

5 Snelheden en verkeerskenmerken **27**
5.1 Snelheidslimieten 27
5.2 Rijsnelheid 30
5.3 Aandeel vrachtverkeer 32
5.4 Verkeersintensiteiten en verkeersbelasting 32
5.5 Risico op dodelijke ongevallen naar dagdeel 34
5.6 Conclusie en discussie 35

6 Kenmerken van ongevallen en betrokkenen **37**
6.1 Aard ongeval 37
6.2 Ongevallen met obstakels 38
6.3 Kop-staartongevallen en aanwezigheid van filestaartsignalering 39
6.4 Wegwerkzaamheden 40
6.5 Betrokkenheid van jongere en oudere bestuurders 40
6.6 Rijden onder invloed 41
6.7 Conclusies en discussie 42

7 Kenmerken van het wegennet en het wegontwerp 44
7.1 Aansluitingen, knooppunten, weefvakken en spitsstroken 44
7.2 Aantal rijstroken 45
7.3 Aanwezigheid van signalering en fileongevallen 46
7.4 Berminrichting 47
7.5 Conclusies en discussie 50

8 Modelmatige benadering 51
8.1 Modelbeschrijving 51
8.2 Resultaten van regressie op dodelijke ongevallen 53
8.3 Regressie op enkelvoudige ongevallen 56
8.4 Discussie 57

9 Ruimtelijke spreiding van dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland 59
9.1 Risico's naar wegnummer in 2014-2018 59
9.2 Ruimtelijke spreiding van ongevallen in 2004-2018 61
9.3 Conclusie 62

10 Discussie en conclusies 63
10.1 Het risico op dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland 63
10.2 Verklaringen voor een hoger risico op dodelijke ongevallen 64
10.3 Hoofdconclusies 66
10.4 Aanbevelingen voor de praktijk 67
10.5 Onderzoeksaanbevelingen 68

Literatuur 69

Bijlage A Veranderingen in het wegennet van Zuid-Nederland 73

Gebruikte afkortingen

Afkorting	Betekenis
BRON	Bestand geRegistreerde Ongevallen in Nederland
CPM	Crash Prediction Models
DTB	Digitaal Topografisch Bestand
FCD	Floating Car Data
GLM	Generalized Linear Modeling
INWEVA	INtensiteiten op WEgVAkken
MLE	Maximum Likelihood Estimation
NB-regressie	Negatieve Binomiale regressie
NDW	Nationale Databank Wegverkeersgegevens
NWB	Nationaal Wegenbestand
UMS	uitsluitend materiële schade
VOR	rapportage Veilig over Rijkswegen
WEGGEG	WEGGEGevens

1 Inleiding

Het aantal geregistreerde dodelijke ongevallen op rijkswegen is de afgelopen vijftien jaar gedaald van gemiddeld 106 tussen 2004 en 2008 tot 70 tussen 2014 en 2018. De daling deed zich vooral voor tot 2010. Sindsdien schommelt het aantal rond hetzelfde niveau. Het aantal dodelijke ongevallen op rijkswegen in beheer bij Rijkswaterstaat Zuid-Nederland leek de afgelopen jaren hoog in verhouding tot de door Zuid-Nederland beheerde weglengte en de verkeersprestatie op deze rijkswegen. Dat was voor Rijkswaterstaat aanleiding om SWOV opdracht te geven tot voorliggend onderzoek, gericht op dodelijke ongevallen op het areaal aan rijkswegen van Zuid-Nederland.

Achtergrond

Sinds een reorganisatie in 2013 bestaat Rijkswaterstaat uit zeven regionale organisatieonderdelen. Rijkswaterstaat Zuid-Nederland werd gevormd uit een fusie van de regionale diensten Noord-Brabant en Limburg. In het vervolg van dit rapport duiden we met 'Zuid-Nederland' op dit organisatieonderdeel en op het areaal aan rijkswegen dat dit organisatieonderdeel beheert. Het areaal omvat rijkswegen in de provincies Noord-Brabant en Limburg en enkele Gelderse gemeenten.

Doel onderzoek

Rijkswaterstaat heeft de doelstelling om met proactief verkeersveiligheidsbeleid te komen tot een permanente verbetering van de verkeersveiligheid en wil daarvoor inzicht in regionale verschillen en verklarende factoren voor de verschillen. Doel van dit onderzoek is daarom, om de omvang en aard van het vermeende hoge aantal dodelijke ongevallen op het areaal van Zuid-Nederland t/m 2018 te beschrijven. Eventuele veiligheidsverbeteringen vanaf 2019 blijven buiten beschouwing.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de aanpak van het onderzoek en de gegevens die daarvoor zijn gebruikt. *Hoofdstuk 3* en *Hoofdstuk 4* vormen samen de probleemanalyse om te toetsen in hoeverre het risico op dodelijke ongevallen daadwerkelijk hoger is in Zuid-Nederland. In *Hoofdstuk 3* wordt daarvoor gekeken naar het totale aantal dodelijke ongevallen op rijkswegen. *Hoofdstuk 4* breidt de probleemanalyse uit door ook rekening te houden met wegtypen. In de daaropvolgende hoofdstukken wordt naar verklaringen gezocht. *Hoofdstuk 5* gaat in op de vraag in hoeverre snelheidslimieten, rijsnelheden en andere verkeerskenmerken zoals de verkeersbelasting het vermeende hoge aantal dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland kunnen verklaren. Snelheid wordt gezien als een belangrijke verklaring voor de kans dat ongevallen dodelijk aflopen. In *Hoofdstuk 6* wordt verkend in hoeverre er uit kenmerken van ongevallen en ongevalsbetrokkenen verklaringen af te leiden zijn. Om een aantal daarvan verder te kunnen toetsen worden in *Hoofdstuk 7* kenmerken van het wegennet en wegontwerp vergeleken tussen Zuid-Nederland en andere delen van het rijkswegennet. In *Hoofdstuk 8* worden gegevens over mogelijk verklarende factoren en aantallen dodelijke ongevallen per wegvak aan elkaar gerelateerd in regressieanalyses. Daarmee wordt gekeken in hoeverre deze variabelen de verschillen in risico op dodelijke ongevallen op rijkswegen van Zuid-Nederland met die op andere rijkswegen kunnen verklaren. In *Hoofdstuk 9* komt de vraag aan bod of concentraties van dodelijke ongevallen op specifieke

wegen een verklaring vormen voor het vermeende hoge aantal dodelijke ongevallen op rijkswegen in Zuid-Nederland. Tot slot worden de verschillende onderdelen van het onderzoek samengebracht in *Hoofdstuk 10*. Daarin wordt besproken in hoeverre het risico op dodelijke ongevallen op rijkswegen in Zuid-Nederland hoger is dan buiten Zuid-Nederland en in hoeverre dat met dit onderzoek verklaard kan worden. Daarnaast worden aanbevelingen gegeven voor verbetering van de verkeersveiligheid.

2 Aanpak onderzoek en data

Dit onderzoek is uitgevoerd met bestaande gegevens over rijkswegongevallen, de verkeersprestatie en de weginrichting op rijkswegen. Rijkswegen van Zuid-Nederland zijn vergeleken met de overige rijkswegen die zijn ingedeeld in twee referentiegebieden (*Paragraaf 2.1*). Daarbij is gebruikgemaakt van gegevens over ongevallen (*Paragraaf 2.2*) en infrastructuur en verkeer (*Paragraaf 2.3)*. Bewerkingen op administratieve data en statistische analyses zijn uitgevoerd in IBM SPSS Statistics 25. Voor geografische analyses is gebruikgemaakt van QGIS. Statistische analyses worden beschreven in *Paragraaf 2.4*.

2.1 Basis voor vergelijkingen: drie studiegebieden

Van alle regionale onderdelen van Rijkswaterstaat heeft Zuid-Nederland met bijna een kwart het grootste aandeel in de lengte aan rijkswegen en een substantieel aandeel in het aantal dodelijke ongevallen. De andere regionale organisatieonderdelen zijn kleiner en hebben kleinere aantallen dodelijke ongevallen die daardoor van jaar op jaar sterk schommelen. Om te kunnen fungeren als referentie voor vergelijking met Zuid-Nederland zijn grotere vergelijkingsgebieden nodig. Het areaal buiten Zuid-Nederland is voor dit onderzoek onderscheiden naar de Randstad en het deel buiten de Randstad. In het vervolg van dit rapport zal verder worden gesproken van de drie studiegebieden:

1. Zuid-Nederland
2. Randstad
3. Overig niet-Randstad

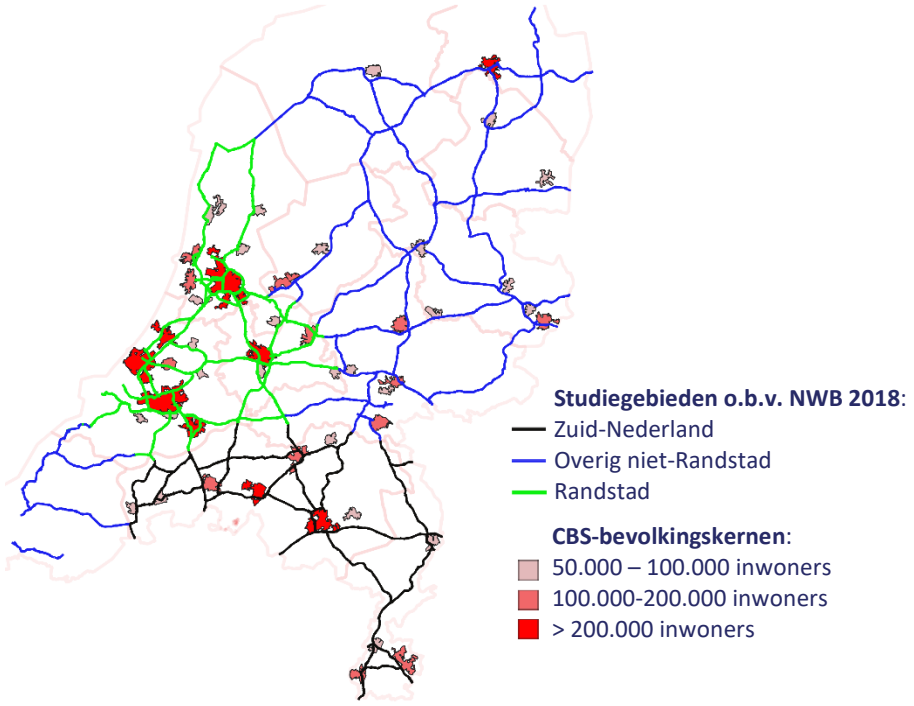
Voor deze indeling is uitgegaan van de indeling in regionale onderdelen van Rijkswaterstaat in het Nationaal Wegenbestand (NWB) van 2018. De Randstad is gedefinieerd als optelsom van de regionale organisatieonderdelen West-Nederland Zuid (WNZ), West-Nederland Noord (WNN) en district Midden Nederland Zuid (MN Zuid), zie *Afbeelding 2.1.* Deze indeling is ook toegepast op de absolute aantallen (dodelijke) ongevallen die zijn beschreven in *Hoofdstuk 3*. Kenmerken van dodelijke ongevallen zijn bepaald met QLIK door in QLIK te selecteren op gemeenten, zie *Paragraaf 2.1.2*.

2.1.1 Reden voor de gekozen drie studiegebieden

Bovengenoemde drie studiegebieden zijn gekozen omdat het aantal doden op rijkswegen in dezelfde orde van grootte ligt en vanwege de bevolkingsdichtheid en ligging van economische kerngebieden in Nederland. Het areaal van Zuid-Nederland valt voor het grootste gedeelte in de provincies Noord-Brabant en Limburg die een bevolkingsdichtheid van respectievelijk 519 en 520 inwoners per km^2 hebben, vergelijkbaar met het Nederlandse gemiddelde van 513 inwoners per km^2. De Randstedelijke provincies Noord-Holland, Zuid-Holland en Utrecht hebben met 1.178 inwoners per km^2 een bovengemiddeld hoge bevolkingsdichtheid, terwijl de overige provincies buiten de Randstad (Zeeland, Gelderland, Flevoland, Drenthe, Groningen en Friesland) met

gemiddeld 319 inwoners per km^2 minder dichtbevolkt zijn (CBS, 2020).[2] De Noordvleugel (Noord-Holland en Utrecht) en Zuidvleugel van de Randstad met de luchthaven Schiphol en haven van Rotterdam worden al lange tijd als economische kerngebieden van Nederland aangemerkt (BZK, 2017; Rli, 2016). Met Brainport Eindhoven kent ook het zuidelijke deel van Nederland een economisch kerngebied (BZK, 2017).

Afbeelding 2.1. Indeling van de rijkswegen in drie studiegebieden op basis van wegbeheerder: de regionale organisatie-onderdelen van Rijkswaterstaat (gekleurde wegen), in NWB 2018.

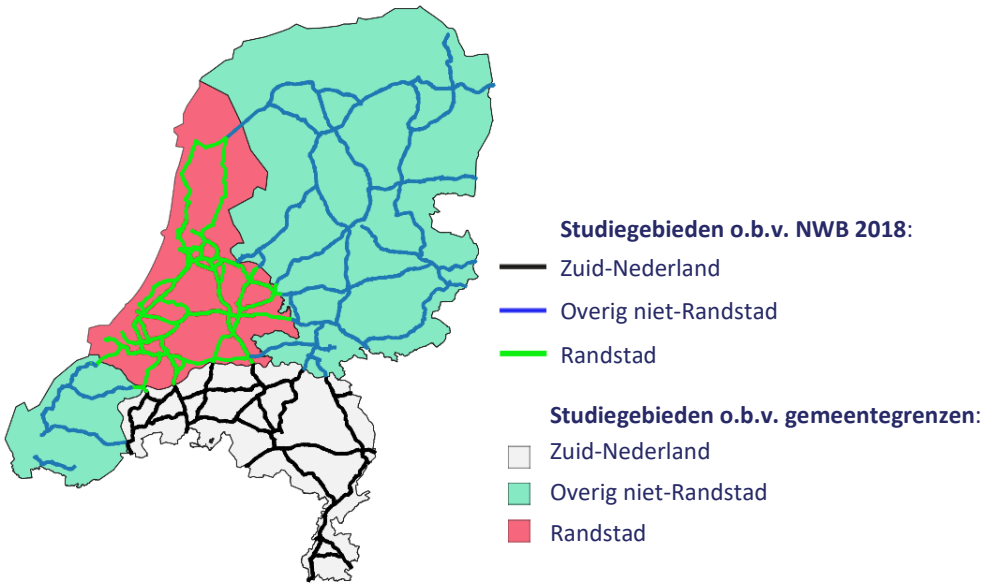


2.1.2 Toedeling van ongevallen aan studiegebieden op basis van gemeentegrenzen

Voor het beschrijven van ongevalskenmerken in BRON kan gebruik worden gemaakt van QLIK (SWOV, 2020a). De meest gedetailleerde geografische indeling in QLIK betreft gemeenten. Daarvoor zijn gemeenten toegedeeld aan het studiegebied dat in NWB 2018 de grootste lengte aan rijkswegen in de betreffende gemeente heeft. *Afbeelding 2.2* geeft de eerder beschreven toedeling van wegen op basis van NWB 2018 en de grenzen van de drie regio's op basis van gemeenten. Vervolgens is met QGIS nagegaan welke verschillen daardoor ontstaan in de toedeling van dodelijke rijkswegongevallen aan studiegebieden. In de periode 2009-2018 worden tien dodelijke rijkswegongevallen via selectie op gemeenten in QLIK anders toegedeeld dan via selectie met behulp van wegbeheerder in het Nationaal Wegenbestand van 2018.[3] Voor Zuid-Nederland is het verschil zelfs beperkt tot 1 dodelijk ongeval. Op het totaal van 706 dodelijke rijkswegongevallen tussen 2009 en 2018 zijn deze verschillen dermate klein dat in *Hoofdstuk 4* is gewerkt met selecties op rijkswegen op basis van QLIK. In *Afbeelding 2.2* is verder te zien dat de verschillen ten opzichte van de totale weglengte eveneens erg klein zijn en deels tegen elkaar wegvallen. De keuze voor de gebiedsindeling heeft dan nauwelijks invloed op aandelen in de weglengtes en verkeersprestaties per studiegebied.

2. CBS, 2020: Regionale kerncijfers Nederland: Statline: https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/70072ned/table?dl=2FD6A
3. Verschillen in toedeling in vergelijking met toedeling op basis van NWB 2018:
   - Moerdijk: één ongeval in 2011 van Randstad bij selectie via QLIK aan Zuid-Nederland toegedeeld.
   - Goeree-Overflakkee: zes ongevallen (2010, 2011, 2012 2013 en 2 in 2017) van Randstad via QLIK toegedeeld aan Overig niet-Randstad.
   - West Betuwe: één ongeval in 2014 van Overig niet-Randstad via QLIK toegedeeld aan Randstad.
   - Hollands Kroon: twee ongevallen (2009 en 2014) van Overig niet-Randstad via QLIK toegedeeld aan Randstad.

Afbeelding 2.2. Indeling in drie studiegebieden op basis van gemeentegrenzen (gekleurde vlakken) die de indeling op basis van regionale onderdelen van Rijkswaterstaat in 2018 (gekleurde wegen) zo dicht mogelijk benaderen.



2.2 Infrastructuur- en verkeersgegevens

Over infrastructuur en verkeer zijn de volgende gegevens gebruikt:

- NWB (Nationaal Wegenbestand): bestand van alle wegen in Nederland met enkele wegkenmerken zoals de wegbeheerder, routeletter (A-, E- of N-weg) en het wegnummer. Tenzij anders vermeld, wordt in dit rapport met een wegvak geduid op een NWB-wegvak.
- INWEVA (INtensiteiten op WEgVAkken): bestand met voor rijkswegen en enkele niet-rijkswegen gegevens over de verkeersintensiteit en verkeerssamenstelling met onderscheid naar autoverkeer en vrachtverkeer. Op ca. 3.000 wegvakken wordt de verkeersintensiteit gemeten. De overige wegvakken zijn door Rijkswaterstaat op basis van een verkeersmodel bijgeschat.
- WEGGEG (WEGGEGevens): een database van administratieve en visueel geïnventariseerde kenmerken van rijkswegen. Met gegevens zoals de wegcategorie, het aantal rijstroken en de snelheidslimiet kan het NWB voor rijkswegen verder worden aangevuld.
- Gegevens verwerkt in opdracht van Rijkswaterstaat WVL voor 'VOR 2017' de rapportage *Veilig over Rijkswegen*. Hierin is een aantal kenmerken uit NWB, WEGGEG, INWEVA en BRON gecombineerd. In deze rapportage wordt naar deze cijfers verwezen als 'VOR 2017'.
- Kenmerken van buitenbermen zijn bepaald met WEGGEG (zie boven) en op basis van analyses die Rijkswaterstaat heeft laten uitvoeren voor de ontwikkeling van risicogestuurd verkeersveiligheidsbeleid (IenW, 2019c):
  - visuele inspecties door Royal HaskoningDHV van buitenbermen langs een steekproef van 100 km aan rijbaanlengte van autosnelwegen in 2015;
  - GIS-analyses op het Digitaal Topografisch Bestand (DTB) en Kerngis van Rijkswaterstaat in 2019.
- Floating Car Data (FCD) die na een bewerking door de Nationale Databank Wegverkeersgegevens (NDW) toegankelijk worden gemaakt voor wegbeheerders.

De eerste drie bronnen – NWB, INWEVA en WEGGEG – kunnen met behulp van de wegvak-ID aan elkaar worden gekoppeld, mits tegelijk gepubliceerde versies worden gebruikt. De database met FCD van NDW heeft geen gemeenschappelijke koppelsleutel (kenmerk dat in beide bestanden voorkomt) en is met GIS gekoppeld, bijvoorbeeld om de selectie te kunnen beperken tot autosnelwegen. Een aantal gegevensbewerkingen voor dit onderzoek is in het vervolg van deze paragraaf beschreven.

Toedeling aan studiegebieden

Voor de toedeling van de infrastructuur- en verkeersgegevens aan studiegebieden is uitgegaan van de indeling volgens het NWB van oktober 2018 (regionale organisatieonderdelen van Rijkswaterstaat). Om andere geografische bestanden in te kunnen delen naar studiegebieden zijn met behulp van NWB 2018 polygonen gecreëerd waarmee andere bestanden – bijvoorbeeld de INWEVA-bestanden voor intensiteiten – gekruist kunnen worden. Dit is een type GIS-analyse waarmee objecten op kaart worden geselecteerd die binnen het polygoon vallen.

Intensiteit

Voor intensiteitsgegevens en verkeersprestaties, bijvoorbeeld in *Paragraaf 3.2*, is gebruikgemaakt van INWEVA dat beschikbaar is voor 2012 t/m 2018. Met GIS zijn wegvaklengtes bepaald om het aantal voertuigkilometer te berekenen. Bij rijbanen zonder fysieke rijrichtingscheiding zijn de intensiteiten van de heen- en terugrichting gesommeerd. Voor combinaties met andere kenmerken is INWEVA 2018 gekoppeld aan de rijkswegen in NWB 2018. Tussen 2012 en 2018 groeide de verkeersprestatie maar bleef de verdeling over de drie studiegebieden nagenoeg constant. Om die reden is voor periode daarvóór (tot en met 2003) de verkeersprestatie per regio geëxtrapoleerd met behulp van de verkeersprestaties van de 'Meerjarenreeks aantal afgelegde kilometers' uit de Publieksrapportage van Rijkswaterstaat (Van Veluwen & De Vries, 2013). De verkeersprestaties van Zuid-Nederland in de jaren voor 2012 zijn verder gecorrigeerd voor in die periode opgestelde nieuwe autosnelwegen (*zie Bijlage A*). Voor de verdeling van de verkeersprestatie naar autosnelwegen en niet-autosnelwegen in *Paragraaf 4.3* is gebruikgemaakt van intensiteiten volgens VOR 2017 en INWEVA 2012 waaraan de wegcategorieën volgens WEGGEG 2013 zijn gekoppeld (voor WEGGEG 2012 ontbrak de wegcategorie voor veel wegvakken). De periode daarvoor is op de hierboven beschreven wijze geëxtrapoleerd. Deze aanpak is tevens gebruikt voor risicocijfers in 2009-2013 en 2014-2018 per snelheidslimiet in *Paragraaf 5.1*. Voor de periode 2009-2013 is de snelheidslimiet volgens WEGGEG 2012 gekoppeld aan INWEVA 2012. Met het uitgebreide INWEVA 2012 is het aantal voertuigkilometers op autosnelwegen en per snelheidslimiet bepaald.

Intensiteit/Capaciteit-verhouding

De spreiding van de verkeersprestatie en de verhouding tussen Intensiteit (I) en Capaciteit (C) is bepaald met INWEVA 2018 waarbij het deelbestand met intensiteiten per uur is gebruikt. Voor combinatie met andere kenmerken is dit bestand gekoppeld aan NWB 2018. Voor het bepalen van de capaciteit is uitgegaan van de capaciteitswaarden van het *Handboek Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen* (Goemans, Daamen & Heikoop, 2011; Rijkswaterstaat, 2015). Daarbij is rekening gehouden met het aantal rijstroken en het aandeel vrachtverkeer. De intensiteit van vrachtverkeer en autoverkeer is gecombineerd tot het aantal personenauto-equivalenten (pae) waarbij conform het handboek met een pae-factor van 2,0 voor vrachtauto's is gerekend. Bijvoorbeeld, een intensiteit van 4.200 motorvoertuigen per uur bij een aandeel vrachtverkeer van 15% (630 vrachtauto's) komt overeen met 4.830 pae (3.570 + 2 x 630). Wegvakken in INWEVA kunnen bestaan uit segmenten met een verschillend aantal rijstroken. Met WEGGEG 2018 is het gemiddelde aantal rijstroken per wegvak bepaald. Als een wegvak bestaat uit delen met een verschillend aantal rijstroken is de capaciteit als volgt geschat. Bij een wegvak met gemiddeld 2,4 rijstroken is de capaciteit geschat op 40% (2,4 - 2) van de capaciteit van een wegvak met 3 rijstroken plus 60% (1 - [2,4 - 2]) van de capaciteit van een wegvak met 2 rijstroken. Voor een deel van de analyses is uitgegaan van I/C-waarden per uur. Voor analyses en weergaven met één I/C-waarde per wegvak is de maximale I/C-waarde bepaald die voorkomt op het wegvak.

Dichtheid van aansluitingen en knooppunten

Voor het bepalen van de dichtheid van aansluitingen van autosnelwegen in *Paragraaf 7.1* is in het NWB 2018 gebruikgemaakt van de variabele Baansubsoort. Om het aantal aansluitingen te kunnen tellen, zijn baandelen geselecteerd die waren gekenmerkt als 'puntstukken'. Voor de verdere selectie is gekeken welke van de puntstukken raakten aan zowel een hoofdrijbaan of

rangeerbaan als aan een oprit of afrit. Om in te perken tot autosnelwegen zijn alleen hoofdrijbanen geselecteerd die als routeletter A of E hadden. Bij rangeerbanen werd daarnaast routeletter N geaccepteerd om de parallelstructuren rond de grote steden te includeren, bijvoorbeeld bij de Randweg Eindhoven. Aansluitingen bij knooppunten en verzorgingsplaatsen werden hiermee buiten beschouwing gelaten. Knooppunten zijn geselecteerd op basis van de straatnamen van puntstukken die bij Knooppunten in het NWB beginnen met 'KP'. Door de volledige straatnamen te ontdubbelen kon voor ieder studiegebied het aantal knooppunten worden bepaald. Volgens deze bewerking heeft NWB 2018 een totaal van 89 knooppunten op rijkswegen. De dichtheden op autosnelwegen zijn bepaald door het aantal op- en afritten en het aantal knooppunten per regio te delen door lengte aan hoofdrijbanen en rangeerbanen van autosnelwegen.

Rijsnelheid

Om een beeld te geven van verschillen in rijsnelheden is gebruikgemaakt van Floating Car Data (FCD) van de Nationale Databank Wegverkeersgegevens (NDW). FCD betreft snelheidsgegevens van een steekproef van voertuigen die zijn uitgerust met apparatuur of apps voor bijvoorbeeld navigatie. NDW heeft afgelopen jaren FCD ingekocht bij Be-mobile en bewerkt tot een product voor verkeersveiligheidsanalyses. NDW krijgt per wegsegment van 50 meter een gemiddelde snelheid van de voertuigen die deel uitmaken van de steekproef. Als er binnen een minuut minder dan 10 voertuigen passeren wordt tot maximaal 30 minuten teruggekeken om tot een steekproef van 10 voertuigen te komen om de waarde voor die minuut te schatten. Als er minder dan 10 voertuigen in een half uur passeren wordt de schatting op dat kleinere aantal gebaseerd. Individuele snelheidswaarnemingen worden afgekapt op de snelheidslimiet en daarna meegenomen in de berekening van de gemiddelde snelheid. De details van de schattingen van NDW zijn in meer detail beschreven door Kijk in de Vegte (2019).

De FCD-gegevens kunnen een beeld geven van verschillen in rijsnelheid binnen een netwerk. Daarvoor is gebruikgemaakt van het door NDW aangeleverde aandeel van bemeten minuten waarin de gemiddelde rijsnelheid op of boven de snelheidslimiet lag. Deze maat is in dit onderzoek gebruikt als indicator om rijsnelheden in regio's te vergelijken (zie *Paragraaf 5.2*). Met GIS zijn de wegsegmenten van de hoofdrijbanen van autosnelwegen geselecteerd die als routeletter A of E hadden. Bij rangeerbanen werd daarnaast routeletter N geaccepteerd. Bij de kruising van het bestand met snelheidsgegevens en NWB is tevens de aan het NWB gekoppelde schatting van de maximale I/C-verhouding en het aandeel vrachtverkeer gekoppeld aan de wegsegmenten van NDW. Daarmee is de relatie tussen deze variabelen en het aandeel minuten op of boven de snelheidslimiet onderzocht.

Koppeling van gegevens aan wegvakken van NWB 2018

Voor een aantal analyses zijn gegevens uit INWEVA en WEGGEG gekoppeld aan de wegvakken van het NWB van oktober 2018. De versie van oktober 2018 is gekozen omdat het INWEVA-jaarbestand van 2018 op deze NWB-versie is gebaseerd. Het gaat om etmaal- en uur-intensiteiten, bijvoorbeeld voor het bepalen van I/C-verhoudingen. Met de WEGGEG-bestanden van oktober 2018 is bepaald over welke lengte per wegvak bepaalde kenmerken aanwezig zijn, bijvoorbeeld aantal rijstroken, kruis-pijlsignalering, buitenbermen met geleiderails of de WEGGEG-categorie 'berm met obstakels'. Met de verdeling van wegvaklengtes naar aantal rijstroken is het gemiddeld aantal rijstroken per wegvak bepaald en aan het NWB gekoppeld. De wegvaklengtes met andere kenmerken zijn aan het NWB gekoppeld om het aandeel van de wegvaklengte met het kenmerk te bepalen.

Het verrijkte NWB-bestand is gebruikt voor regressieanalyses op het aantal dodelijke ongevallen op hoofdrijbaanwegvakken (*in Hoofdstuk 8*) en om risicocijfers per wegnummer binnen Zuid-Nederland te kunnen berekenen (*in Hoofdstuk 9*). Daarnaast is een aantal beschrijvende statistieken in *Hoofdstuk 5* en *7* op dit verrijkte NWB-bestand gebaseerd.

2.3 Ongevallengegevens

Voor ongevallengegevens is gebruikgemaakt van het Bestand geRegistreerde Ongevallen in Nederland (BRON). Om rijkswegongevallen aan nauwkeurige locaties te koppelen is gebruikgemaakt van de versies van BRON die Rijkswaterstaat aanbiedt als open data (Rijkswaterstaat, 2020). Daarbij is gebruikgemaakt van de jaarbestanden. Ongevallen die als rijkswegongeval zijn geregistreerd in de jaarbestanden zijn met QGIS toegedeeld aan de drie studiegebieden (zie *Paragraaf 2.1.1*), bijvoorbeeld voor de aantallen dodelijke ongevallen die zijn beschreven in *Hoofdstuk 3*. Waar nodig zijn er met QGIS wegkenmerken aan gekoppeld, bijvoorbeeld snelheidslimieten voor *Paragraaf 5.1*. Voor de meeste ongevalskenmerken is gebruikgemaakt van QLIK van SWOV, waarbij is uitgegaan van de toedeling aan studiegebieden zoals beschreven in *Paragraaf 2.1.2*. Voor het bepalen van risicocijfers voor autosnelwegen in *Hoofdstuk 4* is bijvoorbeeld van QLIK gebruikgemaakt.

Om inzicht te krijgen in het risico op dodelijke ongevallen per snelheidsregime, is voor *Paragraaf 5.1* met QGIS de snelheidslimiet uit het bestand VOR 2017 gekoppeld aan de in BRON geregistreerde ongevallen van 2014 tot en met 2018.[4] De snelheidslimiet van WEGGEG 2012 is gekoppeld aan de in BRON geregistreerde ongevallen van 2009 tot en met 2013.[5] De risico's zijn op wegvakniveau geanalyseerd zodat zeker is dat de ongevallen en verkeersprestaties gedurende de gehele vijfjaarsperioden aan dezelfde wegvakken gekoppeld zijn. Er is niet gebruikgemaakt van de snelheidslimiet die in BRON was geregistreerd. Enige uitzonder betrof drie ongevallen in de periode 2014-2018 op een wegvak waarvoor in het VOR-bestand geen snelheidslimiet was vastgelegd. Daar werd de snelheidslimiet volgens BRON toegevoegd.

2.4 Statistische analyses

In dit onderzoek zijn twee soorten statistische analyses toegepast en uitgevoerd met IBM SPSS 25. Om te toetsen of risicoverschillen (ongevallen gedeeld door de verkeersprestatie) statistisch significant zijn, is gebruikgemaakt van een Chi-kwadraattoets. Daarmee is bijvoorbeeld getoetst of de verdeling van ongevallen over studiegebieden afwijkt van de verdeling die verwacht had mogen worden op basis van de verkeersprestatie. Als voorbeeld nemen we studiegebieden A en B. Studiegebied A heeft 5 ongevallen en B 10 ongevallen. A heeft een verkeersprestatie van 10 mld voertuig-km en B 5 mld voertuig-km. Op basis van de verkeersprestatie is het verwachte aantal ongevallen 10 in A en 5 in B. Met de Chi-kwadraattoets is bepaald of de verdeling van 5 en 10 ongevallen statistisch significant (bij een overschrijdingskans van 5%) afwijkt van de verwachting van 10 en 5 ongevallen. Deze toets is bijvoorbeeld toegepast in *Paragraaf 4.3* om te bepalen of het risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen verschilt tussen studiegebieden.

In *Hoofdstuk 8* worden regressieanalyses gepresenteerd. In *Paragraaf 8.2* wordt een Negatieve Binomiale (NB) regressieanalyse op dodelijke ongevallen per wegvak op autosnelwegen beschreven. De vorm van regressieanalyse is geschikt voor 'telgegevens' zoals aantallen ongevallen. In *Paragraaf 8.3* wordt deze analyse ingeperkt tot regressie op enkelvoudige ongevallen. Aangezien er alleen wegvakken waren met nul of één ongeval, is daarvoor een logistische regressieanalyse uitgevoerd.

4. Van de 350 dodelijke rijkswegongevallen in deze periode konden er 347 aan het VOR-netwerk van 2017 worden gekoppeld. Drie ongevallen bij Knooppunt Joure lagen buiten het netwerk van 2017. De selectie rijkswegongevallen is vervolgens verder ingeperkt naar autosnelwegen en snelheidslimieten.
5. Van de 356 dodelijke rijkswegongevallen in deze periode konden er 350 aan het WEGGEG-netwerk van 2012 worden gekoppeld. Drie ongevallen gebeurden op verzorgingsplaatsen die niet in WEGGEG opgenomen waren. Drie ongevallen lagen buiten het netwerk van 2012. De selectie rijkswegongevallen is vervolgens verder ingeperkt naar autosnelwegen en snelheidslimieten.

Voor NB-regressie is uitgegaan van een gangbare modelformulering van Crash Prediction Models (CPM) waarbij voor de relatie tussen de weglengte en ongevallen lineair (recht evenredig) wordt verondersteld en de relatie tussen ongevallen en de hoeveelheid verkeer niet-lineair (log-lineair) (AASHTO, 2010; Eenink et al., 2008). Er is uitgegaan van de volgende vergelijking:

$$E(y) = c\, L\, Q^{B_q}\, e^{\Sigma B_i X_i}$$

waarbij:

E(*Y*)	ongevallenfrequentie in een bepaalde periode
c	constante
L	wegvaklengte
Q	etmaalintensiteit
X	wegkenmerken of risicofactoren
B	parameters verklarende variabelen (B_q voor etmaalintensiteit en B_i voor wegkenmerken)

De lengte *L* is in de analyse als 'offset' meegenomen. Door beide zijden van de vergelijking door *L* te delen krijgen we links de ongevallendichtheid (E(*y*)/*L*; ongevallen per weglengte). Met die presentatie kan de analyse worden geïnterpreteerd als regressie op de ongevallendichtheid. Voor de NB-regressie is gebruikgemaakt van Generalized Linear Modeling (GLM), waarbij de kansverdeling is gespecificeerd door de NB-verdeling en de link-functie door de log-link. Voor het schatten van de parameters maakt de procedure gebruik van de Maximum Likelihood Estimation procedure (MLE).

Bij de logistische regressie is het model op dezelfde wijze gespecificeerd en is de lengte eveneens als offset meegenomen. Een belangrijk verschil is dat de afhankelijke variabele niet het aantal ongevallen per wegvak betreft, maar een dichotome variabele die aangeeft of er op het wegvak wel of geen ongeval plaatsgevonden heeft. De exponent van de te schatten parameter *B* is bij NB-regressie te interpreteren als relatief risico, bijvoorbeeld bij een categorische onafhankelijke variabele x% meer of minder ongevallen voor een categorie vergeleken met een referentie-categorie. Bij logistische regressie is de exponent van de te schatten parameter *B* te interpreteren als een Odds Ratio, de verhouding tussen twee kansen (ook wel 'wedverhoudingen' of 'odds'). Als we bijvoorbeeld twee soorten wegvakken nemen is de 'odds' voor beide soorten wegvakken de verhouding tussen het aantal wegvakken met en zonder ongeval. Door deze twee verhoudingen op elkaar te delen wordt de Odds Ratio verkregen.

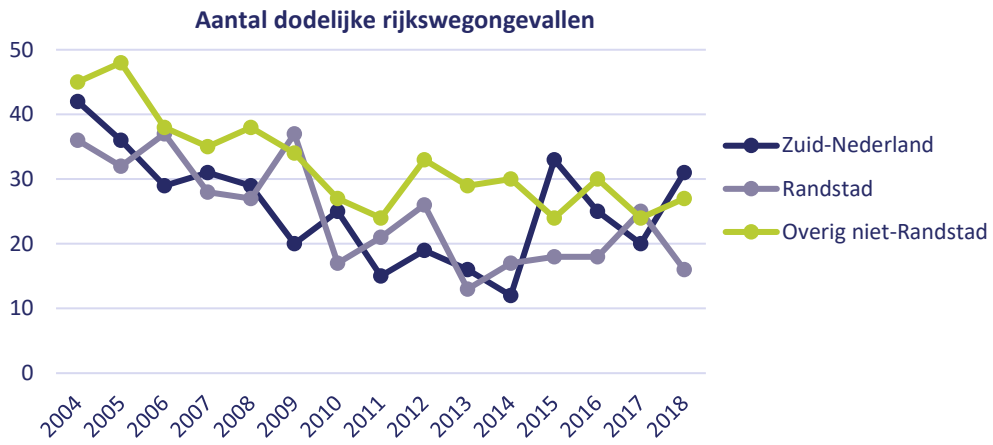
3 Dodelijke ongevallen en risico's per studiegebied

Deze studie is gestart vanwege het hoge aantal geregistreerde dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland in de afgelopen jaren in verhouding tot het aandeel in de lengte aan rijkswegen. Om dit probleem verder te analyseren beschrijft *Paragraaf 3.1* de ontwikkeling in het absolute aantal dodelijke ongevallen op rijkswegen over een langere periode. *Paragraaf 3.2* beschrijft de verkeersprestatie waarmee in *Paragraaf 3.3* de ontwikkeling van het aantal dodelijke ongevallen per miljard voertuigkilometer wordt beschreven. Tot slot worden in *Paragraaf 3.4* de conclusies samengevat.

3.1 Jaarcijfers dodelijke ongevallen

Afbeelding 3.1 toont het jaarlijkse aantal dodelijke ongevallen op rijkswegen in de afgelopen 15 jaar tot en met 2018 per studiegebied. De aantallen fluctueren sterk van jaar op jaar. Het gemiddelde over deze hele periode is met 25 dodelijke ongevallen nagenoeg gelijk in Zuid-Nederland en de Randstad en ligt met gemiddeld 32 dodelijke ongevallen hoger op de overige rijkswegen buiten de Randstad. Door de sterke fluctuaties kunnen we niet uit deze reeks afleiden of het aantal dodelijke ongevallen op rijkswegen in Zuid-Nederland in de laatste jaren significant hoger was.

Afbeelding 3.1. Geregistreerde aantallen dodelijke ongevallen op rijkswegen in de drie studiegebieden (BRON 2004-2018).

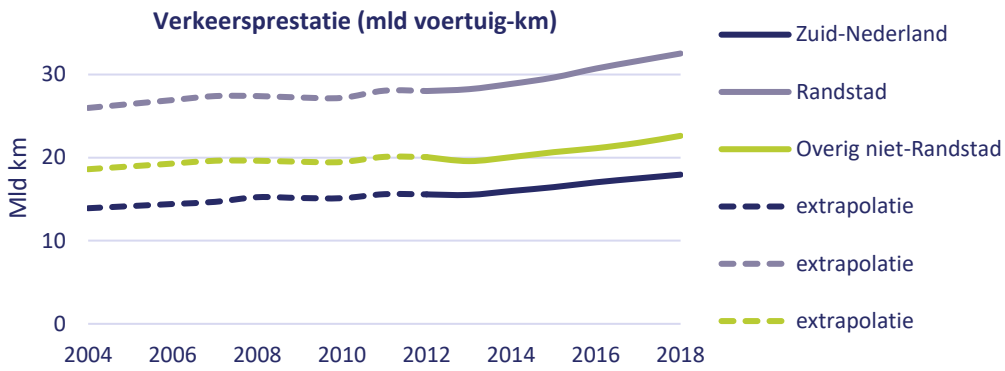


3.2 Ontwikkeling van de verkeersprestatie

Afbeelding 3.2 toont de ontwikkeling van de verkeersprestatie op rijkswegen in de drie studiegebieden. De verkeersprestaties van 2012 t/m 2018 zijn INWEVA-cijfers. De gegevens voor 2012 zijn geëxtrapoleerd op basis van de totale verkeersprestatie op rijkswegen en daarom als stippellijn weergegeven. Van 2004 t/m 2018 steeg de totale verkeersprestatie op rijkswegen met ongeveer een kwart. De schommelingen in de verkeersprestatie zijn uiterst klein vergeleken met de grote schommelingen in aantallen dodelijke ongevallen. Oftewel onzekerheid in het risicocijfer

voor dodelijke ongevallen betreft vooral de teller (dodelijke ongevallen) en minder de noemer (verkeersprestatie).

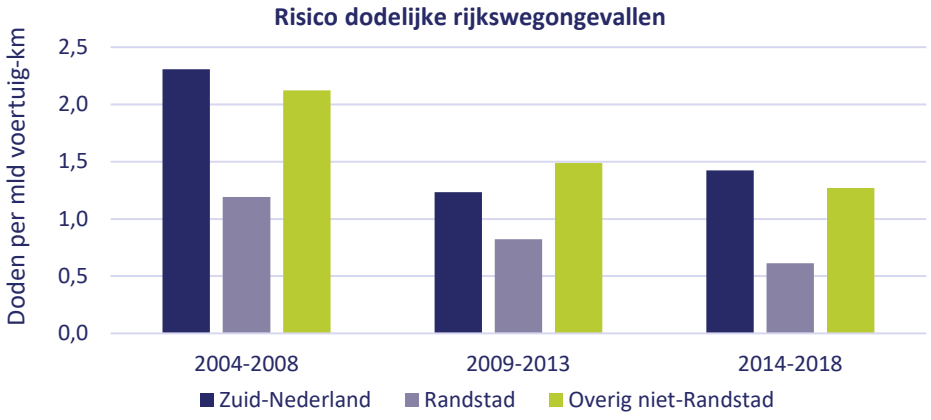
Afbeelding 3.2. Verkeersprestatie in miljard voertuigkilometer (INWEVA 2012-2018; Van Veluwen & De Vries, 2013).



3.3 Risico op dodelijke ongevallen

De voorgaande paragrafen laten zien dat de jaarlijkse fluctuatie van het aantal dodelijke ongevallen dermate groot is dat statistisch gezien geen conclusies over onderlinge verschillen en veranderingen getrokken kunnen worden op basis van jaarcijfers. Daarom is in *Afbeelding 3.3* het aantal geregistreerde dodelijke ongevallen per miljard voertuigkilometer voor vijfjaarsperioden weergegeven. De fluctuatie tussen deze perioden is kleiner dan van jaar op jaar. Het risico op dodelijke ongevallen is het laagste in de Randstad. Zuid-Nederland en de overige rijkswegen buiten de Randstad hebben een vergelijkbaar risico op dodelijke ongevallen.

Afbeelding 3.3. Geregistreerde dodelijke ongevallen per miljard voertuigkilometer in de drie studiegebieden voor drie vijfjaarsperioden (BRON 2004-2018; INWEVA 2012-2018; Van Veluwen & De Vries, 2013).



3.4 Conclusie

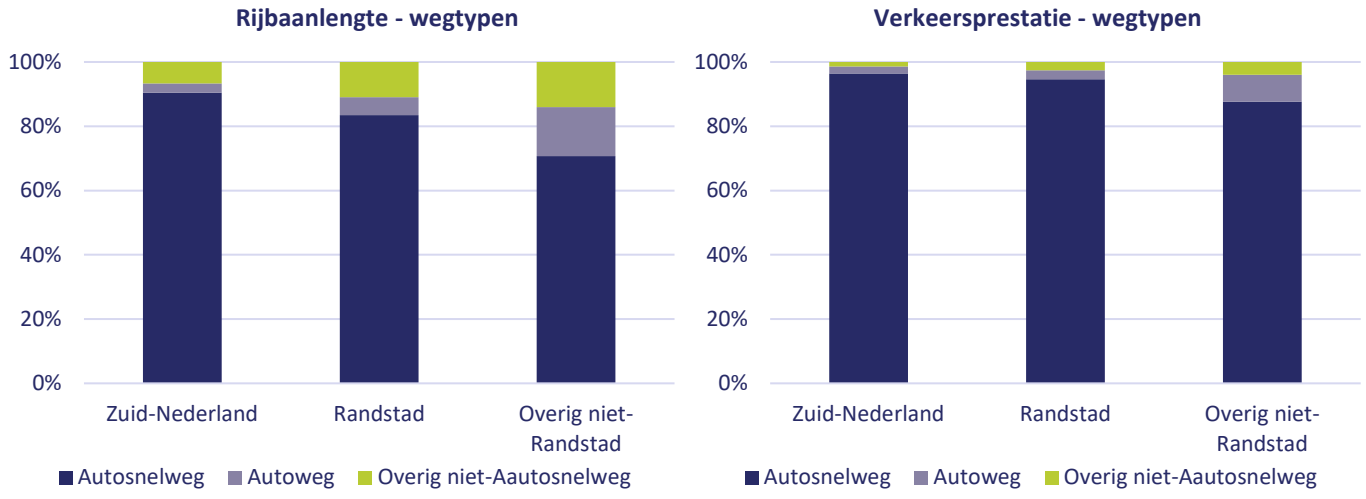
Het aantal dodelijke ongevallen per studiegebied fluctueert van jaar op jaar te sterk om regionale verschillen en ontwikkelingen op korte termijn te beschouwen. Voor een verdere probleemanalyse is gekeken naar het aantal dodelijke ongevallen per miljard voertuigkilometer per vijfjaarsperiode tussen 2004 en 2018. Buiten de Randstad is het risico van dodelijke ongevallen bijna twee maal zo hoog als in de Randstad, terwijl er weinig verschil is tussen Zuid-Nederland en de overige rijkswegen buiten de Randstad. Hierbij is echter nog geen rekening gehouden met wegtypen. In *Hoofdstuk 4* zal het onderscheid tussen relatief veilige autosnelwegen en onveiligere niet-autosnelwegen in de probleemanalyse worden betrokken.

4 Beschrijving wegtypen

Autosnelwegen verschillen van niet-autosnelwegen in beheer van het Rijk door de aanwezigheid van een fysieke rijrichtingscheiding en afwezigheid van gelijkvloerse kruispunten. Daarmee worden frontale ongevallen en kruispuntongevallen voorkomen. Autosnelwegen hebben van oudsher een lager ongevalsrisico. Daarom beschrijft dit hoofdstuk de verdeling van het rijkswegennet over autosnelwegen en niet-autosnelwegen (*Paragraaf 4.1*). *Paragraaf 4.2* beschrijft de verdeling van dodelijke ongevallen naar wegtype, waarna in *Paragraaf 4.3* het risico op dodelijke ongevallen wordt beschreven. In *Paragraaf 4.4* komt de vraag aan bod in hoeverre eventuele verschillen in risico specifiek zijn voor dodelijke ongevallen of dat deze ook van toepassing zijn op ongevallen met een minder ernstige afloop. In *Paragraaf 4.5* worden de conclusies samengevat.

4.1 Weglengte en verkeersprestatie naar wegtype

Afbeelding 4.1 beschrijft de samenstelling van het rijkswegennet naar wegtype. Het rijkswegennet van Zuid-Nederland bestaat vrijwel geheel uit autosnelwegen. Studiegebied Overig niet-Randstad heeft de meeste niet-autosnelwegen. Dit zijn in het algemeen N-wegen. Zuid-Nederland had in een verder verleden een iets groter aandeel in de lengte aan N-wegen in beheer van Rijkswaterstaat, zie *Bijlage A* voor een beschrijving van veranderingen in het wegennet van Zuid-Nederland. De N-wegen die nu nog in beheer zijn van Zuid-Nederland zijn de N65 tussen Tilburg en Den Bosch en de N2. De N2 betreft de rangeerbanen bij de Randweg Eindhoven en Koning Willem-Alexandertunnel bij Maastricht. Van de rijbaanlengte en verkeersprestatie van de huidige N-wegen in beheer van Zuid-Nederland betreft ongeveer een derde deel de N65 en het overige twee derde deel de N2.

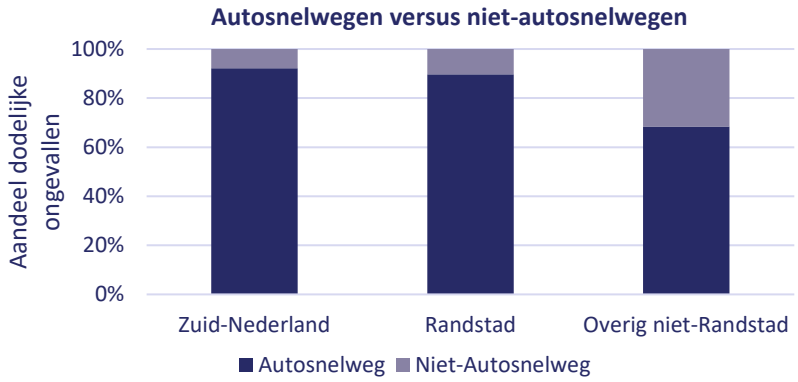


Afbeelding 4.1. Verdeling van de rijbaanlengte (links) en verkeersprestatie (rechts) over wegtypen voor rijkswegen (VOR 2017).

4.2 Ongevallen op autosnelwegen en niet-autosnelwegen

Afbeelding 4.2 geeft de verdeling van geregisterde dodelijke rijkswegongevallen tussen autosnelwegen en niet-autosnelwegen. Voor Zuid-Nederland verschilt de verdeling in 2009-2018 weinig van de Randstad, maar op de overige rijkswegen buiten de Randstad gebeurt meer dan 30% van de dodelijke rijkswegongevallen op niet-autosnelwegen. Daarbij moet er rekening mee worden gehouden dat Zuid-Nederland in de periode vanaf 2009 een aantal N-wegen heeft overgedragen aan de provincie (zie *Bijlage A*) waardoor het aandeel in de laatste jaren lager is dan *Afbeelding 4.2* suggereert. Uitgaande van de verkeersprestatie beschreven in *Paragraaf 3.2* was het aantal dodelijke ongevallen per mld voertuig-km tussen 2009 en 2018 op autosnelwegen ongeveer 3 keer zo laag als op niet-autosnelwegen. Gezien de relatie met dodelijke ongevallen en verschillen tussen de studiegebieden wordt de probleemanalyse in de volgende paragrafen verbijzonderd naar autosnelwegen.

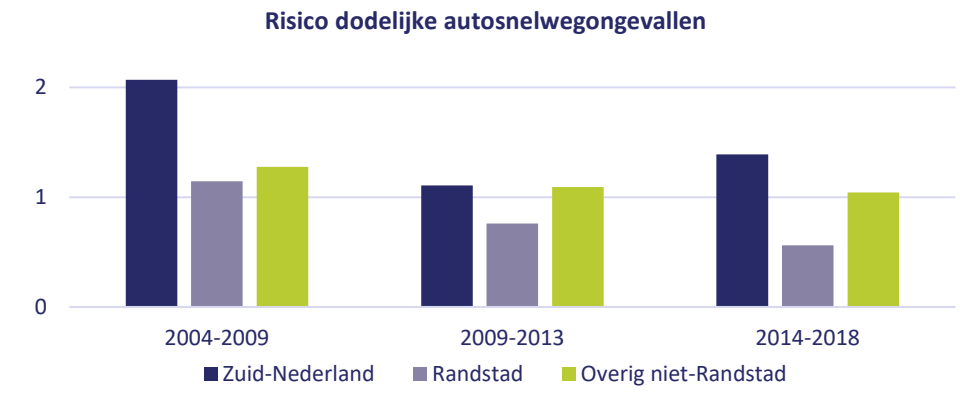
Afbeelding 4.2. Aandeel geregistreerde dodelijke ongevallen op autosnelwegen en niet-autosnelwegen (BRON 2009-2018; SWOV, 2020a)



4.3 Het risico van dodelijke ongevallen op autosnelwegen

Afbeelding 4.3 beschrijft het risico op dodelijke ongevallen per mld voertuig-km. In 2004-2009 en 2014-2018 had Zuid-Nederland een hoger risico op dodelijke ongevallen op de autosnelwegen dan de Randstad en Overig niet-Randstad. Uit een vergelijking tussen de dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland en Overig niet-Randstad met de verdeling die verwacht had mogen worden op basis van de verkeersprestaties in deze twee studiegebieden blijkt dat het verschil in de periode 2004-2009 significant is ($\chi 2(1, N=255) = 7,1$; $p=0,01$). Het verschil voor de periode 2014-2018 wordt in *Hoofdstuk 8* met een regressiemodel uitgebreider getoetst en blijkt volgens die analyse ook voor deze periode statistisch significant te zijn (in dat hoofdstuk zijn alleen hoofdrijbaan-ongevallen beschouwd). In 2009-2013 lag het risico in Zuid-Nederland echter ongeveer gelijk aan het risico op de overige autosnelwegen buiten de Randstad.

Afbeelding 4.3. Geregistreerde dodelijke ongevallen per miljard voertuigkilometer op autosnelwegen (BRON 2009-2018; SWOV, 2020a)

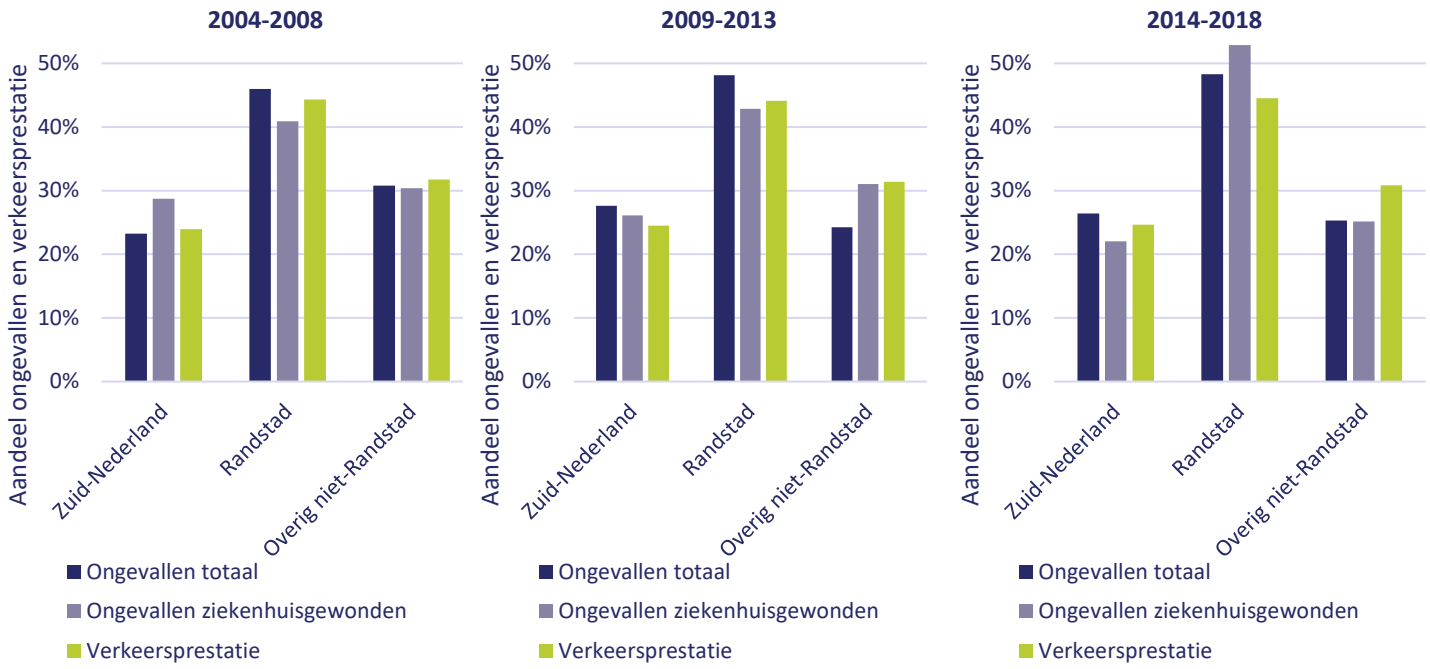


4.4 Het ongevalsrisico op autosnelwegen

Een verschil in risico op dodelijke ongevallen roept de vraag op hoe de studiegebieden zich verhouden als het gaat om het algehele ongevalsrisico op autosnelwegen. Het risico van ongevallen inclusief ongevallen met uitsluitend materiële schade (UMS) en letselongevallen kan minder goed worden bepaald door onderregistratie en veranderingen in de manier van registreren in BRON. Tussen 2004 en 2011 halveerde het aantal in BRON geregistreerde ongevallen op rijkswegen van ca. 20.000 tot 10.000 doordat de politie steeds minder ongevallen vastlegde (SWOV, 2020a). Vanaf 2012 voegt Rijkswaterstaat in BRON voor rijkswegen een toenemend aantal door weginspecteurs vastlegde ongevallen toe. Vanaf 2016 worden ook registraties van bergers gebruikt (Rijkswaterstaat, 2018a). Sinds 2012 is het aantal geregistreerde rijkswegongevallen geleidelijk gestegen tot bijna 40.000 in 2018 (SWOV, 2020a). Voor zover bekend is er geen onderzoek naar verschillen in registratiegraad van ongevallen in BRON tussen de regio's. Voor de laatste vijfjaarsperiode in 2014-2018 is de kans op verschillen kleiner doordat drie gegevensbronnen (politie, weginspecteurs en bergers) worden gecombineerd om het totaal aantal ongevallen inclusief die met alleen materiële schade te bepalen. Letselongevallen in BRON betreffen alleen door de politie geregistreerde ongevallen.

Om rekening houdend met de registratieveranderingen een indruk te geven van hoe het ongevalsrisico zich verhoudt tussen de drie studiegebieden, is hun aandeel in het totaal aantal rijkswegongevallen vergeleken met het aandeel in de verkeersprestatie op rijkswegen. Als de risico's in de drie gebieden gelijk zijn, heeft ieder gebied een vergelijkbaar aandeel in de ongevallen als in de verkeersprestatie. Een groter aandeel in het aantal ongevallen dan in de verkeersprestatie duidt erop dat het risico in dat gebied hoger ligt dan in andere gebieden. *Afbeelding 4.4* toont deze vergelijking voor de periode 2004-2008, 2009-2013 en 2014-2018. Ondanks de veranderingen in de registratie in BRON geldt voor deze perioden en voor alle studiegebieden dat het aandeel in het totale aantal ongevallen weinig verschilt van het aandeel in de verkeersprestatie. Als er al iets te concluderen valt, is dat dat het aandeel in het totale aantal ongevallen in de Randstad iets hoger ligt dan het aandeel in de verkeersprestatie. De verhoudingen tussen de studiegebieden zijn betrekkelijk constant over de tijd, ook in de periode 2014-2018 waarin het totaal aantal ongevallen inclusief materiële schade in BRON bepaald wordt met drie bronnen waardoor de kans op verschillen in registratiegraad wordt beperkt.

Niet alleen de registratie van het totale aantal ongevallen op rijkswegen varieerde sterk. Ook de kwaliteit van de registratie van letselernst varieerde sterk over de tijd. Tot en met 2009 was er nog een betrekkelijk constante manier om in BRON te registreren of er volgens de politie sprake was van een ziekenhuisopname bij een van de slachtoffers. Vanaf 2010 is deze indicatie in BRON erg onbetrouwbaar. Sinds 2014 worden slachtoffers naar verhouding vaker aangemerkt als ziekenhuisgewonde. Zouden we ondanks deze veranderingen aannemen dat de verhoudingen in kwaliteit van het geregistreerde *aandeel* ongevallen met ziekenhuisgewonden tussen de regio's vergelijkbaar is, dan kunnen we voor een grove indicatie dezelfde aanpak hanteren als voor het totale aantal geregistreerde ongevallen. De aandelen ongevallen per studiegebied en periode waarvoor in BRON is vastgelegd dat er vermoedelijk sprake was van opname van een slachtoffer in het ziekenhuis zijn daarvoor toegevoegd aan *Afbeelding 4.4*. Deze aandelen verschillen weinig van het aandeel van de regio's in de verkeersprestatie en zijn betrekkelijk constant over de tijd. Dit suggereert hooguit kleine verschillen tussen studiegebieden in risico op ongevallen met ziekenhuisgewonden. Echter, we hebben hierbij minder zekerheid dat er tussen de studiegebieden geen verschillen in registratiegraad van ongevallen met ziekenhuisgewonden meespelen, omdat BRON geheel – ook in 2014-2018 – op door de politie geregistreerde letselongevallen is gebaseerd (bij de UMS-ongevallen is voor 2014-2018 extra zekerheid doordat BRON in die periode voor rijkswegen uit drie bronnen is opgebouwd).



Afbeelding 4.4. Aandeel van de studiegebieden in het totaal aantal geregistreerde autosnelwegongevallen (inclusief ongevallen met uitsluitend materiële schade), in het aantal geregistreerde ongevallen waarbij volgens de politie een slachtoffer in het ziekenhuis opgenomen moest worden en in de verkeersprestatie (BRON 2004-2018; INWEVA 2012-2018; SWOV, 2020a; Van Veluwen & De Vries, 2013).

4.5 Conclusie en discussie

Afgezien van de N65 en de N2 heeft Rijkswaterstaat Zuid-Nederland geen N-wegen meer in beheer. In de andere studiegebieden bestaan de rijkswegen voor een groter deel uit niet-autosnelwegen. Om die reden is in dit hoofdstuk het aantal dodelijke ongevallen per mld voertuig-km op autosnelwegen tussen de drie regio's vergeleken. In 2014-2018 en in 2004-2008 lag dit risico het hoogste op de autosnelwegen van Zuid-Nederland maar dit verschil is over een langere periode niet stabiel. In 2009-2013 was er geen verschil met de overige autosnelwegen buiten de Randstad.

De registratie van niet-dodelijke ongevallen in BRON is niet stabiel. Daarom zijn de aandelen in het totaal aantal registreerde ongevallen per studiegebied vergeleken met het aandeel in de verkeersprestatie. De verhoudingen tussen de studiegebieden zijn betrekkelijk constant over de tijd inclusief de periode 2014-2018 waarin het totaal aantal ongevallen inclusief materiële schade in BRON bepaald wordt met drie bronnen waardoor de kans op verschillen in registratiegraad wordt beperkt. Dat geldt ook als we deze analyse beperken tot de op één na ernstigste categorie ongevallen volgens BRON, maar die categorie is in de gehele periode gebaseerd op registratie door de politie waardoor het mogelijk is dat registratieverschillen een rol spelen. Dit betekent voor het vervolg van dit onderzoek dat we voor verklaringen voor het hoge risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland vooral moeten zoeken naar factoren die samenhangen met de kans dat een ongeval dodelijk afloopt en minder met factoren in relatie tot het ongevalsrisico.

Gezien de probleemanalyse in dit hoofdstuk richt het vervolg van dit onderzoek zich op autosnelwegen en ligt de nadruk bij het zoeken naar verklaringen op factoren in relatie tot de kans dat een ongeval dodelijk afloopt.

5 Snelheden en verkeerskenmerken

Zuid-Nederland heeft van de drie studiegebieden het kleinste areaal aan N-wegen en kent een hoger risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen. Daarbij blijkt dat het hogere risico op dodelijke ongevallen het gevolg is van een grotere kans op een dodelijke afloop als er een ongeval plaatsvindt en niet als gevolg van een hoger ongevalsrisico. Daarom concentreert de analyse zich vanaf dit hoofdstuk grotendeels op autosnelwegen en op factoren die kunnen verklaren waarom ongevallen daar dodelijk aflopen.

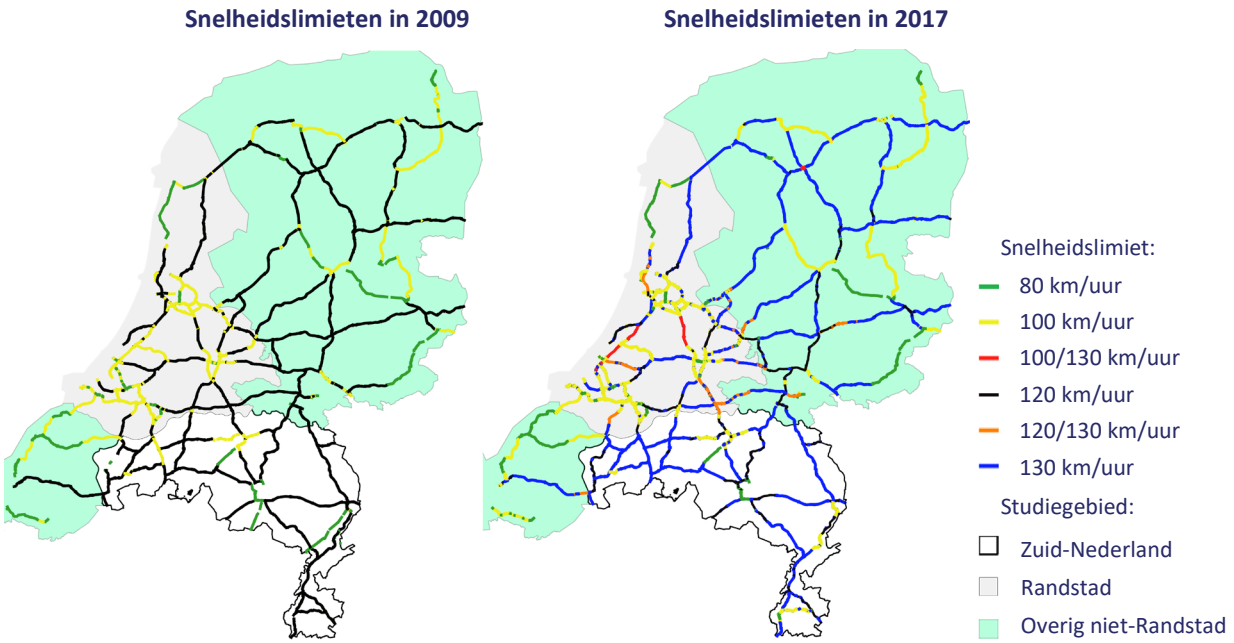
De kans op een dodelijke afloop is groter naarmate de rijsnelheid hoger is (Aarts & Van Schagen, 2006; Elvik, 2013). Om de relatie met snelheid te analyseren gaat *Paragraaf 5.1* in op snelheids-limieten en het risico op dodelijke ongevallen per limiet. Aangezien de rijsnelheid tussen regio's ook kan verschillen binnen hetzelfde snelheidsregime gaat *Paragraaf 5.2* in op de vraag in hoeverre rijsnelheden verschillen tussen de studiegebieden. Rijsnelheden kunnen worden beïnvloed door het aandeel vrachtverkeer en de verkeersdruk. Het aandeel vrachtverkeer kan daarnaast van invloed zijn op de letselernst van ongevallen vanwege het massaverschil met de tegenpartij, zie *Paragraaf 5.3*. De verkeersdruk verschilt sterk tussen dagdelen en kan daardoor leiden tot verschillen in rijsnelheid tussen dagdelen. Aansluitend op de analyse van de verkeers-intensiteiten en verkeersdruk in *Paragraaf 5.4* wordt daarom in *Paragraaf 5.5* het risico op dodelijke ongevallen per dagdeel beschreven.

5.1 Snelheidslimieten

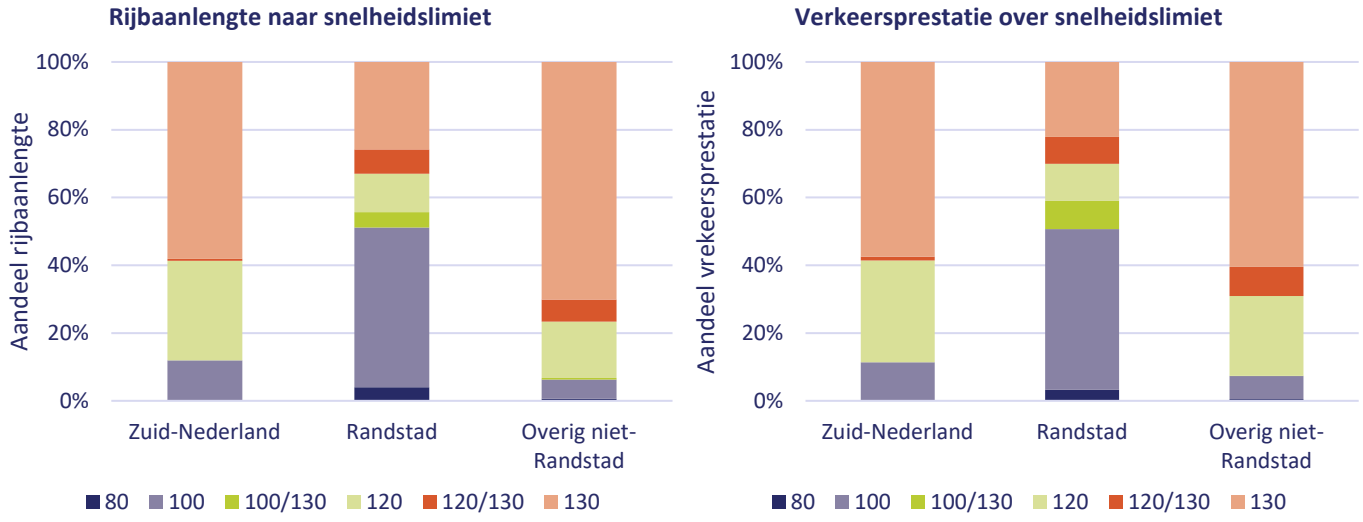
Aanwezigheid van snelheidslimieten

Afbeelding 5.1 geeft een beeld van de snelheidslimieten in de drie studiegebieden in 2009 en 2017 voor alle rijkswegen die Rijkswaterstaat in die jaren beheerde. De verschillen zijn hoofdzakelijk het gevolg van de invoering van 130 km/uur op autosnelwegen. Sinds 1 september 2012 is de standaardlimiet op autosnelwegen 130 km/uur. Het areaal met een snelheidslimiet van 130 km/uur is sindsdien geleidelijk uitgebreid. Zowel voor als na invoering kwamen buiten de Randstad vaker snelheidslimieten van meer dan 100 km/uur voor dan in de Randstad.

Afbeelding 5.2 geeft een gedetailleerder beeld van de verdeling naar snelheidslimiet voor de weglengte en verkeersprestatie. Volgens de cijfers van VOR 2017 hebben autosnelwegen met een snelheidslimiet van 120 km/uur of 130 km/uur in Zuid-Nederland en Overig niet-Randstad een aandeel van ongeveer 90% in zowel de weglengte als de verkeersprestatie. In de Randstad hebben autosnelwegen met een limiet tot en met 100 km/uur een aandeel van ongeveer de helft in de weglengte en de verkeersprestatie. In *Afbeelding 5.1* is binnen studiegebied Overig niet-Randstad een aanzienlijke lengte aan 80 km/uur wegen te zien. Dit betreft voor het grootste gedeelte niet-autosnelwegen die niet zijn opgenomen in *Afbeelding 5.2* over autosnelwegen.



Afbeelding 5.1. Snelheidslimieten op rijkswegen: links in 2009 (WEGGEG 2009) en rechts in 2017 (VOR 2017).

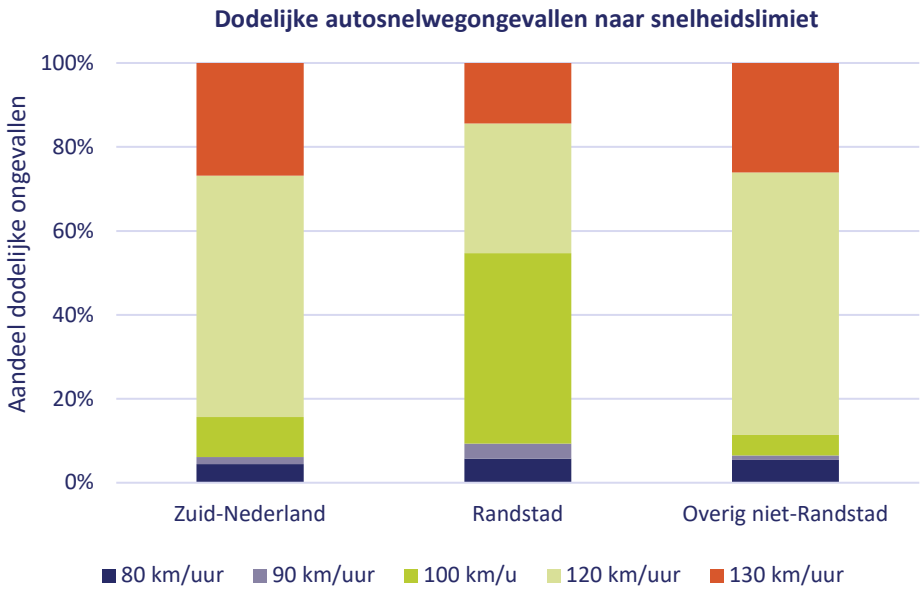


Afbeelding 5.2. Verdeling van de rijbaanlengte (links) en verkeersprestatie (rechts) naar snelheidslimieten voor autosnelwegen (VOR 2017).

Snelheidslimieten bij ongevallen

Afbeelding 5.3 toont de snelheidslimieten die bij de dodelijke ongevallen op autosnelwegen in BRON zijn geregistreerd. De aandelen hebben betrekking op snelheidslimieten van 80 km/uur en hoger. De grafiek laat zien dat op rijkswegen in Zuid-Nederland bij ca. 85% van de dodelijke ongevallen een snelheidslimiet van 120 km/uur of 130 km/uur is geregistreerd. Voor de Randstad is dat ca. 45%. Deze aandelen kunnen niet rechtstreeks met de cijfers in *Afbeelding 5.2* worden vergeleken omdat deze betrekking hebben op 2017 terwijl *Afbeelding 5.3* een periode van 10 jaar beschrijft.

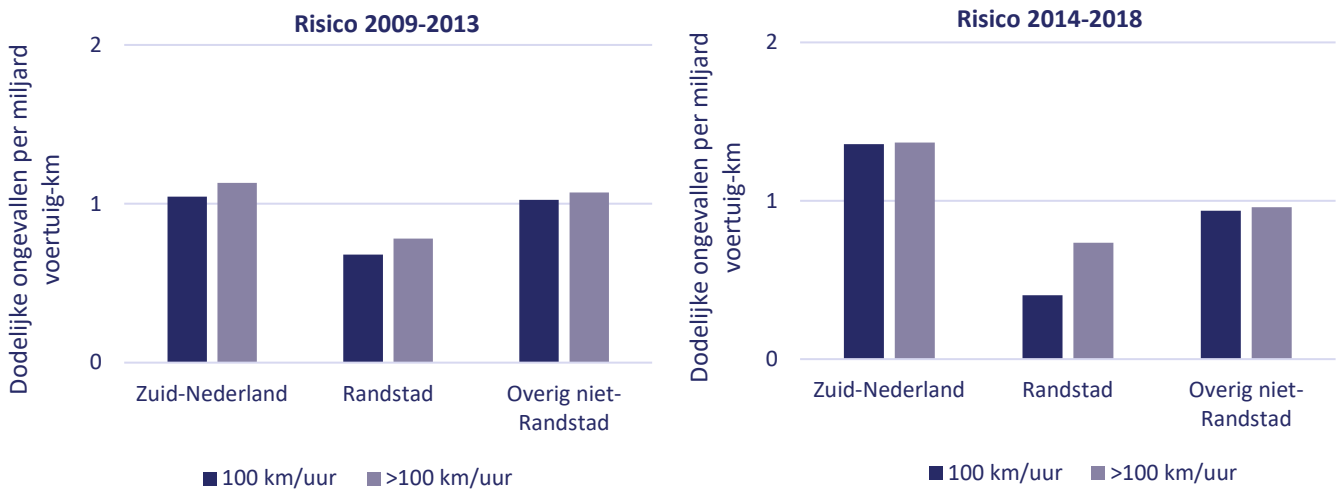
Afbeelding 5.3. Aandeel geregistreerde dodelijke autosnelweg-ongevallen naar snelheidslimiet volgens BRON; limieten van 80 km/uur en hoger (BRON 2009-2018; SWOV, 2020a)



Risico op dodelijke ongevallen in relatie tot snelheidslimieten

Risico's voor 2009-2013 en 2014-2018 zijn bepaald met snelheidslimieten van wegvakken in het VOR 2017- en WEGGEG 2012-bestand waaraan in BRON geregistreerde autosnelwegongevallen zijn gekoppeld. Met deze aanpak is zeker dat de ongevallen en verkeersprestaties gedurende de gehele vijfjaarsperioden aan dezelfde wegvakken gekoppeld zijn. Aangezien de snelheidslimiet van een wegvak tijdens de vijfjaarsperiode kan zijn veranderd, is alleen gekeken naar wegvakken met een snelheidslimiet van 100 km/uur en wegvakken met een snelheidslimiet hoger dan 100 km/uur. Een verhoging van de snelheidslimiet van 120 km/uur naar 130 km/uur heeft geen invloed op de schatting. Wegvakken met een variabele snelheidslimiet zijn toegedeeld aan de hoogste snelheidslimiet (dus een variabele 100-130km/uur-limiet aan 'hoger dan 100 km/uur').

Het gemiddelde risico op autosnelwegen was volgens deze analyse in beide vijfjaarsperioden 0,9 dodelijke ongevallen per mld voertuig-km. De risicoverschillen tussen de regio's sluiten aan op de risicoverschillen die in *Paragraaf 4.3* waren beschreven voor alle autosnelwegen. Binnen de beide studiegebieden buiten de Randstad ligt het risico op 100km/uur-autosnelwegen even hoog als op autosnelwegen met een hogere snelheidslimiet. In de Randstad hebben autosnelwegen met een snelheidslimiet van 100 km/uur in 2009-2013 een risico op dodelijke ongevallen dat vergelijkbaar is met autosnelwegen met een hogere limiet. In 2014-2018 lijken in de Randstad de autosnelwegen met een limiet van 100 km/uur veiliger, hoewel de verdeling van de ongevallen niet significant verschilt van de verdeling die verwacht had mogen worden op basis van de verkeersprestaties per snelheidsregime (Chi-kwadraattoets: $\chi 2(1, N=81) = 3,6$; $p=0,08$). In de Randstad is het areaal aan autosnelwegen met een (variabele) snelheidslimiet boven de 100 km/uur uitgebreid (zie *Afbeelding 5.1*, bijvoorbeeld de A4 vanuit de richting Schiphol tot Den Haag). Het areaal aan 100 km/uur wegen is in de periode 2014-2018 nog sterker rond de grote steden geconcentreerd. Het verschil in de periode 2014-2018 kan het gevolg zijn van de kenmerken van de stedelijke rondwegen zoals de hoge verkeersbelasting en meer rijstroken per rijbaan dan op andere autosnelwegen.



Afbeelding 5.4. Geregistreerde dodelijke ongevallen per miljard voertuigkilometer op autosnelwegen met een snelheidslimiet van 100 km/uur of hoger: links voor 2009-2013; rechts voor 2014-2018 (BRON 2009-2018; VOR 2017; WEGGEG 2012/2013)

5.2 Rijsnelheid

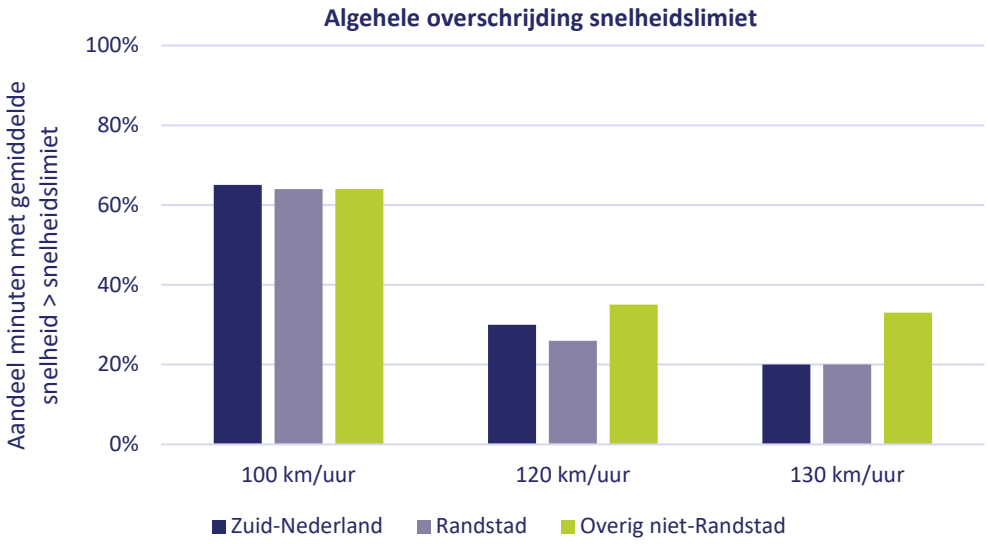
Verschillen in rijsnelheid tussen de studiegebieden

Een eerste aanwijzing voor verschillen in rijsnelheid volgt uit de snelheidslimieten in de studiegebieden. Uit snelheidsmonitoring van Rijkswaterstaat in het kader van de invoering van de verhoging van de snelheidslimiet naar 130 km/uur blijkt dat hogere snelheidslimieten samengaan met hogere rijsnelheden, maar dat de verschillen niet evenredig zijn. Martens en Smits (2016) concluderen dat de rijsnelheid op 100 km/uur-wegvakken gemiddeld over een etmaal 100 km/uur bedraagt. Bij trajecten met een snelheidslimiet van 120 km/uur is dat 108 km/uur en bij een limiet van 130 km/uur 112 km/uur. Deze bevindingen sluiten aan bij de vuistregel dat het verhogen van de snelheidslimiet met 10 km/uur samengaat met een toename van rijsnelheden met ca. 3 km/uur (Elvik et al., 2009).

Het grotere aandeel 100km/uur-wegen in de Randstad suggereert dat de rijsnelheden daar lager liggen. Die conclusie zou echter niet getrokken kunnen worden als het aandeel overschrijders van de snelheidslimiet op die wegen in de Randstad hoger ligt. Om daar zicht op te krijgen is het aandeel minuutgemiddelde rijsnelheden op of boven de limiet uit Floating Car Data (FCD) van NDW in 2018 gebruikt als indicator, zie *Afbeelding 5.5*. Dat de snelheidslimiet op autosnelwegen minder vaak wordt overschreden naarmate de snelheidslimiet hoger is past bij de eerdergenoemde uitkomsten van monitoringonderzoek van Rijkswaterstaat (Martens & Smits, 2016). Naarmate de snelheidslimiet hoger is, wordt de snelheidslimiet minder vaak overschreden. Voor deze studie is vooral het verschil tussen de studiegebieden relevant. Die verschillen zijn klein. Op autosnelwegen met een snelheidslimiet van 120 km/uur of 130 km/uur was het aandeel minuutgemiddelde snelheden op of boven de snelheidslimiet iets hoger in Overig niet-Randstad dan in de Randstad en Zuid-Nederland.

In de vorige paragraaf is geconcludeerd dat er weinig verschil in risico op dodelijke ongevallen is tussen autosnelwegen met een snelheidslimiet van 100 km/uur en hoger dan 100 km/uur. Wel lag het risico in de laatste vijf jaar, ongeacht de snelheidslimiet, hoger op de autosnelwegen van Zuid-Nederland. Wat de analyse van de NDW-cijfers van 2018 daaraan toevoegt is dat het niet aannemelijk is dat dit verschil wordt verklaard door hogere rijsnelheden op de weg van Zuid-Nederland.

Afbeelding 5.5. Aandeel minuutgemiddelde snelheden op of boven de snelheidslimiet op autosnelwegen met verschillende snelheidslimieten in 2018 (FCD van NDW).



Relatie tussen rijsnelheid en verkeerskenmerken

Om voor de verdere verkenning van verkeerskenmerken inzicht te hebben in de relatie met rijsnelheden is een lineaire regressieanalyse uitgevoerd voor autosnelwegen met een snelheidslimiet van 100 km/uur en hoger. Daarbij is de samenhang onderzocht tussen de door NDW geschatte aandelen minuutgemiddelde snelheden op of boven de snelheidslimiet en de maximale I/C-verhouding die voorkomt in de spitsperioden. Andere variabelen waren het aandeel vrachtverkeer en de snelheidslimiet.[6] Doordat NDW etmaalmaalwaarden levert kan de samenhang met de I/C-verhouding niet naar uur worden onderscheiden. De resultaten zijn weergegeven in *Tabel 5.1*. De variabelen verklaren 50% van de variatie in het aandeel minuut-gemiddelde snelheden op of boven de snelheidslimiet. Door het grote aantal 50m-segmenten waarop de regressie is gebaseerd (ca. 105.000) zijn alle variabelen statistisch significant en is met name de sterkte van de samenhang van belang. Welke variabelen het sterkste samenhangen met limietoverschrijdingen kan worden beoordeel met de gestandaardiseerde regressiecoëfficiënt. Het aandeel minuutgemiddelden op of boven de snelheidslimiet is lager (lees 'rijsnelheden liggen lager') naarmate de I/C-verhouding en het aandeel vrachtverkeer hoger zijn. De samenhang met I/C-verhouding is iets sterker dan met het aandeel vrachtverkeer. Het aandeel minuutgemiddelden op of boven de snelheidslimiet is lager naarmate de snelheidslimiet hoger is.

Tabel 5.1. Uitkomsten van regressie op het aandeel minuutgemiddelde snelheden op of boven de snelheidslimiet op autosnelwegen in 2018 met een snelheidslimiet van 100 km/uur of hoger (R^2 = 0,50).

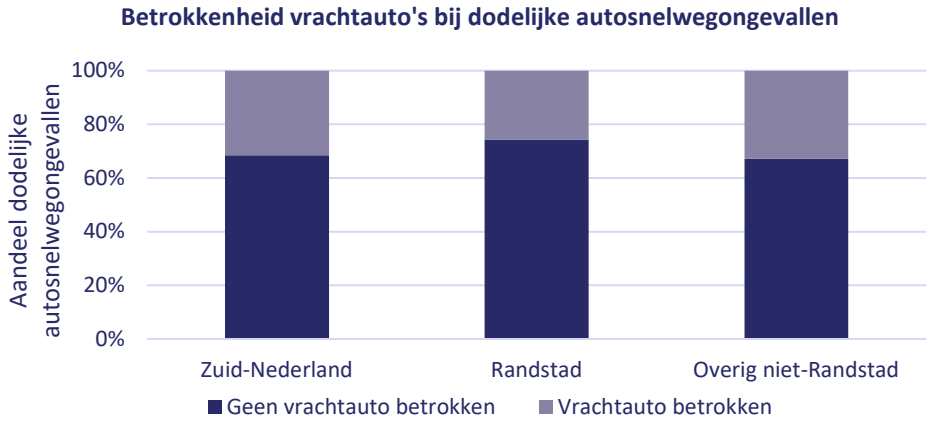
Variabelen	Regressie-coëfficiënt	Gestandaardiseerde regressiecoëfficiënt	*P*
Constante	0,91		<0,001
I/C-verhouding	-0,30	-0,24	<0,001
Aandeel vrachtverkeer	-0,01	-0,20	<0,001
Snelheidslimiet:			
100 km/uur (referentie)			
120 km/uur (referentie)	-,31	-0,57	<0,001
130 km/uur (referentie)	-,37	-0,82	<0,001

6. In de regressie opgenomen als Dummy-variabelen.

5.3 Aandeel vrachtverkeer

Het aandeel vrachtverkeer op hoofdrijbanen van autosnelwegen en rangeerbanen is het hoogste in Zuid-Nederland, namelijk 17%. In de Randstad ligt dit percentage op 11% en op de overige autosnelwegen buiten de Randstad op 15%. Het relatief hoge aandeel vrachtverkeer op autosnelwegen in Zuid-Nederland is te verklaren uit de ligging van Noord-Brabant tussen de haven van Rotterdam, de haven van Antwerpen in België en het Ruhrgebied in Duitsland. *Afbeelding 5.6* beschrijft de verdeling van dodelijke autosnelwegwegongevallen naar betrokkenheid van vrachtauto's. Het aandeel dodelijke ongevallen waarbij vrachtauto's betrokken zijn, ligt in Zuid-Nederland iets lager dan in Overig niet-Randstad en ligt het laagste in de Randstad.

Afbeelding 5.6. Aandeel geregistreerde dodelijke autosnelweg-ongevallen waarbij één of meer vrachtauto's betrokken zijn (BRON 2009-2018; SWOV, 2020a)



In alle studiegebieden is het aandeel dodelijke ongevallen met vrachtauto's hoger dan het aandeel vrachtauto's in de verkeersprestatie. Een hoger aandeel vrachtverkeer in de verkeers-prestatie in Zuid-Nederland kan een van de verklaringen zijn voor het hogere risico op dodelijke ongevallen. De relatie is echter complex omdat door een hoger aandeel vrachtverkeer een ander verkeersbeeld ontstaat, en de snelheden gemiddeld lager kunnen liggen (zie *Paragraaf 5.2* over rijsnelheden). Daarom wordt de relatie verder onderzocht met regressieanalyses in *Hoofdstuk 8*.

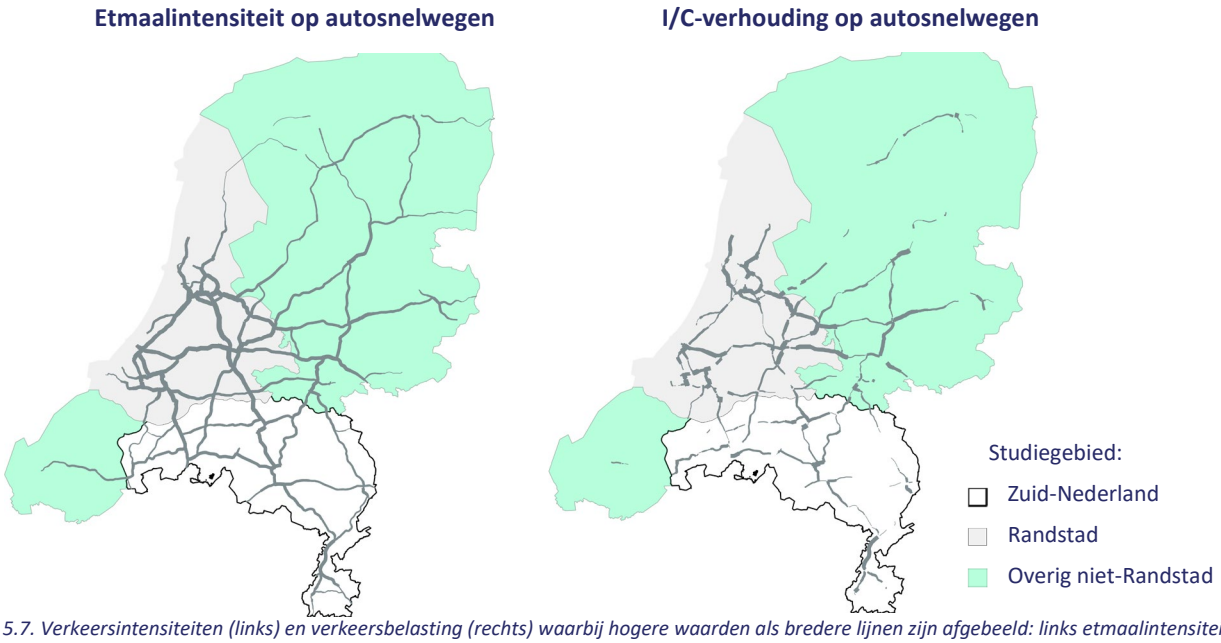
5.4 Verkeersintensiteiten en verkeersbelasting

Ruimtelijke spreiding van de verkeersintensiteit en -belasting

Afbeelding 5.7 toont de verkeersintensiteiten en de verkeersbelasting op autosnelwegen op kaart. De verkeersbelasting is uitgedrukt met de verhouding tussen de verkeersintensiteit (I) en de capaciteit (C). Bij een I/C-verhouding onder de 0,8 is de kans op filevorming klein, maar afhankelijk van de omstandigheden zal het gedwongen volgen van voertuigen en vermindering van rijsnelheden al optreden bij een I/C-verhouding rond de 0,55 tot 0,7 (Rijkswaterstaat, 2015). Bij het berekenen van de capaciteit is rekening gehouden met het aantal rijstroken en niet met weeromstandigheden, zichtomstandigheden, rijstrookversmallingen en type wegdek. Het betreft een theoretische capaciteit onder ideale omstandigheden. De I/C-verhoudingen zullen daardoor in de praktijk wat hoger liggen dan de waarden die in deze paragraaf zijn weergegeven (Rijkswaterstaat, 2015).

In de linker kaart in *Afbeelding 5.7* is te zien dat de verkeersintensiteiten het hoogste liggen in de Randstad. De autosnelwegen in de Randstad hebben meer rijstroken, waardoor de capaciteit van de wegen daar ook groter is. Ondanks die grotere capaciteit blijkt uit de rechter kaart in *Afbeelding 5.7* dat ook de theoretische I/C-verhoudingen in de Randstad hoger liggen. De autosnelwegen in Overig niet-Randstad hebben de laagste intensiteit en verkeersbelasting. De intensiteit en belasting in Zuid-Nederland ligt tussen andere twee studiegebieden in. Het beeld van de verhouding tussen de Randstad en Zuid-Nederland sluit aan op een analyse van het

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) waaruit blijkt dat het reistijdverlies in Noord-Brabant aanzienlijk kleiner is dan in de Randstad (KiM, 2013).

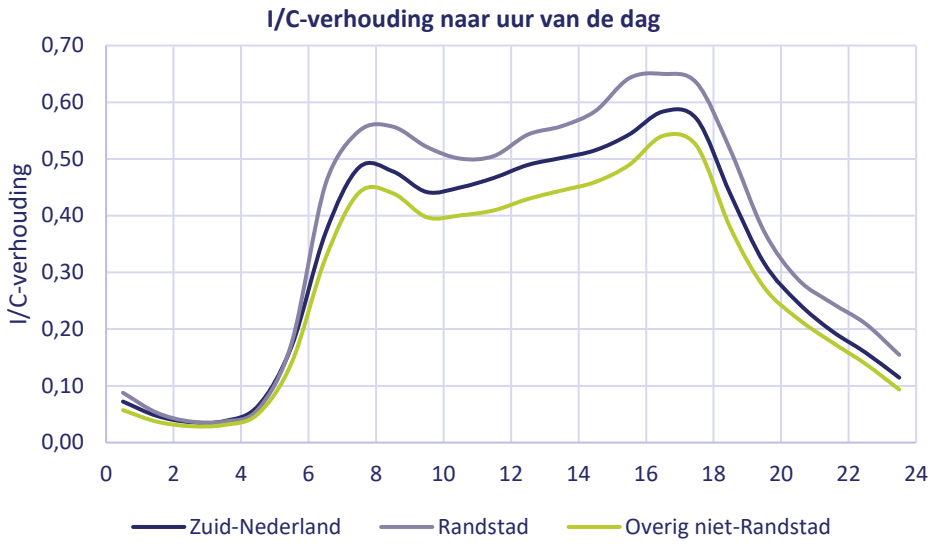


Afbeelding 5.7. Verkeersintensiteiten (links) en verkeersbelasting (rechts) waarbij hogere waarden als bredere lijnen zijn afgebeeld: links etmaalintensiteiten; rechts de hoogste theoretische I/C-verhouding in de spits voor wegen waarbij deze in de spits minimaal 0,55 is (Bronnen: NWB 2018; INWEVA 2018).

Verkeersbelasting naar tijd

Afbeelding 5.8 laat zien dat de theoretische I/C-verhouding sterk varieert over de dag. De getoonde I/C-verhoudingen representeren de naar de verkeersprestaties van wegvakken gewogen I/C-verhouding op autosnelwegen. Van een wegvak waarop bijvoorbeeld twee keer zoveel voertuig-kilometers worden afgelegd als op een ander wegvak, weegt de I/C-verhouding twee keer zo zwaar. De getoonde I/C-verhoudingen geven weer met welke verkeersbelasting de gemiddelde weggebruiker op een bepaald uur van de dag wordt geconfronteerd. 's Nachts zijn de verschillen klein maar overdag ligt de I/C-verhouding in de Randstad structureel hoger dan in de andere twee studiegebieden. In Zuid-Nederland ligt de I/C-verhouding hoger dan op de overige rijkswegen buiten de Randstad. De hogere I/C-verhoudingen gedurende de dag suggereren dat de verkeersbelasting in de Randstad gedurende een groter deel van de dag invloed zal hebben op de rijsnelheden.

Afbeelding 5.8. Theoretische I/C-verhouding naar uur van de dag op autosnelwegen (INWEVA 2018).



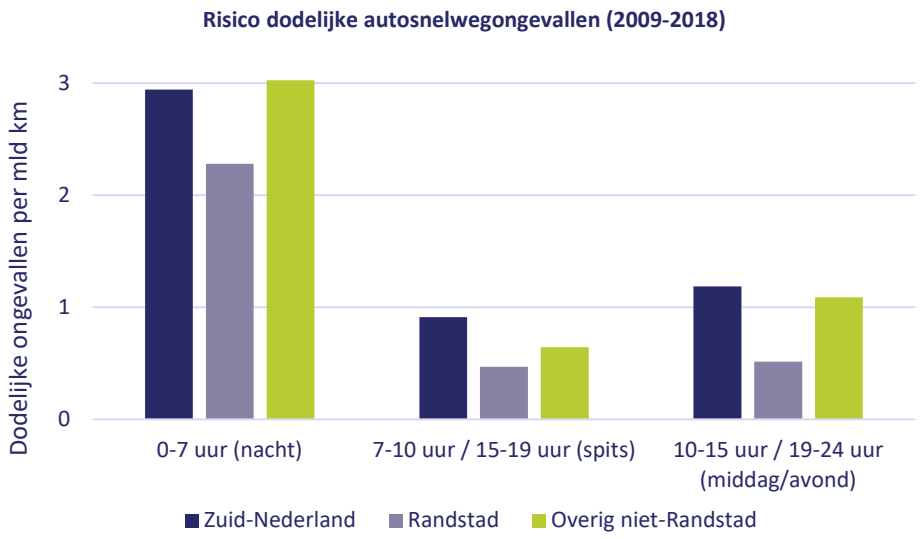
5.5 Risico op dodelijke ongevallen naar dagdeel

In de vorige paragraaf is beschreven hoe de verkeersbelasting op de autosnelwegen in de studiegebieden varieert over de dag. Die variatie is een van de factoren die de variatie van het risico over de dag mede bepaalt. De aantallen ongevallen per uur per studiegebied zijn klein maar op basis van een visuele inspectie van die risico's is de dag ingedeeld in drie dagdelen:

1. Nachtelijke uren (0-7 uur)
2. Spitsuren (7-9 uur en 15-19 uur)
3. Middag (10-15 uur) en avond (19-24 uur)

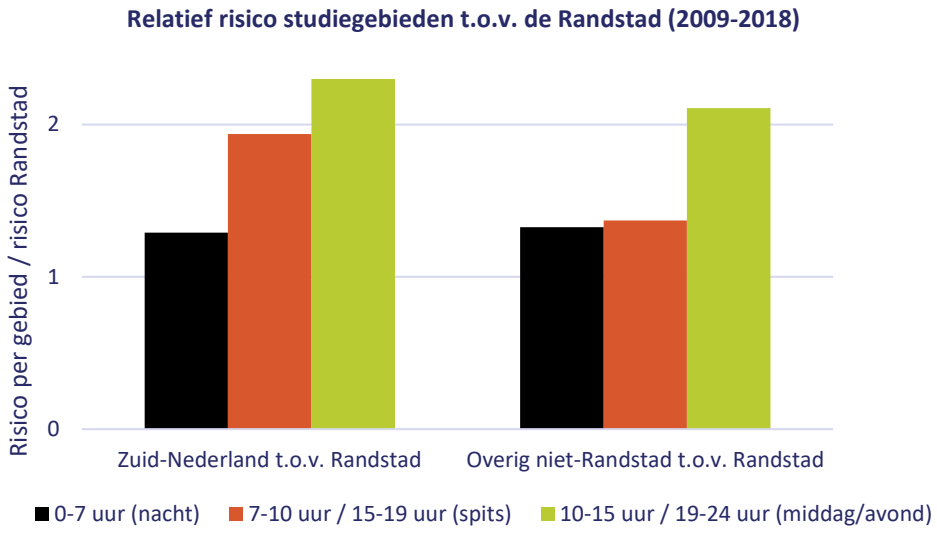
Afbeelding 5.9 beschrijft de risico's per dagdeel. Gedurende alle dagdelen is het risico het laagste in de Randstad. De risico's binnen Zuid-Nederland en Overig niet-Randstad zijn vergelijkbaar, met uitzondering van de spitsperiode. In de spitsperiode is het risico op dodelijke ongevallen het hoogste in Zuid-Nederland.

Afbeelding 5.9. Geregistreerde dodelijke ongevallen per miljard voertuigkilometer op autosnelwegen (INWEVA 2018; SWOV, 2020a).



Voor het interpreteren van de verhoudingen tussen de risico's in de studiegebieden is het risico op dodelijke ongevallen uit *Afbeelding 5.9* in Zuid-Nederland en Overig niet-Randstad gedeeld door het risico in de Randstad. Deze relatieve risico's t.o.v. de Randstad zijn weergegeven in *Afbeelding 5.10*. Het relatieve risico is gelijk aan 1 als er geen verschil is tussen het betreffende studiegebied en de Randstad. Hoe hoger het relatief risico, hoe groter het verschil. De verschillen zijn het kleinste in de nachtelijke uren en het grootste in de middag- en avonduren. De sterke variatie van de verschillen tussen de regio's naar dagdeel doen vermoeden dat de dynamiek van het verkeer een rol speelt. Dat het risico in de middag en avond lager ligt in de Randstad is mogelijk te verklaren doordat de verkeersbelasting daar in die uren hoger blijft, zie *Afbeelding 5.8*. Dat de risico's in de nachtelijke uren weinig verschillen suggereert dat factoren in relatie tot nachtelijke ongevallen zoals de aanwezigheid van openbare verlichting geen goede verklaring zijn voor de verschillen met de Randstad.

Afbeelding 5.10. Risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland en Overig niet-Randstad ten opzichte van de Randstad (INWEVA 2018; SWOV, 2020a).



In Zuid-Nederland is het risico niet alleen in de middag- en avonduren verhoogd t.o.v. de Randstad maar ook in de spitsperioden. Op de overige autosnelwegen buiten de Randstad is in de spits het relatief risico t.o.v. de Randstad kleiner. Het verschil in risico op dodelijke ongevallen tussen Zuid-Nederland en de Randstad in de spitsperioden blijkt niet statistisch significant te zijn ($\chi 2(1, N=126) = 1,9$; $p = 0,17$).

5.6 Conclusie en discussie

Het risico op dodelijke ongevallen lijkt vergelijkbaar te zijn voor autosnelwegen met een snelheidslimiet van 100 km/uur en die met een hogere snelheidslimiet. Met Floating Car Data (FCD) van NDW over 2018 is nagegaan of er binnen de snelheidsregimes verschillen zijn in het aandeel minuutgemiddelde snelheden op of boven de snelheidslimiet op autosnelwegen. De uitkomsten suggereren dat er in Zuid-Nederland niet meer overschrijding van de snelheidslimiet voorkomt dan in andere studiegebieden. Het is dan ook niet aannemelijk dat snelheidslimieten en gemiddelde overschrijdingen per snelheidsregime een verklaring vormen voor het hogere risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland. Uit analyse van de snelheidsgegevens van NDW kon verder worden afgeleid dat een hoger aandeel vrachtverkeer en een hogere verkeersbelasting (een hogere I/C-verhouding) samengaan met minder snelheidsoverschrijdingen.

De afloop van ongevallen met vrachtauto's is ernstiger door het verschil in massa met andere voertuigen. Dit zou kunnen bijdragen aan het hogere risico op dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland. Echter, het aandeel dodelijke ongevallen waarbij vrachtauto's betrokken zijn, ligt in Zuid-Nederland iets lager dan in Overig niet-Randstad. Zoals in *Paragraaf 5.3* is opgemerkt, gaat meer vrachtverkeer ook samen met lagere gemiddelde snelheden, wat gunstig zou kunnen zijn voor de verkeersveiligheid. Om de verklarende waarde van het aandeel vrachtverkeer voor het risico op dodelijke ongevallen verder te onderzoeken zal deze als variabele worden meegenomen in de regressieanalyses op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in *Hoofdstuk 8*.

De verkeersintensiteiten en verkeersdruk op de autosnelwegen in Zuid-Nederland liggen tussen die in de Randstad (waar deze het hoogste zijn) en Overig niet-Randstad in. De verkeersbelasting varieert sterk over de dag en ligt 's nachts overal laag. Uit een vergelijking van risico op dodelijke autosnelwegongevallen per dagdeel blijkt dat de risicoverschillen tussen de drie studiegebieden 's nachts ook klein zijn. Dat betekent dat factoren die vooral aan het risico op dodelijke ongevallen 's nachts bijdragen niet verklaren waarom Zuid-Nederland een hoger risico op autosnelwegen heeft, bijvoorbeeld een verschil in de aanwezigheid van openbare verlichting of

factoren in relatie tot spookrijongevallen, die vaak ’s nachts plaatsvinden (SWOV, 2018c). De verschillen in risico tussen de autosnelwegen in en buiten de Randstad zijn ’s middags en ‘s avonds het grootste. Aangezien de I/C-verhouding gedurende een groter deel van de dag hoog blijft in de Randstad is, is daar minder lang sprake van vrij rijdend verkeer. Dat kan de snelheid remmen waardoor ongevallen minder ernstig aflopen in de middag en avond. De maximale I/C-verhouding zal dan ook als variabele worden onderzocht in de regressieanalyses in *Hoofdstuk 8*. In Zuid-Nederland is het risico niet alleen in de middag- en avonduren verhoogd t.o.v. de Randstad maar ook in de spitsperioden. Dat verschil is statistisch niet significant, maar deze indicatie is wel aanleiding om in *Paragraaf 6.3* en *7.3* te kijken naar fileongevallen en de toepassing van filestaartbeveiliging met behulp van rijstrooksignalering in de drie studiegebieden.

6 Kenmerken van ongevallen en betrokkenen

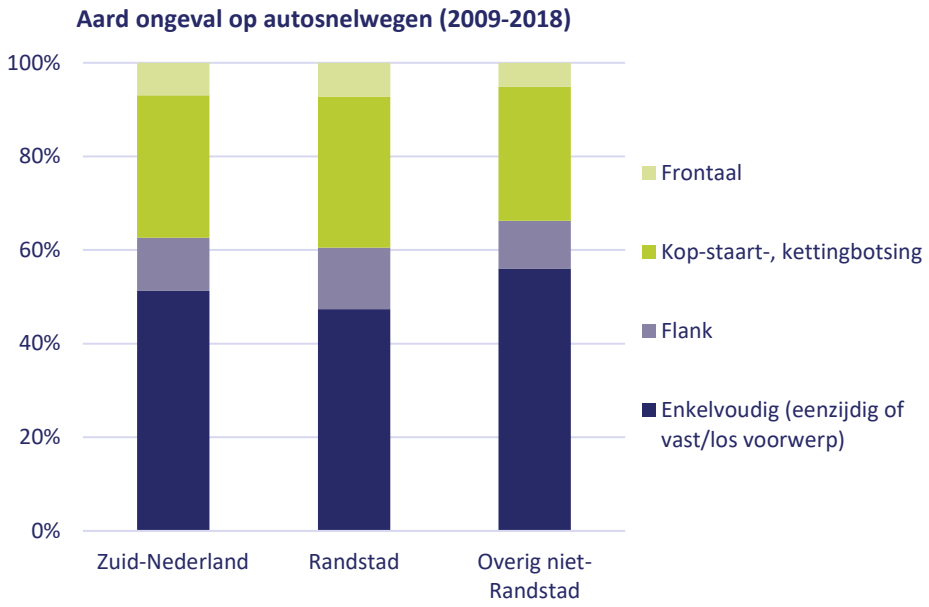
In dit hoofdstuk worden kenmerken van dodelijke ongevallen op autosnelwegen en de betrokken verkeersdeelnemers geanalyseerd en vergeleken tussen de studiegebieden. Het doel daarvan is om na te gaan of er op basis van de kenmerken van de ongevallen aanvullende hypothesen geformuleerd kunnen worden om te verklaren waarom autosnelwegen in Zuid-Nederland een hoger risico op dodelijke ongevallen hebben dan de andere twee studiegebieden.

In *Paragraaf 6.1* worden de type dodelijke ongevallen van 2009 t/m 2018 vergeleken aan de hand van het kenmerk 'aard ongeval'. Er zijn weinig aanvullende details geregistreerd in de verkeersongevallenregistratie BRON. Daarom worden in *Paragraaf 6.2* en *6.3* extra kenmerken van bermongevallen en kop-staartongevallen beschreven op basis van de dieptestudies van dodelijke ongevallen die SWOV van 2015 t/m 2017 in opdracht van Rijkswaterstaat heeft uitgevoerd (Davidse, Louwerse & Van Duijvenvoorde, 2019). In *Paragraaf 6.4* wordt nagegaan of het aandeel ongevallen bij wegwerkzaamheden verschilt tussen de studiegebieden. *Paragraaf 6.5* en *6.6* richten zich op mogelijke verklaringen in relatie tot kenmerken van de betrokkenen, namelijk leeftijd en rijden onder invloed van alcohol. Daarbij worden expositiecijfers beschreven om te toetsen in hoeverre eventuele verschillen tussen de studiegebieden de verschillen in risico op dodelijke ongevallen kunnen verklaren. *Paragraaf 6.7* vat de conclusies samen.

6.1 Aard ongeval

Afbeelding 6.1 beschrijft het aandeel geregisterde dodelijke ongevallen op autosnelwegen naar het geregistreerde kenmerk 'aard ongeval'. De verdeling voor Zuid-Nederland verschilt nauwelijks van de verdeling in de Randstad. Aangezien we autosnelwegen bekijken, gebeuren er door de fysieke rijrichtingscheiding (of brede middenberm) nauwelijks frontale ongevallen. De meeste ongevallen betreffen enkelvoudige ongevallen waarbij geen andere weggebruiker betrokken is, bijvoorbeeld van de weg afraken en tegen een obstakel botsen en eenzijdige ongevallen zoals een auto die over de kop slaat zonder daarbij tegen een obstakel te botsen. Daarnaast is het aantal kop-staartbotsingen substantieel. Afgezien van een iets hoger aandeel enkelvoudige ongevallen in Overig niet-Randstad, zijn de verschillen tussen de studiegebieden klein.

Afbeelding 6.1. Aandeel geregistreerde dodelijke ongevallen op autosnelwegen naar aard ongeval exclusief de categorie onbekend/overig (BRON 2009-2018; SWOV, 2020a)



6.2 Ongevallen met obstakels

Aangezien deze studie zich richt op dodelijke ongevallen, beginnen we met een beschrijving van een onderzoek gericht op de kans dat op een autosnelweg een ernstig enkelvoudig ongeval gebeurt (Hengeveld & Nägele, 2014) en een onderzoek over de kans op een dodelijke afloop als er een ernstig enkelvoudig ongeval gebeurt (Hengeveld & Nägele, 2013). Voor het eerste onderzoek zijn locaties van ernstige enkelvoudige ongevallen vergeleken met controlelocaties. Voor het tweede onderzoek zijn locaties van dodelijke enkelvoudige ongevallen vergeleken met ernstige enkelvoudige ongevallen (enkelvoudige ongevallen waarbij in BRON een ziekenhuis-gewonde was geregistreerd). Hengeveld en Nägele (2013; 2014) gebruikten registratieformulieren van de politie en CycloMedia-beelden om details van ongevallen en eventueel geraakte obstakels vast te leggen. De studie bevestigt dat de verschillende gevarenzones die voor bermen in ontwerprichtlijnen zijn benoemd het risico verhogen. Daarbij blijkt dat solitaire obstakels zoals bomen, portaalpoten en pijlers het grootste risico vormen. Van objecten zoals lichtmasten kon niet worden vastgesteld of ze conform de standaard botsveilig waren. Deze hadden eveneens een hoger risico maar in minder sterke mate. Gevarenzones in de lengte zoals geluidswallen, greppels en watergangen geven het minste extra risico. De kans dat een ongeval dodelijk afloopt is het kleinste bij obstakelvrije bermen en bermen die van geleiderails zijn voorzien. Zoals beschreven door Van Petegem, Louwerse en Commandeur (2017) is de breedte van obstakelvrije zones een aandachtspunt, omdat voertuigen na verlies van controle de berm diep blijken te kunnen indringen.

SWOV heeft in opdracht van Rijkswaterstaat voor de periode van 2015 tot en met 2017 de dodelijke ongevallen op rijkswegen onderzocht (Davidse, Louwerse & Van Duijvenvoorde, 2019). Aan de hand van politiegegevens en beeldmateriaal van de ongevalslocaties is voor elk ongeval nagegaan welke factoren een rol speelden bij het ontstaan en de afloop ervan. Obstakelongevallen vormen een belangrijk deel van de categorie ‘enkelvoudige ongevallen’ (andere enkelvoudige ongevallen zijn eenzijdige ongevallen zoals over de kop slaan). *Tabel 6.1* beschrijft het aantal aanrijdingen met obstakels naar afstand tot de kantstreep. Geleiderails is niet naar afstand onderscheiden. De cijfers suggereren dat Zuid-Nederland een relatief groot aandeel heeft in het aantal obstakelongevallen en in het aantal ongevallen met obstakels op een afstand van minder dan 10 m en op 10 m tot 13 m uit de kantstreep. De aantallen zijn te klein om de verschillen statistisch te toetsen.

Zuid-Nederland had in de geanalyseerde periode 24 dodelijke obstakelongevallen als we ongevallen met geleiderails buiten beschouwing laten. Daarvan betroffen 12 ongevallen een aanrijding met een boom en 7 ongevallen een aanrijding met een pijler, portaal of paal van een wegwijzer. Bij die 19 dodelijke ongevallen stond het obstakel in 10 gevallen op minder dan 10 m van de kantstreep en in 9 gevallen tussen de 10 m en 13 m van de kantstreep. Andere soorten gevarenzondes bij obstakelongevallen zijn bijvoorbeeld aanrijdingen met lichtmasten en greppels. Met name aanrijdingen met bomen kwamen vaker voor in Zuid-Nederland dan in de andere twee studiegebieden. Van het totaal van 21 aanrijdingen met bomen op een afstand tot 13 m gebeurden er 12 in Zuid-Nederland, 3 in de Randstad en 6 in Overig niet-Randstad.

Tabel 6.1. Betrokkenheid van geleiderails en afstand van de kantstreep tot obstakels bij dodelijke ongevallen met een botsing met een object op rijkswegen in 2015 – 2017 (Davidse, Louwerse & Van Duijvenvoorde, 2019).

Studiegebied	Aantal ongevallen	Geleide-rails	< 10 m	10 m - 13 m	> 13 m
Zuid-Nederland	32	8	12	10	2
Randstad	21	7	8	1	3
Overig niet-Randstad	27	4	9	4	9
Totaal	80	19	29	15	14

De beschrijving van obstakelongevallen van Davidse, Louwerse en Van Duijvenvoorde (2019) is betrouwbaar, maar mogelijk is het hoge aantal ongevallen met bomen een tijdelijk piek. In het bovenbeschreven onderzoek van Hengeveld en Nägele (2013) in 2008 gebeurden 2 van de 19 dodelijke ongevallen met bomen in Zuid-Nederland, 5 in de Randstad en 12 in Overig niet-Randstad. Van de door hen bestudeerde ongevallen met ziekenhuisgewonden waren er 35 een aanrijding met een boom waarvan 8 in Zuid-Nederland, 8 in de Randstad en 19 in Overig niet-Randstad (Hengeveld & Nägele, 2013).

Volgens Hengeveld en Nägele (2013) is de kans dat enkelvoudige ongevallen dodelijk aflopen kleiner op locaties waar de bermen zijn voorzien van geleiderails. De uitkomsten in *Tabel 6.1* sluiten daarbij aan. Minder dan een kwart van de obstakelbotsingen betreft aanrijdingen met geleiderails terwijl ruim 95% van de lengte aan middenbermen (Hengeveld & Nägele, 2014) en ongeveer de helft van de lengte aan buitenbermen langs autosnelwegen (zie *Tabel 8.1*) zijn voorzien van geleiderails. De aanwezigheid van geleiderails in de middenberm is niet erg onderscheidend, maar bij de rechterberm zijn er wel verschillen tussen wegvakken en studiegebieden. Gezien de samenhang met dodelijke enkelvoudige ongevallen wordt het aandeel van de lengte aan bermen met rechts geleiderails meegenomen in de regressiemodellen die in *Hoofdstuk 8* worden beschreven.

Een aandachtspunt bij toepassing van geleiderails zijn de beginpunten. Davidse, Louwerse en Van Duijvenvoorde (2019) constateerden dat bij een deel van de dodelijke ongevallen bij geleiderails een voertuig achter de geleiderails terechtkomt. Doordat het beginpunt ervan onvoldoende is uitgebogen kwamen de voertuigen achter de geleiderails terecht, waarna ze daar tegen een obstakel botsten of in een watergang belandden.

6.3 Kop-staartongevallen en aanwezigheid van filestaartsignalering

In het eerder genoemde SWOV-onderzoek naar dodelijke ongevallen op rijkswegen van 2015 t/m 2017 is gekeken naar kop-staartongevallen en de aanwezigheid van filestaartsignalering (Davidse, Louwerse & Van Duijvenvoorde, 2019). Voor dit onderzoek zijn de resultaten over de drie jaar onderscheiden naar studiegebied, zie *Tabel 6.2*. Bijna de helft van de dodelijke kop-staart-ongevallen gebeurt bij de staart van een file. Ongeveer een derde deel van de locaties met

fileongevallen was voorzien van werkende signalering. Buiten de Randstad staat er minder vaak filestaartsignalering (zie *Paragraaf 7.3*) en gebeuren fileongevallen vaker op locaties zonder filestaartsignalering. De aanwezigheid van filestaartsignalering in relatie tot de verkeersdruk wordt verder beschreven in *Paragraaf 7.3*.

Tabel 6.2. Kop-staartbotsingen en aanwezigheid van filestaartsignalering bij dodelijke ongevallen op rijkswegen in 2015 – 2017 (Davidse, Louwerse & Van Duijvenvoorde, 2019).

Studie-gebied	Totaal	Geen file	File	Verkeerssignalering bij locaties met fileongevallen			
				Niet aanwezig / nog niet in bedrijf	Geen signaal	Wel signaal	Signaal onbekend
Zuid-Nederland	21	11	10	8	0	2	0
Randstad	20	10	10	4	0	4	2
Overig niet-Randstad	23	12	11	9	0	1	1
Totaal	64	33	31	22	0	7	3

6.4 Wegwerkzaamheden

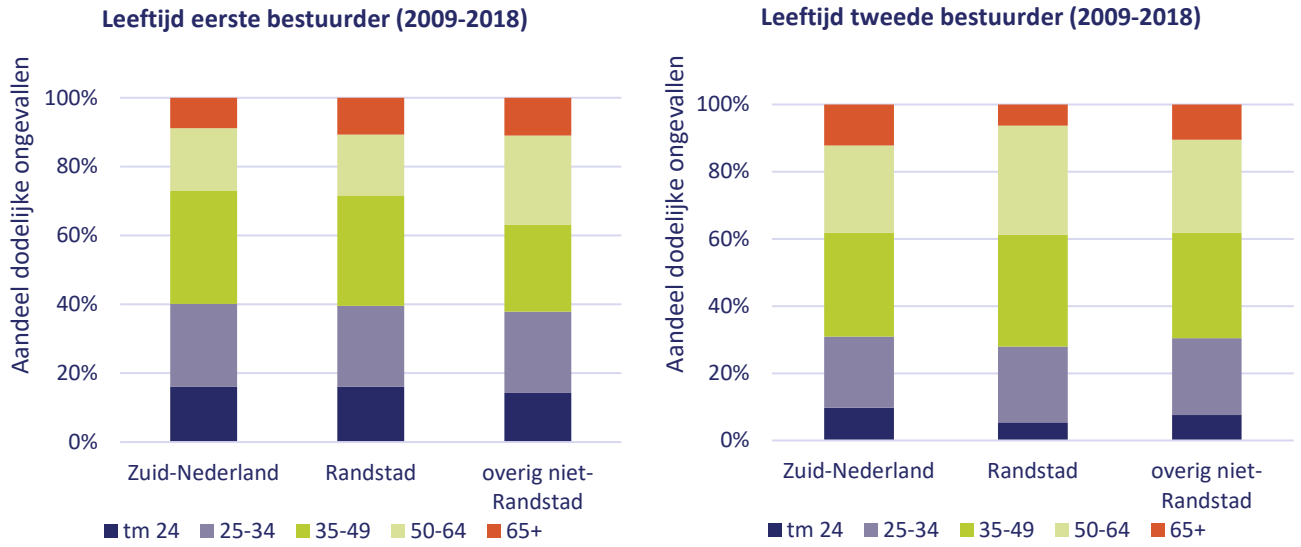
Uit een literatuurstudie van Van Gent (2007) blijkt dat het ongevalsrisico door werk in uitvoering wordt verhoogd maar dat de ernst van de ongevallen afneemt. Wegwerkzaamheden lijken daarom geen plausibele verklaring voor eventuele verschillen tussen de studiegebieden. Voor de volledigheid is wel een vergelijking gemaakt op basis van cijfers in BRON. Het aandeel dodelijke autosnelwegongevallen van 2009 t/m 2018 waarbij in BRON is geregistreerd dat er sprake was van wegwerkzaamheden of een tijdelijke afsluiting, was 3% in Zuid-Nederland, 6% in de Randstad en 5% op de overige rijkswegen buiten de Randstad (BRON 2009-2018; SWOV, 2020a). De verschillen zijn klein. De aanwezigheid van wegwerkzaamheden en tijdelijke afsluitingen biedt geen verklaring voor het hogere risico op dodelijke ongevallen op de autosnelwegen in Zuid-Nederland.

6.5 Betrokkenheid van jongere en oudere bestuurders

Afbeelding 6.2 beschrijft de verdeling van de leeftijd van de als eerste en eventuele tweede geregistreerde bestuurder bij dodelijke autosnelwegongevallen. Er kan qua schuldvraag geen betekenis worden ontleend aan wie als eerste of tweede betrokkene is geregistreerd (in een verder verleden had dit in BRON wel een betekenis). Jonge beginnende bestuurders veroorzaken vaker ernstige ongevallen dan oudere bestuurders (Ligtermoet & Kroeze, 2011). Een groot aandeel beginnende bestuurders zou dan ook een verklaring kunnen zijn voor een hoger risico van dodelijke ongevallen. Ouderen lopen door hun kwetsbaarheid een groter risico om te overlijden als ze bij een ongeval betrokken raken (Davidse, 2007; SWOV, 2015). Een groot aandeel oudere bestuurders zou dan ook een verklaring kunnen zijn voor een hoger risico op dodelijke ongevallen.

Als er zowel naar de eerste als tweede betrokkene wordt gekeken, zijn er nauwelijks verschillen qua betrokkenheid van jonge beginnende bestuurders tot 24 jaar en bestuurders van 65 jaar en ouder tussen de studiegebieden. Er zijn geen voertuigprestaties per leeftijdsgroep beschikbaar. Wel kan een onderscheid naar provincie en leeftijdsklasse worden gemaakt met cijfers uit het Onderzoek Verplaatsingsgedrag in Nederland (OViN) over 2010 tot en met 2017, aangevuld met cijfers uit het MobiliteitsOnderzoek Nederland (MON) voor 2009. Volgens deze gegevens verschilt het aandeel kilometers onder bestuurders van 18 tot en met 24 jaar nauwelijks tussen de drie studiegebieden (8% in de Randstedelijke provincies; 9% in Noord-Brabant en Limburg; 8%

in de overige provincies buiten de Randstad). Het aandeel autokilometers onder bestuurders van 60 jaar en ouder (65 jaar en ouder kan niet worden geselecteerd in QLIK; SWOV, 2020b) ligt iets lager in de Randstad dan in de andere twee studiegebieden (17% in de Randstedelijke provincies, 18% in Noord-Brabant en Limburg en 19% in de overige provincies buiten de Randstad). Geconcludeerd kan worden dat de leeftijd van bestuurders geen verklaring biedt voor het hoge risico op dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland.

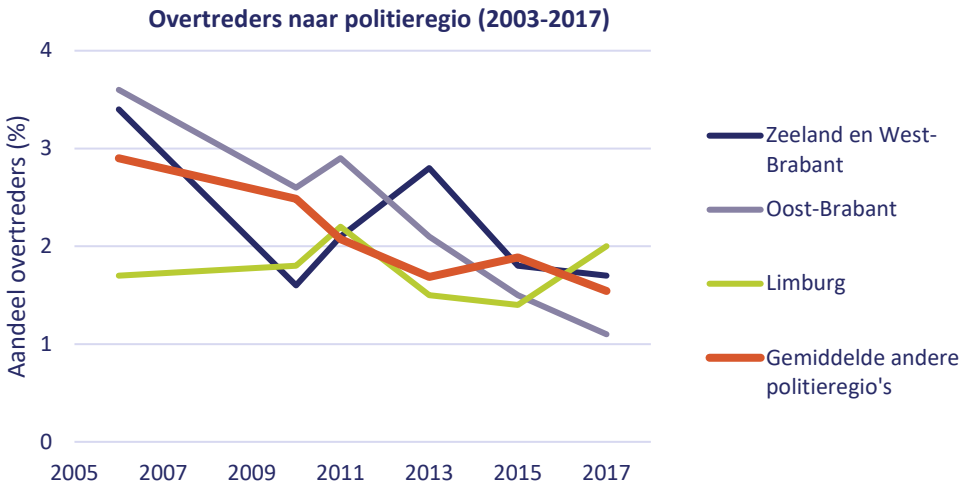


Afbeelding 6.2. Aandeel bestuurders per leeftijdsklasse bij dodelijke autosnelwegongevallen: links de als eerste geregistreerde bestuurder; rechts de als tweede geregistreerde bestuurder (BRON 2009-2018; SWOV, 2020a).

6.6 Rijden onder invloed

Rijden onder invloed kan bijdragen aan zowel het ontstaan van ernstige ongevallen als aan de ernst van de afloop (Desapriya, Pike & Raina, 2006; Shyhalla, 2014; SWOV, 2018b). Om een inschatting te maken van mogelijke verschillen tussen de studiegebieden in het aandeel bestuurders dat onder invloed van alcohol rijdt, is gebruikgemaakt van het monitoronderzoek van Rijkswaterstaat (2018b). Samen met de politie worden om de twee jaar op dezelfde locaties bestuurders staande gehouden om te meten of ze onder invloed van alcohol rijden en of ze in overtreding zijn. In *Afbeelding 6.3* is het aandeel overtreders per politieregio weergegeven. De politieregio's Limburg en Oost-Brabant vallen geheel in studiegebied Zuid-Nederland en politieregio Zeeland en West-Brabant deels. Deze drie politieregio's zijn in *Afbeelding 6.3* vergeleken met het gemiddelde van de overige politieregio's in Nederland. Het aandeel overtreders in de politieregio's binnen Zuid-Nederland wijkt weinig af van het gemiddelde van de andere regio's in Nederland. De uitkomsten van het monitoringsonderzoek suggereren dat rijden onder invloed van alcohol geen verklaring is voor het hogere risico op dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland.

Afbeelding 6.3. Aandeel overtreders per politieregio in het monitoringsonderzoek Rijden onder Invloed (Rijkswaterstaat, 2018b).



Aangezien bij ongevallen niet betrouwbaar wordt geregistreerd of bestuurders onder invloed zijn, hebben we hier, in tegenstelling tot in de overige paragrafen, geen BRON-cijfers gepresenteerd. Zou toch van het geregistreerde aandeel bestuurder onder invloed van alcohol volgens BRON uitgegaan worden, dan steunt dit het eerder beschreven beeld dat alcohol bij dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland geen grotere rol speelt dan bij de andere studiegebieden.

6.7 Conclusies en discussie

Van de ongevallen waarbij de aard van het ongeval is geregistreerd, blijkt ongeveer de helft enkelvoudig te zijn (botsing met een vast of los voorwerp of een eenzijdig ongeval). Meervoudige ongevallen zijn op autosnelwegen vooral kop-staartongevallen. De verdeling naar aard ongeval van dodelijke ongevallen op autosnelwegen van 2009 t/m 2018 in BRON verschilt weinig tussen de studiegebieden.

Dieptestudies van dodelijke ongevallen suggereren dat Zuid-Nederland van 2015 t/m 2017 een relatief groot aandeel aanrijdingen had met obstakels op een afstand van minder dan 10 m en op 10 m tot 13 m uit de kantstreep, met name botsingen met bomen (Davidse, Louwerse & Van Duijvenvoorde, 2019). In een studie naar dodelijke ongevallen in 2008 werden eveneens dodelijke en ernstige ongevallen met bomen onderscheiden (Hengeveld & Nägele, 2013). In *Paragraaf 7.4* wordt de vergevingsgezindheid van bermen verder onderzocht. Wat verder opvalt is dat ruim 95% van de lengte aan middenbermen en ongeveer de helft van de lengte aan buitenbermen langs autosnelwegen is voorzien van geleiderails, terwijl ‘slechts’ een kwart van de dodelijke obstakelongevallen een aanrijding met geleiderails betrof. In *Hoofdstuk 8* zal met regressieanalyses verder worden getoetst of verschillen in de toepassing van geleiderails risicoverschillen tussen studiegebieden kunnen verklaren.

Bijna de helft van de dodelijke kop-staartongevallen gebeurt bij de staart van een file. Ongeveer een derde deel van de ongevalslocaties bij fileongevallen was voorzien van werkende signalering. Buiten de Randstad stond er bij ongevalslocaties minder vaak filestaartbeveiliging. In *Paragraaf 7.3* wordt de aanwezigheid van dit veiligheidssysteem verder beschreven om te toetsen in hoeverre de toepassing hiervan risicoverschillen tussen de studiegebieden kan verklaren.

In BRON is bij een klein aandeel van de dodelijke ongevallen geregistreerd dat er sprake was van wegwerkzaamheden. Bij de ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland was het aandeel iets kleiner dan bij de andere studiegebieden. Wegwerkzaamheden zijn dus geen verklarende factor voor het hogere risico op dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland.

Factoren in relatie tot de ongevalsbetrokkenen die zouden kunnen verklaren waarom er in een bepaald gebied vaker dodelijke ongevallen gebeuren, zijn de leeftijd en rijden onder invloed van alcohol. De in BRON geregistreerde leeftijden van betrokken bestuurders verschillen weinig tussen de studiegebieden. De registratie van rijden onder invloed van alcohol bij dodelijke ongevallen in BRON is onbetrouwbaar maar de uitkomsten van het monitoringsonderzoek van Rijkswaterstaat (2018b) suggereren dat rijden onder invloed van alcohol geen verklaring is voor het hogere risico op dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland.

7 Kenmerken van het wegennet en het wegontwerp

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de vraag of wegontwerpkenmerken een verklaring kunnen bieden voor het hogere risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland.

Dit hoofdstuk begint met een beschrijving van kenmerken in relatie tot het wegontwerp (*Paragraaf 7.1*). *Paragraaf 7.2* gaat over het aantal rijstroken. *Paragraaf 7.3* gaat in op de toepassing van rijstrooksignalering en relateert die aan fileongevallen die eerder besproken zijn in *Paragraaf 6.3*. *Paragraaf 7.4* beschrijft de inrichting van bermen omdat deze een belangrijke rol speelt in de ernst van de afloop van bermongevallen. Dodelijke bermongevallen zijn eerder beschreven in *Paragraaf 6.2*. Tot slot vat *Paragraaf 7.5* de conclusies samen.

7.1 Aansluitingen, knooppunten, weefvakken en spitsstroken

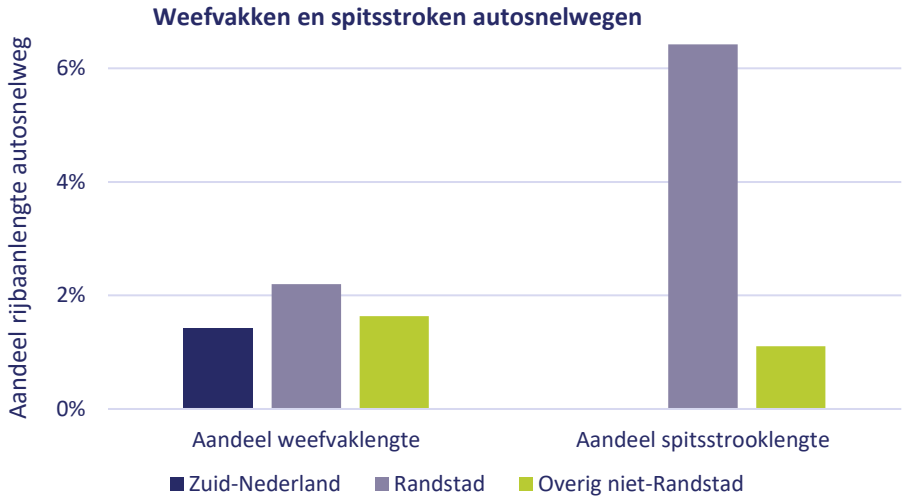
In deze paragraaf beschrijven we verschillen in kenmerken van het autosnelwegennet die van invloed zijn op de complexiteit van de rijtaak, namelijk de dichtheid van aansluitingen en knooppunten en de aanwezigheid van weefstroken en spitsstroken. Deze kenmerken kunnen de complexiteit verhogen omdat er meer in- en uitvoegend en wevend verkeer is. Bij spitsstroken is dit minder het geval. Deze zijn voor de volledigheid van het overzicht van verschillen toegevoegd.

Het netwerk van autosnelwegen (inclusief rangeerbanen) heeft de hoogste dichtheid van aansluitingen en knooppunten in de Randstad. Het aantal af- en opritten per kilometer rijbaanlengte is daar 0,46 (0,23 afritten en 0,23 opritten per kilometer). In Zuid-Nederland is dat 0,42 en voor de overige autosnelwegen buiten de Randstad 0,36. Dit is exclusief af- en opritten die horen bij verzorgingsplaatsen en knooppunten. Een aansluiting heeft in het algemeen langs een rijbaan een op- en een afrit. Als we daarmee rekening houden is de gemiddelde afstand tussen aansluitingen in de Randstad het kleinste (4,3 km) en op de overige autosnelwegen buiten de Randstad het grootste (5,6 km). Dezelfde verschillen zien we voor de dichtheid van knooppunten. In vergelijking met de Randstad is deze in Zuid-Nederland ca. 15% lager en in Overig niet-Randstad ongeveer 30% lager. Deze cijfers zijn bepaald met NWB 2018.

Met de cijfers van VOR 2017 (de aanwezigheid van spitsstroken is niet geregistreerd in WEGGEG) is bepaald welk aandeel van de rijbaanlengte aan autosnelwegen een weefvak of spitsstrook betreft, zie *Afbeelding 7.1*. De verschillen in aandeel lengte met een weefvak zijn klein. Het aandeel is iets groter in de Randstad. De Randstad heeft volgens de cijfers van VOR 2017 met meer dan 6% van de rijbaanlengte aan autosnelwegen de meeste spitsstroken. In Zuid-Nederland zijn er volgens VOR 2017 geen spitsstroken. In 2011 is echter de spitsstrook van ca. 17 km op de A2 tussen de knooppunten ’t Vonderen en Kerensheide opgesteld. Als daarmee rekening wordt gehouden, is het aandeel spitsstroken in de lengte aan autosnelwegen lager dan in de Randstad en vergelijkbaar met Overig niet-Randstad. Overigens is niet gecontroleerd of er ook buiten Zuid-Nederland spitsstrooktrajecten in VOR2017 ontbreken waardoor het aandeel ook in Overig niet-Randstad hoger kan liggen. Het traject met de betreffende spitsstroken heeft binnen Zuid-Nederland geen bovengemiddelde hoog aantal dodelijke ongevallen (zie *Afbeelding 9.2*). De

toepassing van spitsstroken biedt dus geen verklaring voor het hoge risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland.

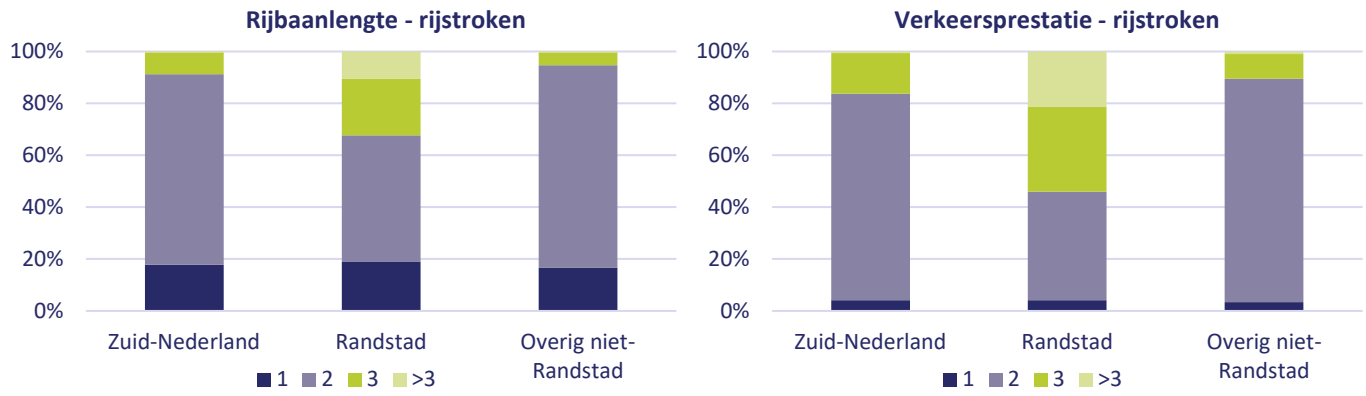
Afbeelding 7.1. Aandeel lengte aan rijbanen van autosnelwegen met een weefvak of spitsstrook (VOR 2017).



Dijkstra en Van Petegem (2013) hebben de relatie tussen verkeersveiligheid op autosnelwegen en de aansluitingendichtheid onderzocht. Ze concludeerden dat op *trajectniveau* het aantal ongevallen op de hoofdrijbaan significant toeneemt met het aantal aansluitingen per weglengte. Knooppunten zijn daarbij niet onderzocht. Als we ervan uitgaan dat het gevonden effect samenhangt met de turbulentie van het verkeer (rijstrookwisselingen en snelheidsaanpassingen) zal deze relatie vermoedelijk ook gelden voor aansluitingen bij knooppunten en weefvakken. Het onderzoek van Dijkstra en Van Petegem (2013) maakte geen onderscheid naar letselernst.

7.2 Aantal rijstroken

Afbeelding 7.2 beschrijft het aantal rijstroken op autosnelwegen in de drie studiegebieden. Doordat verbindingswegen bij aansluitingen en in knooppunten ook tot de categorie autosnelweg worden gerekend hebben wegvakken met één strook een aandeel van bijna 20% in de rijbaanlengte. Het aandeel van deze categorie in de verkeersprestatie is beperkt. De wegen in Zuid-Nederland en de overige rijkswegen buiten de Randstad bestaan voor het overgrote deel uit rijbanen met twee rijstroken. In de Randstad komen rijbanen met 3 of meer stroken vaker voor. Op die autosnelwegen wordt 54% van de verkeersprestatie in de Randstad afgewikkeld. Op de autosnelwegen van Zuid-Nederland en de overige autosnelwegen buiten de Randstad is dat percentage lager, 16% respectievelijk 10%.



Afbeelding 7.2. Verdeling van de rijbaanlengte (links) en verkeersprestatie (rechts) naar aantal rijstroken voor autosnelwegen (VOR 2017).

7.3 Aanwezigheid van signalering en fileongevallen

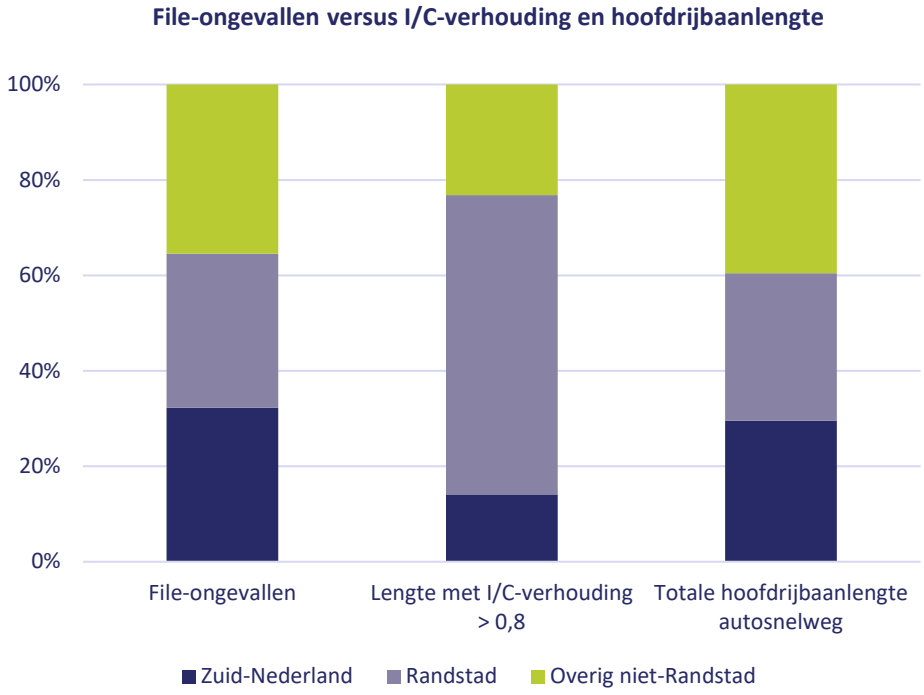
De aanwezigheid van kruis-pijlsignalering volgens WEGGEG 2018 is gekoppeld aan het NWB-bestand van 2018 dat tevens was verrijkt met INWEVA-variabelen voor het bepalen van de maximale I/C-verhoudingen van de wegvakken. Bij een I/C-verhouding boven de 0,8 is de verkeersbelasting zodanig dat het betreffende wegvak filegevoelig kan zijn en filestaartbeveiliging overwogen kan worden. Dit systeem wordt het meeste toegepast met kruis-pijlsignalering waarbij er op korte afstand portalen aanwezig zijn met boven iedere rijstrook een signaalgever. Daarmee wordt gewaarschuwd dat weggebruikers een file naderen. Bij lokale filestaartsignalering is er enkel op specifieke locaties een signaalgever met een signaal per rijbaan. Dit systeem laten we in dit onderzoek buiten beschouwing.

Om verschillen in de toepassing van filestaartbeveiliging te bepalen is de lengte aan rijstroken van autosnelwegen met een theoretische I/C-verhouding van 0,8 of hoger vergeleken met de lengte aan rijbanen met kruis-pijlsignalering volgens WEGGEG 2018. Het aandeel in de wegvaklengte zonder deze signalering is 7% in Zuid-Nederland, 0% in de Randstad en 1% in Overig niet-Randstad. Het hogere aandeel rijbaanlengte op autosnelwegen met een hoge verkeersbelasting zonder filestaartsignalering in Zuid-Nederland kan bijdragen aan een groter risico op ernstig kop-staartongevallen. Het gewicht van deze factor in het risico op autosnelwegen van Zuid-Nederland in totaliteit is echter beperkt omdat bovengenoemd aandeel in de totale rijbaanlengte klein is.

De I/C-verhouding ten behoeve van onze analyse is gebaseerd op een theoretische capaciteit onder ideale omstandigheden. De I/C-verhouding zal in de praktijk hoger liggen bij ongunstige weersomstandigheden, afvallende rijstroken, etc. Vooral bij slechte zichtomstandigheden kunnen incidentele files ook als een groot risico worden gezien waarvoor gewaarschuwd kan worden. Uitgaande van WEGGEG 2018 zien we in de praktijk ook toepassing van kruis-pijlsignalering bij wegvakken waarop wij de theoretische I/C-verhouding tussen 0,7 en 0,8 schatten (en waar hij in de praktijk dus al boven de 0,8 kan liggen). De analyse is herhaald met een I/C-verhouding van 0,7. Het aandeel in de lengte van wegvakken met een I/C-verhouding boven de 0,7 zonder signalering is 39% in Zuid-Nederland, 2% in de Randstad en 19% in Overig niet-Randstad.

Of ongevallen bij de staart van een file hebben plaatsgevonden is niet betrouwbaar geregistreerd in BRON. Voor de periode van 2015 t/m 2017 is er wel een betrouwbaar beeld op basis van het diepteonderzoek dat SWOV in opdracht van Rijkswaterstaat uitvoert, zie *Paragraaf 6.3* (Davidse, Louwerse & Van Duijvenvoorde, 2019). Om de relatie met de aanwezigheid van filestaartbeveiliging te onderzoeken is in *Afbeelding 7.3* voor de drie studiegebieden de verdeling van fileongevallen vergeleken met de wegvaklengtes met een hoge verkeersdruk omdat die wegvakken het meest filegevoelig zijn. Als er verder geen verschillen zouden zijn mogen daar ook de meeste fileongevallen worden verwacht. De linker staaf in *Afbeelding 7.3* beschrijft de verdeling van fileongevallen over de drie regio's volgens Davidse, Louwerse en Van Duijvenvoorde (2019). Het aandeel in de wegvaklengte met een I/C-verhouding boven de 0,8 (een hoge verkeersdruk) is gepresenteerd met de middelste staaf. Ca. 30% van de hoofdrijbaanlengte aan autosnelwegen ligt in de Randstad terwijl 63% van de hoofdrijbaanlengte met een I/C-verhouding boven de 0,8 daar te vinden is. Het aandeel van Zuid-Nederland is iets kleiner dan op de overige autosnelwegen buiten de Randstad, maar zoals te zien is in de rechter staaf komt dat doordat Overig niet-Randstad met 40% het grootste aandeel heeft in de totale hoofdrijbaanlengte van autosnelwegen. De verdeling van de fileongevallen over de drie studiegebieden wijkt significant af van de verdeling die te verwachten zou zijn op basis van de hoofdrijbaanlengte met een hoge verkeersdruk ($\chi 2(2, N=31) = 6,2$; $p=0,04$). In verhouding tot het verwachte aantal ongevallen heeft Zuid-Nederland de meeste fileongevallen, maar de Chi-kwadraattoets is significant door het grote verschil bij de Randstad. Dit is een indicatie dat de toepassing van filestaartsignalering daar heeft bijdragen aan het voorkomen van dodelijke fileongevallen.

Afbeelding 7.3. Aandeel fileongevallen versus aandeel wegvaklengte met een hoge I/C-verhouding op hoofdrijbanen van autosnelwegen en aandeel in totale hoofrijbaanlengte (INWEVA 2018; Davidse, Louwerse & Van Duijvenvoorde, 2019).



De toepassing van kruis-pijlsignalering bij wegvakken met een hoge verkeersdruk zal ook worden geanalyseerd met de modelmatige benadering in *Hoofdstuk 8*, zodat gekeken kan worden naar de effectiviteit van het systeem en of de mate van toepassing mogelijk bijdraagt aan het hogere risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland. Voor het inschatten van de effectiviteit van filestaartsignalering is de analyse in de huidige paragraaf betrouwbaarder omdat deze is afgebakend tot het type ongevallen waarvoor filestaartsignalering is ontworpen. De indicatie dat het systeem effectief is sluit aan bij eerder onderzoek. Volgens Elvik et al. (2009) kan met signaalgevers op auto(snel)wegen een reductie van 16% van het aantal vervolgongevallen (inrijden op voertuigen bij een ongevalslocatie) worden bereikt en een reductie van 44% van het aantal ongevallen bij files (bijvoorbeeld inrijden op een filestaart).

7.4 Berminrichting

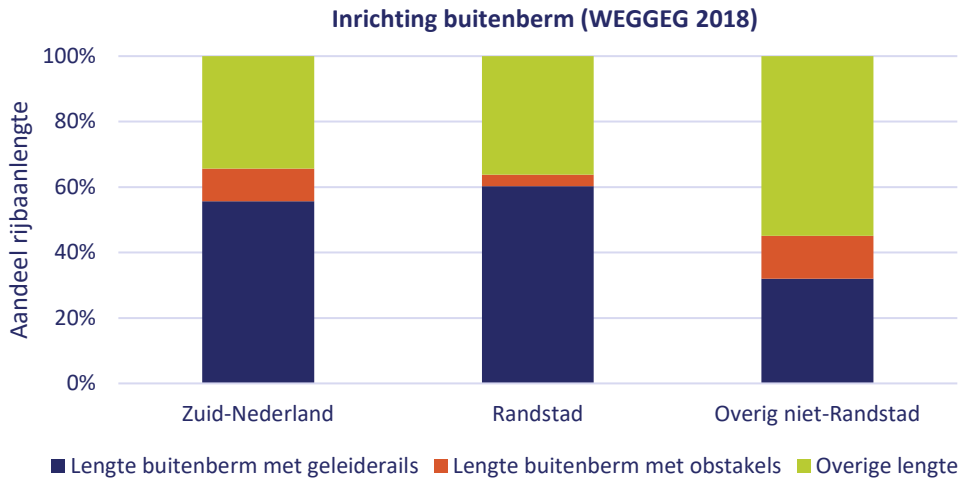
In deze paragraaf beschrijven we verschillen in berminrichting. Er is gebruikgemaakt van drie gegevensbronnen:

1. kenmerken van buitenbermen in WEGGEG 2018;
2. een steekproef van detailinspecties in opdracht van Rijkswaterstaat in 2015;
3. de resultaten van GIS-analyses die Rijkswaterstaat met beheersbestanden (DTB en Kerngis) in 2019 heeft laten analyseren.

Voor WEGGEG zijn bermen tot 10 m uit de rechter rijstrook in beeld gebracht. Een berm wordt geclassificeerd als ‘berm met obstakels’ als er zich over een lengte van 100 m, binnen 10 m in de buitenberm, meer dan 3 niet-afgeschermde objecten bevinden. Objecten zijn bijvoorbeeld bomen met een stamdiameter van meer dan 10 cm, pijlers, portalen, masten, hekken, etc. Een bomenrij op 10 m is vaak reden om een berm als ‘berm met obstakels’ te categoriseren. Met de WEGGEG-indeling kan slechts deels worden getoetst of er wordt voldaan aan de richtlijn *Veilige inrichting van bermen* (Rijkswaterstaat, 2017a). Bijvoorbeeld, de aanwezigheid van lichtmasten is een reden om een berm in WEGGEG als ‘berm met obstakels’ te classificeren, terwijl lichtmasten botsveilig uitgevoerd moeten worden. Bovendien moet een berm over 13 m in plaats van 10 m obstakelvrij zijn als de snelheidslimiet 120 of 130 km/uur is. Het aandeel aan ‘bermen met obstakels’ in de buitenberm is dan ook slechts een indicatie. Rijkswaterstaat werkt aan een

aanpassing van de registratie van bermen in WEGGEG zodat dit bestand beter voor verkeersveiligheidsanalyses ingezet kan worden. Het resultaat volgens WEGGEG 2018 is weergegeven in *Afbeelding 7.4*. De Randstad en Zuid-Nederland hebben een groot aandeel buitenbermen met geleiderails. In Overig niet-Randstad ligt dat aandeel lager. In de Randstad zijn er minder bermen met obstakels. Het aandeel aan bermen met obstakels ligt iets lager in Zuid-Nederland dan in Overig niet-Randstad maar het verschil is klein.

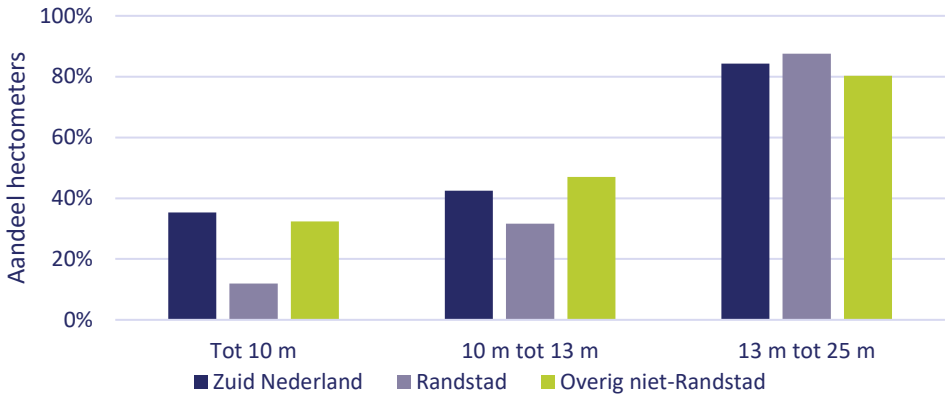
Afbeelding 7.4. Aandeel lengte buitenberm volgens WEGGEG in de hoofdrijbaanlengte van autosnelwegen (WEGGEG 2018; NWB 2018).



Om te experimenteren met het inwinnen van bermkenmerken heeft Rijkswaterstaat door Royal HaskoningDHV in 2015 100 km aan buitenbermen van autosnelwegen laten inspecteren, waarvan 19 km in Zuid-Nederland verdeeld over trajecten van de A2, A50, A58, A59, A67 en A73. De traject-lengte zonder geleiderails (ongeveer 75 van de totale 100 km) is geanalyseerd om de berminrichting te vergelijken. Daarbij is gekeken naar de aanwezigheid van obstakels zoals pijlers, bomen, tunnelwanden, watergangen, greppels en hekken. De uitkomsten zijn beschreven in *Afbeelding 7.5*. De percentages tellen op tot meer dan 100% omdat zich op een hectometerstuk binnen meerdere zones obstakels kunnen bevinden. Volgens deze steekproef zijn de bermen het meest vergevingsgezind ingericht in de Randstad en vergelijkbaar in Zuid-Nederland en Overig niet-Randstad.

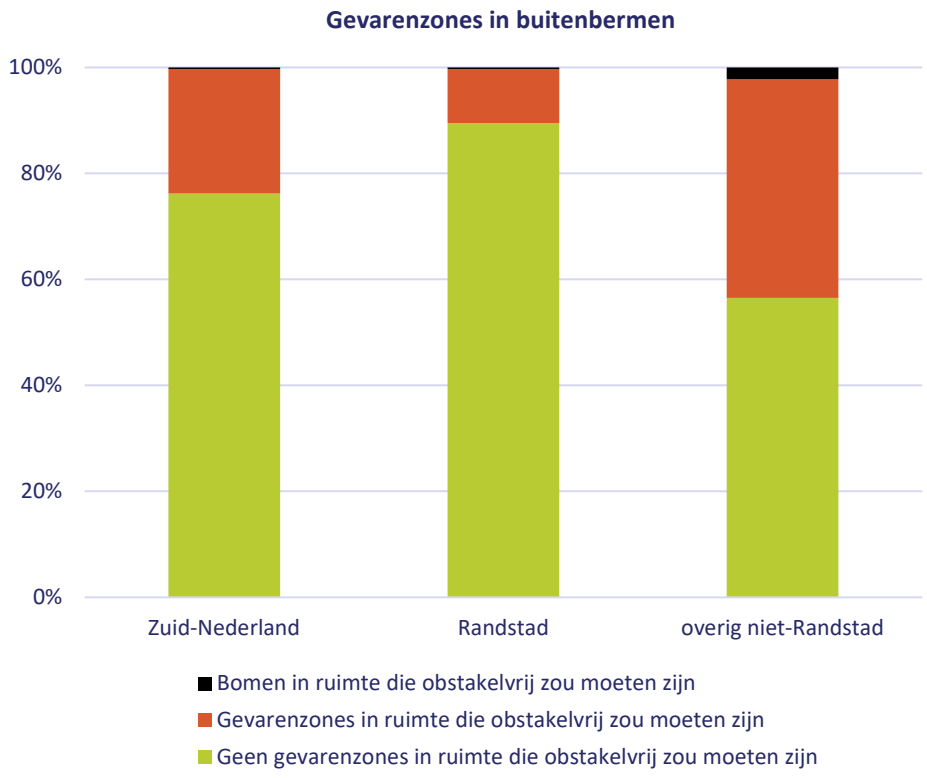
Gezien het grote aandeel aanrijdingen met bomen bij dodelijke ongevallen van 2015 t/m 2017 (zie *Paragraaf 6.2*) is ook gekeken naar de aanwezigheid van bomen in de buitenbermen (een van de soorten obstakels binnen de cijfers in *Afbeelding 7.5*). Het aandeel bomen tussen de 0 m en 10 m uit de rechter kantstreep en tussen 10 m en 13 m uit de rechter kantstreep zijn het laagste in Zuid-Nederland en het hoogste in Overig niet-Randstad. De steekproef is echter nogal klein voor het inventariseren van specifieke typen obstakels.

Afbeelding 7.5. Aandeel hectometers met obstakels naar afstand tot de weg bij buitenbermen van autosnelwegen zonder geleiderails in 2015.



Voor de ontwikkeling van risicogestuurd verkeersveiligheidsbeleid heeft Rijkswaterstaat met beheersbestanden (DTB en Kerngis) laten analyseren welke objecten het dichtst langs de rechter rijstrook liggen. Er is per hectometer gekeken in hoeverre er zich binnen de zone langs de rechter rijstrook gevarenzones (taluds, sloten, obstakels, etc.) bevinden die daar op basis van de snelheidslimiet niet zouden mogen zijn. Als er geen afschermingsconstructie aanwezig is, moet bij 100 km/uur een obstakelvrije zone van minimaal 10 m breed aanwezig zijn en bij 120 km/uur en 130 km/uur een obstakelvrije zone van minimaal 13 m breed. Hectometers met bermen die daaraan voldoen, zijn in *Afbeelding 7.6* groen afgebeeld en hectometers waarbij dat niet het geval is rood of zwart. Zwart is toegevoegd om aan te geven wanneer het gaat om bomen of bomenrijen. Merk op dat het aandeel bomen binnen de ruimte die obstakelvrij zou moeten zijn vermoedelijk hoger is omdat in *Afbeelding 7.6* alleen is gekeken naar de dichtst bij de rechter rijstrook gelegen objecten is gekeken en sloten, greppels en taluds vaak dichterbij liggen dan bomenrijen. *Afbeelding 7.6* suggereert dat dat de buitenbermen in de Randstad het meest vergevingsgezind zijn en in Overig niet-Randstad het minst. Daar komen ook het vaakst bomen voor binnen de zone die obstakelvrij zou moeten zijn.

Afbeelding 7.6. Aandeel hectometers van autosnelweghoofdrijbanen met gevarenzones in de buitenberm (op basis van de dichtst langs de rechter rijstrook aanwezige objecten in DTB en Kerngis).



Voor het treffen van verkeersveiligheidsmaatregelen heeft Rijkswaterstaat recent ook beginpunten van geleiderails in beeld gebracht. Afgelopen jaren gebeurden er ongevallen bij onvoldoende uitgebogen beginpunten. Daardoor kan een voertuig via een niet-uitgebogen beginpunt een ingegraven geleiderail in de buitenberm oprijden en tegen obstakels achter de geleiderails botsen (Davidse, Louwerse & Van Duijvenvoorde, 2019). Om dit probleem aan te pakken worden beginterminals toegevoegd (beginpunt van een geleideconstructie om bij aanrijding botsenergie te absorberen). Uit analyse van de gegevens blijkt dat de aanwezigheid van voldoende uitgebogen beginpunten en beginterminals ten tijde van de inventarisatie nog schaars was en niet onderscheidend tussen studiegebieden. Om die reden is voor dit onderzoek geen verdere analyse van deze gegevens gemaakt.

7.5 Conclusies en discussie

Uit de analyses die zijn beschreven in *Paragraaf 7.1* en *7.2* blijkt dat het wegontwerp in de Randstad het meest complex is. De dichtheid van aansluitingen is hoger en er zijn per rijbaanlengte (hoofdrijbanen en rangeerbanen) meer knooppunten en weefvakken. Ook hebben de autosnelwegen daar gemiddeld de meeste rijstroken. De complexiteit is het laagste in studiegebied Overig niet-Randstad. Wellicht dragen deze kenmerken bij aan een iets hoger risico van ongevallen in het algemeen in de Randstad: inclusief ongevallen met alleen materiële schade (zie *Paragraaf 4.4*). Aangezien de Randstad het laagste risico op dodelijke ongevallen heeft is het niet aannemelijk dat deze kenmerken helpen om te verklaren waarom het risico op dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland hoger is. Mogelijk verklaart het wel voor een klein deel waarom het risico op dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland hoger is dan in Overig niet-Randstad.

Eerder onderzoek heeft laten zien dat filestaartsignalering helpt om ernstige ongevallen in de staart van files te voorkomen (Elvik et al., 2009). Dit sluit aan bij de constatering in *Paragraaf 7.3* dat 63% van de lengte aan filegevoelige wegvakken (afgeleid uit een I/C-verhouding boven de 0,8) in de Randstad te vinden is terwijl maar een derde deel van de dodelijke fileongevallen in de Randstad gebeurt. In Zuid-Nederland ontbreekt vaker dan bij de andere twee studiegebieden signalering op wegvakken met een I/C-verhouding hoger dan 0,8, maar dat betreft een relatief beperkte rijbaanlengte. Ook bij wegvakken met een theoretische I/C-verhouding hoger dan 0,7 (waar de I/C-verhouding in werkelijkheid vaak boven de 0,8 zal liggen) is er binnen Zuid-Nederland minder vaak signalering aanwezig. Mogelijk speelt dit een rol bij een groter risico op dodelijke ongevallen in de staart van files (zie ook Davidse, Louwerse & Van Duijvenvoorde, 2019).

Paragraaf 6.2 gaf een lichte indicatie dat er meer dodelijke ongevallen met obstakels binnen de 10 m en tussen de 10 tot 13 m gebeuren in Zuid-Nederland, bijvoorbeeld ongevallen tegen bomen. Met de beschrijving van de berminrichting volgens WEGGEG 2018, een steekproef van gedetailleerdere inspecties van bermen in 2015 en gegevens die Rijkswaterstaat voor de ontwikkeling van risicogestuurd werken in 2019 heeft laten verzamelen, kon niet worden vastgesteld dat de bermen in Zuid-Nederland minder vergevingsgezind zijn dan in de andere twee studiegebieden. De buitenbermen zijn bovendien vaker voorzien van geleiderails dan in Overig niet-Randstad, wat kan helpen bij het voorkomen van dodelijke enkelvoudige ongevallen (zie *Paragraaf 6.2*). Meer gedetailleerde inspecties zoals we voor een steekproef van wegen beschikbaar hadden zouden voor het hele areaal aan bermen langs autosnelwegen beschikbaar moeten zijn om meer zekerheid te krijgen over de vergevingsgezindheid van de bermen.

8 Modelmatige benadering

In de vorige hoofdstukken zijn mogelijk verklarende variabelen los van elkaar besproken. Daarnaast is bij een aantal variabelen, zoals het aandeel vrachtverkeer, naar dit hoofdstuk verwezen voor de vraag of er een relatie is met het risico op dodelijke ongevallen. Dit hoofdstuk beschrijft een regressieanalyse op het aantal geregistreerde dodelijke ongevallen op de hoofdrijbaan van autosnelwegen. De analyse is afgebakend tot hoofdrijbanen omdat de factoren die worden besproken betrekking hebben op de hoofdrijbaan.

Paragraaf 8.1 beschrijft details van het model en de variabelen die erin opgenomen zijn. *Paragraaf 8.2* beschrijft de uitkomsten van de regressieanalyse op dodelijke ongevallen van 2014 t/m 2018. Om het inzicht in de relatie tussen de variabelen en ongevallen uit te breiden, beschrijft *Paragraaf 8.3* een regressieanalyse op enkelvoudige ongevallen. Tot slot worden in *Paragraaf 8.4* de conclusies samengevat.

8.1 Modelbeschrijving

Er is een Negatieve Binomiale (NB) regressieanalyse uitgevoerd op het aantal ongevallen per wegvak in het NWB van 2018. Vanwege het grote aantal wegvakken zonder ongevallen zijn wegvakken korter dan 100 m uitgesloten. Het NWB van 2018 had 4.032 hoofdrijbaanwegvakken met een lengte van meer dan 100 m op autosnelwegen. Op 234 wegvakken was van 2014 t/m 2018 één dodelijk ongeval geregistreerd en op 14 wegvakken 2 dodelijke ongevallen (een totaal van 262 dodelijke ongevallen). Door het relatief kleine aantal geregistreerde dodelijke ongevallen van 2014 t/m 2018 is de 'Power' van de analyse beperkt en is de kans klein dat relaties in het model statistisch significant zijn. De meeste uitspraken op basis van het model zijn daarom slechts indicatief. Dat een bepaald verband niet statistisch significant is betekent overigens nog niet dat het verband er in de werkelijkheid niet kan zijn. Voor verbanden waarvoor op grond van theorie of literatuur al de verwachting bestaat dat het er is, mag verder wel worden verwacht dat de *richting* van dit verband zichtbaar is in de uitkomsten.

Er worden twee modellen geschat. Beide hebben lengte als 'offset', wat betekent dat de uitkomst van het model iets zegt over het aantal dodelijke ongevallen per lengte aan hoofdrijbaan. Model I heeft naast een categorische variabele – de drie studiegebieden – alleen de natuurlijke logaritme van de etmaalintensiteit als controlevariabele. Bij een risicocijfer (dodelijke ongevallen per mld voertuig-km) wordt verondersteld dat het verband tussen etmaalintensiteit en ongevallen proportioneel is, bijvoorbeeld dat een 50% hogere intensiteit samengaat met 50% meer ongevallen. Met bovengenoemde modelbenadering met de natuurlijke logaritme van de etmaalintensiteit hoeft de relatie niet lineair te zijn. Veelal blijkt het aantal ongevallen minder dan proportioneel toe te nemen als de etmaalintensiteit toeneemt.

Model II betreft een uitgebreider model waarin alle variabelen zijn meegenomen waarvoor de gegevens beschikbaar waren en waarvoor op grond van de eerdere hoofdstukken het vermoeden bestaat dat deze een relatie kunnen hebben met dodelijke ongevallen:

- De natuurlijke logaritme van de maximale I/C-verhouding. De I/C-verhouding beschrijft de verhouding tussen de intensiteit en de theoretische capaciteit van het wegvak, oftewel de verkeersdruk. Bij waarden boven de 0,8 is een wegvak veelal filegevoelig. Bij een hogere verkeersdruk worden de snelheden gedurende een groter deel van de dag beperkt en is er minder lang sprake van vrij rijdend verkeer.
- Aandeel vrachtverkeer. Als vrachtverkeer betrokken is bij ongevallen, is de kans op een dodelijke afloop groter door de massaverschillen met ander verkeersdeelnemers. Anderzijds liggen de snelheden gemiddeld lager naarmate er meer vrachtverkeer aanwezig is. Daardoor is niet evident of een hoger aandeel vrachtverkeer op een wegvak ook bijdraagt aan een groter risico op dodelijke ongevallen.
- Aandeel rijbaanlengte met geleiderails. In eerder onderzoek is gevonden dat de kans kleiner is dat een enkelvoudig ongeval dodelijk afloopt als het betrokken voertuig tegen een geleiderails botst dan wanneer dat niet het geval is (Hengeveld & Nägele, 2013). Om dit aandeel te bepalen is lengte met rechts van de weg geleiderails volgens WEGGEG 2018 gekoppeld aan NWB 2018. Een beperkt aantal wegvakken ontbrak in WEGGEG 2018. Om die wegvakken in de analyse te kunnen meenemen is het gemiddelde aandeel per regio aangehouden.
- De aanwezigheid van kruis-pijl-rijstrooksignalering op wegvakken met een theoretische I/C-verhouding boven de 0,7. Er is gekozen voor een I/C-verhouding boven de 0,7 in plaats van boven de 0,8 (zoals wordt gedaan in de VeiligheidsINDicator van Rijkswaterstaat) omdat de door ons bepaalde theoretische capaciteit in veel gevallen een overschatting is (er wordt alleen rekening gehouden met aandeel vrachtverkeer en aantal rijstroken en niet met factoren zoals weersgesteldheid en locaties met afvallende rijstroken die de capaciteit tijdelijk en/of lokaal verminderen) en omdat het aantal wegvakken met een I/C-verhouding boven de 0,8 zonder signalering te klein was om in de regressieanalyse te kunnen meenemen. De aanwezigheid van kruis-pijl-rijstrooksignalering is bepaald door in WEGGEG 2018 de wegvaklengte met signalering vast te stellen en die aan NWB 2018 te koppelen. Wegvakken met meer dan 50% aan lengte met signalering zijn beschouwd als ‘wegvakken met signalering’. Bij kruis-pijlsignalering zijn er signaalgevers per rijstrook op portalen die op korte aftand van elkaar staan (met dit systeem kunnen ook rijstroken afgesloten worden). Lokale filestaartsignalering met signaalgevers per rijbaan op grotere onderlinge afstand zijn buiten beschouwing gelaten in de analyse.
- Het aantal rijstroken omdat deze variabele van invloed kan zijn op de dynamiek van het verkeer en op het dwarsprofiel in verband met de afloop van ongevallen waarbij een voertuig de controle verliest. We hebben niet op voorhand een hypothese voor een verband tussen het aantal rijstroken en het risico op dodelijke ongevallen. Met WEGGEG 2018 is het gemiddeld aantal rijstroken over de gehele lengte van de wegvakken bepaald. Wegvakken met een gemiddelde tot 2,5 rijstroken werden toegedeeld aan de categorie 1 of 2 rijstroken, wegvakken met 2,5 tot 3,5 aan de categorie 3 rijstroken en wegvakken met meer dan gemiddeld 3,5 rijstroken aan de categorie 4 of meer rijstroken. Door de afbakening tot hoofdrijbanen waren wegvakken met 1 rijstrook zeldzaam.

Voor de constante in de modellen en de variabelen waarvan de natuurlijke logaritme in het model is opgenomen, wordt de regressiecoëfficiënt *B* weergegeven in de uitkomsten. Voor alle andere variabelen wordt de exponent van *B*, exp(*B*), gepresenteerd omdat die als een relatief risico kan worden geïnterpreteerd. Als deze gelijk is aan 1 is er geen verband, terwijl waarden boven de 1 duiden op een hoger risico als de waarde van de betreffende variabele groter is. Bij categorische variabelen drukt exp(*B*) het relatieve risico ten opzichte van de referentiecategorie uit.

8.2 Resultaten van regressie op dodelijke ongevallen

Verschillen tussen studiegebieden

De uitkomsten van de regressieanalyses met het beperkte Model I en het uitgebreide Model II zijn weergegeven in *Tabel 8.1*. De belangrijkste uitkomst van de regressieanalyse is de vergelijking tussen studiegebieden. Uit de resultaten van zowel Model I als Model II blijkt dat het risico voor de Randstad en Overig niet-Randstad kleiner is dan voor Zuid-Nederland. De statistisch significante verschillen bevestigen dat er, rekening houdend met de verkeersintensiteit van 2014 t/m 2018, meer dodelijke ongevallen gebeurden op autosnelwegen van Zuid-Nederland dan op de autosnelwegen van de andere studiegebieden. De relatieve risico's voor de studiegebieden zijn vergelijkbaar voor Model I en Model II met extra controlevariabelen. Dat betekent dat deze controlevariabelen niet verklaren waarom de kans op dodelijke ongevallen van 2014 t/m 2018 hoger lag op de autosnelwegen van Zuid-Nederland.

Eerder is al aangegeven dat de Power van de modellen beperkt is door het kleine aantal dodelijke ongevallen. Dat is in de uitkomsten zichtbaar omdat naast de categorische variabele voor de studiegebieden en de constante geen enkele variabele statistisch significant is. De meeste uitkomsten zijn daarom indicatief.

Etmaalintensiteit en verkeersdruk

Voor we ingaan op de relatie met etmaalintensiteit beschrijven we eerst wat voor uitkomsten met een vergelijkbaar model gebruikelijk zijn in onderzoek naar ongevallen op autosnelwegen. Bij NB-regressie op niet-dodelijke ongevallen op autosnelwegen is het gebruikelijk dat de parameter voor etmaalintensiteit tussen de 0,5 en 1 ligt. In twee regressieanalyses op geregistreerde ongevallen op hoofdrijbanen van autosnelwegen is bijvoorbeeld 0,83 (CI=0,69 tot 0,97) respectievelijk 0,82 (CI=0,68 tot 0,96) gevonden (Dijkstra & Van Petegem, 2013). Voor geregistreerde ongevallen (inclusief ongevallen met materiële schade) in horizontale bogen van autosnelwegen werd een waarde van 0,85 (CI=0,75 tot 0,96) gevonden (Schepers, 2012). Voor hetzelfde regressiemodel op geregistreerde ongevallen met doden of ziekenhuisgewonden vond Schepers (2012) een waarde van 0,52 (CI=0,33 tot 0,72). Als de waarde precies gelijk is aan 1 is de relatie tussen intensiteit en ongevallen lineair, wat zou betekenen dat x% meer intensiteit samengaat met x% meer ongevallen. In de beginjaren van de ontwikkeling van de modelvorm die meestal voor deze regressieanalyses wordt toegepast, schreven Brüde en Larsson (1993) dat de relatie tussen etmaalintensiteit en ongevallen dermate sterk is dat het moeilijk kan zijn om verbanden met andere factoren te kunnen vaststellen. Er zijn dan ook weinig studies waarin een zwakke relatie tussen etmaalintensiteit en ongevallen wordt gevonden.

Opvallend is dat in Model I de waarde van de regressiecoëfficiënt voor etmaalintensiteit maar net boven de 0 ligt, namelijk op 0,11 (CI=-0,15 tot 0,38). Dit is niet statistisch significant verschillend van 0 maar wel van de waarde die gebruikelijk is: zoals hierboven beschreven ligt die veelal in de orde van grootte van 0,5 tot 1. De schatting voor etmaalintensiteit ligt vrijwel nooit zo dicht in de buurt van 0 als hier is gevonden. Een waarde gelijk aan 0 zou suggereren dat dodelijke ongevallen ook als dichtheid beschreven kunnen worden (aantal ongevallen per lengte). Er zou dan geen relatie zijn met intensiteit, waardoor de toevoeging van intensiteit in het gebruikelijke risicocijfer (aantal ongevallen per voertuig-km [lengte x intensiteit] geen toegevoegde waarde heeft ten opzichte van de ongevallendichtheid die geen rekening houdt met intensiteit. Enige voorzichtigheid is op zijn plaats, gezien de lage aantallen dodelijke ongevallen.

In Model II is naast de intensiteit ook de verkeersdruk meengenomen. De regressieparameter voor etmaalintensiteit heeft hierbij met 0,37 een waarde die dichter ligt bij wat gebruikelijk is en de uitkomsten suggereren dat een hogere maximale I/C-verhouding samengaat met een lagere kans op dodelijke ongevallen. Een mogelijke verklaring voor de beperkte samenhang tussen intensiteit en dodelijke ongevallen kan zijn dat hogere intensiteiten vaak samengaan met een

hogere verkeersdruk. De hogere verkeersdruk kan bijdragen aan ongevallen maar tegelijk door lagere snelheden aan een minder ernstige afloop.

De beperkte relatie met de etmaalintensiteit in het model betekent dat feitelijk de ongevallendichtheid (aantal ongevallen per rijbaanlengte) en niet het risico (aantal ongevallen per voertuig-km) wordt gemodelleerd. Dat kan verklaren waarom de uitkomsten van het model suggereren dat er weinig verschil is tussen de Randstad en Overig niet-Randstad, terwijl uitkomsten in eerdere hoofdstukken lieten zien dat het aantal dodelijke ongevallen per mld voertuig-km het laagste zijn in de Randstad. Dit risicocijfer ligt lager in de Randstad door de hoge verkeersintensiteiten in dat gebied (zie *Afbeelding 4.3*), maar uit de modeluitkomsten voor regio's in *Tabel 8.1* blijkt dat de verschillen qua ongevallendichtheid beperkt zijn. Zuid-Nederland heeft daarentegen van 2014 t/m 2018 een hogere ongevallendichtheid op de hoofdrijbanen van autosnelwegen dan de andere twee studiegebieden.

Aandeel vrachtverkeer

Terwijl men zou kunnen verwachten dat een hoger aandeel vrachtverkeer door de massaverschillen met andere voertuigen zou samengaan met meer dodelijke ongevallen, is de relatie volgens Model II in de tegenovergestelde richting, zij het niet-significant en beperkt qua effectgrootte. Dodelijke ongevallen hangen volgens de uitkomsten van Model II nauwelijks samen met het aandeel vrachtverkeer. Hoewel de massaverschillen in ongevallen waarbij een vrachtauto betrokken is kunnen bijdragen aan een dodelijke afloop zijn er blijkbaar andere effecten op het verkeer zoals rijsnelheden waardoor wegvakken met hoge aandelen vrachtverkeer geen hoger ongevalsrisico hebben.

Wegontwerp: geleiderails, signalering en rijstroken

In Model II zijn drie ontwerpvariabelen meegenomen. Voor het aantal rijstroken zijn de relatieve risico's erg klein en is de overschrijdingskans hoog wat betekent dat deze variabele volgens dit model irrelevant is. De relatie met de aanwezigheid van rijstrooksignalering is duidelijk niet statistisch significant, maar wijst wel in de verwachte richting. De enige ontwerpvariabele die in de richting van statistisch significant gaat ($p = 0{,}14$), betreft het aandeel rijbaanlengte met geleiderails in de rechterberm. Deze variabele wordt verder onderzocht in de volgende paragraaf.

Tabel 8.1. Resultaat van NB-regressie op het aantal geregistreerde dodelijke ongevallen per wegvak op hoofdrijbanen van autosnelwegen in 2014-2018 met wegvaklengte als offset (BRON 2014-2018; NWB 2018; INWEVA 2018)

Model	**Beschrijvende statistiek**	**Modelparameters**	
Model I met intensiteit en studiegebieden	**Gemiddelde (standaarddeviatie)**	**B (95% betrouwbaarheidsinterval**	***P***
Constante		-10,6 (-13,4 tot -7,8)	< 0,001
Ln etmaalintensiteit	10,3 (0,56)	0,11 (-0,15 tot 0,38)	0,45
	Aantal (aandeel %)	**Exp(B), relatief risico (95% betrouwbaarheidsinterval**	***P***
Studiegebied:			
Overig niet-Randstad	1414 (35%)	0,55 (0,41 tot 0,74)	< 0,001
Randstad	1430 (35%)	0,59 (0,43 tot 0,81)	< 0,001
Zuid-Nederland (referentie)	1186 (29%)	1	
Model II met extra controlevariabelen	**Gemiddelde (standaarddeviatie)**	**B (95% betrouwbaarheidsinterval**	***P***
Constante		-13,8 (-25,2 tot -3,1)	0,02
Ln etmaalintensiteit	10,3 (0,6)	0,42 (-0,57 tot 1,46)	0,45
Ln I/C-verhouding maximaal	-0,7 (0,4)	-0,53 (-1,69 tot 0,59)	0,37
	Gemiddelde (standaarddeviatie)	**Exp(B), relatief risico (95% betrouwbaarheidsinterval**	***P***
Aandeel vrachtverkeer	14 (6)	0,989 (0,963 tot 1,014)	0,36
Aandeel lengte met geleiderails	45 (36)	0,997 (0,994 tot 1,001)	0,14
	Aantal (aandeel %)	**Exp(B), relatief risico (95% betrouwbaarheidsinterval**	***P***
Studiegebied:		1	
Overig niet-Randstad	1408 (35%)	0,51 (0,37 tot 0,69)	< 0,001
Randstad	1430 (36%)	0,51 (0,35 tot 0,74)	< 0,001
Zuid-Nederland (referentie)	1186 (29%)	1	
Aanwezigheid kruis-pijlsignalering:			
I/C-verhouding maximaal < 0,7	3419 (85%)	0,87 (0,57 tot 1,38)	0,53
I/C-verhouding maximaal > 0,7 zonder signalering	89 (2%)	1,08 (0,43 tot 2,38)	0,85
I/C-verhouding maximaal > 0,7 met signalering (referentie)	516 (13%)	1	
Aantal rijstroken:			
4 of meer stroken	229 (6%)	1,02 (0,35 tot 2,81)	0,97
3 stroken	691 (17%)	0,99 (0,54 tot 1,81)	0,99
1 of 2 stroken (referentie)	3104 (77%)	1	

8.3 Regressie op enkelvoudige ongevallen

Om de uitkomsten beter te begrijpen is aanvullend een regressieanalyse uitgevoerd op dodelijke enkelvoudige ongevallen. Daarbij is gekeken naar variabelen waarvan de verwachting is dat ze specifiek van belang zijn voor enkelvoudige ongevallen. Dit is in de eerste plaats de aanwezigheid van geleiderails. Verder is het aandeel vrachtverkeer relevant omdat vrachtauto's volgens Kuiken, Bolle en Nägele (2008) minder vaak betrokken zijn bij ernstige enkelvoudige ongevallen (ongevallen waarbij in BRON een dode of ziekenhuisgewonde was geregistreerd) dan andere vervoerswijzen. De andere variabelen die in de vorige paragraaf zijn besproken, zijn vooral van belang voor meervoudige ongevallen (zie voor het risico van ernstige enkelvoudige ongevallen en aantal rijstroken bijvoorbeeld Hengeveld & Nägele, 2014) en volgens eerder onderzoek is ook de verkeersintensiteit een minder belangrijke variabele voor ernstige enkelvoudige ongevallen (Hengeveld & Nägele, 2013; Van Petegem, Louwerse & Commandeur, 2017). Voor de analyse is geselecteerd op dodelijke ongevallen die van 2014 t/m 2018 in BRON waren geregistreerd met als aard ongeval 'vast voorwerp', 'los voorwerp', of 'eenzijdig' ongeval. Op 105 wegvakken was een enkelvoudig ongeval geregistreerd en geen enkel wegvak had twee enkelvoudige ongevallen. Om die reden is geen NB-regressie uitgevoerd maar een logistische regressie waarbij de uitkomstvariabele dichotoom is (wel of geen enkelvoudig ongeval). Voor de overzichtelijkheid is de constante (die overigens statistisch significant was) niet in *Tabel 8.2* opgenomen.

Volgens de uitkomsten van dit model zijn de verschillen tussen de studiegebieden voor dodelijke enkelvoudige ongevallen vergelijkbaar met de verschillen die in *Paragraaf 8.2* zijn beschreven voor het totaal aantal dodelijke ongevallen. Wegvakken hebben minder dodelijke enkelvoudige ongevallen naarmate het aandeel vrachtverkeer hoger is, maar deze relatie is niet statistisch significant. Een grotere lengte geleiderails in de buitenberm gaat samen met minder dodelijke enkelvoudige ongevallen. Dit sluit aan op de conclusies van eerder onderzoek naar dodelijke enkelvoudige ongevallen (Hengeveld & Nägele, 2013) en de verwachting op basis van de uitkomsten van *Paragraaf 6.2*.

Tabel 8.2. Logistische regressie op het wel of niet hebben van een dodelijk enkelvoudig ongeval op een wegvak van een autosnelweg in 2014-2018 met wegvaklengte als offset (BRON 2014-2018; NWB 2018; INWEVA 2018)

Variabele	Odds Ratio	*P*
Aandeel vrachtverkeer	0,970 (0,930 tot 1,009)	0,17
Aandeel lengte met geleiderails	0,992 (0,996 tot 0,998)	< 0,01
Studiegebied:		
Overig niet-Randstad	0,42 (0,25 tot 0,68)	< 0,01
Randstad	0,60 (0,35 tot 1,01)	0,07
Zuid-Nederland (referentie)	1	

De uitkomsten van de regressieanalyse op enkelvoudige ongevallen helpen ook om de uitkomsten ten aanzien van meervoudige ongevallen te interpreteren. Dat er in de vorige paragraaf nauwelijks een relatie tussen het aandeel vrachtverkeer en het totaal aantal dodelijke ongevallen kon worden gevonden kan deels worden verklaard doordat vrachtauto's zelden bij ernstige enkelvoudige ongevallen betrokken zijn (Kuiken, Bolle & Nägele, 2008). Het is aannemelijk dat betrokkenheid van vrachtauto's wel bijdraagt aan de ernst van de afloop van meervoudige ongevallen. De regressieanalyse in de vorige paragraaf combineerde enkelvoudige en meervoudige ongevallen in één model, waardoor deze effecten tegen elkaar kunnen wegvallen.

8.4 Discussie

Door het relatief kleine aantal geregistreerde dodelijke ongevallen van 2014 t/m 2018 is de 'Power' van de regressieanalyse in dit hoofdstuk beperkt en is de kans klein dat relaties in het model statistisch significant zijn. De meeste uitspraken op basis van deze modelmatige benadering zijn daarom slechts indicatief.

Risicoverschillen tussen studiegebieden

De eerste analyse op dodelijke ongevallen bevatte naast studiegebieden alleen de etmaalintensiteit als controlevariabele. In een tweede model werden extra variabelen toegevoegd om het verkeer en het wegontwerp te beschrijven. Daarna werd de analyse beperkt tot dodelijke enkelvoudige ongevallen. In alle drie de analyses werd voor de categorische variabele voor studiegebieden gevonden dat de regio Zuid-Nederland van 2014 t/m 2018 significant meer dodelijke autosnelweg-ongevallen had dan de andere twee studiegebieden. In andere woorden, het toevoegen van extra controlevariabelen zoals aandeel vrachtverkeer en aandeel rijbaanlengte met geleiderails heeft weinig invloed op de uitkomst voor de categorische variabele voor studiegebieden. De extra controlevariabelen geven volgens de modeluitkomsten dus geen verklaring voor de verschillen. Als een factor zoals een hoger aandeel vrachtverkeer in Zuid-Nederland wel een verklaring zou vormen voor een groter aantal dodelijke ongevallen, dan zou in de uitkomsten van het model met die controlevariabele het verschil tussen Zuid-Nederland en de andere studiegebieden moeten verdwijnen. In de uitkomsten van *Paragraaf 8.2* werd het verschil juist iets groter in plaats van kleiner (zie uitkomsten van Model I en II in *Tabel 8.1*).

Relatie tussen verkeersintensiteit en dodelijke ongevallen

Volgens de uitkomsten van de modellen lijkt de kans dat op een autosnelweg een dodelijk ongeval gebeurt niet sterk gerelateerd te zijn aan de etmaalintensiteit. Als dat inderdaad zo zou zijn is een mogelijke verklaring dat autosnelwegen met een hoge etmaalintensiteit vaak ook een hogere verkeersbelasting hebben, waardoor de snelheid daar over een groter deel van de dag wordt geremd door de drukte (zie *Paragraaf 5.2* over rijsnelheid). De conclusie in *Paragraaf 5.5* dat de risico's in de Randstad met name overdag lager liggen dan buiten de Randstad sluit daarop aan. Een andere verklaring is dat ongeveer de helft van de dodelijke ongevallen enkelvoudige ongevallen zijn (zie *Paragraaf 6.1*). Eerder constateerden Hengeveld en Nägele (2013) in een onderzoek naar dodelijke enkelvoudige ongevallen op rijkswegen dat de gemiddelde verkeers-intensiteit lager ligt bij enkelvoudige ongevallen met een dodelijke afloop dan bij niet-dodelijke enkelvoudige ongevallen. Van Petegem, Louwerse en Commandeur (2017) beschrijven in een literatuurstudie nog een aantal studies waarin is gevonden dat het risico op een ernstig bermongeval kan dalen bij een toename van de etmaalintensiteit. De zwakke relatie tussen de etmaalintensiteit en dodelijke ongevallen impliceert dat het aantal dodelijke ongevallen per lengte wellicht een betere maat is om verschillen tussen autosnelwegen te beschrijven dan aantal dodelijke ongevallen per voertuig-km dat in eerdere hoofdstukken als risicomaat werd gebruikt.

Relatie tussen aandeel vrachtverkeer en dodelijke ongevallen

Het aandeel vrachtverkeer lijkt nauwelijks samen te hangen met het aantal dodelijke autosnelweg-ongevallen per wegvak. Volgens de uitkomsten van de regressieanalyse in *Paragraaf 8.2* gaat meer vrachtverkeer samen met minder dodelijke ongevallen, maar dat verband is niet statistisch significant. Een mogelijke verklaring kan zijn dat vrachtauto's minder vaak betrokken zijn bij dodelijke enkelvoudige ongevallen (Kuiken, Bolle & Nägele, 2008) en bijdragen aan lagere rijsnelheden. Een toename in dodelijke meervoudige ongevallen door de grote massaverschillen met andere voertuigen kan teniet worden gedaan door een afname in het aantal dodelijke enkelvoudige ongevallen. Per saldo heeft het aandeel vrachtverkeer daardoor nauwelijks een relatie het totaal aantal dodelijke ongevallen op autosnelwegen.

Ontwerpvariabelen

Van de ontwerpvariabelen die onderdeel waren van de regressieanalyses werd geen enkele relatie gevonden voor het aantal rijstroken. Voor de aanwezigheid van kruis-pijlsignalering werd wel een effect gevonden in de richting die verwacht mocht worden op basis van de analyse in *Paragraaf 7.3* maar dit was niet significant. In *Hoofdstuk 7* is al opgemerkt dat de analyse van dat hoofdstuk meer geschikt is om het effect van deze maatregel in te schatten omdat die in *Paragraaf 6.3* en *7.3* kon worden gebaseerd op fileongevallen waarop de maatregel is gericht. De enige ontwerpvariabele waarvoor een statistisch significant verband met dodelijke enkelvoudige ongevallen werd gevonden, was het aandeel van de lengte van de rechterberm met geleiderails. Zoals verwacht mocht worden op basis van eerder onderzoek (Hengeveld & Nägele, 2013) en uitkomsten van de analyses in *Paragraaf 6.2*, gebeuren er minder dodelijke enkelvoudige ongevallen als de rechterberm is voorzien van geleiderails.

9 Ruimtelijke spreiding van dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland

Een hoger risico op autosnelwegen in Zuid-Nederland zou veroorzaakt kunnen worden door specifieke (delen van) autosnelwegen. Dat zou aanleiding kunnen zijn om te onderzoeken waarin die wegen afwijken van andere wegen. In dit hoofdstuk wordt om die reden de spreiding van ongevallen over het netwerk van autosnelwegen van Zuid-Nederland beschreven.

In *Paragraaf 9.1* wordt de verdeling beschreven op basis van de wegnummers van autosnelwegen en dodelijke ongevallen van 2014 t/m 2018. In *Paragraaf 9.2* wordt een GIS-analyse ingezet om te onderzoeken of er over een langere periode van 2004 t/m 2018 sprake is van clusters van dodelijke ongevallen op het autosnelwegennet van Zuid-Nederland.

9.1 Risico's naar wegnummer in 2014-2018

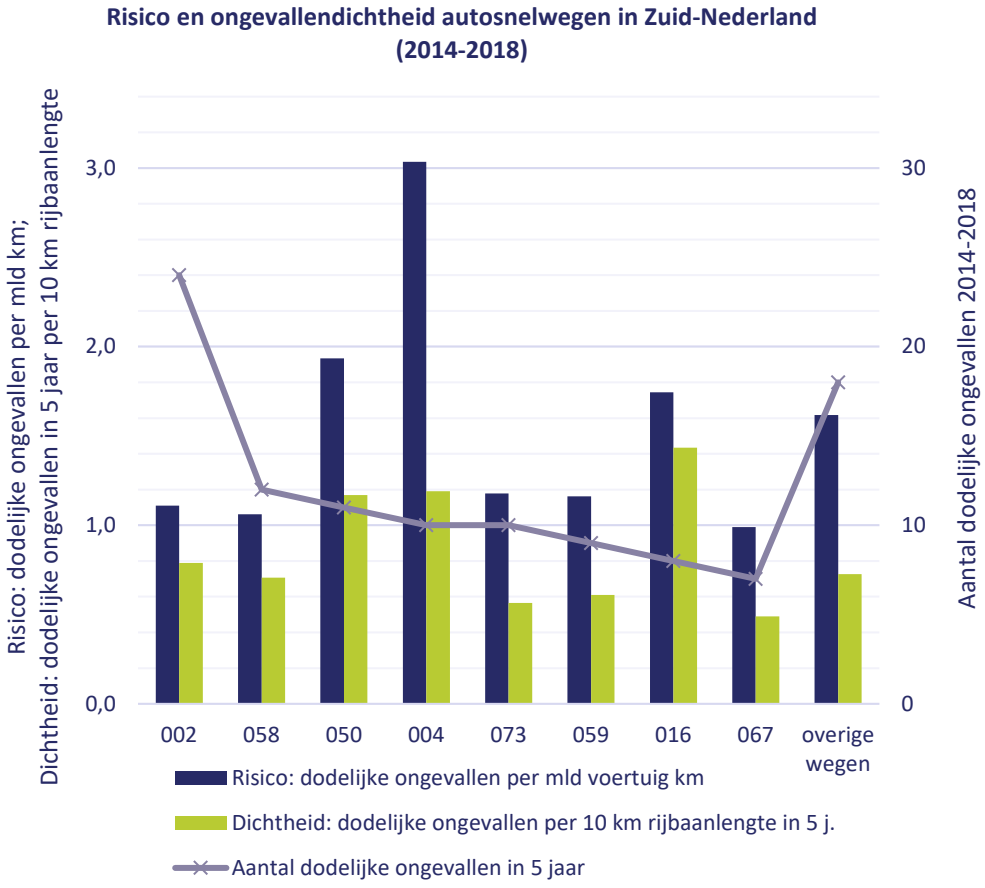
Beschrijving van de risico's

Afbeelding 9.1 beschrijft het aantal dodelijke ongevallen per mld voertuig-km op hoofdrijbanen van autosnelwegen in Zuid-Nederland in de periode 2014-2018. De risico's zijn weergegeven per wegnummer voor wegen waar 6 of meer dodelijke ongevallen zijn geregistreerd. Aangezien in het vorige hoofdstuk bleek dat de spreiding van dodelijke ongevallen beter als dichtheid (aantal ongevallen per lengte-km) beschreven kan worden dan als risico (aantal ongevallen per voertuig-km), zijn in het diagram naast staven voor het risico ook staven voor dichtheid weergegeven. De wegen zijn van links naar rechts geordend naar afnemend aantal geregistreerde dodelijke ongevallen, dat tevens met een lijn is weergegeven en is af te lezen op de rechter verticale as. De hoogte van het risico is af te lezen aan de hoogte van de staven en aan de linker verticale as.

Verschillen

De verschillen in risico tussen de wegen zijn over het algemeen beperkt. Wegen die in deze periode een hoog risico hadden zijn de A4, de A50 en de A16. Deze hadden respectievelijk 10, 11 en 8 geregistreerde dodelijke ongevallen, en een risico dat op de A4 ca. 3 en op de A50 en A16 bijna 2 keer zo hoog was als het gemiddelde van de andere autosnelwegen van Zuid-Nederland. Deze wegen zijn gemarkeerd in *Afbeelding 9.2*. De overige wegen (A27, A76, A17, A79, A77, A65, A74) hadden te weinig geregistreerde dodelijke ongevallen om een betrouwbaar risicocijfer te berekenen. De variatie in ongevallendichtheid is nog kleiner dan de variatie in risico. De A4 had het hoogste risico wat mede wordt verklaard doordat deze autosnelweg een van de laagste gemiddelde etmaalintensiteiten had van de autosnelwegen in Zuid-Nederland.

Afbeelding 9.1. Aantal dodelijke ongevallen per miljard voertuig-kilometer en per 10 km hoofdrijbaanlengte op autosnelwegen naar wegnummer (BRON 2014-2018; INWEVA 2018)



Verklaringen voor verschillen

De A4 en A50 met bovengemiddelde risico's en dichtheden binnen Zuid-Nederland zijn redelijk nieuwe autosnelwegen. De A4 bij Steenbergen is eind 2014 in gebruik genomen. De A50 tussen Eindhoven en Uden is in 2003 en 2004 opengesteld. Het gedeelte tussen Uden en Oss is eind 2005 als autosnelweg opengesteld. Mogelijk is het hoge risico op de A4 en A50 het gevolg van toevalsfluctuatie als gevolg van kleine aantallen. Als het huidige bovengemiddelde risico in de toekomst blijft bestaan is er aanvullend onderzoek nodig om verklarende factoren te identificeren.

De A67 en het aandeel vrachtverkeer op de wegen

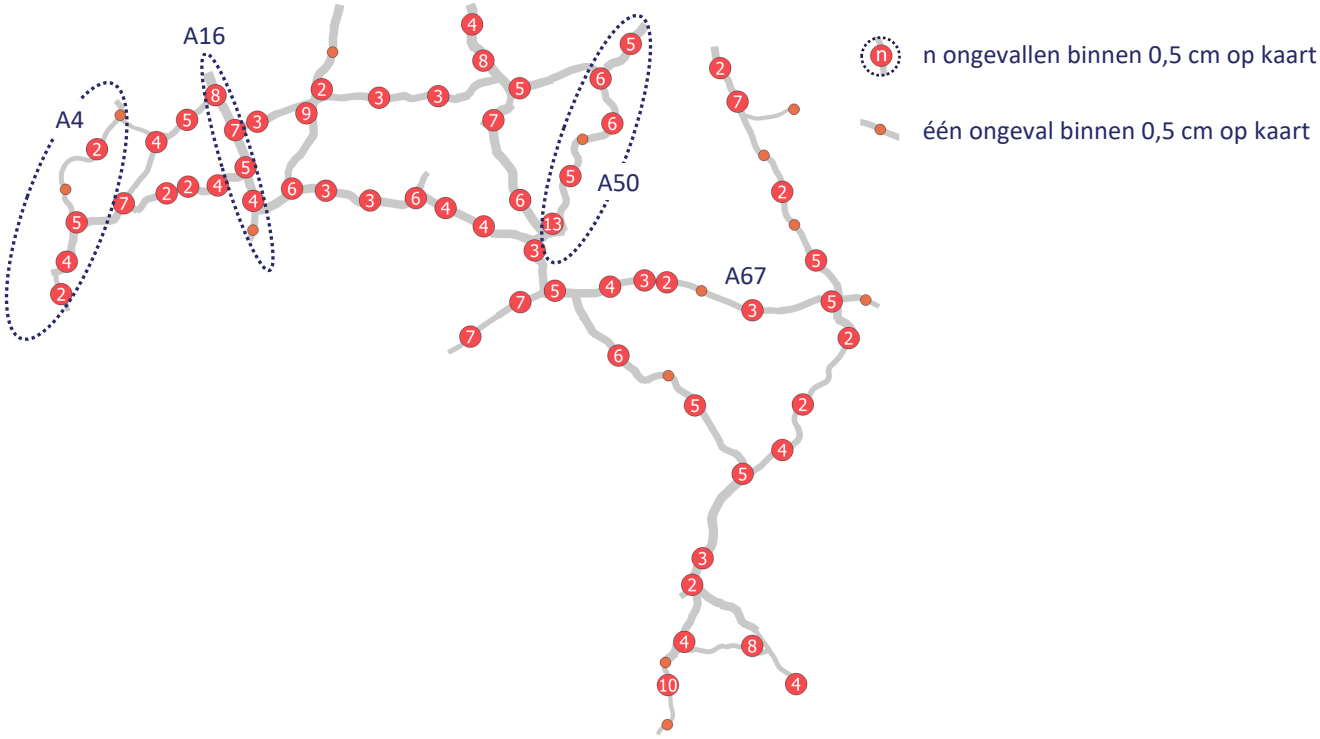
De A67 (zie *Afbeelding 9.2*) kreeg afgelopen jaren veel aandacht in de media en in de Tweede Kamer, waarbij werd gesuggereerd dat er veel ongevallen zouden gebeuren (IenW, 2018; 2019a). De A67 is een belangrijke verbinding voor vrachtverkeer tussen de havens van Antwerpen en Rotterdam en het Ruhrgebied. Van alle autosnelwegen in Zuid-Nederland kent de A67 het hoogste aandeel vrachtverkeer, volgens IenW (2018) een derde deel van het verkeer op deze weg. In een onderzoek naar colonnevorming van vrachtauto's op autosnelwegen in Nederland wordt geconcludeerd dat dit met name op de A67 veel optreedt (Rijkswaterstaat, 2019). Het aantal dodelijke ongevallen per mld voertuig-km lag op de A67 van 2014 t/m 2018 iets lager dan gemiddeld in Zuid-Nederland. De signalen dat er veel ernstige ongevallen gebeuren op de A67 zien we niet terug in de cijfers over dodelijke ongevallen in dit onderzoek.

Het gemiddelde aandeel vrachtverkeer op autosnelwegen in Zuid-Nederland is 17%. Op de autosnelwegen met de hoogste risico's, de A4, A50 en A16, ligt het aandeel iets onder dit gemiddelde op 16%. We zien dus binnen Zuid-Nederland geen duidelijke samenhang tussen het risico op dodelijke ongevallen en het aandeel vrachtverkeer in de verkeersprestatie.

9.2 Ruimtelijke spreiding van ongevallen in 2004-2018

Om de ruimtelijke spreiding van ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland te onderzoeken zijn 15 jaar aan geregistreerde ongevallen samengenomen. *Afbeelding 9.2* toont de geregistreerde dodelijke ongevallen op de hoofdrijbaan van autosnelwegen in Zuid-Nederland. In tegenstelling tot bij de analyse in *Paragraaf 9.1* en *Hoofdstuk 8* worden in deze Paragraaf ook de ongevallen op rangeerbanen meegenomen. Ongevallen die bij de weergegeven kaartschaal binnen een staal van een halve cm zijn geregistreerd, zijn weergegeven als clusters. Op de achtergrond zijn de autosnelwegen afgebeeld met een lijn die dikker is naarmate de verkeersintensiteit hoger is. Afgezien van enige concentratie rond grote steden zoals Eindhoven en rond knooppunten,[7] kan op basis van de kaart worden geconcludeerd dat de ongevallen ruimtelijk sterk gespreid zijn. De clusters bij Eindhoven en Maastricht bevatten ook enkele ongevallen op de rangeerbanen van de Randweg Eindhoven en Koning Willem-Alexandertunnel (N2).

Spreiding dodelijke autosnelwegongevallen



Afbeelding 9.2. Ruimtelijke spreiding van dodelijke ongevallen op een hoofdrijbaan van een autosnelweg of rangeerbaan en de verkeersintensiteit waarbij dikkere lijnen duiden op hogere verkeersintensiteiten en de wegdelen met een hoog risico zijn gemarkeerd (BRON 2004-2018).

7. Dit is een artefact van het GIS-algoritme dat bij knooppunten ongevallen op de beide wegen kan clusteren.

9.3 Conclusie

Op basis van de analyses van dit hoofdstuk kan worden geconcludeerd dat dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland ruimtelijk sterk zijn verspreid. Als autosnelwegen naar wegnummer worden onderscheiden, varieert de dichtheid per rijbaanlengte minder sterk dan het risico per mld voertuig-km. Het hoge risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen van Zuid-Nederland van 2014 t/m 2018 kan niet worden verklaard door concentraties van dodelijke ongevallen op specifieke autosnelwegen. Wel valt op dat de relatief jonge A4 en A50 van 2014 t/m 2018 binnen Zuid-Nederland een bovengemiddelde dichtheid en risico hadden.

We zien geen duidelijke samenhang tussen verschillen in risico's op dodelijke ongevallen en het aandeel vrachtverkeer in de verkeersprestatie. Bijvoorbeeld, de A67 heeft het hoogste aandeel vrachtverkeer van alle autosnelwegen in Zuid-Nederland en een risico dat iets onder het gemiddelde van Zuid-Nederland ligt. De autosnelwegen met het hoogste risico hebben een aandeel vrachtverkeer dat iets onder het gemiddelde van Zuid-Nederland ligt.

10 Discussie en conclusies

Deze studie is uitgevoerd naar aanleiding van het vermoeden dat het risico op dodelijke ongevallen op rijkswegen in beheer bij Rijkswaterstaat Zuid-Nederland hoger is dan op rijkswegen van andere regionale organisatieonderdelen van Rijkswaterstaat. Op basis van de probleemanalyse in *Hoofdstuk 3* en *4* behandelen we in *Paragraaf 10.1* de vraag in hoeverre er sprake is van een hoger risico op rijkswegen in Zuid-Nederland. In *Paragraaf 10.2* beschrijven we verklaringen voor dit mogelijk hogere risico. In *Paragraaf 10.4* zijn aanbevelingen geformuleerd voor een reductie van het aantal verkeersdoden op rijkswegen. *Paragraaf 10.5* beschrijft mogelijkheden voor nader onderzoek naar dodelijke ongevallen op rijkswegen.

10.1 Het risico op dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland

Voor een verantwoorde statistische analyse zijn de jaarlijkse aantallen dodelijke ongevallen op rijkswegen in Zuid-Nederland te klein. Daarom is het risico per vijfjaarsperiode geanalyseerd en zijn voor vergelijkingen de rijkswegen buiten Zuid-Nederland gegroepeerd in de wegen in de Randstad en 'Overig niet-Randstad'. Studiegebied 'Randstad' is gedefinieerd als de optelsom van de regionale organisatieonderdelen West-Nederland Zuid, West-Nederland Noord, en district Midden Nederland Zuid. De overige rijkswegen buiten de Randstad en buiten Zuid-Nederland vormen studiegebied 'Overig niet-Randstad'.

Zuid-Nederland heeft ongeveer evenveel dodelijke ongevallen per miljard voertuigkilometer op rijkswegen als Overig niet-Randstad. De Randstad heeft het laagste risico. Vrijwel het gehele areaal aan rijkswegen van Zuid-Nederland bestaat uit autosnelwegen, terwijl er buiten Zuid-Nederland meer N-wegen worden beheerd door Rijkswaterstaat. Beperken we de vergelijking tot autosnelwegen, dan zien we dat het aantal dodelijke ongevallen per miljard voertuigkilometer in 2004-2008 en 2014-2018 het hoogste was op autosnelwegen van Zuid-Nederland. Alleen in 2009-2013 was er geen verschil met Overig niet-Randstad.

Het aandeel per studiegebied in het totaal aantal registreerde ongevallen op autosnelwegen (inclusief ongevallen met uitsluitend materiële schade) is in alle drie de vijfjaarsperioden ongeveer vergelijkbaar met het aandeel in de verkeersprestatie. Dat geldt ook voor de periode 2014-2018, waarin de verkeersongevallenregistratie op rijkswegen wordt gevuld met ongevallen die zijn geregistreerd door de politie, weginspecteur en bergers. Door de combinatie van drie verschillende bronnen is het niet aannemelijk dat de registratiegraad sterk verschilt tussen de studiegebieden. Met name het risico op een dodelijke afloop lijkt dus hoger in Zuid Nederland.

Uit deze probleemanalyse concluderen we dat het risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland van 2004 t/m 2018 structureel hoger ligt dan in de andere studiegebieden. Het verschil tussen de studiegebieden varieert in deze periode. Gelet op de drie vijfjaarsperioden kan niet worden geconcludeerd dat het verschil tussen Zuid-Nederland en de andere studiegebieden is toegenomen.

10.2 Verklaringen voor een hoger risico op dodelijke ongevallen

Gezien de uitkomsten van de probleemanalyse in *Paragraaf 10.1* is gezocht naar verklaringen voor een hoger risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland vergeleken met de andere gebieden. In *Hoofdstuk 5* t/m *9* is op verschillende manieren gezocht naar verklaringen. In *Hoofdstuk 6* is gezocht naar verklaringen op basis van kenmerken van ongevallen. Ongeveer de helft betreft enkelvoudige ongevallen (botsing met een vast of los voorwerp of een eenzijdig ongeval). Meervoudige ongevallen op autosnelwegen zijn vooral kop-staartongevallen. De verdeling naar type ongeval verschilt weinig tussen de studiegebieden. Aangezien het hoge risico van Zuid-Nederland zich niet manifesteert in een specifiek type ongeval, is deze paragraaf geordend per mogelijk verklarende factor om de bevindingen samen te brengen.

Snelheidslimieten en rijsnelheden: onwaarschijnlijk als verklarende factor

De kans dat een ongeval dodelijk afloopt is verhoogd bij hoge rijsnelheden (Elvik, 2013; SWOV, 2016). In de analyse gericht op snelheid is eerst gekeken naar snelheidslimieten. Het risico op dodelijke ongevallen lijkt op autosnelwegen met een snelheidslimiet van 100 km/uur vergelijkbaar met het risico op autosnelwegen met een hogere snelheidslimiet. Vervolgens is met Floating Car Data (FCD) nagegaan of er verschillen zijn tussen de studiegebieden in het aandeel minuut-gemiddelde snelheden op of boven de snelheidslimiet op autosnelwegen. De snelheidslimiet wordt in Zuid-Nederland op autosnelwegen volgens deze indicator niet vaker overschreden dan in andere studiegebieden. Het is dan ook niet aannemelijk dat snelheidslimieten en overschrijdingen per snelheidsregime een verklaring vormen voor het hogere risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland.

Aandeel vrachtverkeer: onwaarschijnlijk als verklarende factor

De afloop van ongevallen met vrachtauto's is ernstiger dan andere ongevallen door het verschil in massa met andere voertuigen. Zuid-Nederland heeft met 17% het hoogste aandeel vrachtverkeer in de verkeersprestatie op autosnelwegen. Het aandeel ligt bijvoorbeeld op 15% in Overig niet-Randstad, maar dit studiegebied heeft wel een iets hoger aandeel dodelijke ongevallen waarbij vrachtauto's betrokken zijn dan Zuid-Nederland (zie *Paragraaf 5.3*). De uitkomsten van de regressieanalyses in *Hoofdstuk 8* zijn indicatief, maar het is opvallend dat volgens die uitkomsten de wegvakken met hogere aandelen vrachtverkeer juist minder dodelijke ongevallen hebben. In het onderzoek naar de ruimtelijke spreiding van dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland in *Hoofdstuk 9* zien we dat de A67, de autosnelweg met het hoogste aandeel vrachtverkeer van dit studiegebied, een gemiddeld risico op dodelijke ongevallen kent. De autosnelwegen met de hoogste risico's in Zuid-Nederland hebben een aandeel vrachtverkeer dat iets onder het gemiddelde van Zuid-Nederland ligt. Dat we ondanks de massaverschillen tussen vrachtauto's en andere voertuigen geen duidelijk verband zien tussen het aandeel vrachtverkeer en het risico op dodelijke ongevallen zou kunnen komen doordat vrachtauto's zelden bij ernstige enkelvoudige ongevallen betrokken zijn (Kuiken, Bolle & Nägele, 2008) en doordat een hoog aandeel vrachtverkeer samengaat met lagere rijsnelheden (zie *Paragraaf 5.2*). Alle resultaten samen nemend is het niet waarschijnlijk dat het hoge risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland kan worden verklaard door het hoge aandeel vrachtverkeer.

Verschillen in risico per dagdeel: overdag grootste verschillen

De verkeersbelasting varieert sterk over de dag en ligt 's nachts overal laag. Het risico op dodelijke ongevallen is 's nachts in alle drie de gebieden veruit het hoogst. De relatieve verschillen in risico op dodelijke ongevallen zijn 's nachts tussen de studiegebieden juist het kleinst. Dat betekent dat factoren die vooral aan het risico op dodelijke ongevallen 's nachts bijdragen minder aannemelijk zijn als verklaring waarom Zuid-Nederland een hoger risico op autosnelwegen heeft, bijvoorbeeld een verschil in de aanwezigheid van openbare verlichting, rijden onder invloed van alcohol of factoren in relatie tot spookrijongevallen, die vaak 's nachts plaatsvinden (SWOV, 2018c). De risicoverschillen zijn overdag het grootste. Zowel Zuid-Nederland als Overig niet-Randstad

hebben ’s middags en ’s avonds een hoger risico dan de Randstad. Zuid-Nederland heeft van de drie studiegebieden het hoogste risico op dodelijke ongevallen in de spitsperioden.

Filestaartbeveiliging: mogelijke verklaring voor een deel van het verschil

Bijna de helft van alle dodelijke kop-staartongevallen gebeurt bij de staart van een file. Buiten de Randstad stond er bij ongevalslocaties minder vaak filestaartbeveiliging. Eerder onderzoek heeft laten zien dat filestaartsignalering helpt om ernstige ongevallen in de staart van files te voorkomen (Elvik et al., 2009). Dit sluit aan bij de constatering dat 63% van de lengte aan filegevoelige wegvakken (afgeleid uit een Intensiteit/Capaciteit-verhouding, I/C-verhouding, boven de 0,8) in de Randstad te vinden is, terwijl maar een derde deel van de dodelijke fileongevallen in de Randstad gebeurt. Dat is mogelijk te verklaren doordat wegvakken in de Randstad relatief vaak zijn voorzien van filestaartsignalering ten opzichte van wegvakken in de andere studiegebieden.

In Zuid-Nederland ontbreekt vaker dan bij de andere twee studiegebieden signalering op wegvakken met een theoretische I/C-verhouding hoger dan 0,8, maar dat betreft een relatief beperkte rijbaanlengte. Ook bij wegvakken met een theoretische I/C-verhouding hoger dan 0,7 (waar de I/C-verhouding in werkelijkheid deels al boven de 0,8 ligt) is er binnen Zuid-Nederland minder vaak signalering aanwezig. Mogelijk speelt dit een rol bij een groter risico op dodelijke ongevallen in de staart van files (zie ook Davidse, Louwerse & Van Duijvenvoorde, 2019).

Berminrichting: waarschijnlijk geen verklaring maar nader onderzoek wenselijk

Zuid-Nederland had van 2015 t/m 2017 een relatief groot aandeel in het aantal dodelijke ongevallen met obstakels op een afstand van minder dan 10 m en op 10 m tot 13 m uit de kantstreep. Bijvoorbeeld, van het totaal van 21 aanrijdingen met bomen op een afstand tot 13 m gebeurden er 12 in Zuid-Nederland (Davidse, Louwerse & Van Duijvenvoorde, 2019). Bij een onderzoek naar dodelijke en ernstige enkelvoudige ongevallen in 2008 was het aandeel met bomen juist in andere studiegebieden hoger (Hengeveld & Nägele, 2013). Met de globale beschrijving van de berminrichting volgens WEGGEG 2018, een steekproef van gedetailleerdere inspecties van bermen in 2015 en bermkenmerken die Rijkswaterstaat voor de ontwikkeling van risicogestuurd werken heeft laten verzamelen, kon niet worden vastgesteld dat de bermen in Zuid-Nederland minder vergevingsgezind zijn dan in de andere twee studiegebieden. Om hardere conclusies over de vergevingsgezindheid van bermen te kunnen trekken zouden detailgegevens voor een groter deel van het autosnelwegennetwerk beschikbaar moeten zijn.

Ruim 95% van de lengte aan middenbermen en ongeveer de helft van de lengte aan buitenbermen langs autosnelwegen is voorzien van geleiderails terwijl ‘slechts’ een kwart van de dodelijke obstakelongevallen een aanrijding met geleiderails betrof. Een grotere wegvaklengte met geleiderails gaat samen met minder dodelijke enkelvoudige ongevallen. Dit biedt geen verklaring voor het hogere risico op dodelijke enkelvoudige ongevallen in Zuid-Nederland. Zuid-Nederland heeft een bijna even groot aandeel buitenbermlengte met geleiderails als de Randstad en meer dan Overig niet-Randstad.

Complexiteit van het wegennet: onwaarschijnlijk als verklarende factor

Uitgedrukt in de dichtheid van aansluitingen, knooppunten en aansluitingen is het autosnelwegennetwerk het meest complex in de Randstad. Het autosnelwegennetwerk van Zuid-Nederland zit qua complexiteit tussen de Randstand en Overig niet-Randstad in. Wellicht draagt complexiteit bij aan een iets hoger risico op ongevallen (inclusief ongevallen met alleen materiële schade) in de Randstad. Het is geen aannemelijke verklaring voor het hoge risico op dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland. Mogelijk verklaart het wel voor een klein deel waarom het risico op dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland hoger is dan in Overig niet-Randstad.

Leeftijd van betrokkenen en rijden onder invloed van alcohol: onwaarschijnlijk als verklaring

Factoren in relatie tot betrokkenen die zouden kunnen verklaren waarom er in een bepaald gebied vaker dodelijke ongevallen gebeuren zijn de leeftijd en rijden onder invloed van alcohol. De in BRON geregistreerde leeftijden van betrokken bestuurders verschillen evenwel weinig tussen de studiegebieden. De registratie van rijden onder invloed van alcohol bij dodelijke ongevallen in BRON is onbetrouwbaar maar de uitkomsten van het monitoringsonderzoek van Rijkswaterstaat (2018b) suggereren evenmin dat rijden onder invloed van alcohol een verklaring zou kunnen vormen voor het hogere risico op dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland.

Geografische spreiding ongevallen: specifieke trajecten vormen geen verklaring

Dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland zijn ruimtelijk sterk verspreid. De relatief jonge autosnelwegen A4 en A50 in Zuid-Nederland hadden van 2014 t/m 2018 binnen Zuid-Nederland een bovengemiddeld risico op dodelijke ongevallen, maar de verschillen met andere wegen zijn niet dermate groot dat dit een verklaring vormt voor het hoge risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland in het algemeen. Concentraties van dodelijke ongevallen op specifieke autosnelwegen of locaties vormen geen verklaring.

Conclusie verklarende factoren

Van de meeste onderzochte factoren hebben we geconcludeerd dat het niet aannemelijk is dat die het hogere risico op dodelijke ongevallen in Zuid-Nederland kunnen verklaren: snelheids-limieten, overschrijding van de snelheidslimiet, het aandeel vrachtverkeer, de complexiteit van het wegennet, concentraties van ongevallen op specifieke trajecten, de leeftijd van betrokken bestuurders en rijden onder invloed van alcohol. Een deel van het verschil zou verklaard kunnen worden uit de beperktere aanwezigheid van filestaartbeveiliging met behulp van rijstrook-signalering op wegvakken met een hoge verkeersdruk vergeleken bij de andere studiegebieden. Op basis van deze studie hebben we geen verschil in vergevingsgezindheid van bermen kunnen vaststellen met andere studiegebieden maar hierbij is aangetekend dat gedetailleerdere gegevens over berminrichting nodig zijn voor hardere conclusies.

10.3 Hoofdconclusies

Uit dit onderzoek, met als studiegebieden de Randstad, Zuid-Nederland en Overig niet-Randstad, kunnen de volgende hoofdconclusies worden getrokken over rijkswegen:

- Het aantal dodelijke ongevallen per miljard voertuigkilometer op *alle* rijkswegen ligt in de Randstad lager dan buiten de Randstad. Er is weinig verschil tussen de rijkswegen van Zuid-Nederland en Overig niet-Randstad.
- Het aantal dodelijke ongevallen per miljard voertuigkilometer op *autosnelwegen* is in Zuid-Nederland hoger dan op andere autosnelwegen.
- Qua ongevalsrisico (inclusief ongevallen met uitsluitend materiële schade) op *autosnelwegen* is er weinig verschil tussen de drie onderzochte gebieden.
- Op basis van dit onderzoek hebben we geen eenduidige verklaring gevonden voor het hogere risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland. Een deel van het verschil zou verklaard kunnen worden uit de beperktere aanwezigheid van filestaartbeveiliging met behulp van rijstrooksignalering. Er zijn gedetailleerdere gegevens over berminrichting nodig om hardere conclusies te trekken over de eventuele rol van berminrichting bij de dodelijke ongevallen.

10.4 Aanbevelingen voor de praktijk

Op basis van dit onderzoek kunnen we niet verklaren waarom het risico op dodelijke ongevallen op autosnelwegen in Zuid-Nederland hoger is dan op autosnelwegen buiten Zuid-Nederland. Wel kunnen we, mede op basis van de resultaten van dit onderzoek, aanbevelen om in Zuid-Nederland in te zetten op een bredere toepassing van filestaartbeveiliging. Daarnaast is bekend dat vergevingsgezinde bermen belangrijk zijn om een dodelijke afloop van bermongevallen te voorkomen. Gelet op het aandeel dodelijke bermongevallen is aan te bevelen om op alle rijkswegen te blijven inzetten op het vergevingsgezinder inrichten van bermen. Filestaartbeveiliging en vergevingsgezinde bermen zijn door Rijkswaterstaat opgenomen in de zogenaamde 'VeiligheidsINDicator', VIND. Conform maatregel 1 van het *Landelijk Actieplan Verkeersveiligheid* implementeert Rijkswaterstaat de risicogestuurde aanpak om de verkeersveiligheid op rijkswegen te verbeteren met onder meer het instrument VIND om proactief veiligheidsrisico's in kaart te brengen (IenW, 2019b; 2019c). Rijkswaterstaat rapporteert daarnaast tweejaarlijks in de monitor *Veilig over Rijkswegen* over de EuroRAP-RPS (Road Protection Score) van het rijkswegennet (EuroRAP, 2020; IenW, 2019d; Rijkswaterstaat, 2017b) en past instrumenten zoals audits en inspecties toe zoals voorgeschreven in richtlijn 2008/96/EG betreffende het beheer van de verkeersveiligheid van weginfrastructuur. Met bovengenoemde methodes worden onder meer de lopende programma's Meer Veilig en Veilige Bermen Rijkswegen vormgegeven (Rijksoverheid, 2020). De belangrijkste aanbeveling van dit onderzoek is dan ook de verdere implementatie en ontwikkeling van de risicogestuurde aanpak.

Voor de verdere ontwikkeling van de VIND adviseren we om risico's in bermen specifieker in beeld te brengen dan nu mogelijk is met gegevens uit bijvoorbeeld WEGGEG. Rijkswaterstaat is deze verbetering al aan het verkennen. De belangrijkste uitbreiding is om alle solitaire niet-botsveilige objecten zoals bomen en portaalpoten te kunnen identificeren en deze informatie gebruiksvriendelijk ter beschikking te stellen aan gebruikers binnen Rijkswaterstaat, bijvoorbeeld in een GIS-format of met een viewer. Solitaire niet-botsveilige objecten veroorzaken een groter risico dan andere gevarenzones. Zodra deze detailinformatie is toegevoegd kan ook een betere analyse worden gemaakt van de berminrichting dan in het kader van dit onderzoek mogelijk was (zie *Paragraaf 7.3*). Daarnaast bevelen we aan om in de VIND informatie te geven over de aanwezigheid van filestaartbeveiliging bij een geschatte I/C-verhouding tussen de 0,7 en 0,8 zodat in samenhang met lokale factoren zoals zichtomstandigheden besloten kan worden of dit systeem wenselijk is voor de verkeersveiligheid. Daarnaast is het van groot belang om de doorwerking van de uitkomsten van de risicoanalyses op basis van de VIND organisatorisch goed te verankeren zodat middelen vrijgemaakt kunnen worden voor verbeteringen en geen veiligheidsrisico's gemist kunnen worden bij groot onderhoud en reconstructies.

We staan voor een forse uitdaging om het doel van het *Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2030* van een slachtoffervrij verkeerssysteem in 2050 dichtbij te brengen. Daarvoor is jaarlijks een daling van 11% van het aantal slachtoffers nodig. Om dat te bereiken is het aan te bevelen om naast bovengenoemde infrastructuurmaatregelen die binnen de invloedsfeer van Rijkswaterstaat vallen in samenwerking met andere stakeholders ook in te zetten op voertuig- en gedrags-maatregelen. Met in-carsystemen zou het bereik van waarschuwingen voor een filestaart vergroot kunnen worden en ook toegepast kunnen worden op plekken waar slechts incidenteel files voorkomen. Ook systemen zoals Automatic Emergency Braking kunnen helpen om ernstige fileongevallen te voorkomen of minder ernstig te laten aflopen (SWOV, 2019). Gezien de rol van snelheid en rijden onder invloed van alcohol is aan te bevelen om in afstemming met de politie en het Openbaar Ministerie in te zetten op snelheidshandhaving en handhaving op rijden onder invloed van alcohol (SWOV, 2018a; Van der Knaap, 2018).

10.5 Onderzoeksaanbevelingen

Een van de grootste problemen bij dit onderzoek naar dodelijke ongevallen is dat deze relatief zeldzaam zijn. Er gebeuren veel ongevallen met uitsluitend materiele schade. Slechts een kleine fractie van alle ongevallen heeft een dodelijke afloop. Om dodelijke ongevallen te kunnen verklaren is het in de eerste plaats belangrijk om te beschikken over de gedetailleerde gegevens over het ongevalsmechanisme en oorzaken (zie ook Van der Knaap, 2018). SWOV heeft diepteonderzoek uitgevoerd naar dodelijke ongevallen op rijkswegen van 2015 t/m 2017. Hoewel de aantallen nog klein zijn, had het meerwaarde voor dit onderzoek dat de gegevens over drie jaar gebundeld konden worden. Om het inzicht in dodelijke ongevallen te vergroten en regionale verschillen te kunnen verklaren, is het aan te bevelen om deze diepteonderzoeken voort te zetten.

Om de inzichten verder te verdiepen is te overwegen om aanvullende informatie over dodelijke, en eventueel ernstige ongevallen te verzamelen. In dit onderzoek hebben we het aantal dodelijke ongevallen gerelateerd aan verkeerskenmerken die gemiddeld over een langere periode op de wegvakken voorkomen, bijvoorbeeld het gemiddelde snelheidsgedrag, gemiddelde etmaal-intensiteiten, de maximale verkeersdruk die gemiddeld per dag op het wegvak voorkomt, etc. Aangezien een dodelijk ongeval een uitzonderlijk verschijnsel is, is het de vraag in hoeverre deze gemiddelden voldoende verklarende waarde hebben. Een groot deel van het autosnelwegennet is voorzien van meetlussen. Het is te overwegen om met meetlusgegevens gedetailleerde informatie te verzamelen over de omstandigheden ten tijde van een ongeval, bijvoorbeeld de verkeersdruk, volgafstanden, rijsnelheden, snelheidsverschillen, en dergelijke.

Literatuur

Aarts, L. & Schagen, I. van (2006). *Driving speed and the risk of road crashes: A review.* In: Accident Analysis and Prevention, vol. 38, nr. 2, p. 215-224.

AASHTO (2010). *Highway Safety Manual*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C.

Brüde, U. & Larsson, J. (1993). *Models for predicting accidents at junctions where pedestrians and cyclists are involved. How well do they fit?* In: Accident Analysis and Prevention, vol. 25, nr. 5, p. 499-509.

BZK (2017). *Ruimtelijk-Economische Ontwikkelstrategie Noordelijke Randstad, Zuidelijke Randstad en Brainport Eindhoven; Uitvoeringsprogramma 2017-2018*. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Den Haag.

CBS (2020). *Statline: Regionale kerncijfers Nederland*. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag. Geraadpleegd 10 maart op https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/70072NED/table?fromstatweb.

Davidse, R.J. (2007). *Assisting the older driver; Intersection design and in-car devices to improve the safety of the older driver*. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen. SWOV-Dissertatiereeks, SWOV, Leidschendam

Davidse, R.J., Louwerse, W.J.R. & Duijvenvoorde, K. van (2019). *Dodelijke verkeersongevallen op rijkswegen in 2017; Analyse van ongevals- en letselfactoren en daaruit volgende aanknopingspunten voor maatregelen*. R-2019-8. SWOV, Den Haag.

Desapriya, E., Pike, I. & Raina, P. (2006). *Severity of alcohol-related motor vehicle crashes in British Columbia: case–control study.* In: International Journal of Injury Control and Safety Promotion, vol. 13, nr. 2, p. 89-94.

Dijkstra, A. & Petegem, J.H. van (2013). *Verkeersveiligheidseffecten van aansluitingen op autosnelwegen*. Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving, Delft. [Intern document]

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

Elvik, R. (2013). *A re-parameterisation of the Power Model of the relationship between the speed of traffic and the number of accidents and accident victims.* In: Accident Analysis and Prevention, vol. 50, p. 854-860.

Elvik, R., Høye, A., Vaa, T. & Sørensen, M. (2009). *The Handbook of Road Safety Measures*. Emerald, Bingley.

EuroRAP (2020). *EuroRAP; The European Road Assessment Programme*, Brussel. Geraadpleegd 10 maart op https://www.eurorap.org/.

Gent, A.L. van (2007). *Verkeersonveiligheid bij werk in uitvoering*. R-2007-5. SWOV, Leidschendam.

Goemans, J.W., Daamen, W. & Heikoop, H. (2011). *Handboek Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen (CIA); Volledig Vernieuwd.* Paper gepresenteerd op Nationaal Verkeerskundecongres 2011, 2 November 2011, Nieuwegein.

Hengeveld, J. & Nägele, R. (2013). *Kwantificering letselrisico door berminrichting; Enkelvoudige ongevallen op Rijkswegen*. Royal HaskoningDHV, Amersfoort.

Hengeveld, J. & Nägele, R. (2014). *De risico's van bermongevallen in samenhang met de berminrichting*. Royal HaskoningDHV, Amersfoort.

IenW (2018). *Brief voor Beantwoording Kamervragen van de leden Von Martels en Amhaouch (beiden CDA) over de zware ongelukken op de A67; RWS-2018/21273 (24 juli 2018)*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Den Haag.

IenW (2019a). *Brief voor Beantwoording Kamervragen van de leden Von Martels en Amhaouch (beiden CDA) over de ongelukken op de A67; RWS-2019/7513 (6 maart 2019)*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Den Haag.

IenW (2019b). *Brief Voortgang uitvoering Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2030; Bijlage II: stand van zaken Landelijk Actieplan Verkeersveiligheid 2019-2021 (7 juni 2019; KST29398717)*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Den Haag.

IenW (2019c). *Landelijk Actieplan Verkeersveiligheid 2019-2021*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Den Haag.

IenW (2019d). *Verschillen tussen EuroRAP en VIND methode; Brief 17 maart 2017 (RWS-2017/10483/159767)*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Den Haag.

Kijk in de Vegte, N. (2019). *V85 Schatten met FCD; Model voor het schatten van de V85 uit Floating Car Data*. Nationale Databank Wegverkeersgegevens, Utrecht.

KiM (2013). *Mobiliteitsbalans 2013*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, Den Haag.

Knaap, P. van der (2018). *Opties voor meer verkeersveiligheid 2018-2030; brief 25 mei 2018 (PK/mho/185078)*. SWOV, Den Haag.

Kuiken, M., Bolle, M. & Nägele, R. (2008). *Analyse Enkelvoudige Ongevallen*. Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart, Delft.

Ligtermoet, D. & Kroeze, P. (2011). *Ernstige verkeersongevallen met jonge beginnende bestuurders*. Rijkswaterstaat DVS, Delft.

Martens, G.J. & Smits, E.S. (2016). *Monitoring snelheden Autosnelwegen; Ontwikkeling snelhedenbeeld na invoering 130 km/uur*. Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving, Rijswijk.

Petegem, J.W.H. van, Louwerse, W.J.R. & Commandeur, J.J.F. (2017). *Berminrichting langs autosnelwegen; Literatuurstudie en advies voor vergevingsgezinde bermen*. R-2017-16A. SWOV, Den Haag.

Rijksoverheid (2020). *Rijksbegroting Artikel 12 Hoofdwegennet; kst264849*. Rijksoverheid, Den Haag.

Rijkswaterstaat (2015). *Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen*. Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving, Rijswijk.

Rijkswaterstaat (2017a). *Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen; Veilige Inrichting van Bermen*. Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud, Utrecht.

Rijkswaterstaat (2017b). *Veilig over Rijkswegen 2015; Deel A: Verkeersveiligheid landelijk beeld*. Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving, Delft.

Rijkswaterstaat (2018a). *Eindrapport kwaliteitsverbetering informatieketen verkeersongevallenregistratie*. Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving, Utrecht.

Rijkswaterstaat (2018b). *Rijden onder invloed in Nederland in 2002-2017; Ontwikkeling van het alcoholgebruik van automobilisten in weekendnachten*. Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving, Utrecht.

Rijkswaterstaat (2019). *Update Inhaalverbod Vrachtverkeer (IVV) 2019*. Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving, Utrecht.

Rijkswaterstaat (2020). *Bestand geRegistreerde Ongevallen in Nederland (BRON)*. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Maastricht. Geraadpleegd 20 Januari op https://www.rijkswaterstaat.nl/apps/geoservices/geodata/dmc/bron/.

Rli (2016). *Mainports Voorbij*. Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, Den Haag.

Schepers, P. (2012). *Een Accident Prediction Model voor horizontale bogen van autosnelwegen*. Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart, Delft.

Shyhalla, K. (2014). *Alcohol involvement and other risky driver behaviors: effects on crash initiation and crash severity.* In: Traffic Injury Prevention, vol. 15, nr. 4, p. 325-334.

SWOV (2015). *Factsheet Ouderen in het verkeer.* SWOV-factsheet, augustus 2015. SWOV, Den Haag.

SWOV (2016). *Snelheid en snelheidsmanagement.* SWOV-factsheet, november 2016. SWOV, Den Haag.

SWOV (2018a). *DV3 – Visie Duurzaam Veilig Wegverkeer 2018-2030; Principes voor ontwerp en organisatie van een slachtoffervrij verkeerssysteem*. SWOV, Den Haag.

SWOV (2018b). *Rijden onder invloed van alcohol.* SWOV-factsheet, juni 2018. SWOV, Den Haag.

SWOV (2018c). *Spookrijden.* SWOV-factsheet, april 2018. SWOV, Den Haag.

SWOV (2019). *Intelligent transport- en rijhulpsystemen (ITS en ADAS).* SWOV-factsheet, april 2019. SWOV, Den Haag.

SWOV (2020a). *QLIK: BRON (Bestand geRegistreerde Ongevallen in Nederland)*. SWOV, Den Haag. Geraadpleegd op https://www.swov.nl/feitenencijfers/verkeersveiligheidscijfers-verkeersongevallen.

SWOV (2020b). *QLIK: Mobiliteit - reizigerskilometers*. SWOV, Den Haag. Geraadpleegd op https://www.swov.nl/feitenencijfers/verkeersveiligheidscijfers-verkeersongevallen.

Veluwen, A. van & Vries, Y. de (2013). *Publieksrapportage Rijkswegennet*. Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart, Delft.

Bijlage A Veranderingen in het wegennet van Zuid-Nederland

In de periode vanaf 2009 t/m 2018 die in deze studies voor de meeste analyses is gebruikt zijn er veranderingen in het wegennet doorgevoerd. Het areaal aan N-wegen heeft bijvoorbeeld een kleiner aandeel gekregen terwijl er nieuwe autosnelwegen zijn opgesteld. Deze bijlage beschrijft welke wegen zijn opgesteld of overgedragen. Aangezien voor enkele analyses gegevens vanaf 2003 zijn gebruikt, staan de veranderingen vanaf dat jaar beschreven. Wegverbredingen en opstellingen van spitsstroken komen in deze bijlage niet aan bod.

De volgende veranderingen zijn sinds 2003 doorgevoerd:

- De A50 tussen Eindhoven en Uden is in 2003 en 2004 opengesteld. Het gedeelte tussen Uden en Oss is eind 2005 als autosnelweg opengesteld.
- In 2008 is de A73 tussen Venlo (bij aansluiting Venlo-Zuid) en Maasbracht opengesteld.
- Begin 2009 is de N69 van Eindhoven via Valkenswaard naar de Belgische grens aan de provincie Noord-Brabant overgedragen.
- Een deel van de N259 bij Halsteren werd al voor 2009 overgedragen aan de provincie Noord-Brabant. Na de opening van de A4 bij Steenbergen eind 2014 is de N259 geheel overgedragen.
- De N273 vanaf de Belgische grens bij Ittervoort naar Venlo, ook wel bekend als de ‘Napoleonsweg’, en delen van de N271 en N280 tussen Venlo en Roermond waren in 2009 nog in beheer bij Rijkswaterstaat en zijn kort daarna overgedragen aan de Provincie Limburg.
- In 2010 is de A2 rond Den Bosch van een parallelrijbaansysteem voorzien. De rangeerbanen zijn hierbij autosnelwegen.
- Tussen 2004 en 2010 werd de autoweg N2 tussen Knooppunt Batadorp en Knooppunt Leenderheide, ook wel bekend als ‘Randweg Eindhoven’, uitgebreid van 2 naar 4 rijbanen. Er werd een parallelrijbaansysteem aangelegd om het doorgaande en lokale verkeer te scheiden. Het doorgaande verkeer gebruikt de hoofdrijbaan A2 terwijl af- en opritten aansluiten op de rangeerbaan N2, een autoweg.
- In 2012 is de A73 tussen ten zuiden van Venlo opgesteld om de A74 te verbinden met het Duitse autosnelwegennet. Dit betreft een relatief korte verbinding van ca. 1,5 km.
- In 2016 is bij Maastricht de Koning Willem-Alexandertunnel geopend die de oude N2 met gelijkvloerse kruispunten vervangt door een dubbellaagse tunnel. Het lokale verkeer op de autoweg N2 gebruikt de bovenste 2 tunnelbuizen terwijl het doorgaande verkeer op de A2 door de onderste 2 tunnelbuizen rijdt.

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